

Vol. 1



# CERRADO



## Ecologia e Flora

Sueli Matiko Sano  
Semíramis Pedrosa de Almeida  
José Felipe Ribeiro

Editores Técnicos

**Embrapa**

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Cerrados  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# C E R R A D O

## Ecologia e Flora

Volume 1

*Sueli Matiko Sano  
Semíramis Pedrosa de Almeida  
José Felipe Ribeiro*

Editores Técnicos

*Embrapa Informação Tecnológica  
Brasília, DF  
2008*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica (PqEB)

Av. W3 Norte (final)

70770-901 Brasília, DF

Fone: (61) 3340-9999

Fax: (61) 3340-2753

vendas@sct.embrapa.br

www.sct.embrapa.br/liv

**Embrapa Cerrados**

Rodovia BR 020, Km 18 (Brasília–Fortaleza)

Caixa Postal 8.233

73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

sac@cpac.embrapa.br

www.cpac.embrapa.br

Coordenação editorial: *Fernando do Amaral Pereira*

*Mayara Rosa Carneiro*

*Lucilene M. de Andrade*

Supervisão editorial: *Juliana Meireles Fortaleza*

Revisão de texto: *Corina Barra Soares*

Projeto gráfico e editoração eletrônica: *Júlio César da Silva Delfino*

Tratamento das ilustrações: *Júlio César da Silva Delfino*

Normalização bibliográfica: *Hozana Álvares de Oliveira (Embrapa Cerrados)*

Fotos da capa: *José Felipe Ribeiro*

Capa: *Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

**1<sup>a</sup> edição**

1<sup>a</sup> impressão (2008): 5.000 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Informação Tecnológica

---

Cerrado: ecologia e flora / editores técnicos, Sueli Matiko Sano, Semíramis Pedrosa de Almeida, José Felipe Ribeiro, Embrapa Cerrados. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2008.  
2 v. (1.279 p.) : il. ; 21 cm x 29,7 cm.

v. 1 – capítulos 1 a 14; v. 2 – capítulo 15, Checklist com 12.356 espécies.

ISBN 978-85-7383-397-3 v. 1.

ISBN 978-85-7383-421-5 v. 2.

I. Clima. 2. Ecossistema. 3. Fenologia. 4. Recurso hídrico. 5. Reprodução vegetal. 6. Uso da terra.  
I. Sano, Sueli Matiko. II. Almeida, Semíramis Pedrosa de. III. Ribeiro, José Felipe. IV. Embrapa  
Cerrados.

---

CDD 577.48

© Embrapa 2008

## **Editores Técnicos**

### **José Felipe Ribeiro**

Biólogo, Ph. D. em Ecologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF,  
felipe.ribeiro@embrapa.br

### **Semíramis Pedrosa de Almeida**

Bióloga, Mestre em Ecologia, pesquisadora aposentada da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF  
mirapedrosa@yahoo.com.br

### **Sueli Matiko Sano**

Bióloga, Doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF,  
sueli@cpac.embrapa.br

## **Autores**

### **Adriana Reatto dos Santos Braga**

Engenheira agrônoma, Mestre em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, reatto@cpac.embrapa.br

### **Alba Valéria Rezende**

Engenheira florestal, Doutora em Engenharia Florestal, professora-adjunta da Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília, DF, albavr@unb.br

### **Altair Sales Barbosa**

Antropólogo, Ph. D. em Arqueologia, professor-titular da Universidade Católica de Goiás, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa do Instituto do Trópico Subúmido, Goiânia, GO, altair@ucg.br

### **Ana Angélica Almeida Barbosa**

Bióloga, Doutora em Ecologia, professora-associada da Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Biologia, Uberlândia, MG, angelica@ufu.br

### **Arminda Moreira de Carvalho**

Engenheira agrônoma, Doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, arminda@cpac.embrapa.br

### **Balbino Antônio Evangelista**

Geógrafo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, balbino@cpac.embrapa.br

### **Bruno Machado Teles Walter**

Engenheiro florestal e agrônomo, Doutor em Ecologia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF, bwalter@cenargen.embrapa.br

### **Carlos Augusto Klink**

Biólogo, Ph.D. em Ecologia, coordenador de agricultura e conservação do Programa de Conservação das Savanas Centrais da The Nature Conservancy, professor da Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, cklink@tnc.org

### **Carolyn Elinore Barnes Proença**

Bióloga, Ph. D. em Botânica, professora-adjunta da Universidade de Brasília, Departamento de Botânica, Brasília, DF, cproenca@unb.br

**Christopher William Fagg**

Botânico, Doutor em Ecologia, professor voluntário do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Laboratório de Manejo Florestal, Brasília, DF, fagg@unb.br

**Conceição Eneida dos Santos da Silveira**

Engenheira florestal, Doutora em Citologia e Fisiologia Vegetal, professora-adjunta do Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, cess@unb.br

**Éder de Souza Martins**

Geólogo, Doutor em Geologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, eder@cpac.embrapa.br

**Eduardo Delgado Assad**

Engenheiro agrícola, Doutor em Hidrologia e Matemática, chefe-adjunto da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP, assad@cnptia.embrapa.br

**Euzebio Medrado da Silva**

Engenheiro agrônomo, Ph. D. em Engenharia de Irrigação, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, euzebio@cpac.embrapa.br

**Fabiana de Gois Aquino**

Bióloga, Doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, fabiana@cpac.embrapa.br

**Fernando Antônio Macena da Silva**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, macena@cpac.embrapa.br

**Glauco Kimura de Freitas**

Biólogo, Mestre em Ecologia, atualmente é gerente do Programa *Aliança dos Grandes Rios* do Programa de Conservação das Savanas Centrais da The Nature Conservancy, Brasília, DF, gfreitas@tnc.org

**Guilherme Henrique Braga de Miranda**

Geólogo e biólogo, Doutor em Ecologia, perito criminal do Departamento de Polícia Federal, Diretoria Técnico-Científica, Instituto Nacional de Criminalística, Brasília, DF, guilherme.ghbm@dpf.gov.br

**Henrique Garcia dos Santos**

Engenheiro agrônomo, Pós-graduado em Planejamento Ambiental, coordenador de conservação em terras privadas do Programa de Conservação das Savanas Centrais da The Nature Conservancy, Brasília, DF, hsantos@tnc.org

**Jeanine Maria Felfili**

Engenheira florestal, Ph. D. em Ecologia Florestal, professora-titular do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Lab. Manejo Florestal, Brasília, DF, felfili@unb.br

**João Roberto Correia**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Agronomia (Ciências do Solo), pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, jroberto@cpac.embrapa.br

**João Santo Campari Jr.**

Economista, Doutor em Economia dos Recursos Naturais, diretor do Programa de Conservação das Savanas Centrais da The Nature Conservancy, Brasília, DF, jcampari@tnc.org

**Jorge Enoch Furquim Werneck Lima**

Engenheiro agrícola, Doutorando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, jorge@cpac.embrapa.br

**José Antônio da Silva**

Biólogo, Bacharel em Ciências Biológicas, pesquisador aposentado da Embrapa Cerrados, jos.antonio@terra.com.br

**José Felipe Ribeiro**

Biólogo, Ph. D. em Ecologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, felipe.ribeiro@embrapa.br

**José Teodoro de Melo**

Engenheiro florestal, Doutor em Ecologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, teodoro@cpac.embrapa.br

**Juan F. Silva Armas**

Biólogo, Ph. D. em Biología, professor-titular aposentado da Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, juan@silva004@hotmail.com ou jsilva@ula.ve

**Leandro Baumgarten**

Biólogo, Doutor em Ecologia, coordenador de ciências do Programa de Conservação das Savanas Centrais da The Nature Conservancy, Brasília, DF, lbaumgarten@tnc.org

**Linda Styer Caldas<sup>†</sup>**

Bióloga, Ph. D. em Botânica, professora emérita da Universidade de Brasília, Brasília, DF

**Manoel Cláudio da Silva Júnior**

Engenheiro florestal e biólogo, Ph. D. em Ecologia Florestal, professor-titular do Departamento de Engenharia Florestal, da Universidade de Brasília, Brasília, DF, mcsj@unb.br

**Marcelo Hiromiti Matsumoto**

Biólogo, Mestrando em Informação Geográfica, pela University of Redlands, USA, mhmatsumatsu@gmail.com

**Marcelo Nunes**

Engenheiro cartógrafo, B. Sc., Águas Claras, DF, cartografo@uol.com.br

**Maria Cristina Felfili**

Engenheira florestal, Doutoranda em Ciências Florestais, departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, cristinafelfili@gmail.com

**Mário R. Farinas**

Biólogo, Doutor em Ecologia, professor da Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, mfarinas@ula.ve

**Marlies Sazima**

Bióloga, Livre-docente em Biologia e Reprodução de Fanerógamas, professora-adjunta da Universidade de Campinas, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, Campinas, SP, msazima@unicamp.br

**Moacir Bueno Arruda**

Biólogo, Doutor em Ecologia, analista ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, DF, moacir.arruda@ibama.br

**Paulo Ernane Nogueira**

Engenheiro florestal, Doutor em Ecologia, professor-adjunto da Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília, DF, ernane@unb.br

**Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira**

Biólogo, Ph.D. em Biologia Vegetal, professor-associado da Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Biologia, Uberlândia, MG, poliveira@ufu.br

**Pedro Ignacio Schmitz**

Filósofo, geógrafo e teólogo, Livre-docente em Antropologia, professor-titular aposentado do Instituto Anchietano de Pesquisas, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, RS, pedro.schmitz@pesquisador.cnpq.br

**Renata Corrêa Martins**

Biomédica, Mestre em Botânica, bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pesquisadora-associada do Departamento de Botânica, da Universidade de Brasília, Brasília, DF, renatacerrado@yahoo.com.br

**Ricardo Nóbrega Campos**

Engenheiro florestal, Mestre em Engenharia Florestal, técnico especializado do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Diretoria de Ecossistemas, Brasília, DF, rcncampos@yahoo.com.br

**Roberta Cunha de Mendonça**

Bióloga, Bacharel, pesquisadora aposentada do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, rcmendonca@pop.com.br

**Roberto Augusto de Almeida Torres**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Agronomia, professor-titular aposentado da Universidade Federal de Goiás, raatorres@bol.com.br

**Semíramis Pedrosa de Almeida**

Bióloga, Mestre em Ecologia, pesquisadora aposentada da Embrapa Cerrados, Brasília, DF, mirapedrosa@yahoo.com.br

**Sílvio Carlos Rodrigues**

Geógrafo, Doutor em Geografia Física, professor-titular do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, silgel@ufu.br

**Silvio Tilio Spera**

Engenheiro agrônomo, Mestre em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, spera@cnpt.embrapa.br

**Tânia da Silveira Agostini Costa**

Farmacêutica, Doutora em Ciência de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF, tania@cenargen.embrapa.br

**Tarciso de Sousa Filgueiras**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Botânica, pesquisador aposentado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, DF, tfilg@uol.com.br

## **Apresentação**

Este livro resultou da intenção manifesta por um grupo de pesquisadores de divulgar os resultados de estudos desenvolvidos nos últimos anos sobre os recursos naturais do bioma Cerrado, conhecimentos esses que se prestam à implantação de modelos de desenvolvimento sustentável.

Ao longo de sua história, a Embrapa Cerrados vem gerando tecnologias que viabilizam a exploração agrícola do bioma, possibilitando, ao mesmo tempo, conhecer, preservar e utilizar racionalmente a biodiversidade desse ecossistema. Sua missão, seus objetivos e suas estratégias são fundamentados no princípio do desenvolvimento de sistemas de produção agrícola rentáveis, ecologicamente sustentáveis e socialmente justos.

A disponibilidade de água, em quantidade e qualidade adequadas, depende de procedimentos específicos no manejo e na revitalização de bacias hidrográficas, além de uma correta gestão dos recursos hídricos, especialmente para uso na irrigação. Associados a esses, outros fatores reclamam medidas enérgicas, que visem à economia de energia, à mitigação dos conflitos entre usuários dos recursos hídricos, à prevenção do assoreamento, da eutrofização e da contaminação de rios, reservatórios e águas subterrâneas, passando pelo reúso da água e a adequação dos sistemas de manejo de irrigação. Essas são atividades estratégicas para a expansão e o sucesso do agronegócio no bioma Cerrado, área de recarga e origem de três importantes bacias hidrográficas do Brasil – dos rios São Francisco, Paraná e Araguaia-Tocantins.

Outra importante demanda de tecnologia para o Cerrado está relacionada à conservação e ao uso dos recursos genéticos nativos, ameaçados atualmente pela contínua expansão das áreas exploradas com atividades agropecuárias, e a consequente redução da biodiversidade genética. Consciente da gravidade dessa situação, a comunidade científica vem estimulando a criação, a ampliação e a manutenção de bancos de germoplasma para sua utilização, entre outros fins, em programas de melhoramento genético. Além disso, vem se dedicando a trabalhos minuciosos de caracterização morfológica, agronômica e molecular dos acessos, bem como da domesticação de algumas espécies com potencial econômico. Esse conjunto de ações colabora para viabilizar a implantação de cultivos comerciais, programas de melhoramento genético ou mesmo o emprego diversificado de princípios ativos, moléculas e genes desse valioso patrimônio genético.

Este livro pretende contribuir com a preparação de todos os profissionais envolvidos nos processos de manejo e conservação da biodiversidade e dos recursos naturais, colaborando também para atender às demandas internas e externas por alimentos, sempre atendendo a todas as exigências crescentes da sociedade em relação à segurança alimentar e aos impactos ambientais.

*Roberto Teixeira Alves*  
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados



## Prefácio

Há aproximadamente 10 anos, boa parte do conhecimento sobre os recursos naturais do bioma Cerrado foi divulgada na publicação *Cerrado: ambiente e flora*, há muito esgotada. A boa aceitação com que ela foi recebida pelo público leitor convidava a uma segunda edição. A simples revisão de conteúdo era, porém, insuficiente, considerando as diversas informações geradas nos últimos anos sobre aquele bioma. Por esse motivo, nesta edição, foram incorporados sete capítulos e atualizados os demais. O único capítulo sem alteração de conteúdo é o intitulado *Ocupação indígena do Cerrado: esboço de uma história*.

Por conta dos acréscimos feitos ao texto original, entre os quais informações sobre a dinâmica do ambiente, o antigo título deixou de corresponder integralmente ao conteúdo. O novo título, *Cerrado: ecologia e flora*, ficou mais adequado a seus propósitos. A enorme quantidade de informações justificou a divisão desta obra em dois volumes: o volume 1 traz um grande acervo de conhecimentos gerais sobre o bioma, enquanto o volume 2 concentra informações taxonômicas sobre o número e a riqueza de espécies vegetais. Essa divisão busca facilitar o acesso dos leitores aos dois grupos de conhecimentos específicos.

Para valorizar a diversidade de pensamento de cada autor, decidiu-se manter o estilo pessoal. A padronização pura e simples poderia cercear essa criatividade. Assim, preservou-se a uniformização das denominações das fitofisionomias, mas respeitando a maneira peculiar de expressão. É preciso lembrar que, no capítulo *Ocupação indígena do Cerrado: esboço de uma história*, foi mantida a grafia original da primeira edição, dos nomes das etnias indígenas, em obediência ao princípio da autoridade do texto. Obras mais recentes sobre comunidades ameríndias substituem “y” por “í” e “k” por “c”, como o termo craô (aqui transcrito como “Krahô”) ou caiapó (aqui escrito “Kayapo”).

Nesta edição, muitas informações foram acrescentadas à lista da flora do Cerrado. O número de espécies quase dobrou e está disponível no volume 2, em papel e em CD; numa próxima etapa, também será apresentado em formato de banco de dados. Este segundo volume tem como base a Taxonomia, ciência que descreve e classifica os organismos, com vários sistemas de classificação e uma vastíssima literatura. Os sistemas taxonômicos revelam ampla diversidade de interpretação, com consequências sobre outras ciências, como a Ecologia. Considere-se, a título de exemplo, uma amostra de 12 mil espécies; no sistema de Takhtajan, o número de famílias seria de 180, enquanto, no sistema de Rendle, seria de apenas 132 famílias, resultando em elevada amplitude de variação e em diferentes interpretações dos dados apresentados.

Para utilizar e preservar o bioma Cerrado, é necessário, em primeiro lugar, conhecer suas fitofisionomias e as espécies que as compõem. A identificação dessas espécies, base para o entendimento sobre os seres vivos, responde a muitas indagações. Por exemplo: que organismos existem em determinado ambiente? Quantas e quais espécies estão conservadas em certa reserva? Quais as espécies raras? Quais estão ameaçadas? Cada pergunta mereceu, aqui, uma resposta clara, utilizando a nomenclatura apropriada e a definição do sistema usado. Nossa proposta é que, para valorizar o Cerrado, é imprescindível conhecê-lo muito bem.

No decorrer dos quase 3 anos de discussão e produção desta obra, desde o primeiro momento até sua finalização, a revisão gramatical passou pelo crivo de vários profissionais. Os revisores técnicos estão discriminados na primeira folha de cada capítulo. Desnecessário dizer que o conteúdo e as informações são de inteira responsabilidade dos autores.

Agradecemos, aos integrantes do projeto de cooperação técnica Conservação e Manejo Sustentável da Biodiversidade do Bioma Cerrado, o suporte técnico e financeiro concedido, e o apoio do Department for International Development (DFID), do Reino Unido, nesse projeto de parceria entre a Embrapa Cerrados, os Departamentos de Botânica e de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília (UnB), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), além do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CnPq).

Os editores

# Sumário

<b>Capítulo 1 – O conceito de savana e de seu componente Cerrado .....</b>	19
Introdução .....	21
Histórico sobre o termo, seus conceitos e definições .....	22
Amplitude e diversidade de conceitos de savana .....	24
Definições de savana .....	25
Tipos de savana .....	27
Distribuição geográfica das savanas .....	29
Fatores ambientais que determinam as savanas .....	32
O Cerrado é uma savana? .....	39
Referências .....	41
<b>Capítulo 2 – Ocupação indígena do Cerrado: esboço de uma história .....</b>	47
Introdução .....	49
Ocupação do Cerrado por bandos de caçadores e coletores .....	49
Processos culturais associados à ocupação inicial .....	51
Processos de adaptação .....	52
Ocupação do interior do continente no Holoceno Inicial .....	54
Modelo de planejamento ambiental .....	56
Ciclos de abastecimento .....	57
Modelo das relações espaciais e comportamento cultural .....	58
Ocupação do Cerrado por horticultores de aldeias .....	60
Ligações de fases arqueológicas com as tribos coloniais .....	62
Grupos indígenas sobreviventes .....	64
Idéias para uma história .....	65
Referências .....	67
<b>Capítulo 3 – Caracterização climática do bioma Cerrado .....</b>	69
Introdução .....	71
A pluviometria e as características das massas de ar que atuam sobre o Cerrado .....	71
Variação espaço-temporal das temperaturas (máxima, mínima e média) .....	77
Variação espaço-temporal da radiação global .....	79
Variação espaço-temporal da evapotranspiração potencial .....	82
Variação espaço-temporal da umidade relativa do ar .....	83
Classificação climática do bioma Cerrado .....	85
Considerações finais .....	87
Referências .....	87
<b>Capítulo 4 – Recursos hídricos do bioma Cerrado: importância e situação .....</b>	89
Introdução .....	91
Características hidrológicas do Cerrado .....	91
Contribuição hídrica do Cerrado para as bacias brasileiras .....	92
Situação geral dos recursos hídricos no Cerrado .....	94
Zonas de conflitos iminentes ou potenciais .....	95
Gestão dos recursos hídricos no Cerrado .....	97
Considerações finais .....	105
Referências .....	105

<b>Capítulo 5 – Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos .....</b>	107
Introdução .....	109
Características para distinguir as classes de solos .....	109
Classes de solos .....	112
Principais classes de solos do bioma Cerrado .....	117
Síntese das principais classes de solos do bioma Cerrado .....	128
Pedodiversidade em relação à escala de observação .....	131
Considerações finais .....	132
Referências .....	132
Anexo .....	134
<b>Capítulo 6 – As principais fitofisionomias do bioma Cerrado .....</b>	151
Os biomas do Brasil .....	153
O bioma Cerrado .....	156
Origem das formações florestais .....	157
Origem das formações savânicas e campestres .....	159
Cerrado: definição de termos e expressões .....	160
Trabalhos sobre terminologia fitofisionômica .....	162
Padronização de termos fitofisionômicos .....	163
Principais tipos fitofisionômicos do Cerrado .....	164
Análise geral dos termos, expressões e a ecologia do Cerrado .....	187
Análise das fitofisionomias consideradas .....	188
Chave de identificação dos tipos fitofisionômicos do Cerrado .....	197
Agradecimentos .....	198
Referências .....	199
<b>Capítulo 7 – Padrões fitogeográficos e sua relação com sistemas de terra no bioma Cerrado .....</b>	213
Introdução .....	215
Sistemas de terra .....	216
Vegetação .....	216
Análise multivariada pelo Método Twinspan .....	217
Diversidade beta .....	221
Similaridade florística e estrutural .....	221
Subsídios para manejo e conservação do Cerrado .....	223
Agradecimentos .....	225
Referências .....	226
<b>Capítulo 8 – Ecorregiões, unidades de conservação e representatividade ecológica do bioma Cerrado .....</b>	229
Introdução .....	231
Base conceitual .....	231
Métodos utilizados na definição de ecorregiões e da representatividade ecológica .....	236
Ecorregiões e representatividade ecológica no bioma Cerrado .....	239
Dados complementares sobre a diversidade dos biomas, ecótonos e ecorregiões brasileiros, e sua representatividade ecológica, por áreas naturais protegidas .....	265
Conclusão .....	268
Referências .....	270

<b>Capítulo 9 – Fenologia e biologia reprodutiva das espécies do Cerrado .....</b>	273
Introdução .....	275
Fenologia e savanas tropicais .....	275
Determinantes ambientais e diversidade fenológica .....	277
Estabelecimento .....	277
Frutificação e dispersão .....	279
Floração .....	280
Brotação .....	282
Modelo geral .....	284
Fenologia e estrutura da comunidade .....	285
Conclusão .....	286
Agradecimentos .....	287
Referências .....	287
<b>Capítulo 10 – Biologia reprodutiva de plantas herbáceo-arbustivas de uma área de Campo Sujo de Cerrado .....</b>	291
Introdução .....	293
Sistemas de polinização .....	294
Biologia floral .....	296
Sistemas sexuais .....	304
Sistema reprodutivo .....	305
Conclusões .....	306
Agradecimentos .....	307
Referências .....	307
<b>Capítulo 11 – Coleta, propagação e desenvolvimento inicial de plantas do Cerrado .....</b>	319
Introdução .....	321
Coleta de material de propagação .....	321
Métodos para superar a dormência .....	328
Fatores que influenciam a germinação de sementes .....	329
Propagação sexuada em condições naturais .....	332
Propagação assexuada .....	335
Propagação <i>in vitro</i> .....	337
Agradecimentos .....	342
Referências .....	342
<b>Capítulo 12 – Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutriente .....</b>	351
Introdução .....	353
Classificação, fontes, funções e inter-relações dos alimentos .....	353
Umidade, proteína e extrato etéreo .....	356
Carboidratos totais e valor calórico .....	357
Sólidos solúveis totais, açúcares totais, redutores e pectina .....	359
Composição em ácidos graxos .....	360
Composição mineral das frutas do Cerrado .....	363
Antioxidantes .....	366
Efeito do processamento na qualidade nutricional das frutas .....	374
O problema da fome .....	377

Agradecimentos .....	378
Referências .....	378

<b>Capítulo 13 – Conseqüências ambientais da fragmentação de habitats no Cerrado .....</b>	383
Fragmentação de origem natural <i>versus</i> fragmentação antrópica .....	385
Conseqüências da fragmentação antrópica .....	386
Uso da matriz adjacente .....	393
Áreas protegidas no Cerrado .....	394
Considerações finais .....	394
Referências .....	395

<b>Capítulo 14 – Conservação dos recursos naturais em terras privadas – O papel das reservas legais no arranjo funcional das paisagens produtivas do bioma Cerrado .....</b>	399
Introdução .....	401
Importância econômica e biológica do bioma Cerrado em escala global .....	401
A estratégia de conservação em terras privadas no Cerrado .....	402
A conservação em escala regional: aplicação das lições aprendidas para a sustentabilidade socioambiental do agronegócio no bioma Cerrado .....	404
Referências .....	406

# Introdução

As instituições parceiras que participaram desta publicação têm o orgulho de apresentá-la a cientistas, administradores, políticos, professores, produtores, técnicos, estudantes e à sociedade em geral. Por meio dela, espera-se difundir importantes informações sobre alguns dos recursos disponíveis no bioma Cerrado, as quais, recorrendo-se ao manejo adequado, poderão ser utilizadas na implementação de modelos de desenvolvimento sustentável. O livro compõe-se de dois volumes. O primeiro, com 14 capítulos, aborda variados temas, bióticos e abióticos, sobre clima, água, solo e vegetação, enquanto o segundo apresenta uma extensa listagem, de mais de 12 mil espécies vegetais, presentes nesse bioma.

Os capítulos do Volume 1 tratam dos seguintes temas:

## Capítulo 1: O conceito de savana e seu componente Cerrado

O conceito de savana tem implicações diretas com práticas de conservação da vegetação e da fauna do bioma. Este capítulo faz uma análise histórica e terminológica dessas questões, enfocando a evolução do conceito e sua história, a distribuição geral das savanas pelo mundo e os principais fatores condicionantes.

## Capítulo 2: Ocupação indígena do Cerrado: esboço de uma história

A população indígena do bioma Cerrado engloba 26 povos de características culturais peculiares, cuja população é de aproximadamente 45 mil habitantes. Este capítulo analisa a grande fragmentação demográfica em que se encontra, atualmente, essa comunidade, o que, infelizmente, não permite visualizar a importância que o bioma exerceu na fixação dessas populações, durante longos períodos, nem como se formou a história da ocupação desse espaço por essas populações.

## Capítulo 3: Caracterização climática do bioma Cerrado

Conhecer o comportamento das variáveis que condicionam o clima dessa extensa região é de grande importância para estudos ecológicos, botânicos e fitogeográficos, e principalmente para a produção sustentável de alimentos. Neste capítulo, faz-se uma análise geral e atualizada dos principais elementos meteorológicos responsáveis pelas características climáticas da região. Nesse contexto, são estudadas as características das massas de ar que atuam no bioma, a pluviometria média anual e também as variações espaço-temporais das temperaturas, da radiação global, da evapotranspiração potencial, da umidade relativa do ar, informações estas que são completadas pela classificação climática do bioma.

## Capítulo 4: Recursos hídricos do bioma Cerrado: importância e situação

O Brasil ostenta a maior disponibilidade hídrica do mundo. Com efeito, cerca de 19 % das vazões de todos os rios do planeta fluem sobre solo brasileiro. Apesar dessa abundância, o País apresenta problemas de escassez hídrica e conflitos decorrentes do seu uso. Por um lado, temos a Bacia Amazônica, que responde por cerca de 70 % da produção hídrica nacional, em área de baixa densidade demográfica, consequentemente, de baixa demanda por água. Por outro lado, há bacias hidrográficas, como as dos rios São Francisco e Paraíba do Sul, que apresentam relações problemáticas entre a disponibilidade e a demanda hídrica. Com o crescimento da população e da demanda de água para o consumo direto e para a produção de alimentos, bens e serviços, a tendência é que esses problemas se acentuem. Neste capítulo, são apresentados dados que podem servir de base para a gestão participativa dos recursos hídricos, não apenas na área do Cerrado, como também em grande parte do País. Caso não sejam tomadas as devidas precauções, o futuro está ameaçado com fortes impactos ambientais decorrentes de ações antrópicas, pelo mau manejo da água e do solo.

## Capítulo 5: Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos

Este capítulo apresenta a nova nomenclatura da classificação brasileira de solos e mostra também as principais características dos solos do bioma Cerrado, contribuindo, assim, para a solução de um dos grandes

desafios feitos ao homem, que é o de estabelecer a harmonia entre a produção de alimentos e fibras e a manutenção da biodiversidade, haja vista a grande pressão para se expandir a agropecuária nessa região. A maior parte do bioma é dominada por Latossolos, mas há um número significativo de outras classes de solos que, associados às condições de clima, favorecem o estabelecimento de grande diversidade de espécies vegetais. Essas informações demonstram a importância de selecionar áreas representativas para a preservação dessas espécies, áreas estas que não devem se restringir às terras impróprias à agricultura e à pecuária.

#### Capítulo 6: As principais fitofisionomias do bioma Cerrado

Padronizar a nomenclatura dos tipos fitofisionômicos encontrados no bioma Cerrado é uma tarefa difícil, pois não há consenso entre os autores quanto à adoção de critérios e escalas distintas, baseados em origens ou princípios específicos. Uma das razões para isso é o fato de a vegetação do bioma apresentar mosaico vegetacional com fitofisionomias que englobam formações diversas, como as florestais, as savânicas e as campestres. Esses tipos fitofisionômicos são analisados neste capítulo, com referência especial à área contínua do bioma. Assim, foi ampliada a terminologia básica existente e adotados termos regionais já consagrados. Essa terminologia tem sido muito usada em projetos na escala de comunidades e ecossistemas, e tem integrado trabalhos de diferentes áreas da pesquisa, principalmente em disciplinas correlatas à Botânica. Por último, o capítulo apresenta, de maneira objetiva e didática, uma chave dicotómica de identificação das várias fitofisionomias postuladas.

#### Capítulo 7: Padrões fitogeográficos e sua relação com sistemas de terra no bioma Cerrado

Neste capítulo, descreve-se a relação entre a heterogeneidade fisiográfica e a heterogeneidade estrutural e florística do Cerrado sentido restrito. Assim, foi analisada a representatividade dos sistemas de terra e das unidades ecológicas para os padrões fitogeográficos localizados no Brasil Central. A expectativa foi definir grandes áreas contínuas ou disjuntas, ao longo do bioma, com processos ecológicos e ofertas ambientais similares, em que possam ser executados programas de conservação e manejo em larga escala. Por isso, foi preciso adotar estratégia baseada em características ambientais e bióticas, a qual otimizasse ações de conservação e manejo do bioma Cerrado. O zoneamento desse bioma em áreas biológica e fisicamente similares, cujos ecossistemas tenham padrão de funcionamento similar, permitirá a criação de unidades de conservação representativas de grandes áreas, assim como servirá de estímulo ao extrativismo e manejo sustentáveis, por meio de recomendações técnicas por zona ecológica. Os padrões de diversidade beta sugerem: a) que o manejo do Cerrado sentido restrito seja efetuado para múltiplas espécies, já que mesmo as espécies dominantes ocorrem em densidades relativamente baixas no local; e b) que as estratégias para a conservação da biodiversidade comportem unidades de conservação de grande porte, complementadas por unidades menores, de modo que abranjam as populações de espécies generalistas, assim como as restritas ao local.

#### Capítulo 8: Ecorregiões, unidades de conservação e representatividade ecológica do bioma Cerrado

Este capítulo apresenta a primeira proposta de divisão em ecorregiões para o bioma Cerrado. Conceitua-se o termo “ecorregião” como o conjunto de comunidades naturais geograficamente distintas, que compartilham a maioria das suas espécies, dinâmicas e processos ecológicos e condições ambientais similares, nas quais as interações ecológicas são críticas para sua sobrevivência a longo prazo. A adoção de ecorregião como unidade de referência apresenta muitas vantagens: a) a ecorregião passa a ser a unidade de análise da paisagem; b) aplicada ao planejamento da conservação da biodiversidade, aborda as diferentes escalas biogeográficas com visão de longo prazo; c) no manejo da biodiversidade, leva-se em conta toda a biota, que varia de espécie até comunidade e habitat; e d) também é enfatizada a importância dos processos evolutivos e ecossistêmicos na conservação da biodiversidade. Buscou-se também informar os conceitos básicos, as abordagens metodológicas e a aplicação específica de ecorregiões para o bioma Cerrado. Um dos resultados mais importantes referidos neste capítulo é o desenvolvimento de políticas de preservação e de corredores ecológicos que levem em conta a representatividade das unidades de conservação, pois essas políticas variam muito entre as ecorregiões propostas.

### Capítulo 9: Fenologia e biologia reprodutiva das espécies do Cerrado

Fenologia é a consequência do processo ativo de seleção, em que estratégias variadas de alocação de recursos para as diversas fases do ciclo de vida propiciam diferentes taxas de sucesso reprodutivo, e não um ajustamento fortuito das plantas às mudanças ambientais. Dados fenológicos de floração, frutificação, dispersão e estabelecimento, entre outros, são essenciais para entender a reprodução e a ecologia das plantas. São particularmente importantes tanto em ambientes tropicais, onde as variações sazonais não são determinantes diretos dos processos fenológicos, quanto em ambientes temperados. Em ambientes tropicais, a diversidade de estratégias fenológicas representa formas de sobrevivência, e os mecanismos que selecionam padrões podem ser determinados pelas interações ecológicas, pelas relações filogenéticas e pela história das comunidades. A despeito dos importantes resultados alcançados na última década, os dados fenológicos existentes para o bioma Cerrado são fragmentados. Além disso, espécies isoladas ou grupos de espécies têm sido estudados utilizando-se métodos e enfoques diferentes. Este capítulo analisa dados sobre a fenologia de plantas lenhosas de diferentes fitofisionomias do bioma Cerrado e apresenta modelos que ajudam a explicar o comportamento fenológico e a reprodução de planta nesses ambientes.

### Capítulo 10: Biologia reprodutiva de plantas herbáceo-arbustivas de uma área de Campo Sujo

Estudos de biologia floral podem auxiliar na indicação de parâmetros básicos sobre a vegetação e a fauna, especialmente sobre comunidades de polinizadores e dispersores. Por esses parâmetros, é possível definir critérios para a escolha de áreas de conservação e de zoneamento ambiental, em virtude da crescente destruição e da fragmentação dos ambientes, decorrentes do declínio de polinizadores e de biodiversidade, com possíveis impactos sobre a estabilidade dos sistemas de produção agrícola. As características reprodutivas que ocorrem no bioma são complexas, com ampla variação em suas estratégias, com relação aos sistemas reprodutivos, à polinização e ao comportamento fenológico, nas diversas fitofisionomias da mesma região, ou em diversas localidades. Este capítulo busca discutir as características dos sistemas de polinização, da biologia floral e da reprodução. Toma como base uma área de Campo Sujo onde predominam plantas herbáceo-subarbustivas, e a compara com plantas do componente lenhoso de outras fitofisionomias, do mosaico vegetacional do bioma Cerrado, e com outros ecossistemas florestais tropicais.

### Capítulo 11: Coleta, propagação e desenvolvimento inicial de plantas do Cerrado

A maioria dos projetos que visam a conservação e a exploração de espécies nativas do Cerrado depende da coleta de sementes, da germinação e da formação de mudas. Assim, a renovação da vegetação, a recuperação de áreas degradadas, o estabelecimento de bancos de germoplasma, os programas de melhoramento, os plantios para exploração econômica de frutos, a produção de madeira e a exploração dos produtos medicinais dependem da coleta de sementes e da propagação das espécies selecionadas. Qualquer que seja o tipo de projeto a ser desenvolvido, a coleta do material a ser propagado envolve várias ações, como a escolha de matrizes e o melhor método de propagação (sexuada, por semente ou assexuada). Neste capítulo, são discutidos os fatores relacionados à produção de mudas de várias plantas nativas do bioma Cerrado, por diferentes tipos de propagação, sexuada ou não.

### Capítulo 12: Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes

A população do Centro-Oeste brasileiro preserva, em parte, hábitos alimentares do homem primitivo, uma vez que as frutas nativas do Cerrado continuam a participar da sua dieta, ainda que em escala reduzida. Este capítulo pretende avaliar os componentes físico-químicos de algumas dessas frutas, visando contribuir com programas regionais de alimentação e nutrição, e também oferecer subsídios aos trabalhos de melhoramento de fruteiras. Os resultados deste trabalho poderão ainda colaborar para a conscientização da população cerratense sobre o potencial das plantas nativas da região, para a preservação da saúde humana.

### Capítulo 13: Consequências ambientais da fragmentação de habitats no Cerrado

Fragmentação de habitat é uma divisão de uma área contínua em partes menores, eliminando ou reduzindo a quantidade de um tipo de habitat e isolando os fragmentos remanescentes. Fragmento é a mancha remanescente de uma paisagem que sofreu divisão. Atualmente, não se conhecem quais são os

processos ecológicos que se perdem com a fragmentação antrópica, pois poucos estudos foram desenvolvidos sobre esse tema, principalmente tomando como ambiente o bioma Cerrado. Além disso, a velocidade de ocupação e isolamento de áreas nativas é, atualmente, elevada, o que dificulta o planejamento e a execução de pesquisas em longo prazo. Em consequência do desmatamento e da fragmentação, a área original do bioma Cerrado apresenta-se como um grande mosaico de fitofisionomias remanescentes, ou seja, são áreas que mantêm suas características próprias, envolvidas por uma matriz alterada e condicionadas por distúrbios antrópicos. Este capítulo analisa várias características de fragmentação no bioma e apresenta parâmetros sobre como selecionar áreas protegidas.

#### Capítulo 14: Conservação dos recursos naturais em terras privadas: o papel das reservas legais no arranjo funcional das paisagens produtivas do bioma Cerrado

Neste capítulo, é discutido o pressuposto de que o efetivo estabelecimento de Áreas de Reservas Legais (ARL) e de Áreas de Preservação Permanente (APP) nas propriedades rurais depende de fortes parcerias entre associações de produtores, empresas do agronegócio e governos municipal, estadual e federal. Essa seria a forma ideal para adicionar e garantir milhões de hectares de vegetação nativa do bioma Cerrado, com vista na sua conservação.

O Volume 2 (em CD-ROM e impresso) trata da Flora vascular do bioma Cerrado: *checklist* com 12.423 espécies.

Conhecer a flora do Cerrado é importante para delinear estratégias governamentais de preservação de áreas representativas do bioma. Neste volume, é apresentada uma versão, revista e ampliada, na forma de *checklist*, em que, para todas as espécies listadas, são fornecidos os hábitos da planta, os ambientes onde ocorrem e algum *voucher* (amostra) indicativo de herbário, ou alguma fonte bibliográfica das espécies. Com a disponibilização dessas informações, objetiva-se contribuir para a consolidação de uma base sobre a diversidade vegetal do bioma, tornando-as acessíveis tanto para o meio científico quanto para os planejadores governamentais e a comunidade em geral. São apresentadas três listas: de pteridófitas, de fanerógamas e de plantas alóctones, ou seja, invasoras ou ruderais encontradas no bioma. Essa lista abrange 12.033 táxons nativos, sendo 11.627 espécies e 796 categorias infra-específicas (variedades, subespécies e formas) em 193 famílias e 1.521 gêneros. Com toda essa riqueza, a importância intrínseca do patrimônio genético do bioma Cerrado merece reconhecimento compatível com sua inestimável importância ambiental, econômica e social.

## Capítulo 1

# O Conceito de Savana e de seu Componente Cerrado

*Bruno Machado Teles Walter  
Arminda Moreira de Carvalho  
José Felipe Ribeiro*



## Introdução<sup>1</sup>

Entre os principais biomas ou domínios fitogeográficos mundiais, a savana pode ser considerada a mais polêmica, em virtude do altíssimo número de definições, baseadas em conceitos diferenciados. A diversidade de tratamento e interpretação fez que a literatura mundial sobre o tema se tornasse extremamente vasta. O termo é aplicado em todos os continentes e em diferentes latitudes do globo terrestre, com abordagens que focalizam critérios variados. Como os autores nem sempre comentam o conceito por eles usado e sua amplitude, isso causa confusões. Dependendo do conceito adotado, percebe-se a grande diversidade no tratamento dos fatores que influenciam a caracterização de uma savana, variando as propostas sobre sua distribuição no planeta e variando também o grau de influência humana sobre essa paisagem.

Uma importante contribuição para o conhecimento e o entendimento das savanas mundiais, que compilou as informações disponíveis até o início da década de 1980, encontra-se no volume editado por Bourlière (1983), que trata das savanas tropicais e subtropicais. Dele participaram 28 autoridades, que abordaram as características das savanas em todos os continentes, desde aspectos físicos do ambiente, vegetação e fauna, até a dinâmica de mudanças e impactos antrópicos. Em uma proposta similar, um ano antes, Huntley e Walker (1982) editaram um livro sobre as savanas tropicais, que contou com a colaboração de 42 especialistas. A discussão sobre as savanas brasileiras coube a Eiten (1982), que as agrupou em categorias climático-geográficas. Propostas similares também foram publicadas posteriormente, podendo ser destacado: o livro de Cole (1986), que enfocou aspectos biogeográficos e geobotânicos; a edição de Furley et al. (1992), que, por meio da contribuição de 49 especialistas, analisou o contato savana-floresta; o livro de Mistry (2000), que, em dez capítulos, analisou aspectos ecológicos e humanos das principais savanas mundiais; e a contribuição de Oliveira e Marquis (2002), que tratou especificamente do

Cerrado, contando com a participação de 35 especialistas, a maioria deles brasileiros.

A discussão conceitual sobre o termo savana não possui meio interesse acadêmico, pois tem implicações nas práticas de conservação da vegetação pelos continentes. Diferentes autores, em distintas partes do mundo, imputam significados diferenciados ao termo, obscurecendo a noção precisa do tipo de vegetação tratado, o que torna quase impossível qualquer comparação direta (Richards, 1976, 1996; Menaut, 1983; Eiten, 1986) e a formulação de políticas globais de conservação. Bourlière e Hadley (1983) analisaram essa questão e concluíram que o termo savana, por ser interpretado de maneira tão diversa, não poderia ser usado satisfatoriamente em um senso preciso de classificação. Apesar disso, defenderam a utilidade do mesmo, que agrupa diferentes tipos de vegetação que apresentam características estruturais e funcionais comuns. Sob vários aspectos, as savanas tropicais são muito mais similares a muitos ecossistemas da zona temperada do que à floresta tropical com a qual faz contato (Bourlière e Hadley, 1983).

Em um artigo que não pretendeu resolver as confusões semânticas sobre o termo savana, mas chamar a atenção para o problema, Eiten (1986) indicou dois grandes grupos em que as acepções do termo se encaixariam: como uma fisionomia de vegetação, aplicável a qualquer parte do mundo, ou como um tipo de vegetação em grande escala nos trópicos e subtrópicos. Analisando pormenoradamente essas diferenças e reconhecendo que os autores que adotam um sentido não iriam mudar para o outro, Eiten (1986) alertou para a necessidade de os autores esclarecerem o sentido que utilizam. Fez isso ao concluir que a possibilidade de um termo totalmente novo para substituir um dos sentidos teria poucas chances de ser aceito.

Este capítulo faz uma análise dessas questões, enfocando a evolução do conceito e sua história, as definições correntes, a distribuição geral das savanas pelo mundo, os principais fatores que as condicionam, encerrando com breve discussão sobre o Cerrado e a pertinência de tratá-lo como savana.

<sup>1</sup>Revisores técnicos: Semíramis P. de Almeida e Sueli M. Sano.

## Histórico sobre o termo, seus conceitos e definições

O termo savana é uma palavra de origem ameríndia, para o qual são registradas numerosas definições (Richards, 1976, 1996; Bourlière e Hadley, 1983; Cole, 1986; Eiten, 1986; Collinson, 1988; Veloso, 1992; Mistry, 2000; Marchiori, 2004). Na língua espanhola é escrito como *sabana* (ou *sabána*<sup>2</sup>), em inglês, *savanna(h)*, e, em francês, *savane*. *Sabana* é uma palavra derivada de um termo caribenho antigo (*habana*, que derivou, na forma hispânica, para *sabana*<sup>3</sup>), cuja etimologia ainda é objeto de controvérsia (Bourlière e Hadley, 1983; Marchiori, 2004). Segundo vários autores, deve-se a Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés (1478-1557), um cronista espanhol que publicou seus relatos de viagens ao Novo Mundo no *Sumario de la Natural Historia de las Indias*, em 1526, e, posteriormente, na *Historia General y Natural de las Indias*, em 1535, onde aparece a

primeira citação do termo *sabana*. Fernández Oviedo (ou Oviedo y Valdés<sup>4</sup>) usou o termo para designar “terra que está sem árvores, mas com muita erva alta e baixa”<sup>5</sup>. Depois disso, até meados do século 19, o termo continuou a ser aplicado às vegetações caribenhas e sul-americanas, com associação natural aos Llanos do Norte da América do Sul. Embora, atualmente (no Brasil), o público leigo associe savana a um domínio vegetacional do continente africano (e não do continente sul-americano), onde vivem os grandes mamíferos do planeta (Fig. 1), foi somente muito tempo depois de sua origem histórica que o termo foi aplicado àquele continente e a outras partes do globo.

Até o século 19, vários naturalistas, entre os quais Alexander von Humboldt (1769–1859), utilizaram o termo savana em um sentido comum de campo ou estepe, para designar tipos de vegetação desprovidos de árvores. Contudo, aludindo aos Llanos venezuelanos, o próprio Humboldt referiu-se às grandes planícies sem árvores (*treeless plains*)



Foto: Carlos A. Klink

**Fig. 1.** Trecho de savana africana mostrando vegetação aberta, em primeiro plano, vegetação mais fechada com árvores, ao fundo, e a presença de uma girafa, espécie típica da famosa fauna de grandes mamíferos do continente.

<sup>2</sup> *Sabana* ou *sabána* diferencia-se de *sábana*, que em espanhol significa “lençol” (Marchiori, 2004, p.33).

<sup>3</sup> Atribuído originalmente aos campos do Caribe e à região norte da América do Sul, segundo Marchiori (2004, p. 33-34), o nome “provém do taino, pertencente ao grupo lingüístico aruaque, cujas manifestações se estendem desde a Flórida até o Paraguai, e do litoral peruano à embocadura do Amazonas”.

<sup>4</sup> Veloso (1992, p. 26) escreveu que “o termo ‘savana’ é procedente da Venezuela, tendo sido empregado pela primeira vez por Oviedo e Valdez (1851)”. Essa informação traz um erro de data e na grafia do nome do cronista, sugerindo que seriam duas pessoas. Além do mais, erroneamente, Tansley (1935) foi citado como a fonte dessa informação, embora, nesse trabalho, nada seja mencionado a esse respeito.

<sup>5</sup> “... se dice la tierra que está sin arboledas, pero con mucha y alta hierba, o baja” (Marchiori, 2004, p. 35). Alguns autores já traduziram como “grama” o termo *hierba*. Marchiori (2004) ainda registrou outra passagem em que o termo *sabana* foi usado: “Llaman sabana los indios, como en otro lugar lo tengo dicho, las vegas e cerros e costas de riberas, si no tienen árboles, e a todo terreno que está sin ellos, com hierba o sin ella”.

mencionando a presença de palmeiras arbóreas (*Mauritia*)<sup>6</sup> (Bourlière e Hadley, 1983). Mais tarde, Schimper (1898)<sup>7</sup>, comentando aquelas observações de Humboldt, revelou que ele e outros viajantes que visitaram as regiões percorridas por Humboldt não observaram os vastos campos descritos pelo grande fitogeógrafo. Verificaram, sim, uma vegetação de arvoredos (parque) que, embora aberta, continha elementos arbóreos. A partir daí, o termo técnico savana amplia-se para abarcar conceitualmente arbustos e árvores.

Grisebach (1872) parece ter sido o primeiro botânico a usar o termo com o significado mais difundido até o presente, mencionando que “savanas diferem das estepes temperadas pela presença de vegetação arborescente” (Bourlière e Hadley, 1983). Autores clássicos posteriores, como Drude (1890) e Schimper (1898), apoiaram esse ponto de vista, mas deram, cada um deles, uma interpretação distinta.

Schimper (1898, p. 162) definiu savana como um tipo de vegetação subordinado à sua formação<sup>8</sup> climática campo (*grassland*). Para esse autor, seriam três as principais (“chefe” – *chief types*) formações climáticas. À primeira delas, chamou de “arvoredo” (*woodland*<sup>9</sup>), que são locais constituídos essencialmente de plantas arbóreas. A essa se seguiriam o campo (*grassland*), dominado essencialmente por gramíneas perenes, e o deserto – local cujas condições climáticas são hostis a todo tipo de vegetação. Subordinados ao campo, Schimper (1898) incluiu o prado (ou pradaria – *meadow*), que designaria os campos higrófilos ou

tropófilos<sup>10</sup>; a estope (*steppe*), quando estes fossem xerófilos; e a savana (*savanna*), que designaria campos xerófilos com árvores isoladas.

A partir de interpretações como essa, várias tentativas de definir com exatidão o termo savana foram apresentadas. Porém, como o termo passou a ser aplicado em várias partes do planeta (Fig. 2), acepções diferentes foram incorporadas à literatura, com significados até mesmo conflitantes em decorrência de particularidades de cada região. Para Richards (1976), seria muito difícil, talvez quase “impossível dar [-lhe] uma conotação científica precisa” (p. 322). Conforme registrou, “[s]avanas ... são muito heterogêneas na fisionomia, composição florística e status ecológico” (p. 323).

Nos dias de hoje, o termo savana designa “... formações vegetais muito diferentes ...” (Huetz-de-Lemps, 1970; Bourlière, 1983) e tem sido usado em muitos sentidos (Eiten, 1968, 1972, 1982, 1986; Richards, 1976, 1996; Cole, 1986; Mistry, 2000)<sup>11</sup>. Para Mistry (2000), as definições de savana podem ser enquadradas entre aquelas “climáticas” ou as “vegetacionais”. Para Eiten (1982, 1986), entre as que se enquadram em uma “fisionomia” particular ou em um “tipo de vegetação” – conceito este que, além da fisionomia, considera aspectos florísticos e de habitat. Em sentido amplo, Eiten (1972) indicou que o termo é definido e usado fisionômica, ecológica e floristicamente, estando aí incluídos o clima e a vegetação.

Desde o final do século 19, houve um predomínio do sentido fisionômico, particularmente do seu componente estrutural. Exemplos são expressões

<sup>6</sup> Estritamente falando, palmeiras não são árvores (ou formas de vida lenhosas), embora fisionomicamente vários táxons pertençam ao estrato arbóreo – caso de *Mauritia*.

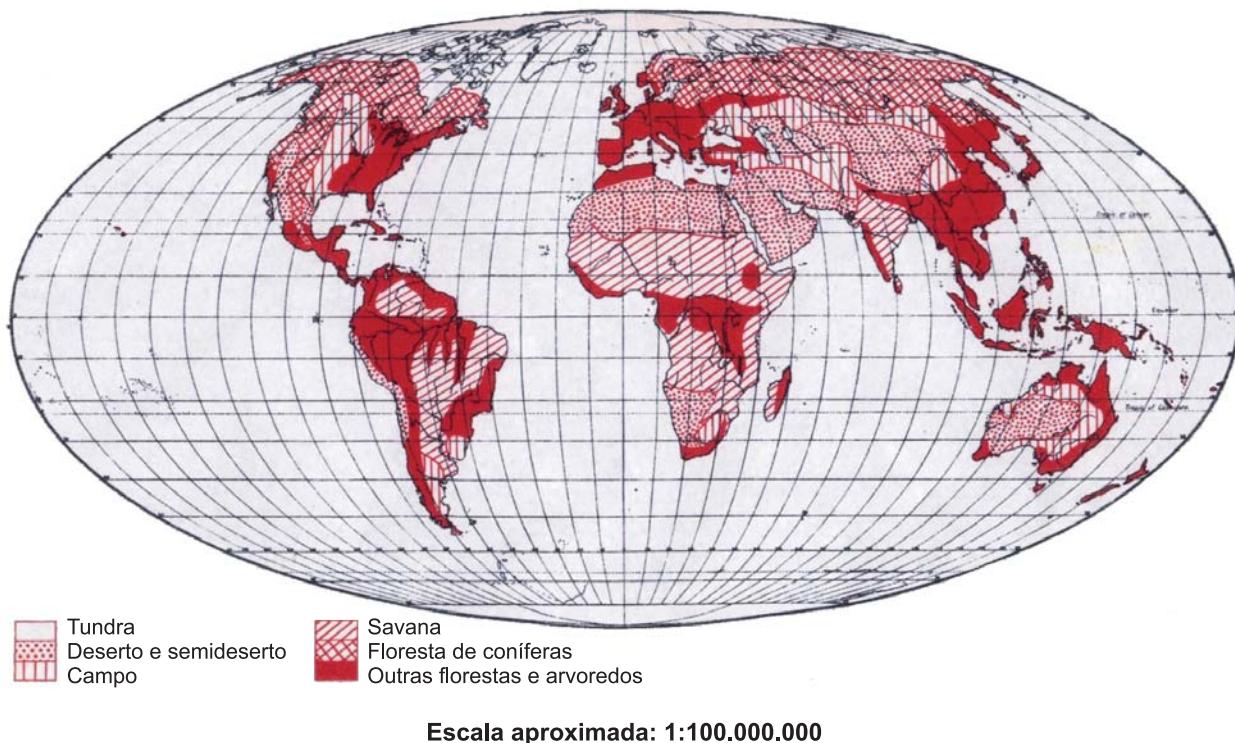
<sup>7</sup> Citada pelo ano da referência original em alemão, de 1898, a fonte consultada foi uma edição americana reimpressa em 1960, a partir da tradução para o inglês ocorrida em 1903, por William Fisher.

<sup>8</sup> Formação é aqui usado no sentido original aplicado por Grisebach (1872), qual seja, o de uma unidade fisionômica da vegetação. Esse termo tornou-se um conceito central na maioria das abordagens para classificação de comunidades vegetais, às quais Whittaker (1977) designou “tradição fisionômica”. Na acepção moderna, fisionomia é um conceito que inclui a estrutura da vegetação, as formas de crescimento dominantes e eventuais mudanças estacionais que nela ocorram.

<sup>9</sup> “Mata” ou “floresta” poderiam ser formas dúbias de se traduzir o termo inglês *woodland*, no sentido pretendido por Schimper (1898) e usado na tradução do alemão para o inglês. Porém, Schimper não pretendeu usar o termo floresta (*forest*), que foi considerado somente um tipo de arvoredo quando as árvores ocorrem em condições fechadas. Além de *forest*, estariam subordinadas ao *woodland* os tipos *bushwood* (árvores e arbustos em abundância) e *shrubwood* (arbustos constituem o aspecto principal). Em todos eles, plantas herbáceas seriam somente acessórias.

<sup>10</sup> Esse termo foi criado pelo próprio Schimper (1898) para designar plantas de folhas caducas nos países temperados, que ocupariam um lugar intermediário entre higrófitos e xerófitos verdadeiros. O comportamento seria como o de higrófitos na estação favorável e de xerófitos na desfavorável. Segundo o Glossário (1997), o termo designa vegetais que ocorrem em áreas de clima tropical, e que, no período desfavorável, perdem as folhas, entrando em estado latente.

<sup>11</sup> Por certo que, aqui, a preocupação com as definições do termo se referem a condições naturais, e não àquelas que resultam de áreas derivadas de florestas perturbadas.



**Fig. 2.** Mapa da vegetação mundial. Savanas estão representadas por linhas inclinadas.  
Fonte: Good (1964, p. 33).

como “savana arbórea”, “savana parque” e “savana herbácea” (Huettz-de-Lemps, 1970). A esse se segue o sentido ecológico, devido às condições ambientais determinantes (clima, solo, hidrografia, geomorfologia), a exemplo das expressões “savana estacional” e “savana hiperestacional” (Sarmiento, 1983). Quanto ao tratamento florístico, geralmente ele designa plantas do estrato graminoso, destacando gêneros ou espécies dominantes. Exemplos são “savana de *Trachypogon*” (Ramia, 1967; Sarmiento, 1983) ou “savana de *Trachypogon ligularis-Paspalum carinatum*” (Blydenstein, 1967).

Como senso comum para o conceito de savana, pode-se indicar a “paisagem com um estrato graminoso contínuo ou descontínuo, contendo árvores ou arbustos espalhados”. Savana é uma paisagem estruturalmente intermediária entre floresta (ou arvoredo, no sentido de Schimper, 1898) e campo. A maioria dos autores adota essa interpretação fisionômica, cujas nuances poderão ser constatadas com maior clareza nas definições apresentadas adiante.

## Amplitude e diversidade de conceitos de savana

Em sua obra sobre vegetação, Shimwell (1971, p. 42) deu o seguinte título ao capítulo 2: *Associação, formação, classificação e confusão*. Escreveu, na introdução, um texto que situava a desordem reinante sobre esses temas, mas que é útil em analogia direta ao tratamento que a literatura mundial reservou ao termo savana:

*A nomenclatura taxonômica de classificação da vegetação e sínteses metodológicas é repleta de uma confusa verbosidade pleonástica. Assim como esta afirmação ampla, a classificação da vegetação sofre imensamente de exagero, de alguma ambigüidade e, inevitavelmente, de interpretação incorreta. A história da classificação da vegetação é caótica, sendo parcialmente envolvida pelas dificuldades de barreira lingüística, parcialmente pela inevitável comparação de*

*métodos ..., e parcialmente por uma aura de mística acadêmica.*<sup>12</sup>

Neste cenário, que fundamentalmente não se modificou nestas mais de três décadas do desabafo de Shimwell (1971), o(s) conceito(s) de savana enquadr(a)m-se perfeitamente, com desdobramentos sobre suas definições.

É extremamente alto o número de definições encontrado na literatura mundial para referir-se ao termo savana. Para corroborar essa afirmação, são dados exemplos obtidos no primeiro volume do *Glosario fitoecológico de las Américas*, editado por Huber e Riina (1997). Nesse glossário, foram listados 231 verbetes referindo-se ao termo, lembrando que foi considerada apenas a literatura técnica dos países de língua hispânica da América do Sul. Sendo assim, não foi contemplada a literatura de países com outras línguas no continente, como o português e o inglês, além, obviamente, de não considerar a literatura técnica de outras partes do planeta.

Huber e Riina (1997) compilaram 24 verbetes designando a palavra pura *sabana* (a forma em espanhol), dois com o termo *savanna* e um como *savanah*. Esses 27 verbetes, acompanhados das suas fontes de referência, foram aplicados no sentido de se ter uma definição geral do termo. Como verbetes compostos, há 196 citações em *sabana* (por exemplo, *sabana abierta*, *sabana arbolada*, *sabana arborada*, etc.), quatro em *savana* (por exemplo, *savana alberata a latifoglie decidue, di clima tropicale*) e quatro como *savanna* (por exemplo, *savanna grassland*). Há desmembramentos também numerosos, entre os quais *sabana arbolada*, (por exemplo, *sabana arbolada chaquenha*, *sabana arbolada y arbustiva*) e *sabana higrófila* (por exemplo, *sabana higrófila megatérmica no inundable*, *sabana higrófila mesotérmica*), com 15 verbetes cada; *sabana abierta* (por exemplo, *sabana abierta inundable*, *sabana abierta o lisa*) e *sabana arbustiva* (por exemplo, *sabana arbustiva no*

*inundable, sabana arbustiva y chaparrales*), cada uma com 18 verbetes; além de expressões como *sabana graminosa*, que possui 10 verbetes para defini-la.

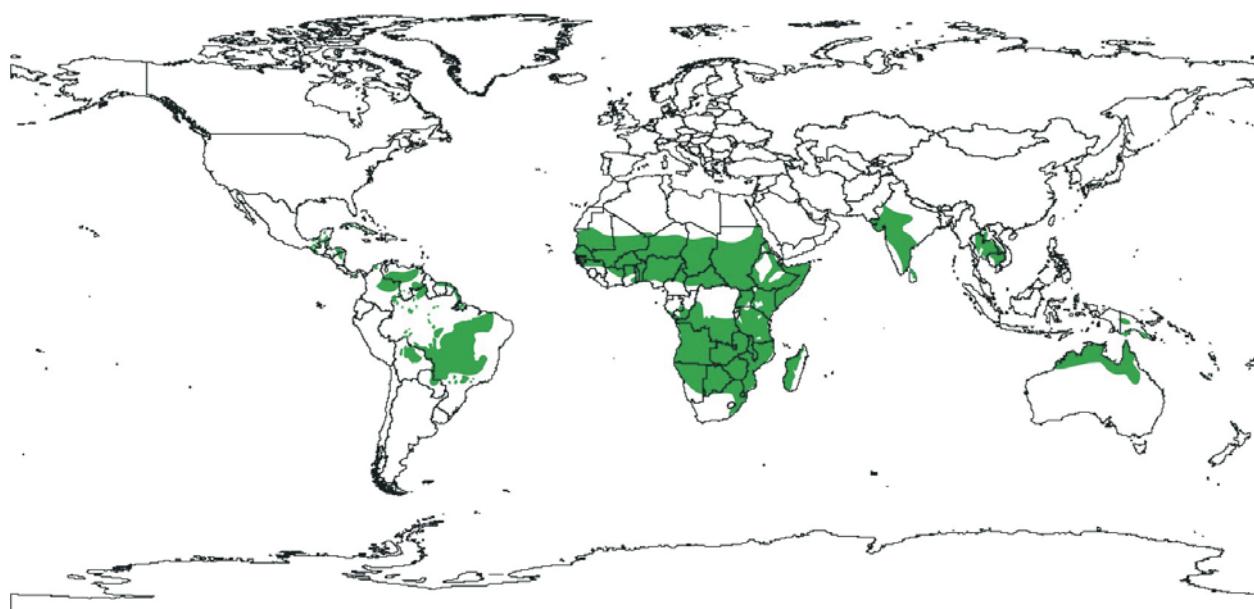
Por certo que o altíssimo número de definições decorre da amplitude e diversidade de habitats em que a formação<sup>13</sup> ocorre. Definições diferentes vinculam-se a conceitos diferentes, cujas diferenças mais marcantes talvez sejam a inclusão ou não de árvores no conceito e a restrição ou não do uso do termo à faixa tropical. Conforme Collinson (1988), em sentido fisionômico “savanias existem em todas as regiões tropicais e são vizinhas de praticamente todas as formações tropicais tipo” (por exemplo, florestas, brejos/*marsh*, desertos). As savanas cobrem perto de um terço da superfície terrestre (Werner et al., 1991, apud Mistry, 2000), ou 40 % da faixa tropical (Solbrig 1991, apud Mistry, 2000) (Fig. 3), revestindo áreas desde altas montanhas até terras baixas, sobre grande variedade de solos (Cole, 1986; Collinson, 1988). As savanas têm um longo histórico de exploração pelo ser humano e atualmente acolhem cerca de um quinto da população mundial, da qual boa parte sobrevive em atividades de subsistência (Mistry, 2000, p. 25).

## Definições de savana

Há duas escolas de pensamento para agrupar definições de savana: a escola européia e a americana (Collinson, 1988). A primeira trata savana como uma “formação tropical com domínio de gramíneas, contendo uma proporção maior ou menor de vegetação lenhosa aberta e árvores associadas” (Collinson, 1988). A escola americana adota a mesma definição fisionômica, mas expande o conceito para além das formações tropicais. Nas palavras de Solbrig (1991, apud Mistry, 2000), “savanias são o tipo de vegetação mais comum nos trópicos e subtrópicos”. Por essa definição, vegetações subtropicais como algumas formas que ocorrem na América do Norte, na Patagônia, ou o

<sup>12</sup> “The taxonomic nomenclature of vegetation classification and methodological synthesis is rife with confusing pleonastic verbosity. Like this opening statement, the classification of vegetation suffers greatly from overstatement, some ambiguity and, inevitably, misinterpretation. The history of vegetation classification is chaotic, being partly shrouded by the difficulties of language barriers, partly by the unavoidable comparison of methods ..., and partly by an aura of academic mystique”.

<sup>13</sup> Também nesse caso, “formação” está usado em sentido fisionômico, indicando uma vegetação intermediária entre floresta e campo (por exemplo, Cain, 1951; Ribeiro e Walter, 1998), ou entre floresta e deserto (*sensu* Schimper, 1898). Um tipo principal de comunidade de um dado continente, reconhecido pela fisionomia, é chamado “bioma” (*sensu* Whittaker, 1975). “Formação” é usada quando somente a vegetação está sendo tratada, e “bioma”, quando plantas e animais são incluídos. Ver também a nota de rodapé 25.



**Fig. 3.** Mapa de savanas tropicais no globo terrestre.

Fonte: contracapa de Bourlière (1983).



Chaco sul-americano também são consideradas savana.

A seguir, são apresentadas 12 definições obtidas de autores influentes, ou de referências importantes, sendo as sete primeiras pertencentes à escola européia e as restantes enquadradas na escola americana. Em itálico, estão destacados conceitos que buscam limitar a aplicação do termo, sob aquela definição, e que mostram acepções diferenciadas, mais amplas ou mais restritivas, não havendo necessidade de apresentá-las em uma possível ordem cronológica. A primeira definição, formulada por Cole (1986), é a que agrupa diretamente o entendimento geral e a idéia mais difundida e consensual sobre o termo. A última, apresentada por Mistry (2000), incorpora uma abordagem moderna por incluir aspectos temporais e funcionais da vegetação.

Definição 1: vegetação que *compreende um estrato graminoso contínuo*, usualmente com árvores e/ou arbustos exibindo características estruturais e funcionais similares. Inclui comunidades de *composição florística variável*, variando fisionomicamente de um campo puro (...) até arvoredos decíduos (...). Invariavelmente, a transição entre a savana e a floresta tropical é bem definida e abrupta (...) (Cole, 1986).

Definição 2: tipo de vegetação tropical com

predomínio de gramíneas de *alto porte* e um período de repouso *durante a estação seca* (Cabrera e Willink, 1980).

Definição 3: *formação aberta* com predomínio de gramíneas, normalmente intercaladas por árvores e/ou arbustos, que ocorre *em áreas de clima tropical* (Glossário, 1997).

Definição 4: tipo de vegetação freqüente em países tropicais, cujo *clima comporta uma estação seca*. Sua característica fisionômica dominante é dada por um *estrato de graminóides (graminetum)*, ao qual pode acompanhar, mais ou menos abundantemente, ervas perenes, subarbustos, arbustos e até árvores (Font Quer, 1985).

Definição 5: *campos graminosos tropicais (tropical grasslands)*, com ou sem árvores e arbustos esparsos. São mais extensas na África (...). Equivalentes, mas menos extensas e com comunidades menos ricas, também ocorrem na Austrália, na América do Sul e no Sudeste da Ásia. (...) Savanas são sujeitas a fogo (...) (Whittaker, 1975, 1977).

Definição 6: *planície* (Llanura) coberta por uma vegetação baixa de gramíneas, arbustos e, às vezes, árvores esparsas, em regiões quentes com *estação seca* mais ou menos longa. Nos Llanos orientais da Colômbia e da Venezuela é de extensão considerável. Espécies dominantes<sup>14</sup>: *Bowdichia virgiliooides* e

*Byrsonima crassifolia, Curatella americana, Palicourea rigida, Hyptis dilatata, Miconia rufescens, Tibouchina bipenicillata.* Gramíneas: como *Paspalum pectinatum* e *Aristida capillacea* (Cuatrecasas, 1958, 1989, *apud* Huber e Riina, 1997).

Definição 7: *sistemas ecológicos* formados por *pradarias tropicais*, nas quais algumas espécies isoladas de lenhosas vivem em *competição* com gramíneas e outras herbáceas (Walter, 1986).

Definição 8: *bosque* (floresta) *aberto com gramíneas*. As árvores podem estar espaçadas ou em grupos, separados por gramíneas. Tipo de *transição* entre floresta (bosque) e pradaria (Cain, 1951).

Definição 9: *campo graminoso<sup>15</sup> com árvores ou arbustos ou arvoredos espalhados* (Eiten, 1968, 1972).

Definição 10: microfanerófitas ou plantas lenhosas altas, espalhadas individualmente sobre um estrato baixo mais ou menos denso de *ervas ou liquens* (Daubenmire, 1968).

Definição 11: áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, *sem a formação de dossel contínuo* (Ribeiro e Walter, 1998)<sup>16</sup>.

Definição 12: *ecossistemas dinâmicos determinados pela umidade e nutrientes disponíveis para as plantas, pelo fogo e pela herbivoria, a diferentes escalas espaciais e temporais* (Mistry, 2000).

Por essas definições nota-se a preocupação em incluir aspectos fisionômicos, climáticos (estacionais), latitudinais, geográficos, florísticos, ecológicos (competição), de eventos como o fogo, além de sugerir dinâmica (tempo). Embora nenhuma das definições apresentadas tenha mencionado a influência humana sobre a paisagem, há aqueles que imputam a presença de savana ao resultado direto

da presença humana. A ação antrópica deletéria teria influência especial no incremento de eventos de fogo, com as atividades agropecuárias reduzindo o componente lenhoso. Hopkins (1992), por exemplo, afirmou que a floresta ocorre em áreas que nunca foram cultivadas, ou que o foram há muito tempo, enquanto a savana pode ocorrer em áreas cultivadas recentemente. Para esse autor, se houver proteção contra o fogo, a vegetação tenderá à floresta, por meio de sucessão secundária. Autores que trabalham no Cerrado defenderam idéia similar (por exemplo, Soares, 1980; Rizzini, 1997), a partir de hipóteses levantadas por Rawitscher (1948). Entretanto, estudos recentes indicam que isso nem sempre será uma consequência inexorável, estando na dependência da estrutura original da vegetação e da freqüência e intensidade dos eventos de fogo (Moreira, 1996, 2000; Sato e Miranda, 1996; Hoffmann, 2002; Miranda et al., 2002).

## Tipos de savana

Em consequência do alto número de definições, também é elevada a proposição de tipos de savana entre os autores<sup>17</sup>. Como critério geral de classificação, muitos fazem uma separação entre savanas úmidas e secas (*wet and dry seasonal savannas*), dependendo da quantidade de chuvas e da duração do período seco (por exemplo, Eiten, 1972), ou entre savanas climáticas e edáficas (Eiten, 1982). Para ilustrar essa discussão, indicam-se, a seguir, alguns tipos de savana e suas definições sumárias, baseadas em cinco referências. As duas primeiras (Huettz-de-Lemps, 1970 e Glossário, 1997) sintetizam informações retiradas da literatura, enquanto as três últimas representam, no primeiro caso, uma proposta terminológica para os Llanos da Venezuela, baseada na composição florística (Ramia, 1967); no segundo caso, é o resultado de uma proposta geral de Cole (1986); e no terceiro uma proposta de Sarmiento e Monasterio (1975),

<sup>14</sup> A citação dessas espécies dominantes nos Llanos foi incluída para mostrar a grande afinidade florística com o Cerrado.

<sup>15</sup> Nesta definição e na quinta (Whittaker, 1975), nota-se a influência de autores como Schimper (1898), que subordinou savana aos campos. A definição 8 (Cain, 1951), ao contrário, deu mais ênfase à vegetação lenhosa. Eiten (1972, 1977) chegou a usar “savana” em um sentido ainda mais restrito, como uma das formas naturais de variação de densidade da camada lenhosa do Cerrado (*lato sensu*) – ao lado de floresta, arvoredos, campo, etc. Ou seja, em um sentido hierarquicamente subordinado ao seu conceito de Cerrado. Isto será novamente abordado no final deste capítulo.

<sup>16</sup> Esta definição, que se referiu a trechos do bioma Cerrado, assumiu enfaticamente o sentido estrutural (fisionômico) do termo, excluindo do conceito áreas campestres puras, além de florestas.

<sup>17</sup> Em termos semânticos, essa afirmação não deixa de ser questionável, pois é muito difícil indicar se o alto número de definições é causa dos diferentes tipos de savana, ou uma consequência.

com refinamentos acrescidos por Eiten (1982).

## **Tipos de savana segundo Huettz-de-Lemps (1970)**

Savana herbácea (*grass savanna*) – praticamente sem árvores e arbustos.

Savana arbórea (*tree savanna*) – salpicada de árvores mais ou menos regularmente repartidas.

Savana em bosque (*sabana de bosquecillos*) – sem árvores isoladas, mas sim em pequenos bosques (que ocorrem em murundus).

Savana parque (*sabana parque*) – próxima da anterior, em que trechos predominantemente herbáceos alternam-se com os arborescentes.

Savana florestal (*sabana arbolada* ou *woodland savanna*) – é importante a densidade de árvores, sem formar dossel.

## **Tipos de savana definidos em Glossário (1997)**

Savana climática – ocorrência originada pela falta de chuva suficiente para sustentar uma floresta, mesmo em solos favoráveis.

Savana de inundação ou hiperestacional – representada por gramíneas de grande porte, em solo encharcado na maior parte do ano.

Savana de térmitas – úmida ou seca, marcada pela presença de cupinzeiros e de murundus.

Savana derivada – originada de ação de perturbação (corte, fogo, pastoreio), sobre uma vegetação natural mais alta e/ou fechada.

Savana edáfica – originada de condições desfavoráveis de solo, tais como baixa fertilidade, pequena espessura, acúmulo de sais ou metais ou má drenagem.

Savana espinhenta – representada por vegetação de porte arbóreo, em áreas com período seco de 8 a 10 meses.

Savana seca ou estacional – representada por vegetação de porte médio, em áreas com período seco de 5 a 7 meses.

Savana úmida ou não-estacional – representada

por vegetação de porte arbóreo grande, em áreas com período seco de 3 a 4 meses.

## **Tipos de savanas nos Llanos venezuelanos segundo Ramia (1967)**

Savanas de *Trachypogon* (*sabanas de Trachypogon*) – distinguem-se pela grande abundância do gênero *Trachypogon* na cobertura herbácea.

Savanas de bancos, baixios e “charcos” (*sabanas de bancos, bajios e esteros*) – constituídas por vegetação herbácea em áreas predominantemente planas, com discretos sítios altos e baixos. Os “bancos” são sítios altos que não se cobrem de água no período chuvoso; os “baixios” são os sítios que se encharcam no período chuvoso, alagando-se a uma altura inferior a 20 cm; e os “charcos” (esteros) são sítios que se alagam profundamente nos meses chuvosos, permitindo até navegação.

Savanas de *Paspalum fasciculatum* (*sabanas de Paspalum fasciculatum*) – caracterizam-se pela grande abundância dessa espécie de gramínea e alto nível de inundação do terreno.

## **Tipos de savanas segundo Cole (1986)**

Savana arborizada (*savanna woodland*) – arvoredos decíduos e semidecíduos de árvores altas (mais de 8 m de altura) e gramíneas mesofíticas altas (mais de 80 cm de altura), cujos espaços entre árvores é maior que o diâmetro de suas copas.

Savana parque (*savanna parkland*) – campos (*grassland*) mesofíticos altos (gramíneas de 40 cm a 80 cm de altura), com árvores decíduas (menos de 8 m de altura) espalhadas.

Savana campo (*savanna grassland*) – campos (*grassland*) tropicais altos sem árvores ou arbustos.

Savana com árvores baixas e arbustos (*low tree and shrub savanna*) – comunidades com gramíneas perenes de baixo crescimento (menos de 80 cm de altura), largamente espaçadas, com abundância de plantas anuais, e salpicada de árvores e arbustos de baixo crescimento, freqüentemente com menos de 2 m de altura, largamente espaçados.

Capoeira arbórea e arbustiva (*thicket and scrub*) – comunidades de árvores e arbustos sem estratificação.

## Tipos de savanas segundo Sarmiento e Monasterio (1975)

Savana climática (*climatic*) – quando não há chuva suficiente para sustentar floresta, em sítios bem drenados em terras altas (... *on drained upland sites*), mesmo onde a profundidade dos solos seja favorável.

Savana não-estacional (*nonseasonal*) – quando razões edáficas de qualquer tipo (exceto saturação permanente que possa produzir brejo [*marsh*]) impedem a ocorrência de floresta em um clima sem estação seca<sup>18</sup>.

Savana estacional (*seasonal*) – quando há uma estação seca definida e o solo é bem drenado, mas outras razões edáficas, como solos pouco profundos, infertilidade ou alto conteúdo de alumínio disponível, impedem a ocorrência de floresta; o solo não fica saturado por longos períodos na estação chuvosa.

Savana hiperestacional (*hyperseasonal*) – quando os solos ficam saturados continuamente por semanas ou meses durante a estação chuvosa (por inundação, por má drenagem) e permanecem abaixo do ponto de murcha (... *and goes below the wilting point*) por semanas ou meses na estação seca. É chamado hiperestacional, pois a saturação por longos períodos na estação chuvosa exagera o efeito das chuvas e causa falta de aeração do solo.

Por certo que há alguma uniformidade de pensamento entre os autores, mas não consenso, ao mesmo tempo em que se notam variações no peso dos critérios fisionômicos, florísticos ou ambientais nas definições dos tipos. Isso se reflete no entendimento e nas considerações que os autores têm sobre as savanas mundiais. Como exemplo, Eiten (1982) considerou quase todas as savanas naturais africanas e australianas como sendo “climáticas”, enquanto as savanas sul-americanas,

com poucas exceções, seriam “edáficas”. Nesse mesmo artigo, Eiten (1982) analisou as savanas ocorrentes no Brasil, que ele agrupou em cinco categorias climático-geográficas: Brasil Sul (*southern Brazil*), região de Campos Limpos; Floresta Atlântica (*Atlantic Forest region*), onde ocorrem campos de altitude e/ou rupestres; Brasil Central (*central Brazil*), no domínio do Cerrado e Pantanal; Brasil Nordeste (*north-eastern Brazil*), no domínio da Caatinga; e Amazônia (*the Amazon region*), onde ocorrem as “savanas amazônicas”. Nessas cinco categorias de Eiten (1982), pode-se perceber, com clareza, os domínios florísticos de Martius (1840/1869, 1943), delineados no início do século 19, sendo interessante perceber que savanas são encontradas em todos eles. Para Rizzini (1997), porém, no Brasil a palavra savana “só devia-se empregar, restritamente, para indicar o Cerrado”. Mais uma vez, ficam aqui explícitas as diferenças de interpretação.

## Distribuição geográfica das savanas

A distribuição geográfica das savanas mundiais deve ser analisada conforme o conceito adotado, cujo entendimento permite que se tracem mapas diferenciados. Em face da fragilidade de uma indicação direta, considerando as numerosas acepções, definições e interpretações do conceito, o mapa da Fig. 3 fornece somente um panorama geral das savanas tropicais pelo mundo, em escala pequena. Por essa figura, as savanas estendem-se nas latitudes 15 ° a 20 ° entre os trópicos dos dois hemisférios. À medida que a escala aumenta, mapas mais detalhados fornecem indicações mais precisas, tenham ou não sido feitos comentários sobre o necessário balizamento conceitual do tipo de vegetação tratado.

De modo geral, as savanas são consideradas o quarto bioma, ou domínio vegetacional em área ocupada no globo terrestre, sendo precedidas nos trópicos apenas pela floresta tropical (*rainforest*). De maneira indireta, Whittaker (1975) estimou em

<sup>18</sup> Note que esse tipo de savana está em conflito com algumas definições mostradas no item anterior, como a “definição 2” de Cabrera e Willink (1980).

cerca de 15 milhões de quilômetros quadrados a área coberta por savanas. Referindo-se somente à faixa tropical, Cole (1986) informou que seriam 23 milhões de quilômetros quadrados, localizados entre a floresta pluvial equatorial e os desertos e semidesertos de média latitude. Isso representaria cerca de 20 % da superfície terrestre, estando a África coberta por 65 % de savanas, a Austrália por 60 %, a América do Sul por 45 % e o Sudeste Asiático e a Índia por 10%. Destaque-se que Cole (1986) considera savana formações brasileiras como o Cerrado, o Pantanal e a Caatinga, o que, conceitualmente, é uma das formas corretas de interpretá-las<sup>19</sup>. Pelo mapa da Fig. 3, nota-se que a caatinga não foi incluída entre as savanas tropicais, o que mostra a variação de acepções aqui comentada. Além disso, variam também os números, lembrando que Solbrig (1991) estimou que as savanas cobrem 40 % da faixa tropical.

Eiten (1972) e Cole (1986) forneceram informações relevantes que indicam a distribuição desse bioma pelos continentes, sob os critérios aceitos e adotados por cada um deles.

Os parágrafos que se seguem trazem os principais comentários feitos por esses autores, acrescidos de informações encontradas em outras referências.

Na África, Eiten (1972) indicou toda vegetação de terras altas entre a floresta tropical sempre verde e o deserto, incluindo florestas semidecíduas e decíduas, arvoredos, campos com árvores e arbustos espalhados, e campos puros de vários tipos. Segundo o autor, freqüentemente são excluídos os campos de grande altitude (*alpine meadows* – prados alpinos), mas certos tipos de brejos e pântanos (*marshes*) são incluídos. Note-se que o conceito indicado abrange desde os campos puros até a vegetação florestal. Cole (1986) destacou a inclusão de arvoredos decíduos, localmente designados *miombo*. Miombo é uma savana arborizada (*savanna woodland*) encontrada em sete países centro e sul-africanos, sendo considerado um dos tipos de vegetação mais

uniformes e extensivos da África (Mistry, 2000). Menaut (1983) apresentou um mapa do continente africano o qual mostra seus quatro tipos principais de vegetação (savana, florestas úmidas, comunidades montanas e desertos), cujo destaque, em área coberta, são as savanas.

No continente asiático, savanas estão presentes na Índia e em trechos do Sudeste Asiático, na região do Camboja, na Tailândia, no Mianmar (Myanma ou Burma), no Laos e no Vietnã (Blasco, 1983; Misra, 1983; Mistry, 2000). A “Índia é um grande país com paisagens de savana” (Misra, 1983). Uma vez que todos os campos tropicais (*tropical grasslands*) daquele país seriam savanas, em sentido fisionômico, Misra (1983) destacou que, até aquele momento, toda literatura deveria ser lida adicionando-se o componente arbóreo-arbustivo para cada região, de modo a proporcionar um quadro mais realista das savanas indianas. Considerando esse tipo de limitação, o autor não apresentou um mapa daquela região, tal qual fizeram seus colegas da edição de Bourlière (1983). Blasco (1983) também mencionou a carência de mapas de vegetação detalhados no Sudeste Asiático, apresentando apenas uma figura indicando pequenas manchas de savana arbustiva no Vietnã. Recentemente, Mistry (2000) forneceu um mapa que mostra a distribuição das savanas secas de Dipterocarpaceae (...dry dipterocarp savanna) no Sudeste Asiático e que dão uma idéia da ocupação de savanas naquela região. Cole (1986) anotou que algumas formas de vegetação da Ásia, semelhantes aos arvoredos mesófilos decíduos e parques (*parkland*) da África, eram tidas como savanas derivadas de florestas decíduas, perturbadas durante muitos séculos, por cortes, queimadas, pastejos e cultivos. Nesse caso, tais trechos de savana teriam influência humana direta, o que não a impediu de incluí-los no conceito de savana.

Na Austrália e vizinhanças, tanto Eiten (1972) quanto Cole (1986) mencionaram que os autores daquela região restringem a aplicação do termo a trechos com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, seguindo exatamente o

<sup>19</sup> Há muito se discute se o Cerrado seria ou não savana (p.ex., Eiten, 1972, 1977), mas é menos freqüente, no Brasil, a discussão se a Caatinga seria uma savana, como tratado por Cole (1986), e que está em desacordo com Rizzini (1997). Em livros de divulgação sobre savanas, a inclusão da Caatinga como savana é dúvida, como se verifica no artigo de Bucher (1982), que a considerou um arvoredo (*woodland*). Com relação ao Cerrado, na parte final deste capítulo, esse assunto será novamente abordado.

conceito estrutural do termo. Campos puros, localmente denominados *tussock grasslands* (“campo de touceira”) e *hummock grasslands* (“campo de murundu”), estariam excluídos (Cole, 1986). Por essa ótica fisionômica, Gillison (1983) fez longa apresentação das savanas da Austrália e de parte do Pacífico Sul, considerando, em suas análises, somente tipos de savanas com componentes lenhosos significativos, ou maiores que 2 %. Como mencionado, excluiu os campos puros ou “savanas graminosas” (*grasslands* ou *grass savannas*), indicando que as savanas na Austrália e na Nova Guiné situar-se-iam entre 10 °S e 20 °S, podendo ser enquadradas dentro de províncias e regiões bioclimáticas específicas. Mistry (2000) informou ainda que as savanas são predominantes na região norte da Austrália, cobrindo aproximadamente 20 % do continente, e forneceu um mapa com sua distribuição.

Na América Tropical, particularmente em sua porção norte, Eiten (1972) e Cole (1986) indicaram a aplicação fisionômica do termo a campos graminosos (*grassfields* e *grasslands*) puros, ou a campos com árvores e arbustos espalhados, ou ainda com pequenos bosques ou arvoredos (*groves*), tanto naturais quanto decorrentes de ação antrópica. Laycock (1979), no entanto, não incluiu savana entre os tipos de campo analisados na publicação *Perspectives in grassland ecology*<sup>20</sup>, que tratou essencialmente de vegetações subtropicais ou temperadas da América do Norte. Pode-se dizer que Laycock (1979) seguiu a escola européia, já comentada. Por essa mesma perspectiva, porém, sob a ótica tropical, Sarmiento (1983) obviamente não considerou áreas além do México e de Cuba, ao norte, quando discorreu sobre as savanas da América Tropical.

Além da América Central e do Caribe, a distribuição de savanas neotropicais é complementada ao sul por “arbustais densos” (*dense scrubs*) e “savanas arbustivas e florestadas” (*savanna scrub* e *savanna forest*), segundo Eiten

(1972). Compreende, portanto, os Llanos venezuelanos e os Llanos de Mojos na Bolívia (ou a “região de savanas de Santa Cruz de La Sierra a Corumbá, MS”, com ‘matas’ de savana e palmeiraíais – Hueck, 1972); as “savanas de altitude” e a Gran Sabana nas Guianas; as savanas amazônicas e o Pantanal no território brasileiro; assim como, certamente, as formas pertencentes ao conceito de Cerrado sentido amplo (*lato sensu*)<sup>21</sup>, segundo Hueck (1972), Sarmiento (1983) e Cole (1986). Exatamente o Cerrado e os Llanos compreendem as maiores áreas contínuas de savana nas Américas (Sarmiento, 1983; Mistry, 2000).

Já foi comentado antes (ver nota de rodapé 19) que Cole (1958, 1986) incluiu a Caatinga e o Pantanal<sup>22</sup> entre as savanas brasileiras, ou sul-americanas. Como também há aqueles que interpretam outras vegetações, como o Chaco, como sendo savana (Fretes e Dwyer, 1969 apud Allem e Valls, 1987), observa-se desuniformidade entre os mapas de distribuição de diferentes trabalhos (comparar, por exemplo, Sarmiento, 1983, p. 245, e Cole, 1986, p. 66). Para dar mais dois exemplos, no mapa de vegetação apresentado por Whittaker (1975), a Região do Cerrado brasileiro é indicada como sendo em parte um arvoredo (*woodland*) e em parte uma floresta estacional tropical (*tropical seasonal forest*). Na recente edição do livro de Townsend et al. (2006), baseada em trabalho de Audesirk e Audesirk, de 1996, a região foi indicada parcialmente como “campo temperado” (boa parte do Brasil Central), como “savana tropical, campo e vegetação arbustiva” (nas transições com a Caatinga e a Floresta Amazônica) e como “floresta estacional tropical” (que seria correspondente à Caatinga).

Em síntese, fica claro que traçar um mapa global, consensual, de distribuição geográfica de savanas não é uma tarefa elementar, particularmente nas Américas, onde as interpretações do conceito são muito variadas. Quanto a isso, Cole (1986) constatou que há grande comparabilidade das

<sup>20</sup> Laycock (1979) indicou sete tipos de campos (*grasslands*): (1) pradarias (verdadeiras) de grama-alta (*tallgrass (true) prairie*); (2) pradarias de grama-curta (*shortgrass prairie*); (3) pradaria mista (*mixed-grass prairie*); (4) estepe arbustiva (*shrub steppe*); (5) campo anual (*annual grassland*); (6) campo (árido) deserto (*desert (arid) grassland*); e (7) campo de alta montanha (*high mountain grassland*).

<sup>21</sup> Segundo os influentes trabalhos de Coutinho (1978) e Rizzini (1997), a maioria dos autores brasileiros contemporâneos excluiria o Cerradão do conceito de savana, pois o considerariam uma floresta.

<sup>22</sup> Sarmiento (1983) também incluiu o Pantanal.

savanas da África com as da Austrália, mas isso não se verifica entre aquelas e as da América do Sul. A grande riqueza vegetacional das Américas, onde ocorre um mosaico de formas de vegetação diferentes, sob um mesmo clima, como é característico dos biomas Caatinga e Cerrado, associada ao tratamento mais amplo do termo nessa região, ajuda a explicar esse fato.

## Fatores ambientais que determinam as savanas

Os principais fatores que determinam a existência de savanas foram sintetizados por Cole (1986), Collinson (1988) e Mistry (2000), tendo sido analisados detalhadamente em capítulos de Huntley e Walker (1982) e Bourlière (1983). Embora sejam variáveis de lugar para lugar, entre os principais fatores listados incluem-se o clima, o solo, a hidrologia, a geomorfologia, o fogo e o pastejo. Segundo Cole (1986), o clima e o solo exerceriam os efeitos mais significativos na fisionomia e na distribuição das savanas.

Considerando somente as savanas tropicais, como elas se estendem nas latitudes 15° a 20° Sul e Norte (Fig. 3), sob diferentes altitudes, há consideráveis variações climáticas que resultam na diversidade fisionômica desse bioma. Quanto ao solo, a natureza do material de origem, o relevo, o clima, os organismos e o tempo interagem para sua formação (Brady e Weil, 1996) e, consequentemente, também afetam indiretamente a ocorrência e a distribuição de savanas.

Vários autores citados por Cole (1986) observaram que, na Austrália, no Sudoeste Africano, na Namíbia, em Botsuana, na África do Sul e no Zimbábue, e também no Brasil e na Venezuela, as diferentes formas fisionômicas de savanas refletem o importante papel das condições físicas do ambiente na distribuição e na composição florística da vegetação. Isso revela a grande sensibilidade das comunidades vegetais ou das espécies às variações das condições ambientais, notadamente o *status* de nutrientes minerais do solo, bem como seu regime de umidade.

A seguir, são comentados os principais fatores que condicionam savanas, incluindo-se, ao final de

cada um, as características do Cerrado, especialmente no Planalto Central brasileiro. Assim como nas demais savanas mundiais, o clima, a biota e o solo contribuem para o aspecto geral da sua vegetação, tanto em escala evolutiva (tempo geológico) quanto em escala sucessional (tempo ecológico).

## Clima

O clima atua na formação e na distribuição das savanas, principalmente por meio da pluviosidade e da temperatura, seguindo-se outros fatores, como a umidade relativa. Segundo Walter (1986), a precipitação e sua distribuição ao longo das estações (comprimento das estações seca e chuvosa) é que têm reflexos diretos na ocorrência de savanas. Diferentes savanas, em distintas partes do planeta, têm pluviosidade média anual que variam de cerca de 2.000 mm às margens da floresta tropical, até cerca de 250 mm às margens dos desertos, sendo que a precipitação anual diminui com o aumento da latitude.

O período seco pode variar de intervalos de 3 a 4 meses, para 8 ou 9 meses, tornando-se, neste último caso, mais claramente definido e severo. As temperaturas variam com a latitude, altitude e exposição. A variação entre a máxima diária e a mínima noturna aumenta em direção às margens dos desertos, onde as geadas, nas noites de inverno, particularmente nos vales, podem limitar o crescimento de árvores. De maneira geral, a temperatura média mensal para os meses mais quentes varia de 25 °C a 30 °C, nas margens das florestas, e de 30 °C a 35 °C, próximo às margens dos desertos. Nos meses mais frios, a temperatura varia de 13 °C a 18 °C e de 8 °C a 18 °C, respectivamente (Nix, 1983).

As savanas do Brasil Central e o Llanos da Venezuela parecem apresentar o mesmo clima semi-úmido e quente desde 7.000 AP<sup>23</sup> (Ledru, 1993, 2002; Salgado-Labouriau, 1997), ou seja, um clima com 3 a 4 meses de período seco, dependendo do local. Para Cole (1986), a seca é mais determinante no desenvolvimento de uma savana do que fatores como o fogo, sendo que Hopkins (1992) também exaltou a severidade da estação seca como principal fator de controle.

O Cerrado é caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos, cujo clima principal é classificado como Aw de Köppen (tropical chuvoso) – clima Aw, que coincide com a distribuição da maioria das savanas (Richards, 1976, p.150). A precipitação média anual gira em torno de 1.500 mm, variando de 750 mm a 2.000 mm. As chuvas concentram-se de outubro a março (estação chuvosa) e a temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C (ver capítulo 6 deste livro). A ocorrência de duas estações bem definidas (com a de seca de abril a setembro) caracteriza a distribuição concentrada das chuvas em toda a região, com influência direta sobre a vegetação. O clima também tem influência temporal na origem dessa vegetação, pois as chuvas, ao longo do tempo geológico, intemperizaram os solos, deixando-os pobres em nutrientes essenciais.

## Solos

A textura, a baixa disponibilidade de nutrientes e a pequena profundidade de alguns solos constituem importantes elementos na distribuição das diferentes paisagens dentro das savanas. A textura é de fundamental importância na retenção de umidade. Sua influência também é exercida na capacidade de drenagem e na disponibilidade de nutrientes no solo. Para Baruch et al. (1996), à medida que aumenta a disponibilidade de água e de nutrientes essenciais, também aumenta o número de espécies lenhosas, particularmente as do estrato arbóreo. A distribuição do gradiente fisionômico, desde o mais aberto ao mais denso, também segue este padrão.

Em estudos sobre os fatores que influenciam os limites entre savana e floresta, Longman e Jenik (1992) afirmaram que a ocorrência de solos ricos em óxidos de ferro pode favorecer o estabelecimento de savanas, tanto no topo quanto na base de escarpas. Indicaram ainda que solos ricos em metais pesados (Al e Mn, por exemplo) favorecem o crescimento de savanas sobre as florestas, como em Katanga, no Zaire. Para o nordeste do Mato Grosso, no Brasil, em região de transição entre floresta e savana, Askew et al. (1971) afirmaram que somente as condições de umidade

do solo não seriam suficientes para explicar o abrupto limite entre estas formações, e apontaram a textura do solo (mais arenoso na savana) como um importante fator a separá-las.

A topografia e a geomorfologia são agentes que atuam indiretamente na distribuição dos padrões vegetacionais, cuja ação direta viria das características edáficas locais (Cole, 1986). A altura e a estratificação da vegetação são influenciadas principalmente pelas condições de umidade do solo, enquanto a composição florística, dentro de cada fisionomia, decorreria da disponibilidade de nutrientes (Cole, 1986; Emmerich, 1990).

Para áreas de savanas no Brasil, observou-se que a profundidade do solo também assume um papel importante (Emmerich, 1990). Nos planos intermontanos, ocorrem geralmente florestas estacionais (decíduas), embora, em algumas partes, também ocorram savanas, sendo que Emmerich (1990) não observou diferenças nutricionais entre os solos dessas duas formas de vegetação. Desse modo, as vegetações estão distribuídas conforme a profundidade efetiva do solo, ocorrendo as formações florestais nos solos mais profundos e as savânicas nos mais rasos.

De maneira geral, a grande maioria dos tipos de solos nas regiões de savana são os arenosos altamente lixiviados, os lateríticos e, em menor proporção, os solos montmoriloníticos ricos em bases (Cole, 1986). Pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa Solos, 1999), os Latossolos estão incluídos no grupo dos lateríticos, e os montmoriloníticos nos Vertissolos. Não existem registros de Vertissolos nas savanas do Brasil, sendo os principais solos os Latossolos e suas variações, principalmente Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho, seguidos de Neossolos Quartzarênicos (textura areia ou areia franca), Argissolos (horizonte B textural) e outras classes de solos em menores proporções, merecendo nota os Plintossolos e os solos de características hidromórficas, como os Gleissolos. Além do material de origem rico em cálcio e magnésio, os Vertissolos também requerem, para a sua formação, condições climáticas e/ou de relevo que impeçam a remoção pronunciada desses cátions do solo. Essas

<sup>23</sup> Antes do presente.

combinações não ocorrem nas regiões savânicas brasileiras (ver Capítulo 5).

Além da capacidade de retenção de água drenagem dos solos, fatores relacionados aos teores de nutrientes também são utilizados para identificar diferenças entre zonas de savanas (Cole, 1986). Diferenças entre os solos calcários e não-calcários e entre os solos distróficos, mesotróficos e eutróficos também são citadas como caracterizadoras da vegetação. Regionalmente, Cole (1986) apontou que as savanas úmidas ocupam os solos distróficos e alguns mesotróficos não-calcários, enquanto as savanas secas ocupam os solos áridos e eutróficos, podendo ser calcários ou não. Savanas úmidas podem ocorrer dentro das savanas secas, onde areias ácidas e distróficas recobrem rochas cristalinas ou arenosas. Entretanto, a distribuição espacial de algumas espécies de savanas secas pode se estender a áreas de savanas úmidas, ricas em substratos orgânicos produzidos por agentes como os cupins.

Reatto et al. (1998) estabeleceram relações entre a cor, que reflete a drenagem, o conteúdo de matéria orgânica, a forma e o conteúdo de óxidos de ferro do solo, além da textura, com os tipos fisionômicos do Cerrado. Esses autores indicaram a ocorrência de Mata Seca e Cerradão nos solos derivados de rochas ricas em minerais ferromagnesianos (ferro e magnésio), como basalto, diabásio, gábrico e granulitos ortoderivados. Solos originados de rochas areníticas e quartzíticas são geralmente muito pobres em macro e micronutrientes e em matéria orgânica. Quanto às condições físicas, são porosos e de estrutura solta, susceptíveis à erosão hídrica e à eólica, principalmente quando destituídos de vegetação. Grande parte do Cerrado está recoberta por crostas ferruginosas, lateríticas, que, em mistura com material quartzítico, formam solos arenos-argilosos, muito pobres em nutrientes e com altos teores de óxidos de ferro. Fitofisionomias variando desde Campo até Mata Seca podem ser observadas em solos derivados da mistura de rochas ricas e pobres. Sobre rochas calcárias, pouco resistentes ao intemperismo, desenvolvem-se solos com teores mais elevados de bases trocáveis, como o cálcio e magnésio, associados à vegetação de Mata Seca Decídua. Se, porém, esses solos calcários ocorrem em posições mais aplainadas da paisagem, sendo

muito intemperizados, profundos e de baixa fertilidade (bases como o cálcio e magnésio foram perdidas por lixiviação), a vegetação encontrada é o Cerrado sentido restrito (ou *stricto sensu*).

## Geomorfologia e hidrologia

Em cada continente, as savanas são caracterizadas pelas seqüências similares de feições de terras, representando a evolução geomorfológica da paisagem, sob a influência das interações de mudanças nas condições climáticas e dos eventos geológicos (Cole, 1986). Collinson (1988) citou os trabalhos de Monica Cole, que apontam a importância da história geomorfológica como a chave para compreender os padrões de vegetação das savanas. Aquela autora identificou quatro unidades solo-vegetação principais (*campo puro/pure grassland*; *savana-parque/savanna parkland*; *savana arborizada/savanna woodland*; e *savana com árvores baixas e arbustos/low tree and shrub savanna*) como sucessoras das vastas planícies desenvolvidas durante o pleistoceno e destruídas pelas mudanças induzidas pelas circunstâncias erosivas do Quaternário. Dentro de cada uma das associações maiores (unidades) ocorrem associações menores, refletindo diferenças no microclima, no relevo, no solo, na textura e no *status mineral*. Essa análise das relações da paisagem com a vegetação contrasta fortemente com a aproximação puramente ecológica de outros autores, que relacionam padrões de comunidades de savanas.

Collinson (1988) comentou que, além da história geomorfológica, alguns autores associam os limites entre floresta e campo às características hidrológicas do ambiente. Onde a inundação é freqüente, a composição e a estrutura campestre variam de acordo com o período de inundação, e a ocorrência de arbustos ou árvores também poderá ser relacionada com esse fator. Porém, solos arenosos ou arenos-argilosos associados ao lençol freático permanentemente elevado, mas que não sofrem efeitos de inundação, também apresentam padrões de vegetação decorrentes das condições hidrológicas. Na América do Sul e na África, a floresta é substituída por savana mais aberta nesses sítios. No Brasil, a distribuição de florestas e de savanas depende das feições da terra, sendo os mais

elevados e antigos pediplanos dominados por savana. Onde o lençol é permanentemente alto, as árvores normalmente são excluídas da paisagem.

## Fogo

Algumas savanas do norte da América do Sul parecem ser relíquias do pleistoceno mantidas pelo fogo (Collinson, 1988). Esse argumento também tem sido usado para justificar a ocorrência das savanas na América Central (Nicarágua), no oeste da África, na Indochina e em Borneo. Collinson (1988) relacionou o impacto do fogo sobre a vegetação a inúmeros fatores, entre os quais: a época de ocorrência (os prejuízos do fogo são mais sérios no final da estação seca); a hora do dia em que o fogo ocorre (períodos de umidade mais elevada produzem incêndios mais brandos); e a força e a direção do vento. Mesmo estando adaptadas ao fogo, fatores como esses podem induzir problemas às savanas, que foram analisados por Gillon (1983) e, para o Cerrado, por vários autores no livro de Miranda et al. (1996).

A vegetação do Cerrado está adaptada ao fogo (Eiten, 1972). Incêndios têm ocorrido na região com histórica freqüência e mesmo eventos severos de fogo, durante vários anos, não chegam a destruir essa vegetação. Há registros de fogo no Cerrado desde o final do pleistoceno, há 32.400AP (Miranda et al., 2002). Portanto, para que o fogo possa exercer efeitos significativos sobre as fisionomias do Cerrado, Eiten (1972) sugeriu que seria necessária a ocorrência de eventos diários, sucessivamente, durante 1 a 2 anos.

Eventos de fogo e registros de incêndios são comuns na maioria das savanas do mundo (Lacey et al., 1982; Gillon, 1983), chegando-se a imputar savanas como resultantes diretas do fogo. Em resumo, pode-se afirmar que o fogo influencia a distribuição e a composição florística das savanas, afetando a estrutura dos trechos de vegetação, agindo positivamente sobre grupos de espécies adaptadas e negativamente nas espécies não adaptadas a ele (por exemplo, Moreira, 1996, 2000). Além disso, eventos de fogo afetam a ciclagem de nutrientes, com consequências sobre a flora.

## Biomassa, produtividade e ciclagem

A produtividade primária das savanas apresenta ampla variabilidade (Tabela 1) graças à maior ou menor contribuição dos fatores que condicionam suas diversas fisionomias (Collinson, 1988). A produtividade primária média é bastante baixa ( $900 \text{ g/m}^2/\text{ano}$ ) se comparada à floresta tropical ( $2.200 \text{ g/m}^2/\text{ano}$ ). Conforme se observa na Tabela 1, a biomassa produzida por unidade de área apresenta comportamento semelhante ao da produtividade primária, tanto em relação à variabilidade quanto à produção média. Sua produtividade média é baixa em relação à produtividade média dos ecossistemas florestais (Tropical, Tropical Estacional, Temperada Sempre Verde, Decídua Sempre Verde e Boreal).

Collinson (1988) relacionou a baixa produção de biomassa das savanas à pobreza em nutrientes da maioria de seus solos. Os dados relativos à área de superfície foliar e clorofila, apresentados na Tabela 2, colocam a savana na terceira posição, após as Florestas Tropical e Boreal. A produção de serapilheira é semelhante às quantidades produzidas pelas Florestas Tropical e Tropical Estacional, e bastante inferior à produção da Floresta Boreal, da Floresta Temperada Sempre Verde e da Floresta Decídua Sempre Verde (Tabela 2). A produção animal e a biomassa animal são elevadas, conforme dados também expressos na Tabela 2, sendo superadas apenas pelas quantidades da Floresta Tropical. A serapilheira produzida, a produção e a biomassa animal são fatores fundamentais para a manutenção da vegetação desse bioma.

Considerando a pobreza em nutrientes da maioria dos solos sob vegetação savânica, para a manutenção desse ecossistema, é essencial uma eficiente ciclagem de nutrientes. Uma quantidade elevada de serapilheira com qualidade, sob condições de atividade biológica adequada à mineralização e à absorção dos nutrientes, permite o eficiente uso dos minerais essenciais, que são escassos nesses solos.

## Ação antrópica

Em todo o planeta, as áreas de savana têm sido amplamente utilizadas para atividades agropecuárias

**Tabela 1.** Produção primária e biomassa das principais paisagens vegetacionais do planeta. Unidades em km<sup>2</sup>, g ou kg de matéria seca/m<sup>2</sup>, e t de matéria orgânica.

Ecossistema	Área 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup>	P. Prim./área		P.P.M. 10 <sup>9</sup> t/ano	Bio./área		Bio.M. 10 <sup>9</sup> t		
		g/m <sup>2</sup> /ano			kg/m <sup>2</sup>				
		Amplitude	Média		Amplitude	Média			
Floresta Tropical	17,0	1.000 a 3.500	2.200	37,4	6 a 80	45	765		
Floresta Tropical Estacional	7,5	1.000 a 2.500	1.600	12,0	6 a 60	35	260		
Floresta Temperada Sempre Verde	5,0	600 a 2.500	1.300	6,5	6 a 200	35	175		
Floresta Decídua Sempre Verde	7,0	600 a 2.500	1.200	8,4	6 a 60	30	210		
Floresta Boreal	12,0	400 a 2.000	800	9,6	6 a 40	20	240		
Arvoredos e arbustais (escrube) <sup>(1)</sup>	8,5	250 a 1.200	700	6,0	2 a 20	6	50		
Savana	15,0	200 a 2.000	900	13,5	0,2 a 15	4	60		
Campo Temperado	9,0	200 a 1.500	600	5,4	0,2 a 5	1,6	14		
Tundra e Campo Alpino	8,0	10 a 400	140	1,1	0,1 a 3	0,6	5		
Deserto e semideserto arbustivo	18,0	10 a 250	90	1,6	0,1 a 4	0,7	13		
Deserto extremo, rochas, areia e gelo	24,0	0 a 10	3	0,07	0 a 0,2	0,02	0,5		
Terras cultivadas	14,0	100 a 3.500	650	9,1	0,4 a 12	1	14		
Brejos e pântanos	2,0	800 a 3.500	2.000	4,0	3 a 50	15	30		
Lagos e riachos	2,0	100 a 1.500	250	0,5	0 a 0,1	0,02	0,05		
Total continental	149,0		773	115		12,3	1.837		
Mar aberto	332,0	2 a 400	125	41,5	0 a 0,005	0,003	1,0		
Reservatórios <sup>(2)</sup>	0,4	400 a 1.000	500	0,2	0,005 a 0,1	0,02	0,008		
Plataforma continental <sup>(3)</sup>	26,6	200 a 600	360	9,6	0,001 a 0,04	0,01	0,27		
Algal beds e recifes	0,6	500 a 4.000	2.500	1,6	0,04 a 4	2	1,2		
Estuários	1,4	200 a 3.500	1.500	2,1	0,01 a 6	1	1,4		
Total marinho	361		152	55,0		0,01	3,9		
Total geral	510		333	170		3,6	1.841		

P. Prim. – Produtividade Primária; P.P.M. – Produtividade Primária Mundial; Bio. – Biomassa; Bio. M. – Biomassa mundial.

<sup>(1)</sup> woodland and shrubland; <sup>(2)</sup> upwelling zones; <sup>(3)</sup>continental shelf.

Fonte: Whittaker (1975, p. 224).

e demais formas de ocupação humana. Savanas estão diretamente associadas à evolução da espécie humana, tendo sido a formação vegetal que abrigou os primeiros *Homo sapiens* (Leakey e Lewin, 1981; Bronowski, 1983). Desde então, o ser humano sempre utilizou savanas como áreas preferenciais para a sua sobrevivência, partindo delas para desbravar e ocupar outras formas de vegetação.

Até a segunda metade do século passado, não havia preocupação efetiva com a degradação ambiental causada pelos seres humanos. Na prática, o ser humano julgou (e muitas pessoas ainda julgam) que os recursos naturais seriam inesgotáveis. Isso começou a mudar com a atuação de movimentos ecológicos espalhados por todo o mundo, estimulados pelo alerta de biólogos e ecólogos ao longo do século 20. Um símbolo acadêmico desse movimento encontra-se no livro *Biodiversity* editado por Wilson e Peter (1988), traduzido

posteriormente para o português (Wilson e Peter, 1997), que alerta sobre o modo irracional de ocupação dos ambientes pelo ser humano. Símbolos que sensibilizam o grande público – a exemplo da ameaça de extinção das baleias e de certas espécies de focas e tartarugas, ou a destruição da camada de ozônio e das florestas tropicais – tornaram-se temas e preocupações diárias, certamente sem serem unâimes (ver Beckerman, 2000).

Tanto no Brasil quanto em outras partes do globo, domínios de vegetação não florestais, destacando-se aí as savanas, ainda não sensibilizam suficientemente o público leigo, mesmo aquele preocupado com questões ambientais, o qual tem dispensado atenção especial para as florestas tropicais (Klink et al., 1993; Solbrig e Young, 1993; Ratter et al., 1997; Klink e Machado, 2005). Os dados de degradação das savanas são alarmantes e, para comentar sobre isso, alguns números e a situação do Cerrado serão usados como exemplos.

**Tabela 2.** Algumas características da biosfera relacionadas à produtividade. Unidades em km<sup>2</sup> e tonelada de clorofila e matéria orgânica seca.

Ecossistema	Área 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup>	Clorof. 10 <sup>6</sup> t	A. s. f. 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup>	Serr. 10 <sup>9</sup> t	C. anim. 10 <sup>6</sup> t/ano	P. anim. 10 <sup>6</sup> t/ano	B. anim. 10 <sup>6</sup> t
Floresta Tropical	17,0	51,0	136	3,4	2.600	260	330
Floresta Tropical Estacional	7,5	18,8	38	3,8	720	72	90
Floresta Temperada Sempre Verde	5,0	15,5	60	15,0	260	26	50
Floresta Decídua Sempre Verde	7,0	14,0	35	14,0	420	42	110
Floresta Boreal	12,0	36,0	144	48,0	380	38	57
Arvoredos e arbustais (escrube) <sup>(1)</sup>	8,5	13,6	34	5,1	300	30	40
Savana	15,0	22,5	60	3,0	2.000	300	220
Campo Temperado	9,0	11,7	32	3,6	540	80	60
Tundra e Campo Alpino	8,0	4,0	16	8,0	33	3	3,5
Deserto e semideserto arbustivo	18,0	9,0	18	0,36	48	7	8
Deserto extremo, rochas, areia e gelo	24,0	0,5	1,2	0,03	0,2	0,02	0,02
Terras cultivadas	14,0	21,0	56	1,4	90	9	6
Brejos e pântanos	2,0	6,0	14	5,0	320	32	20
Lagos e riachos	2,0	0,5			100	10	10
Total continental	149,0	226	644	111	7.810	909	1.005
Mar aberto	332,0	10,0			16.600	2.500	800
Reservatórios <sup>(2)</sup>	0,4	0,1			70	11	4
Plataforma continental <sup>(3)</sup>	26,6	5,3			3.000	430	160
<i>Algal beds</i> e recifes	0,6	1,2			240	36	12
Estuários	1,4	1,4			320	48	21
Total marinho	361	18,0			20.320	3.025	997
Total geral	510	224			28.040	3.934	2.002

Clorof. – clorofila; A.s.f. – área de superfície foliar; Serr. – Serapilheira (*Litter mass*); C. anim. – Consumo animal; P. anim. – Produção animal; B. anim. – Biomassa animal.

<sup>(1)</sup>woodland and shrubland; <sup>(2)</sup>upwelling zones; <sup>(3)</sup>continental shelf.

Fonte: Whittaker (1975, p. 226).

Segundo o documento *Ações...* (1999), nas últimas décadas

*O Cerrado tem sido visto como uma alternativa ao desmatamento da Amazônia, sendo proposta a exploração mais intensa dessa região, seja por expansão agrícola, seja por plantios florestais para fixar carbono atmosférico. O processo de ocupação chegou a tal ponto que não é mais apropriado considerá-lo como fronteira. A ocupação humana e a construção de estradas fizeram com que a massa contínua de área com biota natural se transformasse numa paisagem cada vez mais fragmentada, composta por ilhas inseridas numa matriz de agroecossistemas.*

Nesse contexto, unindo Cerrado e Pantanal, aquele documento indicou que a integridade da cobertura vegetal já estaria comprometida em 49,11 %, classificados como não-Cerrado, sendo que 16,72 % estariam cobertos por Cerrado fortemente antropizado, 17,45 % seriam Cerrado antropizado

e restariam somente 16,77 % de áreas com Cerrado não antropizado.

Somente em relação ao Cerrado, Klink e Machado (2005) registraram, como principais formas de uso da terra, a implantação de pastagens (ocupando 41,56 % da área nuclear do bioma), atividades agrícolas (11,35 %), florestas artificiais (0,07 %) e áreas urbanas (1,90 %), as quais modificaram profundamente a paisagem de mais da metade dos cerca de 2 milhões de quilômetros quadrados originalmente ocupados pelo Cerrado. Isso, basicamente nos últimos 35 anos (Klink e Machado, 2005). Dados similares são registrados em regiões específicas do bioma, como no Distrito Federal, onde os números indicam perdas superiores a 57 % da cobertura vegetal. Apenas a fitofisionomia Cerrado sentido restrito já teria sido reduzida em 73 % da sua cobertura original (Vegetação..., 2000).

Um dos efeitos da intervenção humana na natureza é a redução na diversidade das comuni-

dades de plantas, animais e microrganismos. Isto ocorre principalmente pela implantação de pastagens, agricultura e reflorestamentos monoespecíficos, mas também pela eliminação de áreas para dar lugar a zonas urbanas, hidrelétricas, estradas e mineração. Além desses, há outros fatores culturais humanos, como as guerras (Kanyamibwa, 1998), cujos efeitos foram comentados para as savanas do planeta por Mistry (2000). Dos fatores de intervenção anteriores, normalmente, quanto maior o nível tecnológico aplicado durante o processo de uso do solo, maior a simplificação dos ecossistemas, principalmente no que se refere à diversidade da fauna e da flora (Solbrig e Young, 1993; Ratter et al., 1997).

A acelerada e desordenada ocupação do Cerrado (Ratter et al., 1997; Ações..., 1999; Vegetação..., 2000; Klink e Machado, 2005) é um exemplo real dos impactos humanos negativos sobre áreas de savana. O uso da terra naquele ambiente tem se caracterizado predominantemente pelos sistemas de produção intensivos, com utilização de elevadas doses de fertilizantes e pesticidas, além de mecanização pesada, buscando produtividades máximas. O uso excessivo e inadequado de implementos agrícolas de preparo do solo, como a grade aradora, tem aumentado os problemas com erosão, compactação e destruição dos agregados do solo, promovendo também reduções drásticas nos teores de matéria orgânica, principal componente de fertilidade dos solos sob essa vegetação (Silva et al., 1994).

Os sistemas agrícolas mantidos com altos custos monetário e energético proporcionam, em um período relativamente curto, certa estabilidade na produção vegetal. Porém, com o esgotamento dos recursos naturais, que afetam principalmente o solo e a água, além da poluição ambiental, essa produtividade não se sustenta ao longo dos anos. Segundo Blancaneaux et al. (1998), o Cerrado de Goiás perde aproximadamente 21 milhões de toneladas de solo/ano, juntamente com fertilizantes e pesticidas, em áreas cultivadas com soja, milho e pastagens. Esses sedimentos são carreados para os cursos d'água e causam problemas de assoreamento de córregos, rios e reservatórios, provocando inundações e diminuição considerável do volume dos reservatórios, poluição dos mananciais hídricos e

agravamento das secas (estaçao seca mais longa, redução no total de precipitação pluvial e veranicos mais freqüentes e longos).

Diante da atual situação de ocupação do Cerrado, onde, do total de 204 milhões de hectares, 35 milhões já estão ocupados com pastagens cultivadas, 10 milhões com culturas anuais e 2 milhões de hectares com culturas perenes e florestais (Embrapa, 1998; Embrapa Solos, 1999), práticas sustentáveis de uso e manejo do solo tornaram-se relevantes. Por essa perspectiva, práticas como o uso de plantas condicionadoras do solo (adubos verdes e plantas de cobertura), diversificação nos sistemas de cultivos com associação de espécies vegetais, adubação verde e o emprego do sistema de plantio direto, são ações que visam recuperar solos já degradados e abandonados, mantendo a qualidade daqueles que estão em uso, evitando, assim, a abertura de novas áreas consideradas de fronteira agrícola (Carvalho et al., 2000).

Em síntese, embora as savanas sejam a casa de cerca de 1 bilhão de pessoas (Mistry, 2000), elas têm sido sistematicamente destruídas para dar lugar a outras formas de uso da terra. Existe uma preocupação mundial com as florestas, que despertam no grande público muito mais interesse que qualquer outra vegetação. Das savanas, erroneamente ainda tidas como vegetações de importância menor<sup>24</sup>, foi pinçado o termo “savanização” – ainda ausente da maioria dos dicionários –, que identifica os processos de transformação de áreas originalmente florestadas. Como o seu termo irmão “desertificação” – este, há muito dicionarizado –, a savanização é tratada como algo a ser combatido. Se, para as florestas, é correto que se combatam esses processos, é incorreto que a associação ao termo savana impute algo que sempre deve ser combatido. Isso é um erro! Savanas naturais são um fato biológico e são importantes por cobrirem vastas superfícies do planeta, podendo ser tão ricas quanto as mais ricas florestas tropicais, como é o caso do Cerrado brasileiro.

## O Cerrado é uma savana?

Até aqui o Cerrado foi tratado diretamente como

uma savana, tendo sido usado no item anterior para exemplificar a degradação antrópica nas savanas. No entanto, ainda cabe uma breve discussão sobre a pergunta que dá título a este item: o Cerrado é uma savana? Além da já mencionada ação antrópica, essa pergunta foi positivamente respondida ao longo do texto em considerações sobre fatores condicionantes e pela interpretação conceitual ampla de autores como Cole (1958, 1986), Rizzini (1970) ou Collinson (1988). Cole (1958) intitulou seu clássico artigo de *A savana brasileira*, no qual aborda o Cerrado, o Pantanal e a Caatinga, enquanto Rizzini (1970) afirmou que “por cerrado entende-se a forma brasileira da formação geral chamada savana”. Essa discussão complementar ainda tem espaço para que dúvidas acadêmicas recorrentes possam ser esclarecidas.

O Cerrado é um “complexo vegetacional que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América Tropical e de continentes como a África e a Austrália”. Ocorre em altitudes que variam de cerca de 300 m a mais de 1.600 m (ver Capítulo 6). Vários autores (Eiten, 1972, 1982, 1994; Ribeiro e Walter, 1998; e outros) anotaram que, além do clima, influenciariam na distribuição da flora alguns efeitos devidos ao solo (química e física do solo, disponibilidade de água e nutrientes), a geomorfologia e a topografia, a latitude, a freqüência das queimadas, a profundidade do lençol freático, o pastojo e inúmeros fatores antrópicos, como a abertura de áreas para a agropecuária, a extração de madeira, o manejo de pastagens por meio de queimadas, entre outros. Todos esses aspectos foram comentados aqui, partindo do pressuposto de que o Cerrado fosse uma savana. No entanto, trabalhos antigos, de autores como Waibel (1948, 1948a), Santos (1951) e Sick (1960), ou mais recentes, como Eiten (1972, 1977) e Santos et al. (1977), questionam essa subordinação e ainda angariam defensores no presente. Segundo Santos (1951), o Cerrado “[N]ão se trata propriamente de uma savana, embora o seu aspecto geral possa dar essa impressão.”. Para Waibel (1948a), o Cerrado não é savana, pois esta é “basicamente uma campina; uma campina com árvores esparsas”. Santos et al.

(1977), por sua vez, concluíram que “deve-se evitar enquadrar os Cerrados na classificação mundial das formações vegetais como um subtipo dos modelos já reconhecidos, mas, sim, considerá-lo como um termo autônomo, individualizado e *sui generis*”.

Para responder à questão se Cerrado é savana, o primeiro aspecto a considerar é conceitual. Cerrado é uma palavra que, hoje, possui três acepções técnicas (ver Capítulo 6). A mais abrangente é o bioma<sup>25</sup> do Brasil Central, seguindo-se o sentido amplo (Coutinho, 1978; Eiten, 1994) e, finalmente, o sentido restrito (um dos tipos fitofisionômicos que ocorrem na formação savânea do bioma).

Considerando as três acepções indicadas, pode-se afirmar, neste caso, que o bioma Cerrado é caracterizado principalmente por uma típica savana, em seu sentido fisionômico mais difundido – conforme Collinson (1988), uma “formação tropical com domínio de gramíneas, contendo uma proporção maior ou menor de vegetação lenhosa aberta e árvores associadas” (ver também outras definições apresentadas neste capítulo). Esta savana é o Cerrado sentido restrito. O Cerradão, por ser uma floresta, não pode ser incluído como savana, assim como não deve ser incluído o Campo Limpo, pois esta paisagem é de um campo puro. Por essa interpretação, somente o Cerrado sentido restrito e o Campo Sujo (ou uma parte do Cerrado sentido amplo) estariam enquadrados na definição fisionômica de savana<sup>26</sup>, cujo conceito exclui os campos puros (representados perfeitamente pelo Campo Limpo). O bioma como um todo não é savana, uma vez que nele ocorrem florestas (por exemplo, as Matas de Galeria, as Matas Secas e o Cerradão) e campos puros, mas é caracterizado primordialmente por uma típica vegetação de savana, que ocupa a maior parte da área; de 80 % a 90 % do Brasil Central, segundo Eiten (1972, 1977, 1978).

Por sua qualidade, ainda têm muita influência os textos de George Eiten (Eiten 1972, 1977, 1978, 1982, 1986, 1994), autor que sugeriu separar cerrado do conceito de savana. Essa idéia de separação não é original, pois autores como Sick (1960) já a defendiam: cerrado “é vegetação *sui*

<sup>24</sup> No Dicionário Caldas Aulete, por exemplo, savana é definida como um “lugar extenso e inculto, na América: De Ásia as florestas lhe negaram sombra, a savana sem fim negou-lhe a alfombra. ... || planície que produz só erva ou mato: ...”.

*generis*". Ao delimitar o conceito de cerrado, Eiten (1977) o definiu como uma “vegetação xeromorfa de arvoredos, comunidades arbustivas, savanas abertas e campos graminosos do Brasil Central”. Por essa definição, aplicou o termo savana como uma forma subordinada ao conceito de Cerrado (ver nota de rodapé 15), quando é o mais usual e intuitivo é considerar exatamente o contrário (por exemplo, Waibel, 1948a, 1949b; Cole, 1958, 1986; Rizzini 1970). Para dissociar o conceito de Cerrado do de savana, seu principal argumento foi florístico, baseado na grande riqueza e na diversidade em espécies por área dos trechos de Cerrado (*lato sensu*), em comparação com as savanas mundiais. Apesar de Eiten (1972) anotar a inclusão de campos puros no conceito de savana adotado na América Tropical, ele argumentou que, se o Cerrado (*lato sensu*) fosse incluído como savana, os Campos Limpos ou determinados trechos de mata decídua também teriam que ser incluídos sob o termo – o que não consideramos que seja uma obrigação conceitual, se não for o bioma que estiver sob análise. Na verdade, Eiten (1977) fez uma interpretação excessivamente rígida da palavra Cerrado, ao contrário do que permitiria a própria história do termo, que foi aplicado de modo muito variável por diferentes autores ao longo dos séculos 19 e 20. Como Eiten (1972, 1977) julgou o Cerrado (*lato sensu*) um tipo florístico único, de caráter individual<sup>27</sup>, sugeriu que fosse colocado no mesmo nível de formações principais (*chief types sensu* Schimper, 1898), como a floresta tropical ou o deserto. Seu desejo é que a palavra Cerrado não fosse “... meramente um sinônimo brasileiro de savana” (Eiten, 1977, p. 132). Porém, fisionomicamente não há como excluir o Cerrado sentido restrito do conceito geral de savana, qualquer que seja a definição adotada; exceto se savana for considerada um campo puro – o que preferimos evitar. Já o Cerrado sentido amplo e o bioma são realmente de análises mais complexas. No primeiro caso, há a presença de áreas puras de

campo (cuja forma é campo – embora, como mencionado, algumas definições de savana o incluem) e do Cerradão (cuja forma é floresta). No segundo caso, além daquelas fisionomias, devem ser acrescidas florestas (secas, ciliares, de galeria). Portanto, realmente Cerrado não é um mero sinônimo brasileiro de savana, mas sim um componente desse conceito, tal qual os Llanos da Venezuela e da Colômbia ou o Miombo africano.

Coutinho (1978) foi um dos poucos autores que criticaram formalmente essa proposição radical de Eiten (1972), mas que foi objeto de muita crítica informal, e não veio a ser seguido pela maioria dos autores que trabalharam desde então. Em contrapartida, o argumento de Eiten (1972, 1977) também foi apoiado formalmente por poucos autores, entre os quais Allem e Valls (1987), ou, indiretamente, por autores como Rennó (1971). Modernamente, a maioria dos autores considera as principais formas de vegetação do Cerrado (ou parte do bioma, da província, ou do domínio) subordinada ao conceito de savana, como Felfili e Silva Júnior (1993), que anotaram: “A vegetação de Cerrado é considerada uma savana sazonal úmida” (*The cerrado vegetation is considered a wet seasonal savanna*); ou Ratter et al. (1997), que escreveram que “A savana brasileira é chamada cerrado” (*The Brazilian savanna vegetation is called cerrado*); ou, ainda, o recente livro de Oliveira e Marquis (2002), intitulado *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna* (*Os cerrados do Brasil: ecologia e história natural de uma savana neotropical*). Embora a proposta de Eiten fosse sedutora, com um autor influente a defendê-la, o Cerrado é uma savana. Uma savana floristicamente rica.

## Referências

AÇÕES prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal. Brasília:

<sup>25</sup> Bioma é usado aqui no sentido de uma grande área geográfica, ou biosistema regional ou subcontinental, caracterizado por um tipo principal de vegetação. Com esse sentido, deve ser entendido como sinônimo de domínio vegetacional ou província, na acepção adotada por autores como Leopoldo Magno Coutinho e Aziz Ab'Sáber. Ver também nota de rodapé 13 e Capítulo 6.

<sup>26</sup> Por certo que esta análise restringe-se ao conceito de Cerrado *lato sensu*, conforme interpretado por Coutinho (1978), excluindo outros tipos de vegetação savânica, como o Parque de Cerrado ou os Palmeirais (Capítulo 6).

<sup>27</sup> Embora isso esteja correto floristicamente, ainda assim é grande a afinidade florística com outras savanas sul-americanas, como os Llanos, ou as próprias savanas amazônicas da Região Norte do Brasil, que possuem baixa diversidade (por exemplo, Miranda, 1993; Miranda e Absy, 2000). Fisionomicamente, no entanto, o argumento fragiliza-se diante do conceito mais difundido de savana.

- Conservation International do Brasil: FUNATURA: UnB: Fundação Biodiversitas: MMA, 1999. 26 p. il. Inclui 1 mapa “Prioridades para a conservação do Cerrado e do Pantanal”.
- ALLEM, A. C.; VALLS, J. F. M. Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense.** Brasília: Embrapa-Cenargen, 1987. 339 p. (Embrapa-Cenargen. Documentos, 8).
- ASKEW, G. P.; MOFFATT, D. J.; MONTGOMERY, R. F.; SEARL, P. L. Soils and soil moisture as factors influencing the distribution of the vegetation formations of the Serra do Roncador, Mato Grosso. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Edgard Blücher: EDUSP, 1971. p. 150-160.
- BARUCH, Z.; BELSKY, J. A.; BULLA, L.; FRANCO, C. A.; GARAY, I.; HARIDASAN, M.; LAVELLE, P.; MEDINA, E.; SARMIENTO, G. Biodiversity as regulator of energy flow, water use and nutrient cycling in savannas. In: SOLBRIG, O. T.; MEDINA, E.; SILVA, J. (Ed.). **Biodiversity and savanna ecosystem processes.** Berlin: Springer-Verlag, 1996. p.176-194. (Ecological Studies, 121).
- BECKERMAN, W. **O pequeno é estúpido:** uma chamada de atenção aos verdes. Lisboa: Dinalivro, 2000. (O Problema da Terra, 2).
- BLANCANEAUX, P.; KER, J. C.; CHAGAS, C. S. da; CARVALHO-FILHO, A. de; CARVALHO, A. M. de; FREITAS, P. L. de; AMABILE, R. F.; CARVALHO-JÚNIOR, W. de; MOTTA, P. E. F.; COSTA, L. D. da; PEREIRA, N. R.; LIMA, E. M. B. Organização e funcionamento da cobertura pedológica. In: BLANCANEAUX, P. (Ed.). **Interações ambientais no cerrado:** microbacia piloto de Morrinhos, Estado de Goiás, Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS: ORSTOM; Brasília: Embrapa-SPI, 1998. p. 147-204.
- BLASCO, F. The transition from open forest to savanna in continental southeast Asia. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world 13: tropical savannas.** Amsterdam: Elsevier Scientific, 1983. p. 167-181.
- BLYDENSTEIN, J. Tropical savanna vegetation of the Llanos of Colombia. **Ecology**, Tempe, v. 48, n. 1, p. 1-15, 1967.
- BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world 13: tropical savannas.** Amsterdam: Elsevier Scientific, 1983. 730 p.
- BOURLIÈRE, F.; HADLEY, M. Present-day savannas: an overview. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world 13: tropical savannas.** Amsterdam: Elsevier Scientific, 1983. p. 1-17.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils.** Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996. 740 p.
- BRONOWSKI, J. **A escalada do homem.** 2. ed. São Paulo: Martins Fontes: UnB, 1983. 448 p.
- BUCHER, E. H. Chaco and Caatinga - South American arid savannas, woodlands and Thickets. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Ed.). **Ecology of tropical savannas.** Berlin: Springer-Verlag, 1982. p. 48-79. (Ecological Studies, 42).
- CABRERA, A. L.; WILLINK, A. **Biogeografia de América Latina.** 2. ed. Washington, DC: OEA, 1980.
- CAIN, S. A. **Fundamentos de fitogeografia.** Buenos Aires: Acme, 1951. 659 p.
- CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. da. **Manejo de adubos verdes no cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2000. 28 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 4).
- COLE, M. M. A savana brasileira. **Boletim Carioca de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 11, p. 5-52, 1958.
- COLE, M. M. **The savannas:** biogeography and geobotany. London: Academic Press, 1986. 438 p.
- COLLINSON, A. S. **Introduction to world vegetation.** 2 ed. London: Unwin Hyman Ltd., 1988. 325 p.
- COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 17-23, 1978.
- DAUBENMIRE, R. **Plant communities:** a textbook of plant synecology. New York: Harper & Row, 1968. 300 p.
- DRUDE, O. **Handbuch der pflanzengeographie.** Stuttgart: Engelhorn, 1890. 582 p.
- EITEN, G. **Vegetation forms (a classification of stands of vegetation based on structure, growth form of the component, and vegetative periodicity).** São Paulo: Instituto de Botânica, 1968. 88 p. (Instituto de Botânica. Boletim, 4).
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The**

- Botanical Review**, Bronx, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.
- EITEN, G. Delimitação do conceito de cerrado. **Arquivos do Jardim Botânico**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 125-134, 1977.
- EITEN, G. A sketch of vegetation of Central Brasil, In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE BOTÂNICA, 2; CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 29., 1978, Brasília. **Resumos dos trabalhos**. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 1978. p. 1-37.
- EITEN, G. Brazilian "savannas". In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Ed.). **Ecology of tropical savannas**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. p. 25-47. (Ecological Studies, 42).
- EITEN, G. The use of the term "savanna". **Tropical Ecology**. v. 27, n. 1, p. 10-23, 1986.
- EITEN, G. Vegetação do cerrado In: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed. Brasília: UnB: SEMATEC, 1994. p. 17-73.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Embrapa Cerrados e a região dos Cerrados**: informações básicas e dados estatísticos. Planaltina, DF, 1998. 24 p.
- EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- EMMERICH, K. H. Influence of landform, landscape development and soil moisture balance on forest and savanna ecosystem patterns in Brazil. **Pedologie**, v. 11, n. 1, p. 5-17, 1990.
- FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR., M. C. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, New York, v. 9, p. 277-289, 1993.
- FONT QUER, P. **Diccionario de Botánica**. Barcelona: Labor, 1985. 1244 p.
- FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (Ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall, 1992. 616 p.
- GILLISON, A. N. Tropical savannas of Australia and the Southwest Pacific. BOURLIÈRE, F. (Ed.) **Ecosystems of the world 13: tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1983. p. 183-243.
- GILLON, D. The fire problem in tropical savannas. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world 13: tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1983. p. 617-641.
- GLOSSÁRIO de ecologia. 2. ed. [S.l.]: ACIESP: CNPq: FINEP: FAPESP, 1997. 351 p. (ACIESP, 103).
- GOOD, R. **The geography of the flowering plants**. 3<sup>rd</sup> ed. London: Longmans, 1964. 518 p.
- GOODLAND, R. A.; FERRI, M. G. **Ecologia do Cerrado**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979. 193 p. (Reconquista do Brasil, 52).
- GRISEBACH, A. **Die vegetation der erde nach ihrer klimatischen anordnung**. Leipzig: [s.n.], 1872. 1335 p.
- HOFFMANN, W. A. Direct and indirect effects of fire on radial growth of cerrado savanna trees. **Journal of Tropical Ecology**, New York, v. 18, n. 5, p. 137-142, 2002.
- HOPKINS, B. Ecological processes at the forest-savanna boundary. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (Ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 21-33.
- HUBER, O.; RIINA, R. (Ed.). **Glosario fitoecológico de las Américas**. Caracas: Ediciones Tamandúa: Unesco, 1997. 500 p.
- HUECK, K. **As florestas da América do Sul**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília: São Paulo: Polígono, 1972. 466 p. il.
- HUETZ-DE-LEMPIS, A. **La vegetación de la tierra**. Madri: Akal Editor, 1970. 263 p.
- HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Ed.). **Ecology of tropical savannas**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 669 p. (Ecological Studies, 42).
- KANYAMIBWA, S. Impact of war on conservation: Rwandan environment and wildlife in agony. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 7, p. 1399-1406, 1998.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, Malden, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.
- KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G.; SOLBRIG, O. T. Ecological impact of agricultural development in the cerrados. In: YOUNG, M. D.; SOLBRIG, O. T. (Ed.). **The world's savannas: economic driving forces, ecological constraints and policy options for**

- sustainable land use. Paris: Unesco: Parthenon, 1993. p. 259-282. (Man and Biosphere Series, 12).
- LACEY, C. J.; WALKER, J.; NOBLE, I. R. Fire in Australian savannas. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Ed.). **Ecology of tropical savannas**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. p. 246-272. (Ecological Studies, 42).
- LAYCOCK, W. A. Introduction. In.: FRENCH, N. R. **Perspectives in grassland ecology**: results and applications of the US/IBP Grassland Biome Study. New York: Springer-Verlag, 1979. p. 1-2.
- LEAKEY, R. E.; LEWIN, R. **Origens**: o que novas descobertas revelam sobre o aparecimento da nossa espécie e seu possível futuro. 2. ed. São Paulo: Melhoramentos; Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1981. Traduzido por M. L. C. G. de Almeida.
- LEDRU, M. P. Late quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. **Quaternary Research**, San Diego, v. 39, p. 90-98, 1993.
- LEDRU, M. P. Late quaternary history and evolution of the Cerrados. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University Press, 2002. p. 33-50.
- LONGMAN, K. A.; JENIK, J. Forest-savanna boundaries: general considerations. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (Ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 3-21.
- MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul**: campos sulinos. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 110 p. il.
- MARTIUS, C. F. P. von. **Tabulae physiognomiae brasiliæ regiones iconibus expressas descriptis deque vegetatione illius terrae uberioris**. [S.l.: s.n.], 1840-1869. p. 1-110.
- MARTIUS, C. F. P. von. A fisionomia do reino vegetal no Brasil. **Arquivos do Museu Paranaense**, v. 3, p. 239-271, 1943. Tradução de E. Niemeyer e C. Stellfeld de "Die physiognomie des planzenreiches in Brasilien". Sitz. Akad. Wiss. München 1824.
- MENAUT, J. C. The vegetation of African savannas. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world 13**: tropical savannas. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1983. p. 109-149.
- MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (Org.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: Dep. de Ecologia, UnB, 1996. 187 p. Contém os anais do Simpósio Impacto de Queimadas sobre os ecossistemas e mudanças globais.
- MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. The fire factor. OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University Press, 2002. p. 51-68.
- MIRANDA, I. S. Estrutura do estrato arbóreo do cerrado amazônico em Alter-do-Chão, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 143-150, 1993.
- MIRANDA, I. S.; ABSY, M. L. Fisionomia das savanas de Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 30, n. 3, p. 423-440, 2000.
- MISRA, R. Indian savannas. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world 13**: tropical savannas. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1983. p. 151-166.
- MISTRY, J. **World savannas**: ecology and human use. Harlow: Prentice-Hall, 2000. 344 p. il.
- MOREIRA, A. G. Proteção contra o fogo e seu efeito na distribuição e composição de espécies de cinco fisionomias de Cerrado. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (Ed.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: Dep. de Ecologia, UnB, 1996. p. 112-121. Contém os anais do Simpósio Impacto de Queimadas sobre os ecossistemas e mudanças globais.
- MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in central Brazil. **Journal of Biogeography**, London, v. 27, p. 1021-1029, 2000.
- NIX, H. A. Climate of tropical savannas. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world 13**: tropical savannas. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1983. p. 37-62.
- OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University Press, 2002. 398 p.
- RAMIA, M. Tipos de sabana en los Llanos de Venezuela. **Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales**, Caracas, v. 27, n. 112, p. 264-288, 1967.

- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, London, v. 80, p. 223-230, 1997.
- RAWITSCHER, F. K. The water economy of the vegetation of the campos cerrados in southern Brazil. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 26, p. 237-268, 1948.
- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do bioma Cerrado In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados, 1998. p. 47-86.
- RENNÓ, L. R. A flora do Cerrado. **Oréades**, Belo Horizonte, v. 2, n. 4, p. 25-30, 1971.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados, 1998. p. 87-166.
- RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest: an ecological study**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. 450 p. (Reprinted first published 1952).
- RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest: an ecological study**. Cambridge: Cambridge University Press, New York, 1996. 2ed., 575 p. (with contributions by R. P. D. Walsh, I. C. Baillie and P. Greig-Smith).
- RIZZINI, C. T. Sobre alguns aspectos do cerrado. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 218, p. 48-66, 1970.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. 747 p. Revisado por Cecília M. Rizzini.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. Late Quaternary palaeoclimate in the savannas of South America. **Journal of Quaternary Science**, Chichester, v. 12, p. 371-379, 1997.
- SANTOS, L. B. dos. Estudo esquemático da vegetação do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 104, p. 848-854, 1951.
- SANTOS, L. B. dos; INNOCÊNCIO, N. R.; GUIMARÃES, M. R. da S. Vegetação. In: FUNDAÇÃO Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: região Centro Oeste**. Rio de Janeiro: Diretoria de Divulgação, Centro de Serviços Gráficos, 1977. p. 59-84.
- SARMIENTO, G. The savannas of Tropical America. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world 13: tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1983. p. 245-288.
- SARMIENTO, G.; MONASTERIO, M. A critical consideration of the environmental conditions associated with the occurrence of savanna ecosystems in tropical America. In: GOLLEY, F. B.; MEDINA, E. (Ed.). **Tropical ecological systems**. Berlin: Springer, 1975. p. 223-250.
- SATO, M. N.; MIRANDA, H. S. Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado *sensu stricto* submetidas a diferentes regimes de queima. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (Ed.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: Dep. de Ecologia, UnB, 1996. p. 102-111.
- SCHIMPER, A. F. W. **Plant geography: upon a physiological basis**. New York: Hafner, 1960. 839 p. Reprinted - original de 1898.
- SHIMWELL, D. W. **The description and classification of vegetation**. London: Sidgwick & Jackson, 1971. 322 p. (Biology Series).
- SICK, H. A formação do cerrado. In: CONGRES INTERNATIONAL DE GEOGRAPHIE, 18., 1956, Rio de Janeiro. **Comptes rendus**. Rio de Janeiro: [s.n.] 1959. p. 332-338.
- SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região dos cerrados dos oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 541-547, 1994.
- SOARES, R. V. Os incêndios florestais na Região do Cerrado. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 10, n. 41, p. 39-43, 1980.
- SOLBRIG, O. T.; YOUNG, M. D. Economic and ecological driving forces affecting tropical savannas. In: YOUNG, M. D.; SOLBRIG, O. T. (Ed.). **The world's savannas: economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use**. Paris: Unesco: Parthenon, 1993. p. 3-18. (Man and Biosphere Series, 12).
- TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, Tempe, v. 16, p. 284-307, 1935.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artmed

Editora Ltda., 2006. 2ed. 592 p. (original em inglês de 2003).

VEGETAÇÃO no Distrito Federal: tempo e espaço. Brasília: Unesco, 2000. 74 p. il.

VELOSO, H. P. Sistema fitogeográfico. In: IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. p. 9-38. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 1).

WAIBEL, L. A vegetação e o uso da terra no planalto central. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 335-380, 1948a.

WAIBEL, L. Vegetation and land use in the planalto central of Brazil. **Geographical Review**, New York, v. 38, p. 529-554, 1948b.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas**: tratado de ecologia global. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986. 325 p.

WHITTAKER, R. H. **Classification of natural communities**. New York: Arno Press, 1977. 239 p. Reprint of The Botanical Review, v.28, n.1, 1962.

WHITTAKER, R. H. **Communities and ecosystems**. New York: MacMillan Publishing, 1975. 385 p. il.

WILSON, E. O.; PETER, F. M. (Ed.). **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 657 p.

WILSON, E. O.; PETER, F. M. (Ed.). **Biodiversity**. Washington, DC: National Academy Press, 1988. 521 p.



## Capítulo 2

# Ocupação Indígena do Cerrado

## Esboço de uma história

*Altair Sales Barbosa  
Pedro Ignacio Schmitz*



## Introdução<sup>1</sup>

A área contínua dos sistemas Cerrado e Chapadões do Brasil Central apresenta uma população indígena atual em torno de 45 mil habitantes, distribuída principalmente pelos estados do Maranhão, do Tocantins, de Goiás e de Mato Grosso do Sul. Isso sem considerar a área do Parque Nacional do Xingu que, mesmo possuindo alguns elementos comuns a esse sistema, é integrante do Domínio Equatorial Amazônico ou Trópico Úmido, e não considerando também alguns povos que vivem em áreas disjuntas do Cerrado, como os parecis e os nambiquaras. Essa população engloba 26 povos de características culturais variadas, cujas situação atual e fragmentação demográfica não refletem a importância que esse espaço geográfico teve na sua fixação durante longos períodos, nem a verdadeira história da sua ocupação por essa população.

### Ocupação do Cerrado por bandos de caçadores e de coletores

O registro da Pré-História Sul-Americana demonstrou intensa movimentação adotada por populações humanas nos sistemas pré-andinos e andinos, principalmente a partir de 12.000 anos antes do presente (AP). Essa movimentação coincidiu com mudanças ambientais maiores, de cunho continental, com matizes localizados, responsáveis por entropias nos sistemas físico e cultural, até então estruturados, e por flutuações no espaço por parte desses sistemas, culminando com a diminuição de áreas de savanas e o início da desertificação em certos locais. Esses fatos acentuaram o processo de redução da fauna, sobretudo a de animais gigantes na parte centro-norte ocidental do continente.

As movimentações humanas relacionavam-se com modificações de ordem ambiental, ainda que elas fossem mediadas pela cultura. Esses sistemas culturais foram, de certa forma, desestruturados, e as populações impulsionadas a buscar novas formas de planejamento ambiental e social, assim como alternativa de sobrevivência. Nesse contexto, as áreas abertas, especialmente as representadas pelo

Cerrado ainda existente em manchas significativas nos baixos chapadões da Amazônia, devem ter favorecido fundamentalmente novas expectativas de sobrevivência e novos arranjos culturais, desencadeando os processos iniciais de colonização das áreas interioranas do continente.

Tal colonização deu-se preferencialmente nas áreas de formação aberta. No início, aconteceu de forma acanhada, mas, algum tempo depois, foi possível constatar a formação de um horizonte cultural fortemente adaptado às novas condições ambientais, sobretudo quando se aproximou da grande área “core” das formações abertas já existentes nos chapadões do Brasil Central. As características físicas e biológicas desses chapadões mantêm-se com alteração pouco significativa quando comparadas às modificações que afetaram outros biomas continentais durante o Pleistoceno Superior e nas fases iniciais do Holoceno.

Os estudos sobre o artesanato lítico (instrumentos e utensílios encontrados em rochas e minerais) compuseram esse grande horizonte cultural formado no Cerrado. Quando esse artesanato é comparado a outros do continente, situados mais a oeste e mais recuados temporalmente, sugerem a constância de alguns traços tecnológicos, porém com aperfeiçoamento *sui generis*, originando uma indústria singular e bastante homogênea. Processo quase similar ocorreu em relação à economia de subsistência.

O estudo de algumas áreas cujos vestígios estão preservados, quando comparadas às áreas do oeste, demonstra uma tendência crescente à generalização que, em pouco tempo, difundiu-se como um sistema econômico básico.

A procedência desses primeiros povoadores não é ainda muito clara; entretanto, há indicadores de que algumas áreas do oeste poderiam atuar como centros dispersores. O estudo comparativo de variáveis bem definidas poderá conduzir a algumas respostas.

Nesse sentido, o horizonte cultural que se formou nas savanas e nas formações xerófilas, na área andina, representado principalmente pelas áreas nucleares de El Abra, na Colômbia, e Ayacucho, no Peru, cujas explorações, efetuadas em formações abertas, apontam elementos muito significativos, que devem ser tomados como ponto

<sup>1</sup> Nota do editor: reproduzido do original, com permissão do autor do livro *Cerrado: ecologia e flora*.

de investigação básica.

Entre 12.000 e 11.000 anos (AP), dois sistemas ocupacionais bem definidos estavam estabelecidos no interior do continente: a área nuclear do Vale do Guaporé, nas quebradas do Planalto Brasileiro, cuja cobertura vegetal era caracterizada pelo Cerrado, e a região das Coxilhas Gaúchas. Esses sistemas assemelhavam-se aos das estepes patagônicas, formando um horizonte cultural descontínuo.

As ocupações das Coxilhas Gaúchas não demonstraram nenhum tipo de relacionamento com as que se instalaram imediatamente no Cerrado dos chapadões do Brasil Central. Ao contrário, assemelhavam-se às das Estepes Patagônicas.

As ocupações do Vale do Guaporé guardavam, porém, ligeiras relações tanto com aquelas verificadas nas Savanas, localizadas mais para o oeste e mais antigas, quanto com as do Cerrado do leste, ocorridas em épocas mais recentes.

O artesanato lítico demonstrou certa transição evidenciada por uma desestruturação e por uma posterior adaptação que logrou êxito.

Esse esquema explicativo seria perfeitamente compreensível caso não existisse no interior, em ambiente similar, ao exemplo dos registros de datações mais antigas nas áreas ocupadas de São Raimundo Nonato e Lagoa Santa. Desconsiderando a área central da Bahia, em virtude de as informações serem prematuras, duas hipóteses foram levantadas:

- Se a ocupação dessas áreas foi realmente anterior à das áreas do Cerrado dos chapadões do Brasil Central, é possível que as populações que alcançaram São Raimundo Nonato e Lagoa Santa não tenham migrado por esses chapadões centrais, pois seus vestígios não foram aí encontrados. Ou, se migraram, os vestígios estão mascarados pela indústria que constitui a Tradição Itaparica.
- Se a ocupação de São Raimundo Nonato e de Lagoa Santa foi anterior à do Cerrado, e se a migração não ocorreu nesse ambiente, é possível que as populações atingissem essas áreas pela Caatinga, migrando ao longo das depressões do Rio Amazonas, pelas duas margens, e assentando-se de forma mais duradoura em São Raimundo Nonato e,

posteriormente, em Lagoa Santa, cujo êxodo efetuou-se pela Caatinga da depressão sanfranciscana.

Quanto à primeira hipótese, apesar de a amostragem ser significativa, os espaços não foram esgotados, e as escavações não avançaram em profundidade suficiente; portanto, não há, ainda, elementos definitivos para confirmá-la, embora a maior parte dos dados direcione para tal. Quanto à segunda, a análise minuciosa e comparativa do material proveniente de, pelo menos, três áreas nucleares da Tradição Itaparica (Serranópolis e Caiapônia, em Goiás, e Gerais, na Bahia) não a confirma.

A inexistência, nessa faixa cronológica, de vestígios entre São Raimundo Nonato e Lagoa Santa, e também na depressão amazônica, somada à falta de cronologias mais antigas do oeste do continente, não corrobora essa afirmação. A possibilidade dessa evasão, seguindo vias abertas na Venezuela e nas Guianas, esbarra nos mesmos obstáculos para comprovação.

Assim, de acordo com os dados disponíveis que envolvem amostragem significativa em Mato Grosso do Sul, na quase a totalidade de Goiás e em grande parte do Tocantins, no oeste da Bahia e em grande parte de Minas Gerais, a ocupação efetiva do interior do continente sul-americano iniciou-se com a implantação do horizonte do Cerrado, a partir de 11.000 anos (AP). Esse horizonte é caracterizado por um artesanato lítico muito homogêneo, que constituiu a Tradição Itaparica, intimamente ligada às formas de exploração do Cerrado, com mecanismos adaptativos responsáveis por um sistema econômico que perdurou por 2 mil anos, sem mostrar alteração, a não ser aquela decorrente da migração.

As populações que dominaram a tecnologia estabeleceram a indústria que veio a constituir a Tradição Itaparica, colonizando uma área de grandeza espacial com cerca de 2 milhões de quilômetros quadrados, que se estendia de Mato Grosso a Goiás até Tocantins, além de áreas de Cerrado em ambientes cobertos pela Caatinga do Nordeste brasileiro, notadamente Pernambuco e Piauí. Essas localidades, em conjunto, revelaram o alcance dessa Tradição e a maneira homogênea como foi organizado o espaço. Demonstraram

também a importância que o Sistema Biogeográfico do Cerrado exerceu nesses processos de ocupação por essas populações.

## Processos culturais associados à ocupação inicial

O panorama do povoamento das áreas centrais do continente sul-americano começou a ser definido a partir de 11.000 anos (AP) e, para tal, contribuiu muito o advento, no Planalto Central do Brasil, de um complexo cultural denominado pela arqueologia de Tradição Itaparica.

Há 10.000 anos (AP), essa Tradição estabeleceu-se em mais de 2.000 km de extensão. É quase certo que ela tenha coberto a área do Cerrado existente nos chapadões do Brasil Central e em suas extensões. Pelos processos a que esteve associada, seu estabelecimento na área converteu-se em marco referencial de grande importância para que fossem estudados os processos culturais que caracterizaram o alvorecer do povoamento humano nas áreas centrais da América do Sul.

Em torno de 9.000 anos (AP), ou um pouco mais tarde, essa cultura perdeu suas características básicas, representadas pela adoção de artefatos bem trabalhados, e transformou-se em indústria de lascas, com poucos retoques, assinalando nova tendência à especialização.

Os estudos arqueológicos têm demonstrado íntima relação entre a cultura da Tradição Itaparica e a da área do Cerrado. O nível dessa relação é evidenciado não só pelo sistema paleoecológico, mas também pelos restos de alimentos associados a esse tipo de cultura, encontrados nas escavações arqueológicas, e pela sua própria distribuição nesses locais. Resta, portanto, esclarecer a seguinte questão: o que teve essa paisagem de tão especial para atrair populações que faziam uso de um sistema especial de caça e coleta, favorecendo ocupações duradouras e homogêneas?

Tentou-se responder a essa indagação usando-se algumas informações sobre clima, geomorfologia, recursos vegetais e animais.

No que se refere ao clima, tanto em relação aos limites atuais quanto aos antigos, a área do Sistema

Biogeográfico do Cerrado caracteriza-se pela estabilidade e por um ciclo climático aliado a um biológico bastante homogêneo, fato que permite, às populações de economia simples, a adoção de um planejamento também homogêneo.

A feição das paisagens indica que, tanto nas áreas atuais quanto nas antigas, há grande ocorrência de abrigos naturais, elemento fundamental para esses grupos humanos estabelecerem-se em determinadas épocas do ano.

O Sistema Biogeográfico do Cerrado fornece recursos vegetais, como fibras, lenha, folhas ásperas, utilizadas para acertar superfícies, e palha de palmeiras para cobertura de abrigos. O mais importante é que, de todos os sistemas biogeográficos da América do Sul, esse é o que fornece maior variedade de frutos comestíveis. E embora a maturação da sua maior parte esteja relacionada à época da estação chuvosa, sua variedade possibilita a distribuição regular de suas espécies durante todo o ano.

Em relação à fauna, tentou-se buscar algumas respostas, comparando a relação entre os mapas e a vegetação, reunidos aos contornos das províncias zoogeográficas da América do Sul, estabelecidas por Melo Leitão (1947) e Cabrera e Yépes (1960).

Desses estudos, constatou-se estreita relação entre uma fauna peculiar, que definia essas províncias zoogeográficas, e as áreas de vegetação aberta, ou seja, Cerrado, Caatinga e áreas de transição. Verificou-se também – e isso é um dado importante – que, embora exista essa fauna nesses ambientes, é na área de vegetação do Cerrado que ocorre sua maior concentração. Alguns elementos explicam esse fato, a saber: ocorrência de estrato gramíneo, com flores e frutos, e diversidade de ambiente que caracteriza o Sistema do Cerrado, permitindo o estabelecimento de uma complexa cadeia biológica.

## Processos de adaptação

A existência de uma fauna que faz do Cerrado um ambiente prioritário, associada à grande variedade de frutos, à ocorrência de abrigos naturais e a um clima sem excessos de variação, exerceram papel importante na fixação de populações humanas, bem como no desenvolvimento de

processos culturais específicos. Todavia, quando se reporta à cultura da Tradição Itaparica e a sua fixação no Sistema Biogeográfico do Cerrado do centro do Brasil, constituindo nessa área um horizonte cultural com 2.000 anos de duração, restamos fazer uma série de indagações sobre as origens desse processo. Nesse sentido, algumas afirmações podem ser sugeridas.

O protótipo dessa cultura apresentou uma expansão acompanhada de aperfeiçoamento adaptativo de antigas culturas de savanas e de outras formações abertas, situadas mais para oeste do continente, que, por motivos ambientais, tiveram de adotar novos planejamentos de subsistência, aperfeiçoando a coleta vegetal e enfatizando a caça generalizada, em detrimento da especializada. Os processos iniciais desse aperfeiçoamento situaram-se na vegetação da área “core” de Cerrado ainda presente à época, nos baixos chapadões da Amazônia.

À medida que os reflexos das mudanças climáticas tornaram-se mais efetivos na área, favorecendo o avanço das antigas manchas de florestas sobre a área de Cerrado, intensificou-se um movimento relativo à fauna. Algumas formas migraram para várias direções; a maior parte, entretanto, dirigiu-se para leste e sudeste, no sentido da outra grande área “core” de vegetação do Cerrado, a dos chapadões centrais do Brasil. Isso aconteceu porque a vegetação era similar e as duas áreas estavam conectadas e, também, porque as áreas florestais primeiro apareceram nas amplas planícies ribeirinhas, constituindo ambientes umbrófilos, tornando-se, consequentemente, verdadeiros obstáculos à expansão de determinadas espécies adaptadas a áreas ensolaradas. Aliou-se a esse fato o obstáculo constituído pelo próprio Rio Amazonas. A migração da fauna foi seguindo o mesmo rumo das populações humanas aí estabelecidas.

Essas afirmativas confirmam-se quando associadas às condições da Pré-História do continente e da configuração paleoambiental que antecedeu a formação da cultura da Tradição Itaparica no centro do Brasil.

A revisão da Pré-História da América do Sul revelou a existência, em períodos anteriores ao povoamento do interior do Brasil, de um horizonte

cultural que atuou em áreas de savanas e em outras formações abertas, estabelecidas em áreas do leste andino, ou tendentes a essa orientação, e quase à borda da área nuclear da vegetação de Cerrado dos chapadões baixos da Amazônia. Esse horizonte cultural, que recebeu a denominação de Horizonte Descontínuo das Savanas e Formações Xerófilas, ocorreu no local, de forma não-homogênea, aproximadamente 15.000 anos (AP) até 12.000 anos (AP). Suas principais categorias espaciais foram representadas por El Abra, Ayacucho e Guitarrero I, que englobaram complexos culturais similares, caracterizando um sistema de coleta e caça, no qual os animais de grande porte – atualmente extintos – constituíam alternativa alimentar de grande importância.

Observando a formação desse horizonte, aliada à sua configuração espacial e temporal, encontra-se uma fase de estabelecimento situada entre 15.000 e 14.000 anos (AP), acompanhada de uma fase de expansão. Essa fase caracterizou o período de 14.000 a 13.000 anos (AP) e foi seguida por fragmentação de algumas áreas, provocada por migrações para leste, que identificaram o período de 13.000 a 12.000 anos (AP). A partir dessa época, a principal área cultural das savanas colombianas, que se conservou habitada, fragmentou-se, propiciando êxodos para o interior do continente.

O desaparecimento desse horizonte coincidiu com uma época de grande instabilidade climática que marcou o limite entre o Pleistoceno e o Holoceno. Coinidiu também com o avanço das áreas florestais sobre áreas de Caatinga, nas depressões e nas áreas de Cerrado, nos baixos platôs da Amazônia. Essas significativas mudanças do clima e de seus reflexos nos biomas certamente fizeram intuir, entre as populações humanas aí estabelecidas, a necessidade de buscar novas possibilidades de planejamento para garantir a subsistência, o que implicou novos arranjos sociais. Esse fenômeno não parece ser exclusivo das populações que constituíram esse horizonte cultural. Não obstante, a revisão da Pré-História do continente demonstrou intensos movimentos ocorridos à época nos locais povoados do oeste. Coinidiu, igualmente, com o agravamento do processo drástico de empobrecimento qualitativo e

quantitativo, representado pela grande extinção da biomassa da megafauna.

Por volta de 12.000 anos (AP), os ecossistemas tropicais já se mostravam bastante alterados em relação à composição verificada na fauna. No caso das áreas tropicais situadas entre os Andes e as áreas “core” do Cerrado, ainda presentes nos baixos chapadões da Amazônia, essa fauna gigantesca já se encontrava bastante reduzida ou quase totalmente extinta nesse período ou, quando muito, em torno de 11.000 anos (AP). O rareamento da biomassa de megafauna afetou o sustento de agrupamentos humanos, impulsionando-os à procura de novas opções, assim como ao desenvolvimento de diferentes métodos de subsistência. Um dos pontos de convergência, talvez o mais importante, era constituído pelas áreas de vegetação de Cerrado. Embora bastante reduzida, mas ainda existente na época, nos baixos platôs amazônicos, configurava-se em faixas estreitas que se conectavam à grande área “core” dos chapadões centrais do Brasil. Nesse bioma, essa concentração de recursos vegetais, associando-se à grande porcentagem da biomassa animal, representada por animais de médio e pequeno portes, constituía fonte alternativa de singular importância para essas populações que, lentamente, aperfeiçoavam um sistema generalizado de caça e coleta de frutos.

Na revisão da paleoecologia do continente, englobando o período situado entre o Pleistoceno Superior e Holoceno Inicial, demonstra-se que os atuais domínios biogeográficos representam fenômenos recentes e que esse período é marcado por grandes transformações que representam uma revolução na composição biogeográfica do continente.

Há inúmeros estudos paleoecológicos desse período comprovando essa afirmação e evidenciando a existência de grandes áreas de vegetação aberta nas quais hoje está situada a floresta úmida amazônica. Essas áreas de vegetação aberta eram caracterizadas pela formação da Caatinga, nas depressões e no Cerrado, nas partes mais elevadas. Esses estudos evidenciaram também que o sistema do Cerrado, nos chapadões centrais do Brasil, foi o menos afetado pelas oscilações do Pleistoceno Superior e do Holoceno Inicial.

A essas observações de ordem física

acrescentam-se observações biológicas a partir, principalmente, dos estudos de Haffer (1969), Vanzolini (1970) e Brown Jr. (1977).

Posteriormente aos estudos de algumas espécies de aves da Região Amazônica, Haffer deduziu que várias vezes, durante o Quaternário, a floresta úmida teria sido reduzida a manchas conservadas em locais de maior umidade, as quais serviriam como refúgios separados entre si por formações abertas. Essa situação, segundo o autor, provocou o isolamento, por vezes prolongado, de populações anteriormente existentes na fauna selvagem, agindo assim para a diferenciação de raças e para o aparecimento de subespécies ou até mesmo de espécies. O autor afirma ainda que esse arranjo criou oportunidades para que a fauna não-selvagem pudesse expandir-se do sul até as terras baixas, atravessando-as. Populações relictuais em parques de savanas isolados, especialmente no interior das Guianas e entre alguns tributários meridionais do Amazonas, testemunham a antiga continuidade da vegetação aberta, tendo essa configuração influenciado as rotas de dispersão.

Enquanto Haffer verificava a ocorrência de flutuações climáticas e de mudanças no ambiente vegetal, baseadas nos padrões de distribuição das aves, Vanzolini (1970) chegava a conclusão similar, analisando a variedade e o grau de diferenciação exibidos por dois gêneros de lagartos selvagens: *Coleodactylus* e *Anolis*. O autor acredita que esse padrão de diferenciação entre as espécies desses gêneros só poderia ser explicado mediante a aceitação da circunstância de significativas oscilações climáticas na Amazônia, capazes de afetar a vegetação.

Na mesma linha, com base nos estudos biogeográficos de algumas espécies de borboletas neotropicais, Brown Jr. (1977) demonstra haver forte relação entre os centros de distribuição e evolução de algumas espécies e subespécies, e os fatores ligados à evolução ambiental, especialmente na Amazônia, durante o Pleistoceno e o Holoceno. Sobre as observações de clima, topografia e solo, o autor afirma ainda que os sistemas ecológicos das florestas neotropicais, distintos genética e taxonomicamente dos sistemas vizinhos e co-evolutivos, em escala regional, sofreram influência bastante clara e sensível ao longo do período paleoecológico, frio e seco, característico da última época glacial, e que sua relativa viscosidade permitiu

a retenção de padrões regionais, derivados dessa época, que permanecem até o presente.

Tomando a Lingüística e outras categorias como importantes e fundamentais correlações, Meggers (1976) vem complementar, ainda mais, o aspecto do conhecimento relacionado aos primeiros processos culturais das áreas localizadas no centro da América do Sul.

Analisando a classificação proposta por Greenberg (1960), que, centralizando todas as línguas sul-americanas em quatro troncos e comparando as localizações dos grupos associados ao jê-pano-caribe com os mapas dos refúgios, sugere-se que a dispersão teve lugar durante o episódio mais antigo de redução da floresta. De fato, as rotas postuladas por Haffer (1969) para a introdução e a difusão da fauna não-selvagem na Amazônia, desde os ambientes abertos do sul, passam próximas ou através das áreas ocupadas pelos usuários de línguas pertencentes a esse tronco. Se essa correlação é válida, implica a reconstituição da selva uns 10.000 anos (AP), introduzindo, no centro da Amazônia, uma cunha ecológica, que isolou os grupos do norte e do sul durante tempo suficiente para permitir que fosse estabelecida, no plano jê-pano-caribe, a divisão em subfamílias (Meggers, 1976).

Quando o período de aridez atingiu seu processo final e a floresta úmida começou a avançar sobre as formações abertas, fazendo-as se retrair, no Cerrado iniciou-se um processo de regressão em direção à sua área “core”. Provavelmente, deve ter ocorrido, também, que algumas populações humanas aí situadas e em sua maior parte associadas a esse tronco lingüístico já existente (jê-pano-caribe) tenham acompanhado tal regressão e se instalado na área “core” do Cerrado do centro do Brasil, onde, nos períodos imediatamente posteriores, atingiram um clima adaptativo. A grande homogeneidade lingüística que caracterizou a parte central do Brasil graças ao grande domínio de línguas jê, estritamente relacionadas com as formações abertas, apóia essa proposição.

Se esses dados forem combinados com os períodos de maior diversificação das línguas sul-americanas, estimadas mediante glotocronologia (Rodrigues, 1958; Greenberg, 1960; Noble, 1965),

constata-se que o movimento que motivou essa diversificação lingüística culminou com a formação de alguns troncos atuais, entre os quais o macro-jê, num período situado por volta de 10.000 anos (AP). Portanto, o mesmo período em que a cultura da Tradição Itaparica atingiu o clímax.

A tentativa de uma projeção rumo a épocas mais recentes, tendo como base dados de arqueologia e etnografia, evidenciam que a vegetação do Cerrado constituiu elemento fundamental para essas sociedades jê do Planalto, sobre as quais exerceram controle rigoroso e demonstraram grande conhecimento, embora tenha havido significativas mudanças tecnológicas no decorrer do tempo.

## Ocupação do interior do continente no Holocene Inicial

Nesse período, o homem assegurou a ocupação de todo o Nordeste, o Centro-Oeste e o Sudeste do Brasil. Sobre a vida desse homem, existem algumas informações fidedignas.

O início do Holocene tem como ponto de partida o recuo da glaciação com todas as suas consequências: os ventos frios regrediram com a redução das calotas glaciais e andinas, a corrente fria de Falkland se retraiu e a corrente quente do Brasil espalhou-se pelo litoral nordestino. Com o derretimento do gelo, o nível do mar subiu, a temperatura e a umidade aumentaram e produziu-se a tropicalização do ambiente. Aparentemente, isso não aconteceu de forma unilinear, mas com oscilações que, no todo, representaram aumento do calor, da umidade e do nível do mar, até alcançar o máximo no altitermal, ou ótimo climático europeu, entre aproximadamente 6.500 e 4.000 anos (AP). Naturalmente, as condições gerais foram matizadas no local por fatores diversos, entre os quais o relevo parece ter tido papel importante. Provavelmente, a vegetação continuou aberta durante todo o período, mas tornou-se menos densa no Nordeste.

Com a elevação geral da temperatura e provavelmente com o aumento mais lento da precipitação (ao redor de 9.000 a 8.000 (AP)), instalou-se um período muito seco, responsável por mudanças tecnológicas e culturais e pela migração de populações.

Entre aproximadamente 11.000 e 8.500 (AP), indústrias de lâminas unifaciais em que predominam furadores e raspadores terminais, parecem formar grande horizonte, cobrindo uma superfície que comporta os estados de Pernambuco, Piauí, Bahia, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e provavelmente parte de São Paulo. Grande parte desses locais pode ser incluída na chamada Tradição Itaparica. Pouco mais tarde, entre 9.000 e 8.000 anos (AP), apareceram, isoladas, pontas de projéteis pedunculadas no mesmo contexto da Tradição Itaparica ou em outros, como em Cerca Grande, MG (Hurt e Blasi, 1969), em Serranópolis, GO, surgidas entre 8.700 e 8.400 (AP) (Schmitz, 1984), em São Raimundo Nonato, PI, e fixadas possivelmente em 8.400 anos (AP) (Guidon, II Reunião Científica SAB) (Alice Boér, Estado de São Paulo).

A economia praticada é a de um caçador e a de um coletor generalizado, os quais exploram nichos diversificados, onde, num extremo está o Cerrado, a Caatinga ou o Campo, e, no outro, a Mata; no meio, há várias formas vegetais transicionais, como o Agreste ou o Cerradão.

Os assentamentos desse homem efetuaram-se em grutas ou abrigos calcáreos, areníticos ou quartzíticos, nos estados de Minas Gerais, Goiás, Pernambuco e Piauí. Em alguns desses sítios, permaneceram um pouco mais, como no sudoeste e no centro de Goiás, porque ali os recursos eram abundantes, ao passo que, nos restantes, eram temporários. Como nesses locais, os recursos minerais, vegetais e animais estavam distribuídos em nichos diversificados, presume-se que, na maior parte desses acampamentos, o caçador se entregasse a atividades múltiplas. Com certa freqüência, surgiam sítios de apropriação e preparação de minerais, mas ainda não se tem notícia de locais de matança.

O regime alimentar desse caçador generalizado pode ser estudado com precisão nos abrigos do sudoeste de Goiás, onde os restos alimentares são abundantes e bem conservados. Os animais caçados eram das espécies mais variadas e de tamanhos diversificados, a exemplo de cervos, veados, capivaras, macacos, tamanduás, tatus, tartarugas, lagartos, emas, vários tipos de aves e pequenos peixes; também recolhiam-se os ovos das

emas. Os moluscos estavam ausentes nesse período, mas foram alimento básico no período seguinte. Os animais classificados eram todos de espécies holocênicas, não se verificando até hoje nenhum exemplo de espécie extinta. Também foram encontrados caroços de frutos, oriundos principalmente de palmeiras. Tais alimentos provinham de um ambiente diferenciado, onde se reuniam Campo Limpo, Cerrado, Cerradão, Matas Tropicais, ambientes ribeirinhos, palustres e outros. Para as outras localidades, as informações ainda são escassas, quer por faltarem restos de alimentos, quer por não terem ainda sido pesquisadas.

Sobre a captura da maior parte dos animais, não se tem conhecimento se seria feita com o uso de dardos com ponta de pedra finamente trabalhada – característica dos caçadores de grandes gregários da mesma época, nas estepes americanas do norte e do sul –, ou se empregavam outra técnica. Os caçadores do planalto e do Nordeste chegaram a conhecer as pontas de pedra já no fim do período, mas há notícias delas muito esporadicamente, figurando entre pontas de osso, também pouco encontradas.

Os alimentos vegetais apresentavam tratamento fácil, constituídos, em sua maior parte, de perecíveis de consumo imediato, sem sofrer modificações notáveis, exigindo, no máximo, a quebra de nozes de palmeiras para o aproveitamento de suas amêndoas.

A transformação das outras matérias-primas, como pedra, peles, ossos, chifres e cascos, implicava a exigência de instrumentos mais elaborados.

Os artefatos mais importantes e mais freqüentes no contexto instrumental desse horizonte eram unifaciais, isto é, tinham uma face plana, não trabalhada, e outra convexa e transformada. Uma grande parte era feita de lâminas lascadas por percussão e retocadas por percussão ou pressão. Outras eram talhadas a partir de lascas. Serviam para cortar, furar, raspar, alisar, esmagar e quebrar. Na terminologia dos arqueólogos, esses artefatos funcionavam como raspadores, furadores, facas, talhadores, machados, alisadores ou mós, discos, quebra-cocos ou bigornas, bolas e percutores. Entre os cinco últimos, alguns eram picotados ou alisados, o que indica uso muito antigo dessa técnica de preparar artefatos de pedra.

Nos ambientes de matéria-prima mineral abundante, como no sudoeste e no centro de Goiás, o que restou de artefatos e resíduos de lascamentos deve chegar a centenas de milhares, encontrados em escavações relativamente pequenas, e neles é possível acompanhar todo o processo de manufatura, desde o momento em que as lascas eram desprendidas dos blocos, sua conformação como instrumento, até sua rejeição, quando quebrados e inutilizados. As peças eram grandes e bem acabadas. Na região de Lagoa Santa, ao contrário, os artefatos são quase irreconhecíveis nos seus detritos e lascamento, por causa da deficiência de rochas adequadas para a sua confecção. A matéria-prima desses artefatos e o local onde ela era apanhada estão ligados às disponibilidades locais. No sudoeste de Goiás, o quartzito ou arenito silicificado usado encontra-se nas próprias paredes dos abrigos então usados, ou nos blocos desgarrados deles. Nos sítios sobre colinas, a matéria-prima provém dos seixos que recobrem seu topo e seus flancos, e origina-se da decomposição do arenito Furnas onde estavam incrustados como veios. Em outros lugares, geralmente, a matéria-prima era selecionada entre os seixos transportados pelos rios.

Faziam uso também de outros materiais, como: peles, cascós, ossos, dentes e chifres dos animais caçados. Os pertencentes à caça apresentavam-se quebrados, cortados e apontados; já os ossos longos de veados eram afinados para produzir espátulas.

Num clima frio de planalto e nordeste, para uma população desabrigada, o abastecimento de lenha, muito importantes para ela, não representava problema. Em muitos lugares, os abrigos naturais eram numerosos e utilizados intensamente pelo homem, mas sempre ofereciam condições de habitabilidade, como a existência de água nas proximidades. A comunidade também acampava ao ar livre, nas vizinhanças dos abrigos, ou mesmo em lugares onde eles não existiam. Em quase toda a extensão, mesmo nos tempos de seca, podia-se conseguir água potável em abundância, sem muito esforço, motivo por que grandes abrigos eram rejeitados, temporária ou permanentemente, por falta de água.

Pelo tipo, pela distribuição e pela quantidade de

resíduos encontrados nos acampamentos, infere-se que os grupos migrantes eram compostos de algumas famílias e moviam-se como bandos frouxos, dentro de um espaço delimitado.

## Modelo de planejamento ambiental

A observação da distribuição dos principais recursos de subsistência no sistema do Cerrado permite a organização de um sistema de abastecimento que espelha as possibilidades de obtenção desses recursos por populações de economia simples (Fig. 1).

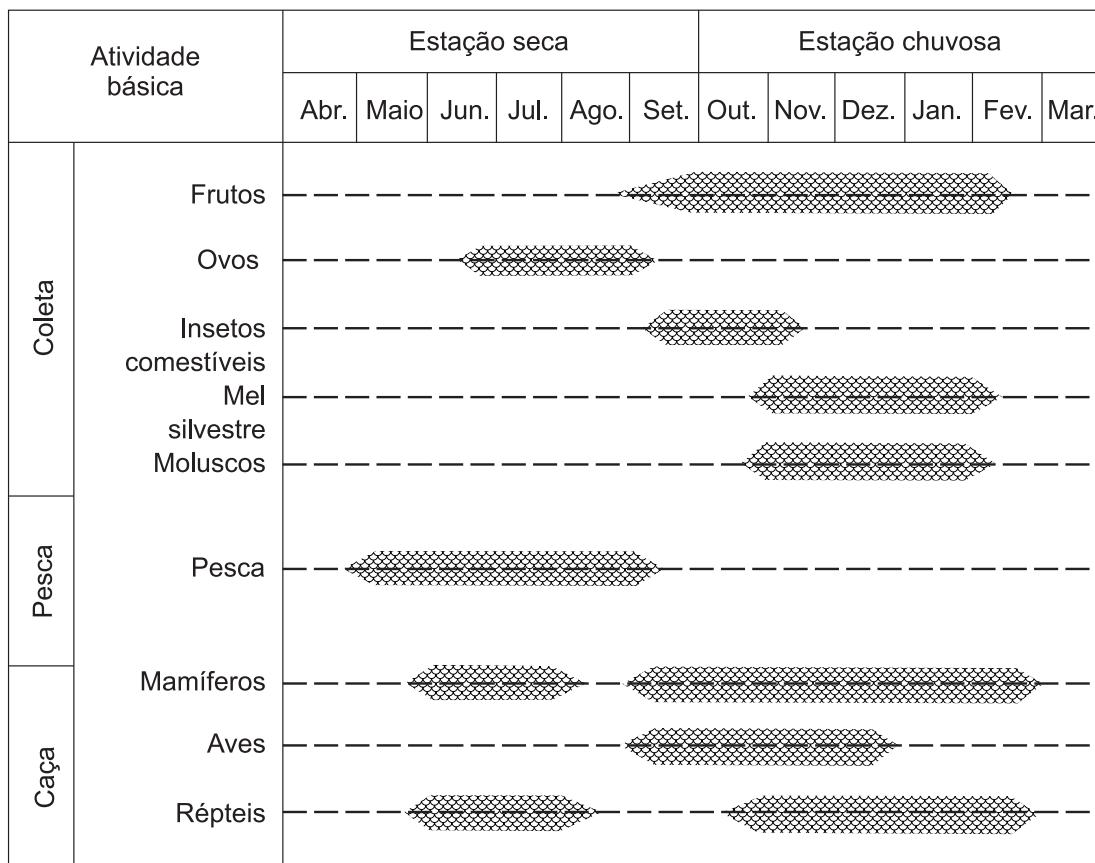
A atividade de coleta de frutos era mais significativa durante a estação chuvosa que, atualmente, corresponde aos meses de outubro a janeiro, e poderia ser exercida no bioma campestre, no da mata e no ribeirinho. A maior quantidade de frutos comestíveis concentrava-se no bioma campestre.

Essa atividade consistia também na coleta de ovos, insetos comestíveis, mel silvestre e moluscos. Os ovos de aves eram facilmente conseguidos no auge da estação seca, principalmente nos meses de julho e agosto. O maior fornecimento desse tipo de recursos provinha das ninhadas de emas (*Rhea americana*), encontradas essencialmente no bioma campestre. Os ovos de répteis, como os de tartaruga (*Podocnemis expansa*) e de jacaré (*Caiman crocodilus*), também eram coletados na estação seca. Atividades como essas restringiam-se ao bioma ribeirinho (Fig. 1).

Insetos que serviam de alimento eram principalmente larvas de algumas espécies voadoras e tanajuras (fêmeas de *Atta* sp.), conseguidas em abundância no início da estação chuvosa, mas cujo recolhimento se restringia primordialmente ao bioma campestre.

A atividade de extração de mel silvestre era mais facilmente exercida durante a estação chuvosa.

A caça de mamíferos podia ser praticada em qualquer época do ano: os campestrinos, na estação chuvosa, e os ribeirinhos em meados da estação seca. Já a caça às aves desenvolvia-se, de modo especial, nos primeiros meses da estação chuvosa. Os répteis de pequeno porte podiam ser caçados mais facilmente na estação chuvosa, ao passo que



**Fig. 1.** Diagrama de abastecimento tendo como base a época de maior concentração dos principais recursos do Sistema Biogeográfico do Cerrado.

os de grande porte, como tartaruga e jacaré, eram abatidos na época seca.

A atividade pesqueira ficava restrita essencialmente à época seca.

## Ciclos de abastecimento

Combinados todos os recursos, as populações com atividade de caça e coleta que habitavam o sistema do Cerrado conseguiam alimentos durante todo o ano. Provavelmente, não havia escassez de alimentos em nenhuma época.

A época que oferecia maior variedade de alimentos era, naturalmente, a da estação chuvosa. Essa variedade seria substituída, no período da seca, pela grande quantidade de peixes. Assim, os recursos combinados ofereciam anualmente uma alimentação balanceada, contendo proteínas, açúcares, vitaminas e sais minerais.

O abastecimento de água não devia ser problema

no sistema do Cerrado, mesmo levando-se em consideração os aspectos climáticos do final do Pleistoceno e do Holoceno Inicial.

A aquisição de matéria-prima para a confecção de instrumentos e utensílios era facilmente assegurada, uma vez que as rochas, matéria-prima para confecção dos instrumentos, existiam nos abrigos e eram abundantes nas colinas e no leito dos rios e córregos. Ossos de certas espécies de animais eram altamente valorizados para a confecção de objetos de uso, como espátulas e furadores. Havia peles que serviam a várias aplicações, bem como abundância de matéria-prima vegetal. O combustível utilizado para cozinar, calafetar e iluminar era fácil de se obter.

Os abrigos naturais parecem ter sido os melhores pontos de referência territorial. No sistema do Cerrado, graças aos seus aspectos geomorfológicos, os abrigos eram numerosos, amplos, cômodos e estrategicamente localizados. Alguns foram ocupados intensivamente, ao passo que outros, esporadicamente.

Pela distribuição do material no interior desses abrigos, infere-se que a população que os utilizava não era muito numerosa, sequer chegando a preencher todo o espaço disponível.

A caça disponível provavelmente seria a que deixou vestígios em escavações de abrigos, consistindo em representantes da fauna atual, predominando animais de portes médio e pequeno, facilmente transportáveis dos locais de abate para o local de habitação. Dessa forma, seria pouco provável a existência de “sítios de matança”, hábito característico de caçadores pleistocênicos especializados. Os dados de paleontologia indicam que a extinção em massa da fauna de gigantes nos ambientes tropicais deve ter ocorrido no período compreendido entre 13.000 e 12.000 anos (AP). Entretanto, admite-se a possibilidade da existência de remanescentes desses animais em alguns núcleos. Por exemplo, na localidade de Pau Ferrado, Município de Jaupaci, GO (Barbosa, 1989), foi encontrado um sítio da Tradição Itaparica, em terraço, nas proximidades de grande depósito fossilífero (Moreira e Barbosa, 1971).

## **Modelo das relações espaciais e comportamento cultural**

Com base nas observações sobre o ciclo de abastecimento do sistema do Cerrado, é possível construir um modelo que possa representar a organização espacial e o comportamento cultural das populações de caçadores e coletores, durante as estações chuvosa e seca (Fig. 2).

Na estação chuvosa, o Sistema Biogeográfico do Cerrado fornecia grande variedade de recursos, representada por frutos, insetos comestíveis, mel silvestre, moluscos, mamíferos, aves e pequenos répteis. Tais recursos distribuíam-se pelos biomas de Campo, Cerradão, Mata e Ribeirinho, possibilitando, em cada um, o exercício de atividades de coleta e caça. Essas atividades exigiam uma divisão de trabalho por sexo e por faixa etária e, fundamentalmente, a atividade de caça exigia a divisão em bandos menores.

Essa grande diversidade de recursos sofria, porém, restrições impostas pela estação, impondo a necessidade de fazer uso de abrigos, principalmente no período noturno e durante as estações de elevada

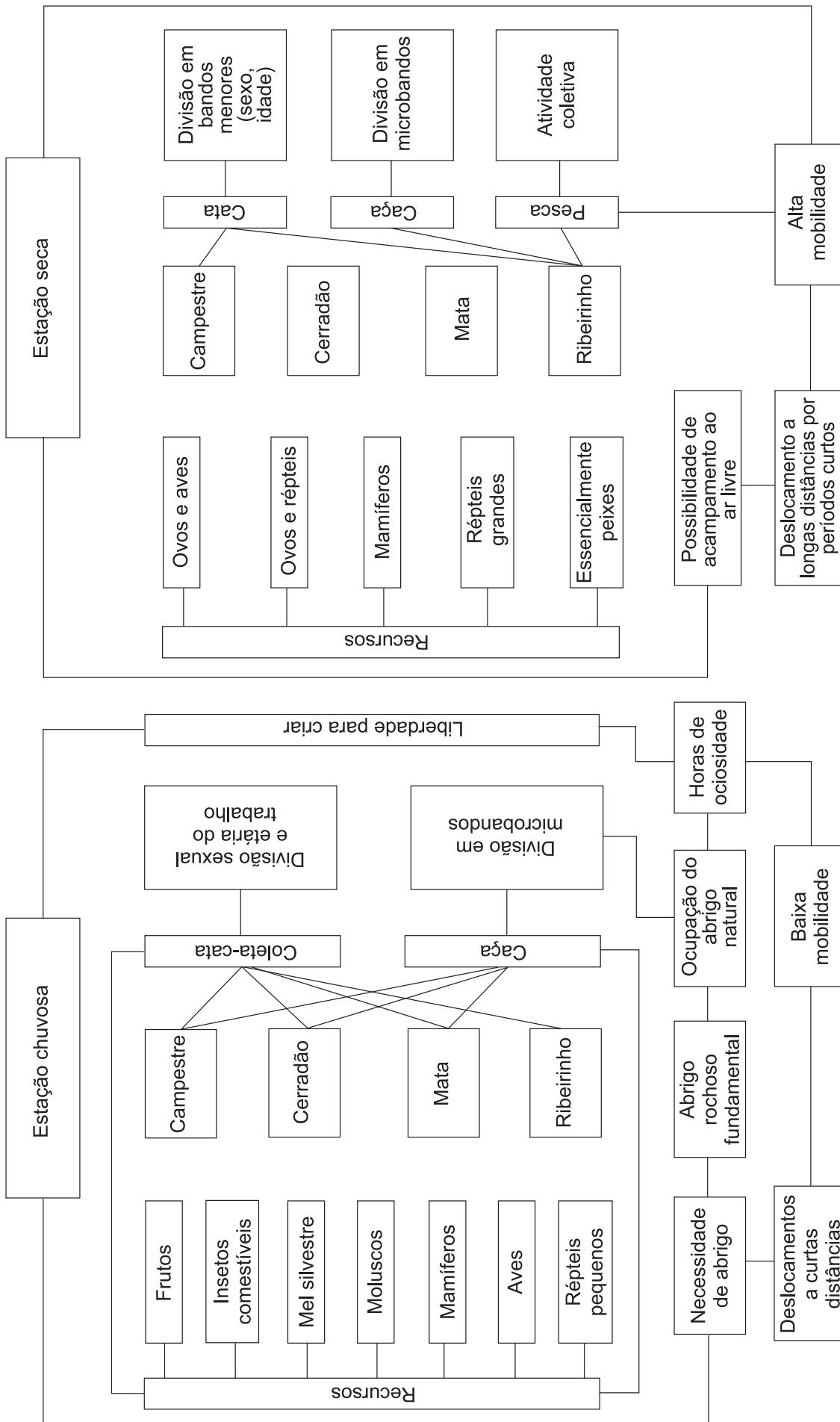
precipitação pluvial. A ocupação do abrigo estava condicionada ao espaço nele disponível, ao seu grau de comodidade e à proximidade de certos sítios. Ademais, a função de obtenção e de distribuição de alimentos determinava, conforme a atividade exercida, a divisão em grupos maiores (macrobandos) ou menores (microbandos).

A ocupação dos abrigos associada à baixa mobilidade, à disponibilidade de recursos variados, bem como ao período de precipitação mais prolongado, deixava à população horas de ociosidade, favorecendo o exercício de criatividade. Provavelmente, algumas manifestações rupestres surgiram nessas circunstâncias.

Na estação seca, a maior parte dos recursos que o sistema do Cerrado oferecia estava concentrada no bioma ribeirinho, onde podiam ser exercidas atividades de coleta de ovos de grandes répteis, de caça desses répteis e de outras espécies de mamíferos e, sobretudo, de pesca, dada a abundância de cardumes. No bioma campestre, somente a coleta de ovos de aves era significativa. Essa atividade implicava a divisão do trabalho por sexo e por faixa etária, ao passo que a caça requeria divisão em bandos. Mesmo assim, tais atividades não se revestiam da importância da pesca, como tarefa coletiva (Fig. 2).

As áreas mais piscosas eram os vales amplos e espraiados, representados por lagoas e lagos que estavam sempre distantes das áreas onde se situavam os abrigos naturais. Em virtude de suas características peculiares, certos pontos deveriam exercer atração sobre essas populações, exigindo deslocamento a longas distâncias e por longos períodos. As peculiaridades da estação permitiam acampamentos ao ar livre e facilitavam, em longo prazo, os deslocamentos de alta mobilidade. Assim, enquanto a estação chuvosa era caracterizada pela ocupação mais ou menos permanente dos abrigos, a fragmentação grupal e a estiagem, ao contrário, acarretavam o abandono dos abrigos, a mobilidade constante e a união em macrobandos, exigida pelas atividades pesqueiras e por um maior controle do território.

A observação de frutos corroídos por animais encontrados no interior de abrigos e em estratigrafia demonstra que os frutos com essas marcas, especialmente amêndoas e jatobás, eram próprios



**Fig. 2.** Modelo simples das relações espaciais e comportamento cultural de caçadores e coletores da Tradição Itaparica.

da estação seca. Portanto, esses animais roedores não poderiam ter habitado os abrigos na época de ocupação feita por populações humanas.

## Ocupação do Cerrado por horticultores de aldeias

No Cerrado, as populações indígenas desenvolveram culturas diferentes, em decorrência de suas origens, seu tempo histórico e suas possibilidades tecnológicas. Condições ambientais encontradas pelos horticultores indígenas não parecem ter sido muito diferentes daquelas conhecidas pelos primeiros colonizadores de origem européia, mas foram exploradas de modo diverso.

O Planalto Central já era ocupado desde 11.000 anos (AP) por uma população humana composta de caçadores e coletores. As etapas mais antigas da evolução desses homens pré-cerâmicos são mais conhecidas que as mais recentes, as quais se transformariam em cultivadores e ceramistas. Nos locais onde se encontram depósitos estratificados em abrigos, como em Serranópolis, GO, há descontinuidade entre o homem não-ceramista e o ceramista. As próprias datas estabelecem um hiato marcante entre essas ocupações. Nas áreas onde as aldeias de ceramistas eram construídas ao ar livre, ainda não foram encontrados sítios pré-cerâmicos que pudessem apoiar estudos de tradição tecnológica ou cultural. Dessa maneira, sem transição, apareceram, no sistema do Cerrado, grupos ceramistas cultivadores de plantas, que os arqueólogos separaram em quatro ou cinco tradições tecnológicas diferentes. Essas classificações ainda são hipotéticas e seria necessário um longo trabalho de análise e comparação, não apenas dos elementos cerâmicos ou líticos, mas de todos os outros dados, para se obterem conhecimentos fidedignos sobre as populações, sua vida e sua história. Os poucos existentes são indicativos e conjecturais. Mesmo cronologicamente, as informações são escassas, apoiando-se em reduzido número de datas de C<sub>14</sub>, que não marcam nem o começo nem o transcurso completo da ocupação.

Com o apoio da etno-história, algumas hipóteses, ainda não testadas, foram levantadas em relação

à continuidade desses cultivadores pré-históricos no Período Colonial. Cronologicamente, o primeiro grupo de ceramistas, e provavelmente de cultivadores, é o denominado fase Pindorama, estudado num abrigo do Médio-Norte do Tocantins, cujos vestígios atestam o uso da cerâmica já no século 5 a. C. (há duas outras datas, em camadas inferiores, de quase 2.000 anos a. C., para as quais não se pode assegurar plenamente o uso da cerâmica). O fato não deve causar estranheza, já que, na proximidade, tanto do Pará (Tradição Mina, 3.000 a. C.) como de Minas Gerais (Tradição Una, 2.000 a. C.), a cerâmica já era usada anteriormente. Tendo a pesquisa, na área da fase Pindorama, sido provisoriamente interrompida, não se pôde avaliar o que havia representado esse material, nem em relação ao uso da cerâmica nem ao da horticultura, na Região do Médio Tocantins; tampouco sua continuidade em tempos coloniais.

A fase Jataí, outro grupo reconhecidamente horticultor, cujos restos aparecem em numerosos abrigos de Serranópolis e Caiapônia, no Estado de Goiás, poderia ter sido um invasor da área. Isso explica o fato pelo qual os refugos, acumulados desde 1.000 anos d.C., aparecem em descontinuidade com os restos dos últimos caçadores/coletores que habitavam o local. A Tradição Una, à qual a fase é atribuída, encontra-se em direção leste até o mar, beirando sempre a fronteira meridional, onde habitavam os horticultores aldeões da Tradição Aratu/Sapucaí. Apresentam-se como cultivadores de numerosas plantas, entre elas o milho. Aparentemente, atingiram a colonização européia, mas sem ligação genética ou cultural com os horticultores que construíram suas aldeias a céu aberto, em áreas de relevo mais suave, ocupando essas áreas onde predominava o Cerrado. A fase Palma, no nordeste do Estado de Goiás e no sudeste de Tocantins, demonstra, em alguns aspectos, semelhança com a fase Jataí, inclusive na cronologia.

Os horticultores que construíram grandes aldeias a céu aberto, junto às Matas de Galeria ou contínuas, foram divididos em três tradições tecnológicas e provavelmente culturais. A Tradição Aratu/Sapucaí, com característica mais oriental, teve sítios no centro-leste do Estado de Goiás e no centro-oeste de Minas Gerais. Apesar de as datas só recuarem até o século 9, sua primeira ocupação deve remontar aos primeiros séculos de nossa era. Seu lugar de origem

também ainda é desconhecido; todos os indicadores conduzem a uma economia com inexistência de mandioca-amarga, mas baseada em tubérculos ou talvez em milho. São desconhecidos os restos de vegetais cultivados e das nativas encontradas. Foram populações numerosas e, certamente, originaram-se em grupos coloniais.

A Tradição Uru, com dispersão mais ocidental, apresentou marcados aspectos tecnológicos amazônicos e parece ter chegado ao Planalto Central um pouco mais recentemente que os horticultores de Aratu/Sapucaí, cuja origem também é desconhecida, e todos os indicadores evidenciam uma economia baseada no cultivo da mandioca amarga e na pesca. Entretanto, são desconhecidos seus restos alimentares, que só poderiam ser estudados em abrigos. Foram populações numerosas e certamente se desenvolveram em grupos coloniais.

Finalmente, a Tradição Tupi-Guarani, além de certo número de sítios na Bacia do Paranaíba, tem apenas ocupações esparsas na Bacia do Araguaia e muito rarefeitas no resto do Estado de Goiás. Supõe-se que eles tivessem enfrentado dificuldades na ocupação do espaço onde os outros dois grupos de horticultores aldeões já estavam fortemente enraizados. Pertence ao ramo do sudeste, que os arqueólogos denominam Subtradição Pintada ou, como alguns denominam de tupi, em oposição à denominação dada à do sul, como Subtradição Corrugada (ou, ainda, guarani). Também parecem ter construído sua economia com base na mandioca-amarga, dado a ser comprovado pela observação de restos alimentares ainda desconhecidos. Sua expansão, excetuando talvez a Bacia do Paranaíba, é recente, quando relacionada às duas tradições de aldeões anteriores.

Em resumo, havia grupos aparentemente pouco numerosos em áreas acidentadas, com predomínio do Cerrado, cujas habitações foram compostas por abrigos, e existiam grupos muito numerosos em áreas abertas, com Mata ou Mata de Galeria, com aldeias construídas nas colinas ou na beira dos rios e dos lagos. Se entre os dois grandes grupos os contatos pareciam mínimos, o mesmo não acontecia entre as tradições dos três conjuntos de aldeões, os quais eram marcados por fronteiras definidas, indicando a existência de domínio entre territórios

exclusivos.

Sobre a maneira como os diversos grupos exploraram o ambiente, dominaram o território e deslocaram suas aldeias, há boa amostra para uma das áreas mais densamente povoadas da Tradição Aratu, o Mato Grosso de Goiás. A produção simbólica, preservada em gravuras feijetas em lajedos e nas paredes dos abrigos, é demonstrada em trabalhos descritivos, que visam, principalmente, à documentação dos fenômenos naquele período, e não propriamente a sua compreensão.

Uma das deficiências mais sérias é o desconhecimento da biologia das populações, em parte porque não foram encontrados os restos que a elas correspondiam e, em parte, porque os raros esqueletos encontrados não foram ainda convenientemente estudados.

## **Ligaçāo de fases arqueológicas com as tribos coloniais**

Apesar de as penetrações dos bandeirantes, em busca de escravos, ouro e pedras preciosas, terem causado imensos prejuízos à população e às culturas indígenas, a fixação do povoamento branco no sistema do Cerrado foi relativamente recente, dando aos grupos autóctones um espaço que lhes permitiu a sobrevivência por mais tempo, em alguns casos, dos elementos que se conservam até os tempos modernos. O que representam essas populações indígenas coloniais em relação às fases e às tradições arqueológicas? Ou, em outras palavras, será possível unificar a História feita pelos arqueólogos com a dos etnógrafos?

As conexões aqui propostas são altamente conjecturais e de comprovação difícil. Além disso, para algumas tribos, apenas apresentam-se sugestões ou especulações que podem transformar em hipóteses ainda testáveis, compondo uma lacuna das mais sérias, sobre os estudos das populações indígenas.

O território atribuído aos caiapós do sul, dos grupos jê do norte (Nimuendaju, 1942), coincide, até nos seus detalhes, com a ocorrência de sítios da fase Mossâmedes, da Tradição Aratu; isso tanto de forma positiva, já que dentro do território se repetem os sítios Mossâmedes; como negativa, pois eles não aparecem fora do território. Há também coincidência

no material, na forma da aldeia e nos tipos de cultivos, idênticos aos dos caiapós do sul, que são batata-doce, inhame e milho. A ausência da mandioca-amarga é também uma inferência registrada a partir da observação das formas da cerâmica da fase Mossâmedes, cujo modelo, testado por Brochado (1977), demonstra ser essa planta um elemento fundamental para os horticultores aldeões vizinhos, representados pelas Tradições Uru e Tupi-Guarani.

Os caiapós do sul foram registrados pelos bandeirantes como habitantes da área desde de 1726, mas provavelmente já teriam sido contactados desde o fim do século anterior. Por conta da resistência que o forte contingente de seus homens opôs à colonização branca, foram violentamente combatidos desde 1739. Pacificados em 1781, os habitantes de suas quatro aldeias foram reunidos no aldeamento de Maria I. Nesse momento, já parecem altamente dizimados, restando apenas 687 indivíduos de uma população estimada em 3.000 índios. Em 1813, os 129 sobreviventes foram transferidos para São José de Mossâmedes. Em 1910, registrou-se a sobrevivência de 30 a 40 indivíduos abaixo do Salto Vermelho do Rio Grande (Araguaia), desaparecidos posteriormente.

O território da Tradição Uru era ocupado no Período Colonial, em sua maioria, por índios jê centrais (Nimuendaju, 1942), lingüisticamente diferenciados dos caiapós do sul, conservando a denominação jê. Os grupos mais conhecidos eram o goiá, o acuém-xavante e o acroá. Arqueologicamente, não se pode captar a diferença lingüística existente, mas se verifica o fenômeno na fronteira da língua, na cerâmica e em outros elementos, especialmente no cultivo e na utilização da mandioca-amarga, que nesses grupos é elemento básico, sendo desconhecida entre os caiapós do sul.

Entre esses, o grupo dos goiás, estabelecido nas nascentes do Rio Vermelho, foi contactado em 1647. Apesar de numerosos, supõe-se terem sido pacíficos em seus contatos com as primeiras entradas do branco, facilitando a exploração das riquezas e, ao mesmo tempo, iniciando o próprio cativeiro. Finalmente, no começo do século 18, na confluência do Rio dos Bugres com o Vermelho, opuseram resistência à exploração, mas com pouco

êxito, sendo rapidamente exterminados. Exatamente ali estavam os sítios da fase Itapirapuã (Tradição Uru) que era exclusivamente deles.

Mais para o norte, foram assinalados, em tempos coloniais, os acuéns-xavantes, que teriam ameaçado seguidamente o arraial de Pilar. Em 1788, teriam sido aldeados 3.500 indivíduos no Carretão, próximo a Crixás, Estado de Goiás. Segundo alguns informantes, o aldeamento deve ter contado com 5 mil índios, mostrando que o grupo, embora numeroso, não resistiu, deslocando-se dali a parcela mais avessa aos brancos, primeiro, para a margem esquerda do Tocantins (1824), depois, para o Araguaia (1859), acabando por se estabelecer nos campos do Rio das Mortes, onde é conhecido como xavante. Na região de sua principal atuação, são conhecidos sítios exclusivamente da fase Uruaçu (Tradição Uru).

Outra fase da Tradição Uru, localizada no Baixo Rio Vermelho e sobre o Araguaia, encontra-se num antigo território dos carajás, em local onde ainda hoje vivem alguns sobreviventes. Material encontrado em uma tapera carajá de 50 anos atrás, estudada nesse local por Wüst (1975), apresenta diferenças mínimas em relação ao restante da fase, encaixando-se perfeitamente numa seqüência de sítios da fase Aruanã.

Os carajás pertencem ao tronco macro-jê, mas constituem uma família lingüística ainda não classificada (Melatti, 1970). Têm seu habitat ao longo da margem direita do Rio Araguaia, estando seu limite meridional na proximidade de Aruanã, GO, na desembocadura do Rio Vermelho, exatamente no local onde foi encontrado o material que possibilitou a criação da fase Aruanã (Tradição Uru).

Os sítios tupis-guaranis dispersos na Bacia do Tocantins (fase São Domingos) e talvez os da margem do Rio Claro (fase Iporá) resultam de antigos acampamentos tupis, conhecidos como canoeiros, hoje avá-canoeiros, cuja presença é registrada a partir de 1780. Alguns indivíduos sobrevivem errantes na Bacia do Tocantins.

Geralmente, aceita-se que os canoeiros tenham chegado à região no Período Colonial, sendo descendentes dos tupis da costa, foragidos de bandeiras, e posteriormente miscigenados com

negros quilombolas. A extrema escassez de sítios dispersos em grandes extensões poderia ser indicador de ocupação recente. Teriam vivido principalmente nas matas próximas do Rio Maranhão, do Paraná, do Manoel Alves e da barra do Palma, onde teriam estabelecido suas aldeias. A principal delas, entretanto, ficaria entre as montanhas além do Duro, onde os povoadores lusos dificilmente poderiam penetrar. Para além do Maranhão, a oeste, possuiriam ainda os descampados até Amaro Leite (hoje Mara Rosa). Teriam destruído os arraiais de Tesouras (da freguesia de S. Félix), Cocal, Água Quente e Amaro Leite, e dizimado as populações de crixás e da Vila do Pilar. Em relação aos assaltos, eles foram atacados não só ao longo do Rio Maranhão e do Rio das Almas, formadores do Tocantins, mas também no Rio Claro, do Araguaia. Em 1824, permaneceriam localizados na margem direita do Araguaia, ao sul do Rio Crixás e na margem esquerda do Rio Tocantins, e entre este e o Rio Santa Teresa.

Embora os dados empíricos que ligam esses fenômenos pré-coloniais aos coloniais ainda sejam muito escassos, há um fato que é de grande importância: a dificuldade para explicar que a população horticultora, firmemente estabelecida no local, encontrada pelos primeiros bandeirantes, não fosse a que ali se desenvolvera nos séculos anteriores. Em favor de sua estabilidade, encontram-se numerosas taperas, provando que aldeias sucessivas, de idênticas cultura e tecnologia, em quase todas as fases arqueológicas, justapuseram-se, durante séculos, no mesmo local. O fato de os sítios existentes no local apresentarem matizes culturais diferentes em relação aos de outros relativamente próximos leva os arqueólogos a dar nomes diferentes às séries de sítios que daí resultam. Não se negam, com isso, os deslocamentos de fronteiras – que são bem claros ao longo do Rio Uru/Almas, na parte antiga do povoamento horticultor – nem tentativas de entradas de outros grupos, sem, contudo, o poder de erradicar os habitantes já estabelecidos, como os tupis-guaranis, ao longo do Rio Claro. Como regra geral, esses fenômenos estão bem compreendidos e levam à conclusão de que os primeiros habitantes encontrados pelos brancos nos diversos locais foram os que ali se desenvolveram.

Também não se pode aceitar como argumento

que a colonização do litoral pelos portugueses já tivesse afetado os grupos na sua estrutura demográfica e cultural, ou que os tivesse tornado instáveis antes de serem alcançados, diretamente, pelo branco. O comportamento pacífico do grupo dos goiás, um dos primeiros grupos atingidos pelas bandeiras paulistas, poderia ser indício de que a instabilidade, e, em decorrência, o conflito, ainda não tivesse se instalado, como consequência da insegurança provocada posteriormente pelo branco. As bandeiras chegaram à região com o propósito de conseguir mão-de-obra, ouro e pedras preciosas, não dando tempo a outra onda de desestruturação atingir o local antes deles.

Esses contatos diretos com os bandeirantes, que ainda encontraram as tribos plenamente instaladas, com suas aldeias, seus roçados, seus campos de caça e coleta, como havia sido em épocas passadas, provocaram não só a desagregação social – com a diminuição das tribos por escravização, guerras e doenças –, mas também a deterioração econômica, provocada pela posse de espaços vitais, que atingiram os cultivos, com a pilhagem das roças, e a desorganização dos espaços de cada aldeia. Tudo isso, ao final, levou os grupos à guerra, primeiro contra os arraiais brancos, e, em seguida, a guerrearem entre si.

Se fosse possível obter uma etnografia das populações no momento inicial do contato realizado pelos bandeirantes paulistas, certamente ter-se-ia uma visão mais completa da vida pré-colonial. A imagem que viajantes e etnógrafos do século 19 ofereceram em relação às populações então sobreviventes não corresponde à realidade. Isso porque o impacto violento da colonização já havia sido absorvido, primeiro desestruturando, e depois reestruturando a sociedade, a economia e talvez parte considerável da cultura.

Seus descendentes, sobrevivendo em uma vida tribal, devem ter reorganizado sua sociedade e sua cultura com os restos do impacto colonial, readaptando-os conforme as novas condições e necessidades. Por isso, mais que uma verdadeira continuidade cultural, deve-se imaginar sua continuidade populacional, que sempre enfrentou sérios desafios e foram obrigados a expressiva criatividade nos três séculos de expansão colonial.

## Grupos indígenas sobreviventes

Atualmente, os povos indígenas cujas populações sobrevivem na Região do Cerrado podem ser reunidos nos seguintes grupos:

**Guajajara** – de língua teneteara, família tupi-guarani, tronco tupi. Habita o centro-sul do Maranhão, em áreas dos municípios de Bom Jardim, Grajaú e Barra do Corda. Estima-se uma população de 6.776 indivíduos (dados de 1982/1983).

**Urubu-Kaapor** – de língua urubu, pertencente à família tupi-guarani, do tronco tupi. Habita o noroeste do Estado do Maranhão, em áreas de transição entre o Domínio do Cerrado e o Domínio Equatorial Amazônico, em áreas dos municípios de Carutapera, Cândido Mendes, Turiaçu e Monção. Possui uma população avaliada em 494 indivíduos (dados de 1982).

**Guajá** – não existe informação precisa sobre a língua falada por esse grupo. Habita o centro-sul do Maranhão até o norte do Estado do Tocantins. Situa-se nos municípios de Bom Jardim, Santa Luzia e Imperatriz, MA, e Goiatins, TO. Possui uma população aproximada de 240 indivíduos, dos quais 150 estão sem contato com a civilização (dados de 1982).

**Tembé** – como os guajajaras, também falam língua teneteara. Habita áreas no noroeste do Maranhão, na localidade indígena de Turiaçu, na transição para o Domínio Equatorial Amazônico. Sua população é estimada em 130 indivíduos.

**Gavião (Pukobié)** – fala língua timbira, pertencente à família jê, do tronco macro-jê. Habita as proximidades do município de Amarante, MA, com população estimada em 306 indivíduos, (dados de 1983).

**Krikati** – de língua timbira, habita o Município de Montes Altos, MA, com população estimada em 325 indivíduos (dados de 1983).

**Krikati/Gavião** – de língua timbira, habita áreas do município de Barra do Corda, MA. Não se conhecem dados de demografia.

**Timbira (Pukobié)** – de língua timbira, habita o município de Grajaú, MA, com população estimada em 21 indivíduos (dados de 1983).

**Canela Apaniekra** – de língua timbira, habi-

tante em terras do Município de Barra do Corda, MA. Possui uma população estimada em 274 índios (dados de 1983).

**Canela Rankokamekra** – fala língua timbira. Suas aldeias estão situadas no município de Barra do Corda, MA. Possui uma população de 718 índios (dados de 1983).

**Bakairi** – fala língua dos bakairi, da família karib, que ainda não está devidamente classificada em tronco. Habita os municípios de Chapada dos Guimarães e Nobres, leste de Mato Grosso, com população estimada em 448 índios (dados de 1983).

**Bororó** – língua dos bororós, da família bororó, pertencente ao tronco macro-jê. Suas aldeias estão distribuídas nos municípios de Rondonópolis, General Carneiro, Poxoréu, Santo Antônio do Leverger e Barão de Melgaço, MT. Possui uma população estimada em 752 índios, (dados de 1980/1983).

**Xavante** – fala língua dos acuéns, da família jê, do tronco macro-jê. Suas aldeias estendem-se pelos municípios de Barra do Garças, Chapada dos Guimarães, General Carneiro e Poxoréu, MT. Possui uma população estimada em 4413 índios (dados de 1983).

**Javaé/Karajá** – fala língua dos carajás, que ainda não tem classificação em família, tronco macro-jê. As principais aldeias localizam-se nos municípios de Formoso do Araguaia e Cristalândia (Ilha do Bananal), TO. Possui uma população estimada em 388 índios (dados de 1980/1983).

**Karajá** – língua dos karajás, com uma aldeia situada em Aruanã, GO, e as demais distribuídas pelos municípios de São Miguel do Araguaia, Luciara, Conceição do Araguaia, Pium, Dueré, Cristalândia e Santa Terezinha, TO. Há também o registro de pequeno grupo em São Félix, MT. Possui uma população estimada em 1.194 índios (dados de 1976/1982).

**Karajá do Norte (Xambioá)** – língua dos karajás, com aldeia situada no município de Araguaína, TO, e população estimada em 102 indivíduos de acordo com dados de 1982.

**Tapirapé** – fala língua dos tapirapés, família tupi-guarani, do tronco tupi. Habita os municípios de São

Félix, MT, e Santa Teresinha, TO. Possui uma população estimada em 180 índios, segundo dados de 1981.

**Avá-Canoeiro** – fala língua ainda não precisamente definida, que pertence à família tupi-guarani, do tronco tupi. Habita os municípios de Formoso do Araguaia, Cristalândia, Cavalcante e Minaçu. Possui uma população estimada em 101 índios, de acordo com dados de 1981/1983.

**Xerente** – língua dos acuéns, da família jê, tronco macro-jê. Habita o município de Tocantínia, Estado do Tocantins, com população estimada em 850 índios (dados de 1984).

**Krahô** – fala língua dos timbiras, família jê, tronco macro-jê. Habita os municípios de Goiatins e Itacajá, TO e possui uma população estimada em 894 índios (dados de 1983).

**Apinayê** – fala língua dos timbiras, da família jê, tronco macro-jê. Habita o município de Tocantinópolis, TO, e possui uma população estimada de 508 índios (dados de 1983).

**Guarani** – fala língua dos guaranis, família tupi-guarani, do tronco tupi. Habita, em sua grande maioria, os municípios de Amambaí, Sete Quedas, Eldorado, Douradinha, Dourados, Caarapó, Bela Vista, Antônio João, Ponta Porã, Tacuru, Aral Moreira e Novo Mundo, MS. Um pequeno grupo de 15 pessoas habita o município de Araguaína, TO. Possui uma população estimada em 12.445 índios (dados de 1981/1983).

**Kadiwéu** – grupo indígena que fala língua dos kadiwéu, da família guaicuru, ainda não classificada em tronco. Habita áreas do município de Porto Murtinho, MS e possui uma população aproximada de 850 índios (dados de 1983).

**Terena** – língua dos terena, da família aruak, tronco aruak. Habita áreas dos municípios de Miranda, Aquidauana, Anastácio, Dourados, Sidrolândia e Nioaque, MS. Possui uma população aproximada de 9.711 índios (dados de 1983).

**Camba** – grupo sobre o qual não se têm informações lingüísticas. Habita áreas do município de Corumbá, MS, com população aproximada de 2 mil indivíduos (dados de 1979).

## Idéias para uma história

A Região do Cerrado é ponto de encontro entre a Amazônia, o Nordeste e o Sul. O Planalto, revestido de Cerrado, é recortado pelos rios das três grandes bacias brasileiras (Amazonas, Paraná e São Francisco), acompanhadas de Matas de Galeria. No encontro dos rios das três bacias, formou-se uma extensão maior de floresta, conhecida como Mato Grosso de Goiás. As áreas de matas oferecem solos para cultivo, implementado no começo das chuvas de verão. O Cerrado é muito rico em caça e oferece variadas espécies de frutos, que podem complementar a alimentação no começo das chuvas. Além disso, os rios proporcionam abundante variedade de peixes.

Muito antes dos horticultores ceramistas, os caçadores/coletores pré-cerâmicos já haviam se espalhado pelo território, utilizando os recursos de acordo com suas necessidades e em conformidade com sua tecnologia. Não se tem nenhuma idéia de quando e como foram iniciadas as culturas. Aparentemente, não surgiram nessa área, porque as diversas tradições tecnológicas até agora estudadas pertencem a horizontes mais amplos. Por sua vez, as datas mais antigas de horticultores já instalados encontram-se fora da região, fazendo-se exceção à Tradição Uru, que até agora só é conhecida no oeste de Goiás. Certamente, esses limites deverão ser ultrapassados em direção a Mato Grosso, região ainda não pesquisada.

Os agricultores poderiam ter chegado por meio de migrações de grupos horticultores ou pela aculturação dos caçadores/coletores anteriormente aí localizados, os quais poderiam tê-los recebido como vizinhos. É possível que tais fenômenos tenham ocorrido concomitantemente. Entretanto, não se pode resumir todo o processo de povoamento a deslocamentos de grupos, porque caberia a pergunta: onde esses grupos se formaram? Como em outras áreas do mundo, certamente os sistemas agrícolas desenvolvidos por populações indígenas, como as de Goiás, são o resultado de um longo processo de experimentação, coleta, cultivo e domesticação, desenvolvimento e uso de técnicas, combinadas com o ajustamento da sociedade. Talvez a transição do período úmido e quente do altímeral para um período mais seco e ameno tivesse sido a unidade de povoamento. O fato é que, no

interior do Brasil, ainda se desconhece por completo todo o processo. Possivelmente, depois dos caçadores e dos coletores, os horticultores ceramistas já se encontravam formados no ambiente que supomos ser o atual.

O mais antigo, até agora detectado, é o da fase Pindorama, apresentando o horticultor, que já usava cerâmica há 500 a.C. Depois surgem as Tradições Aratu/Sapucaí, Una, Uru e Tupi-Guarani, diferentes Tradições (cerâmicas) de horticultores que exploram ambientes e cultivos diversos. A Tradição Una colonizou vales enfurnados, geralmente pouco férteis, com predominância de Cerrado, usando como habitação os abrigos e as grutas naturais, e tendo como economia uma forte associação de culturas, nas quais predominava o milho, além da caça e da coleta. Conjectura-se que a população distribuía-se em pequenas sociedades, aptas a explorar os recursos diversificados que poderiam alcançar do seu ponto de instalação: o rio próximo, a pequena Mata de Galeria, o Cerrado e, muitas vezes, o Campo no alto do chapadão. Tal ambiente não era disputado pelos grupos que construíam suas aldeias em áreas abertas.

Os primeiros aldeões conhecidos foram os da Tradição Aratu/Sapucaí. Seus domínios eram os contrafortes baixos das serras do centro-sul e leste de Goiás, especialmente as áreas férteis e mais florestais do Mato Grosso goiano, onde puderam instalar uma economia que dependia fortemente de cultivos, sem dispensar, porém, a exploração dos frutos do Cerrado, a caça e a pesca. Sua população era numerosa e nenhum outro grupo conseguiu infiltrar-se no seu território que, por seus recursos, deveria ser muito ambicionado. Suas aldeias populosas poderiam permanecer indefinidamente no mesmo lugar e poderiam, quando necessário, se deslocar para um espaço próximo, porque todo o território era fértil e estava sob seu domínio. O sistema de cultivo, também baseado em tubérculos e provavelmente no milho, poderia resistir aos avanços dos grupos mandioqueiros da Tradição Uru e da Tupi-Guarani.

A Tradição Uru aparece mais tarde e domina o centro-oeste do estado. Avançando ao longo dos rios, ocupa terrenos mais baixos, provavelmente de pouca utilidade para os aldeões, que já haviam se instalado antes, atendendo à locomoção e à renda obtida com a pesca. Dessa forma, criou-se, entre

os dois grupos, uma fronteira bastante estável; entretanto, nem sempre pacífica, sendo, aparentemente, a Tradição Aratu mais receptiva em aceitar elementos tecnológicos selecionados, entre os quais não estava incluída a mandioca e seu processo de transformação, que era aceita apenas em locais restritos.

Tudo indica ser mais recente a Tradição Tupi-Guarani, que se estende sobre o Vale do Paranaíba. A partir daí, acompanha seus afluentes, indo alcançar os abrigos anteriormente habitados pela Tradição Uru. Existem também aldeias dispersas na Bacia do Alto Araguaia, aparentemente sem muita autonomia, ficando agregadas, em caráter provisório, em aldeias, onde habitavam grupos horticultores de outras tradições. Os tupis-guaranis da Bacia do Tocantins conservam atualmente as aldeias ainda mais dispersas como se realmente fossem populações existentes no Período Colonial, podendo, por essa razão, enfrentar não somente os demais índios aldeões já instalados, como também os colonizadores brancos que os teriam trazido.

As tradições mandioqueiras, Uru e Tupi-Guarani, parecem mais próximas das culturas amazônicas, embora não se conheça sua procedência imediata, enquanto a Tradição Aratu/Sapucaí faz parte de uma tradição provavelmente originária do centro-nordeste. A Tradição Una, com menos domínio sobre as áreas abertas, disputadas pelos aldeões da tradição anterior, comprimia-se numa faixa entre estes e as populações coletoress-cultivadoras do Planalto Meridional, tradicionalmente conhecidas por suas aldeias de casas subterrâneas. A despeito dessa sua posição marginal fora da Amazônia, local em que se encontram as cerâmicas mais antigas, sendo, talvez, uma forma de cultura anterior ao desenvolvimento dos aldeões e onde, possivelmente, estejam suas origens.

Os representantes das outras tradições, excetuando os tupis-guaranis, viveram no território durante séculos, sem muita movimentação, numa terra que lhes pertencia por 70 a 100 gerações de horticultores, sem muitas mudanças, a não ser as normais adaptações de fronteiras, até o dia em que populações estrangeiras irromperam a área, em grandes destacamentos armados. Esses homens não estavam interessados em plantar, coletar ou caçar;

tampouco em construir aldeias entre o Cerrado e a Mata ou à beira da lagoa ou do rio. Queriam levar pessoas, pedras, brilhantes e ouro para muito longe. Foi o caos. As roças foram pilhadas, as aldeias demolidas, as mulheres violentadas, as terras de cultivo invadidas e as pessoas morreram de doenças desconhecidas. A guerra foi a solução ditada pelo desespero. A derrota, o aldeamento, a desmoralização, a extinção e a fuga foram as consequências.

## Referências

- BARBOSA, A. S. Povoadores dos cerrados.** 1989. Tese (Doutorado) – Smithsonian Institution, Washington, DC.
- BROCHADO, J. P. An ecological model of spread of pottery and agriculture into Eastern South America.** 1984. Thesis (Ph.D.) – Illinois University, Illinois.
- BROWN JR., K. S. Geographical patterns of evolution in neotropical forest Lepidoptera (*Nymphalida ithominae* and *Nymphalidae heliconii*). In: DESCIMON, H. (Ed.). **Biogéographie et évolution in America Tropicale**. Paris: [s.n.], 1977. p. 118-160. (Publ. Lab. Zool. Ecole Norm. Sup., n. 9).
- CABRERA, A.; YEPES, J. **Mamíferos sudamericanos**. 2. ed. Buenos Aires: Ediar, 1960. v. 2.
- GREENBERG, J. The general classification of central and South Americans languages. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ANTROPOLOGICAL SCIENCES, 5., 1956. **Selected Papers...** Pennsylvania: [s.n.], 1960. p. 791-794.
- HAFFER, J. Speciation in Amazonian forest birds. **Science**, New York, v. 165, p. 131-137, 1969.
- HURT, W.; BLASI, O. **Projeto arqueológico Lagoa Santa**. Curitiba: Museu Paranaense, 1969. (Nova Série Arqueológica, 4).
- MEGGERS, B. J. Aplicación del modelo biológico de diversificación y las distribuciones culturales en las tierras tropicales bajas de Sudamerica. **Amazonia Peruana**, Lima, v. 4, n. 8, 1976.
- MELATTI, J.C. **Índios da Brasil**. Brasília: UnB, 1970.
- MELO LEITÃO, C. **Zoogeografia do Brasil**. 2.ed. São Paulo: Nacional, 1947. (Col. Brasiliiana).
- MOREIRA, L. E.; BARBOSA, A. S. **O jazimento fossilífero de Pau Ferrado**. Goiânia: UCG, 1971.
- NIMUENDAJU, C. **Mapa etno-histórico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.
- NOBLE, G. K. Proto-Arawakan and its descendants. **International Journal of American Linguistics**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 3-12, 1965.
- RODRIGUES, A. D. Classification of Tupi-Guarani. **International Journal of American Linguistics**, Chicago, v. 24, p. 231-234, 1958.
- SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. ed. **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa CPAC. 1998 XII + 556 p.
- SCHMITZ, P. I. **Caçadores e coletores da pré-história do Brasil**. São Leopoldo: Instituto Anchietano de Pesquisa, 1984.
- VANZOLINI, P. E. **Zoologia sistemática, geografia e a origem das espécies**. São Paulo: Instituto Geográfico, 1970. p. 1-56. (Série Teses e Monografias, 3).
- WÜST, I. A Cerâmica karajá de Aruanã. **Anuário de Divulgação Científica**, Goiânia, n. 2, p. 71-95, 1975.



## Capítulo 3

# Caracterização Climática do Bioma Cerrado

*Fernando A. M. da Silva  
Eduardo Delgado Assad  
Balbino A. Evangelista*



## Introdução<sup>1</sup>

O bioma Cerrado está situado entre 5 ° e 20 ° de latitude Sul e de 45 ° a 60 ° de longitude Oeste, estando a maior parte da sua área localizada no Planalto Central do Brasil. Seus 2 milhões de quilômetros quadrados abrangem os estados de Mato Grosso, de Mato Grosso do Sul, de Rondônia, de Goiás, do Tocantins, do Maranhão, do Piauí, da Bahia, de Minas Gerais, de São Paulo e o Distrito Federal. É a segunda maior formação vegetal brasileira. Segundo Alho e Martins (1995), o Cerrado é composto de um mosaico de vários tipos de vegetação, resultantes da diversidade de solos, de topografia e de climas dessa extensa região.

O bioma Cerrado limita-se, na porção norte, com o domínio da Amazônia; a leste e a nordeste, com o domínio da Caatinga; e de leste a sudeste, com o domínio da Floresta Atlântica. Ab'Saber (1971) afirmou que esses limites existem em consequência das chamadas “faixas de transição”, onde espécies de dois ou mais domínios morfoclimáticos interpenetram-se, dando origem a complexos sub-regionais de paisagens.

O clima influencia não só a composição dos mosaicos paisagísticos que determinam as tipologias das unidades ambientais do Cerrado, como também a organização e a produção do espaço geográfico. Todavia, não é fácil estabelecer uma linha de aproximação entre o quadro ecológico do Cerrado e os elementos meteorológicos, mesmo sabendo que tanto a ocorrência do Cerrado quanto a das matas são limitadas pela disponibilidade hídrica (Reis, 1971). Isso fica evidenciado nas áreas de Caatinga onde a deficiência hídrica condiciona a ocorrência da vegetação, independentemente do tipo e do grau de fertilidade do solo. Em áreas de Cerrado, a associação vegetal está mais ligada a fatores de natureza edáfica (Rizzini e Pinto, 1964).

A despeito da importância do clima, fica evidente a dificuldade de relacioná-lo com a ocorrência do Cerrado. No entanto, sabe-se que o conhecimento do comportamento das variáveis que definem o clima dessa extensa região é de grande importância para os estudos ecológicos, botânicos,

fitogeográficos e, principalmente, para a produção sustentável de alimentos. Por isso, neste capítulo, foi proposta uma análise geral e mais atualizada dos principais elementos meteorológicos responsáveis pelas características climáticas da região. Nesse contexto, foram abordadas as seguintes características: identificação das massas de ar que atuam no Cerrado e da pluviometria média anual; variações espaço-temporais das temperaturas, da radiação global, da evapotranspiração potencial e da umidade relativa do ar; e classificação climática do bioma Cerrado.

No caso especial do Cerrado, pode-se determinar esse conhecimento com base em dados climáticos, que vêm sendo medidos, armazenados e gerenciados ao longo dos anos, por vários órgãos governamentais e não-governamentais do Brasil, como: Embrapa, Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), Agência Nacional de Águas (ANA), Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), universidades e empresas privadas. A organização dessas informações em um banco de dados georreferenciados e seu processamento com um Sistema Geográfico de Informações ajudaram a confeccionar os mapas temáticos apresentados neste capítulo.

## A pluviometria e as características das massas de ar que atuam sobre o Cerrado

Além dos fatores geográficos, tais como posição no continente sul-americano, extensão em latitude e altitude, em geral as condições de tempo e de clima do Cerrado são determinadas pela dinâmica ou pelos sistemas da atmosfera que afetam toda a América do Sul (Nimer, 1989). Essa dinâmica está vinculada à atuação dos centros de ação inter e extratropicais, que podem ser positivos – centros de alta pressão subtropicais do Atlântico Norte (anticiclones dos Açores), do Atlântico Sul (anticiclone do Atlântico Sul), do Pacífico Sul (anticiclone do Pacífico) e das altas pressões polares (anticiclone migratório polar) – ou negativos, como as depressões amazônicas e do Chaco.

<sup>1</sup>Revisores técnicos: Edson E. Sano e Jurandir Zullo Júnior.

Os centros de ação positivos ocorrem sob a forma de massas de ar de origem marítima que se deslocam sobre o continente, ora avançando, ora recuando, sob a influência dos centros de ação negativos de origem continental.

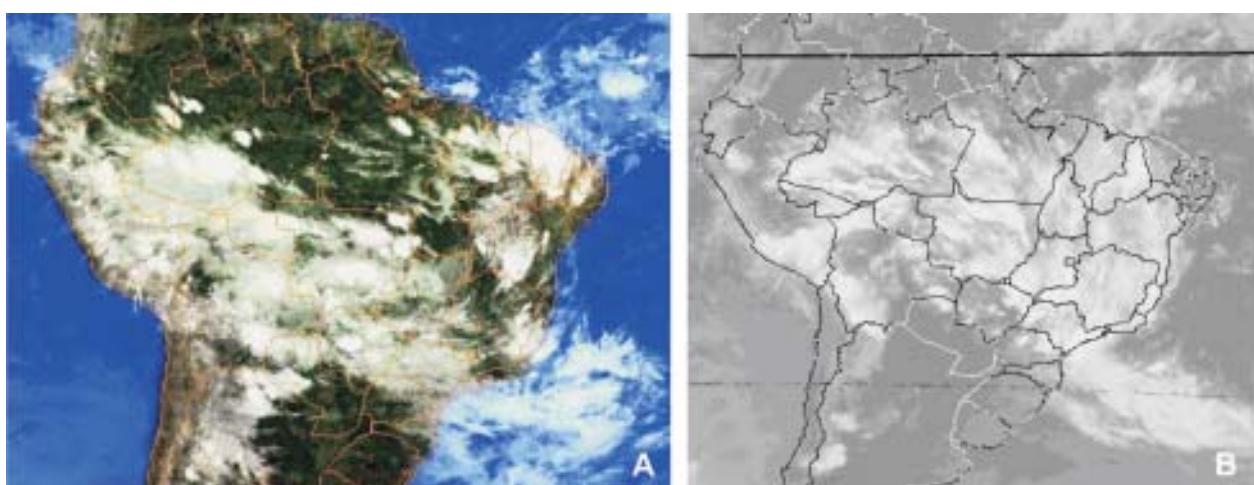
O anticiclone do Atlântico Sul caracteriza-se pela grande quantidade de umidade transportada do oceano, rumo ao interior dessa região, na direção de leste para oeste, a partir do litoral Atlântico, resultante dos ventos alísios. Esse sistema começa a atuar no final da primavera e alcança intensidade máxima durante o verão, sendo o principal responsável pela atuação da massa tropical atlântica (Ta) sobre o continente. Esse sistema, também conhecido como Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), é um dos principais fenômenos que determinam o regime de chuva em grande parte do Cerrado (Fig. 1A) (Quadro, 1994). Entretanto, sua maior contribuição ocorre quando atua em conjunto com os sistemas originados do Norte, na Zona de Convergência Intertropical (convecções amazônicas), e do Oeste, como a Alta da Bolívia (Fig. 1B). A ação conjunta desses fenômenos resulta numa faixa contínua de nebulosidade orientada no sentido noroeste–sudeste, que se estende desde a Região da Amazônia até o Atlântico Sul (Fig. 1). Nesse caso, formam-se grandes bloqueios das massas de ar (sistemas frontais), que ocasionam períodos prolongados com altos índices pluviométricos, com ocorrência durante os meses de novembro a março, sendo dezembro, janeiro e

fevereiro os meses de atuação mais intensa (Quadro, 1994).

A Alta da Bolívia (Fig. 1B) contribui fortemente para eventos de chuva em áreas de Cerrado. Ela é gerada pelo forte aquecimento convectivo da atmosfera onde a diferença de pressão entre a região da Bolívia e a de Mato Grosso do Sul (alta) e a região do Chaco paraguaio (baixa) promove um movimento anticiclônico (anti-horário) da atmosfera, transportando grande quantidade de umidade para a Região Centro-Oeste do Brasil. Atua durante os meses de verão e é considerada por Virgi (1981) como um sistema típico semi-estacionário da Região Centro-Oeste.

A massa equatorial continental (Ec) e a massa tropical continental (Tc) que atuam na Região Centro-Oeste com máxima intensidade, no período do verão, são centros de ação negativos e estão associados aos sistemas ciclônicos de massas de ar.

A massa equatorial continental, em consequência de sua origem, é quente e úmida, o que permite a formação de um centro de baixa pressão na região de baixa latitude, próxima ao Equador. Sua penetração na Região Centro-Oeste dá-se durante a primavera e o verão, no sentido noroeste para sudeste, ou, ainda, de leste para sudeste, em decorrência dos recuos da massa polar atlântica (Monteiro, 1951). Quando esse sistema predomina por um período mais longo nessa região, há ocorrência de chuva convectiva de verão.



**Fig. 1.** Imagem do satélite meteorológico GOES mostrando uma faixa contínua de nebulosidade (áreas claras), dirigida no sentido noroeste–sudeste, ocasionada pela Zona de Convergência do Atlântico Sul: A) ZCA; B) Alta da Bolívia.

Fonte: Foto A: <http://www.master.iag.usp.br/ind.php?inic=00&prod=imagens> Foto B: <http://satelite.cptec.inpe.br>

Nimer (1989) afirmou que a atuação do sistema Ec pode acontecer também durante os períodos de outono e de inverno, quando ocorrem os Sistemas Perturbados de Norte, que ocasionam a incidência de ventos quentes nas direções sul e sudeste (contra-alísios), provenientes do Hemisfério Norte. No final da primavera e no início do verão, quando há o encontro desse sistema (Ec) com a massa polar atlântica (Pa), ocorrem as chamadas chuvas frontais nessa região.

A massa tropical continental (Tc) é outro sistema que tem participação importante no condicionamento da chuva em áreas de Cerrado. Origina-se de uma área plana, com baixa altitude, conhecida como região do Chaco paraguaio (Baixa do Chaco), nos meses de verão, em virtude do forte aquecimento do interior do continente. Essa massa de ar quente e seca, em condições de baixa pressão, segundo Assad et al. (2001), é responsável pelos freqüentes veranicos ou períodos de estiagem, durante a estação chuvosa, que ocorrem na Região Centro-Oeste, nos meses de janeiro e fevereiro. Quando prolongados, esses veranicos trazem grandes prejuízos à produção agrícola dessa região.

Os sistemas frontais, também conhecidos como frentes frias, atingem a região durante todo o ano. A frente fria do Pacífico atravessa a Argentina e a região dos Andes, interagindo com a convecção tropical na altura do Equador. A massa polar atlântica (Pa) é outro sistema com influência na Região Centro-Oeste durante todo o ano, porém, com maior freqüência durante o inverno. Está relacionada ao anticiclone migratório polar, sendo fria em virtude do acúmulo do ar polar. A entrada dessa massa de ar na região é facilitada pela configuração do relevo e ocorre no sentido sul-norte, ao longo dos eixos dos grandes vales fluviais, favorecendo a ocorrência de estiagem durante o inverno e de episódios de chuvas frontais durante o período primavera-verão.

A ação conjunta desses sistemas durante o ano confere ao Cerrado características climáticas peculiares, pois a região, em sua grande parte, apresenta duas estações bem definidas: uma chuvosa, que se inicia entre os meses de setembro e outubro e se estende até março e abril, destacando-se os meses de novembro, dezembro e janeiro como os que, geralmente, apresentam a maior média mensal de precipitação; e outra estação seca, marcada por profunda deficiência hídrica, causada

pela redução drástica da ocorrência de chuvas. Essa estação seca inicia-se entre os meses de abril e maio e estende-se até parte dos meses de setembro a outubro, registrando, dessa maneira, de 5 a 6 meses de deficiência hídrica climática.

As características descritas no parágrafo anterior podem ser comprovadas pela análise dos dados médios da precipitação mensal registrados entre os anos de 1974 e 2002 na Estação Climatológica da Embrapa Cerrados (Tabela 1). Analisando essa tabela, evidencia-se que o período chuvoso vai de outubro até março, sendo os meses de novembro, dezembro e janeiro os que apresentam a maior média mensal de precipitação. Observa-se que, no trimestre mais chuvoso, o desvio-padrão é elevado e varia entre 95 mm e 150 mm. Para esse mesmo período, o coeficiente de variação oscila entre 42 % e 56 %. Para os meses secos, o desvio-padrão é menor (12 mm a 45 mm), enquanto os coeficientes de variação são bem mais elevados (60 % a 195 %). De maneira geral, a variabilidade relativa da precipitação no Cerrado é elevada durante todo o ano, sendo mais pronunciada nos meses secos. Os elevados coeficientes de variação também evidenciam a distribuição irregular das chuvas.

A estação que apresenta déficit hídrico é mais importante sob o aspecto ecológico, pois as deficiências definem limites de tolerância para as espécies vegetais. Isso também assume papel importante para as culturas agrícolas, uma vez que

**Tabela 1.** Médias mensais de precipitação na Embrapa Cerrados (Planaltina, DF), com respectivos desvios-padrão e coeficientes de variação.

Mês	Média (mm)	Desvio-padrão (mm)	Coeficiente de variação (%)
Janeiro	255,4	137,8	53,9
Fevereiro	180,7	96,4	53,3
Março	224,2	116,5	51,9
Abril	93,5	49,9	53,3
Maio	26,5	28,1	106,1
Junho	5,1	9,3	184,1
Julho	5,4	13,2	244,4
Agosto	14,6	15,9	108,7
Setembro	39,9	37,5	93,8
Outubro	128,6	86,7	67,4
Novembro	191,4	78,2	40,8
Dezembro	231,5	95,9	41,4

os recursos hídricos do Cerrado, que podem suplementar essas deficiências com o uso da irrigação, são escassos.

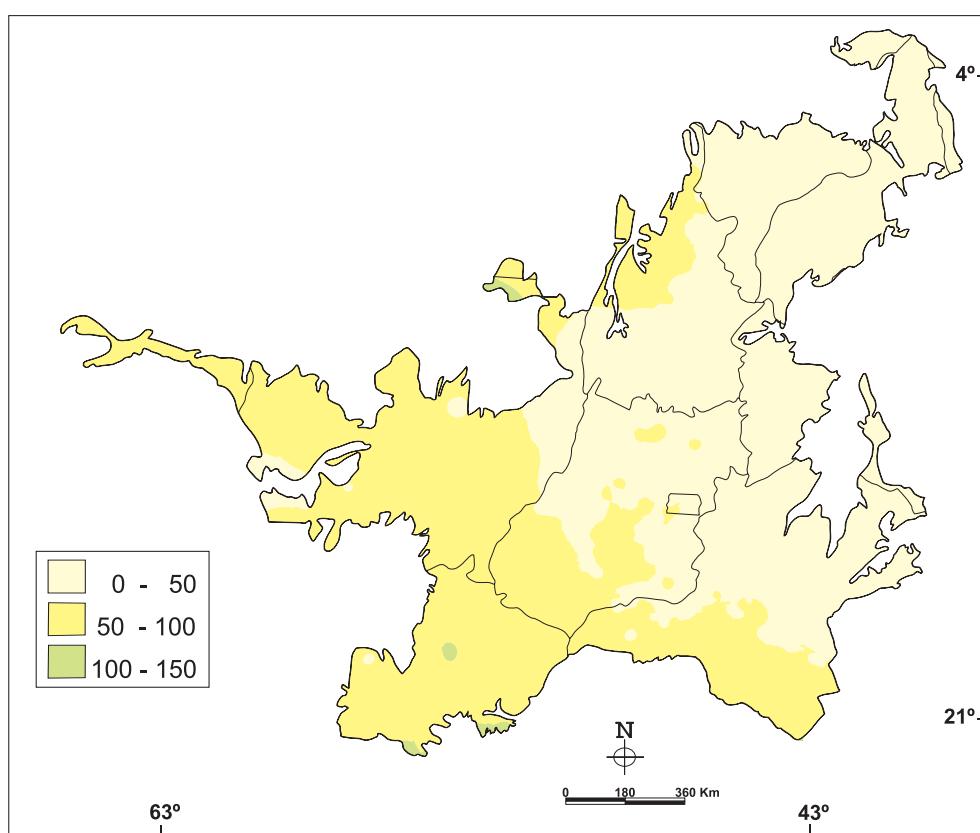
De maneira geral, em grande parte da área do Cerrado, a estação chuvosa inicia entre os meses de setembro e outubro. Na Fig. 2, representa-se a distribuição da precipitação pluvial no Cerrado, no mês de setembro. Analisando essa figura, observam-se duas classes de precipitação no início da estação chuvosa: uma que varia de 50 mm a 100 mm na porção sul, e outra, de 0 mm a 50 mm nas demais áreas da região, que mantêm os mesmos índices pluviométricos registrados na estação seca.

Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro são os mais chuvosos em grande parte do Cerrado, onde a precipitação média mensal varia de 150 mm a 500 mm, à exceção de parte das áreas dos estados do Piauí, do Maranhão, de Mato Grosso e do Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, que apresenta precipitação de 0 mm a 100 mm nessa época do ano.

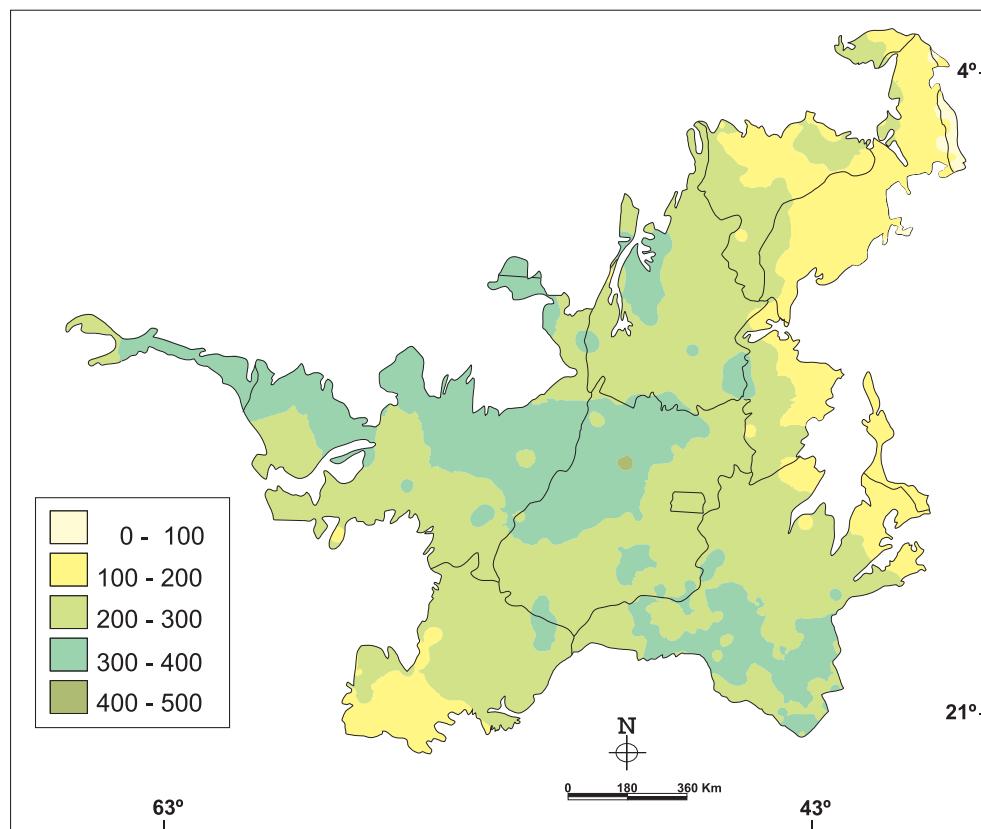
Na Fig. 3, referente à média mensal do mês de

janeiro, um dos meses mais chuvosos da região, o total precipitado varia de 100 mm a 500 mm. Nessa figura, revela-se ainda que, em pequena parte do Estado do Piauí, a precipitação não ultrapassa 100 mm no mês de janeiro. De maneira geral, o padrão de distribuição do regime pluvial da estação chuvosa no Cerrado apresenta alta heterogeneidade espacial (Fig. 3), cujas menores classes de precipitação podem ser observadas na franja limítrofe com a Região Semi-Árida, que corresponde ao sul do Piauí, ao sudoeste da Bahia e ao norte de Minas Gerais, fato esse já observado por Assad et al. (2001).

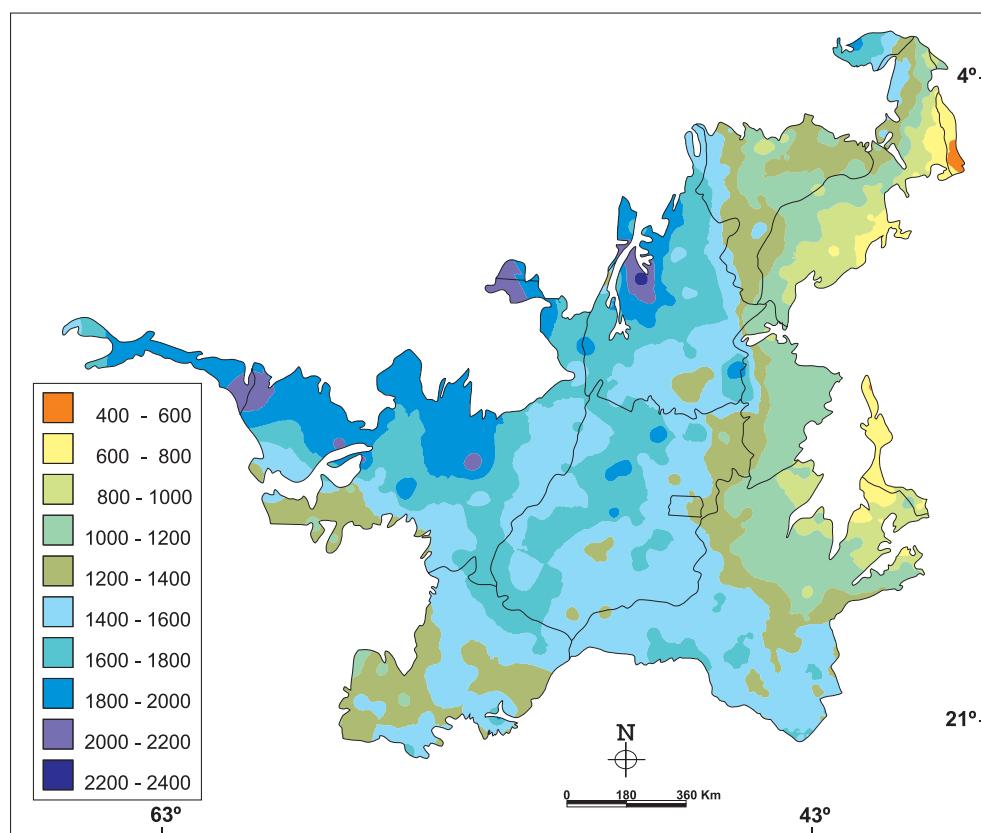
No que diz respeito à precipitação média anual (Fig. 4), os dados climáticos analisados indicam a ocorrência de índices de 400 mm a 600 mm no centro-sul do Piauí e em parte do Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais. À medida que se avança na direção de leste para oeste, a precipitação total anual aumenta substancialmente, atingindo valores de 2.000 mm a 2.200 mm, com pequeno núcleo no Estado do Tocantins, que pode chover



**Fig. 2.** Variação espacial da precipitação pluvial média (mm) do mês de setembro, no bioma Cerrado.



**Fig. 3.** Variação espacial da precipitação pluvial (mm), média do mês de janeiro, no bioma Cerrado.



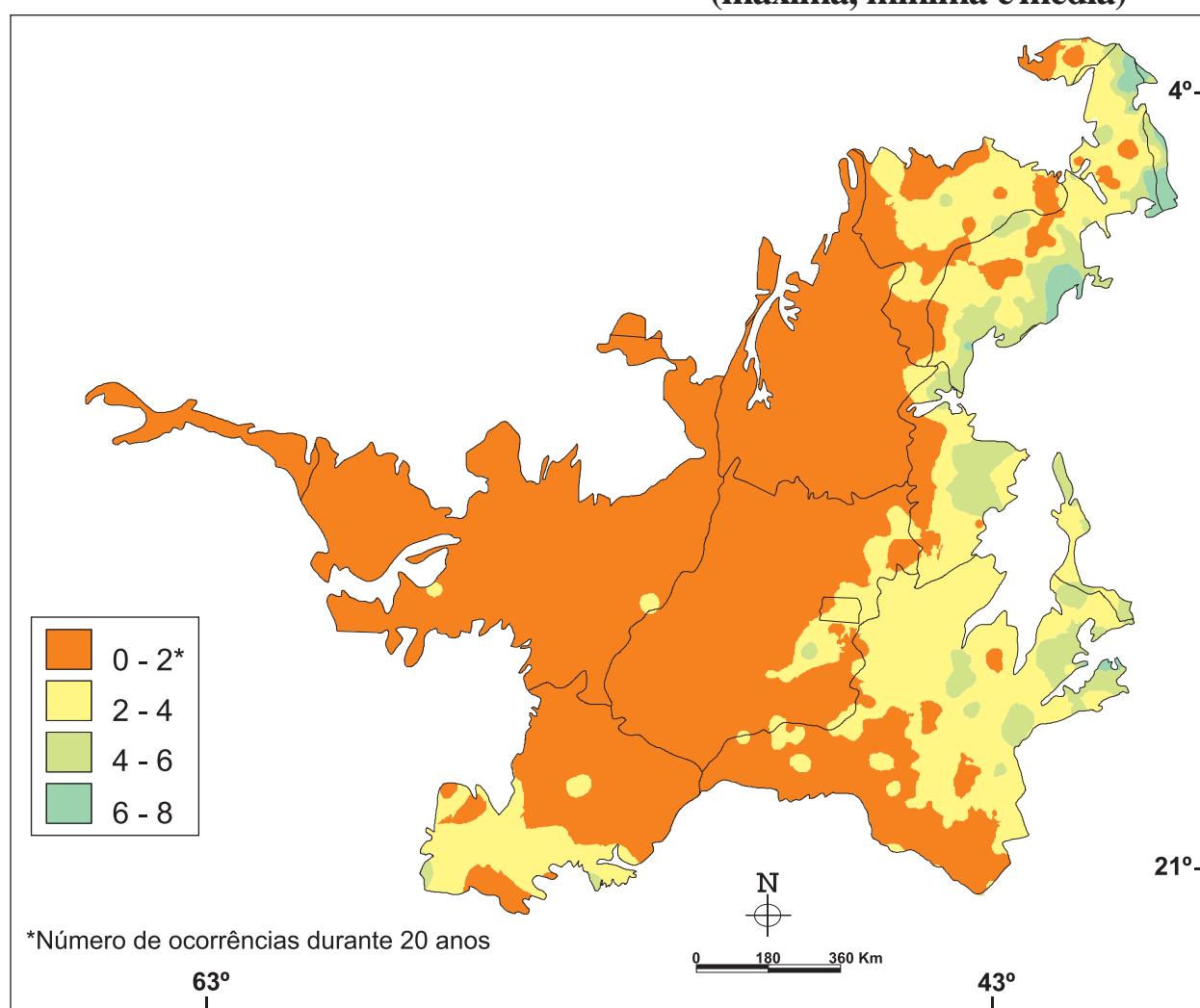
**Fig. 4.** Precipitação média pluvial anual (mm) no bioma Cerrado.

até 2.400 mm.

Embora os totais anuais médios de precipitação sejam considerados suficientes para muitas culturas, o Cerrado é afetado por períodos de estiagem durante a estação chuvosa. Esse fenômeno, denominado “veranico”, foi estudado detalhadamente por Assad et al. (2001). As plantas nativas dessa região estão perfeitamente adaptadas a esse evento. Todavia, sob o aspecto agrícola, ele se apresenta como fator limitante da produção, principalmente quando aparece na fase reprodutiva das culturas. Geralmente, janeiro representa um mês de alto risco para as culturas de grãos em sistema de sequeiro, pois coincide com a época de floração e de enchimento de grãos, quando o suprimento hídrico adequado nessa fase é de fundamental importância para a definição do rendimento final das plantas.

A Fig. 5 exemplifica a freqüência de ocorrência de veranicos de 15 dias no mês de janeiro, com base numa série histórica de 20 anos de dados pluviométricos registrados no Cerrado. Observa-se que, em grande parte dos estados do Tocantins, de Goiás, de Mato Grosso e de Mato Grosso do Sul ocorre de zero a dois períodos de 15 dias consecutivos sem chuva no mês de janeiro. Na franja limítrofe com a Região Semi-Árida, que compreende o sul do Piauí, o sudoeste da Bahia e o norte de Minas Gerais, a freqüência observada foi maior e oscilou entre quatro e oito veranicos. No Distrito Federal, bem como em grande parte do Estado de Minas Gerais, foram observados até quatro períodos de 15 dias sem chuva no mês de janeiro.

### Variação espaço-temporal das temperaturas (máxima, mínima e média)



**Fig. 5.** Freqüência de ocorrência de veranicos de 15 dias, no mês de janeiro, no bioma Cerrado.

As condições energéticas do ambiente afetam todos os processos biofísicos e bioquímicos que, por sua vez, condicionam o metabolismo dos seres vivos, tais como: absorção hídrica, respiração, fotossíntese e perda de água.

Do ponto de vista agronômico, a temperatura do ar desempenha papel fundamental na germinação de sementes, no crescimento e no desenvolvimento de espécies vegetais e animais, na perda de água por superfícies naturais vegetadas, na ocorrência de pragas e doenças e no bem-estar dos animais. Portanto, o conhecimento dos aspectos térmicos é fundamental para se entender as relações dos seres vivos com a oferta ambiental do Cerrado.

A amplitude térmica anual do ar é influenciada principalmente pela localização geográfica. De maneira geral, pode-se afirmar que, para um mesmo hemisfério, os valores médios de temperatura do ar

aumentam quanto menor é a latitude, enquanto a amplitude térmica aumenta conforme aumenta a latitude. As massas de ar e a altitude também exercem efeitos sobre a temperatura do ar, de modo que áreas mais elevadas apresentam temperaturas médias e amplitudes térmicas menores para uma mesma latitude. A seguir, serão apresentadas as principais variações térmicas do Cerrado, destacando-se, em especial, as médias anuais das temperaturas máximas, mínimas e médias.

Na Fig. 6, representa-se a variação espacial da temperatura média anual em áreas de Cerrado. Analisando essa figura, observa-se aumento relativo da temperatura no sentido sul–norte do bioma, com as médias anuais mais elevadas nas partes sul dos estados do Maranhão e do Piauí e no sudoeste da Bahia, onde podem ser encontradas médias anuais entre 23 °C e 27 °C.

As temperaturas mais baixas podem ser

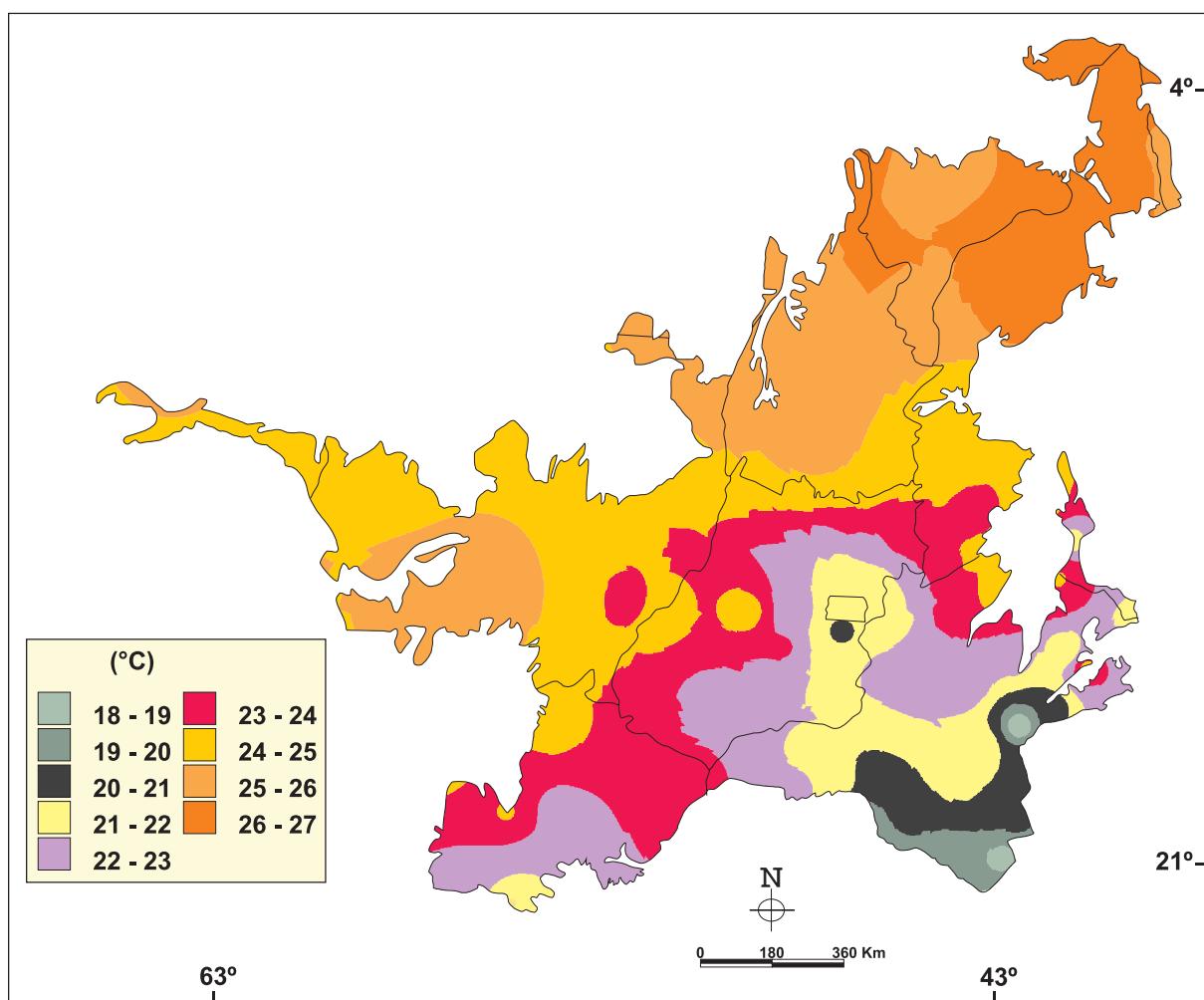


Fig. 6. Temperatura média anual (°C) no bioma Cerrado.

encontradas na parte centro-sul do bioma, mais precisamente nos estados de Goiás, de Minas Gerais e de Mato Grosso do Sul, com temperaturas entre 18 °C e 22 °C.

A variação das médias da temperatura máxima anual pode ser vista na Fig. 7. Observa-se, nessa figura, a mesma tendência de aumento relativo já destacado na análise da temperatura média anual. As médias das temperaturas máximas no Cerrado variam entre 24 °C e 33 °C. As mais elevadas acontecem nas estações primavera-verão, com variação térmica de 24 °C a 36 °C, predominando este último valor em grande parte dos estados do Maranhão, do Piauí e de Mato Grosso, enquanto os valores mais baixos prevalecem nos estados de Minas Gerais, de Goiás e de Mato Grosso do Sul.

Durante as estações primavera-verão, as médias das temperaturas máximas oscilam de 33 °C a 36 °C em grande parte da Região do Cerrado, sobretudo nos estados do Maranhão, do Piauí e do Tocantins, enquanto, em grande parte dos estados de Minas Gerais e de Mato Grosso do Sul, para essa mesma época do ano, as máximas oscilam de 24 °C a 31 °C. No inverno, observa-se maior amplitude

térmica e variabilidade espacial para as temperaturas máximas, pois, em grandes áreas dos estados de Minas Gerais, de Goiás e de Mato Grosso do Sul, as médias das máximas estão de 20 °C a 21 °C. Nas demais localidades, nessa mesma época do ano, elas podem atingir até 34 °C, especialmente, nos estados do Tocantins, do Maranhão e de Mato Grosso.

Analizando as médias anuais da temperatura mínima (Fig. 8), verifica-se, de modo geral, a tendência de aumento no sentido sul-norte. As temperaturas mais baixas são registradas nos estados de Minas Gerais, de Goiás e de Mato Grosso do Sul, cujos valores médios oscilam de 14 °C a 18 °C. As demais áreas do Cerrado apresentam temperaturas mínimas anuais de 19 °C a 23 °C. Na Fig. 8, nota-se que as áreas dos estados do Maranhão e do Piauí são as que apresentam temperaturas mínimas anuais mais elevadas, com valores médios oscilando de 21 °C a 23 °C.

As médias mensais da temperatura mínima do verão apresentam regularidade quanto ao seu comportamento espaço-temporal, ou seja, os valores estão sempre aumentando no sentido sul-

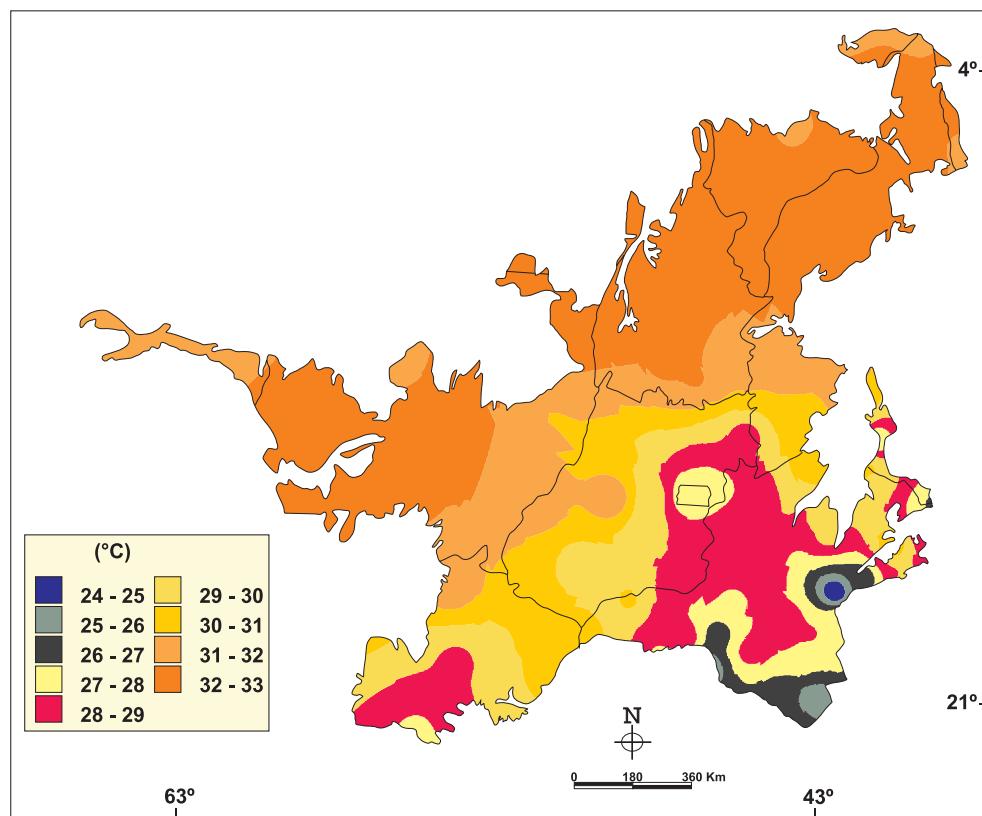
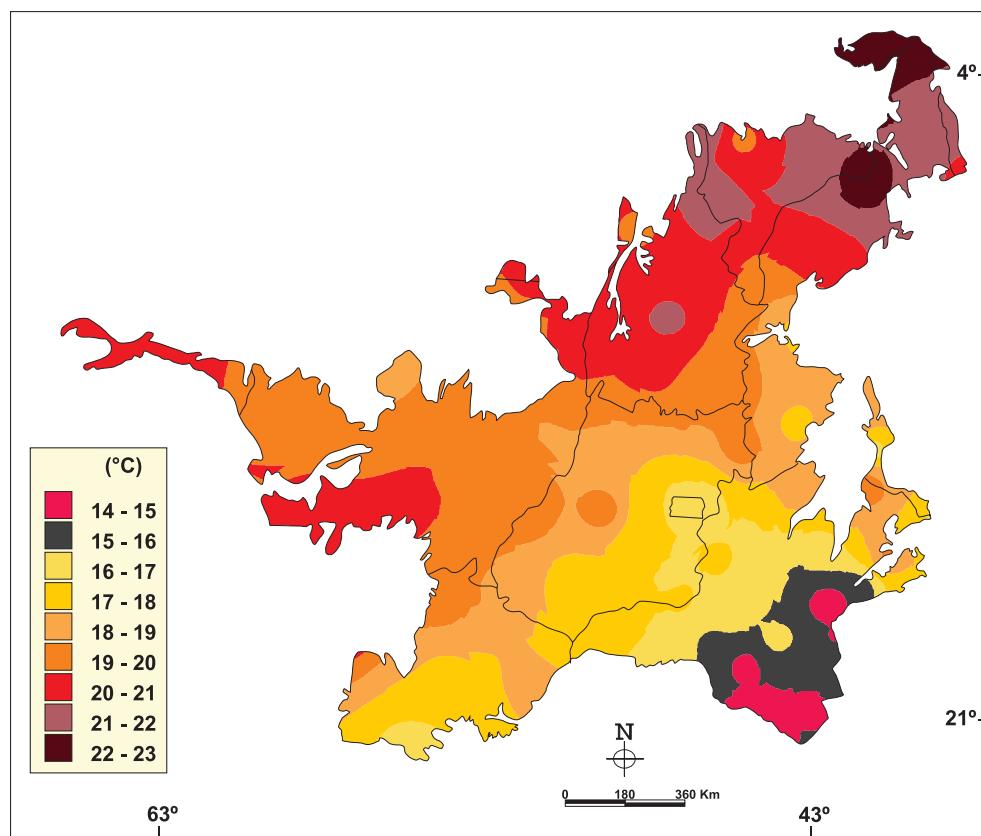


Fig. 7. Temperatura máxima anual (°C) no bioma Cerrado.



**Fig. 8.** Temperatura mínima anual (°C) no bioma Cerrado.

norte. A porção mais ao norte do bioma, precisamente o sul do Maranhão e do Piauí, é a que apresenta faixas de temperatura que variam de 21 °C a 24 °C. Para as demais áreas, nessa mesma época do ano, os valores das mínimas são mais baixos e oscilam de 16 °C a 20 °C.

No inverno, as temperaturas mínimas também aumentam no sentido sul–norte, porém, seus valores caem significativamente na porção sul do bioma, com valores oscilando de 8 °C a 15 °C, nos meses de junho e julho, nos estados de Minas Gerais, de Goiás, de Mato Grosso do Sul e de Mato Grosso. Nessa mesma época do ano, as outras áreas componentes do Cerrado apresentam faixas de temperatura mínima que variam de 16 °C a 23 °C. No Cerrado nordestino, formado por parte dos estados do Maranhão e do Piauí, as faixas de temperatura mínima variam de 21 °C a 23 °C.

## Variação espaço-temporal da radiação global

Todos os processos vitais que se desenvolvem sobre a superfície terrestre são movidos pela

quantidade de energia irradiada pelo Sol. A radiação solar na camada limite da atmosfera tem relação mais direta com a vida das plantas e dos animais, com destaque para os fenômenos de dispersão de gases e aerossóis, trocas energéticas, geadas, evapotranspiração, difusão de pragas e doenças e bem-estar ambiental de plantas e animais.

É consenso entre os ecologistas de que a energia solar representa um dos fatores que efetivamente controlam o potencial de crescimento e de produção das plantas de uma região. Com efeito, fatores como baixa fertilidade dos solos e deficiência ou excesso de água podem impedir que esse potencial se manifeste. Entretanto, estes últimos fatores podem ser controlados pelo homem, por meio de práticas de adubação, irrigação ou drenagem. A energia solar, no entanto, não pode ser aumentada pelos recursos tecnológicos disponíveis (Mota, 1983).

Sob o aspecto agronômico, pode-se afirmar que a seleção de uma planta ou de uma variedade para determinada localidade requer o conhecimento de sua interação com a radiação solar, pois seu rendimento pode diminuir se o plantio for feito em épocas que, em virtude da duração do dia, o ciclo

encurta-se ou alonga-se demasiadamente.

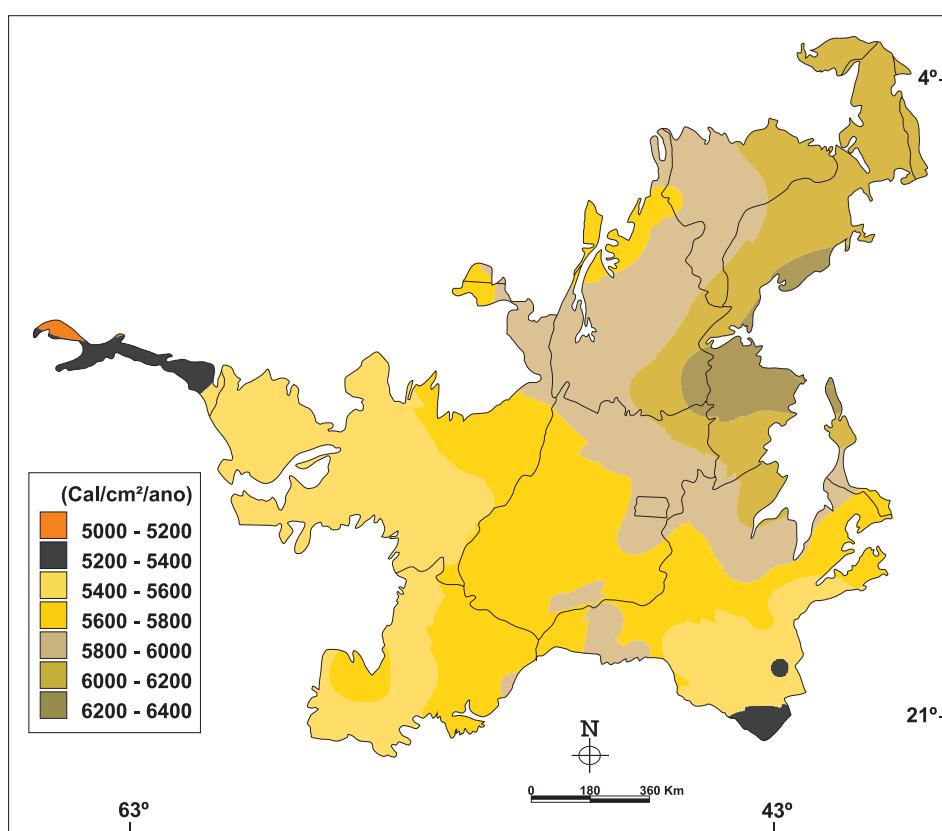
A quantidade de radiação que chega à superfície da Terra é inferior à quantidade de radiação que chega à parte superior da atmosfera. Essa diminuição resulta principalmente da absorção seletiva da radiação solar pelos gases constituintes e pelo vapor de água, da dispersão pelas moléculas de ar e por pequenas partículas e da reflexão para o espaço exterior pela superfície das nuvens.

Na parte superior da atmosfera, a intensidade da radiação varia diariamente, de acordo com a rotação da Terra. Segundo Collis-George et al. (1971), a maior quantidade de radiação encontra-se nas zonas de latitude média, como resultado da interação do número de horas por dia de brilho solar e do comprimento percorrido através da atmosfera.

O bioma Cerrado, com sua grande abrangência latitudinal (de 5 ° a 20 ° de latitude Sul), apresenta variação na quantidade de radiação global. Isso pode ser visto na Fig. 9, que representa a quantidade de radiação solar média anual ( $\text{cal.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ) sobre uma superfície horizontal no solo em áreas de Cerrado. Observa-se, nessa figura, que a quantidade

média anual de radiação disponível varia de 6.000  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  a 8.800  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . Os valores mais altos (8.000  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  a 8.800  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ) são encontrados nas latitudes mais baixas, precisamente no sul do Maranhão, no sul do Piauí, no Tocantins, no oeste da Bahia e no norte de Minas Gerais, enquanto, nas outras áreas, ou seja, na porção sul-sudeste, a quantidade de energia que chega à superfície do solo oscila de 6.000  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  a 8.600  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . Pode-se concluir que a quantidade de radiação solar disponível no Cerrado é abundante para o suprimento das reações de fotossíntese, que é a principal responsável pela produção de matéria orgânica. Isso explica, em parte, a grande biodiversidade de fauna e de flora do bioma.

Em termos de média mensal, o Cerrado tem, à sua disposição, de 380  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  a 620  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  de radiação global ao longo do ano. O mês com menor intensidade de radiação solar é junho. Isso acontece por causa do maior afastamento do sol em relação ao nosso hemisfério (solstício de inverno). Essas características podem ser



**Fig. 9.** Variação da radiação solar média anual ( $\text{cal.cm}^{-2}$ ) sobre uma superfície horizontal, em solo de Cerrado.

observadas na Fig. 10, que representa a variação da radiação solar média do mês de junho (de 320 cal.cm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> a 500 cal.cm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>) sobre uma superfície horizontal em solo de Cerrado. Analisando essa figura, observa-se grande variabilidade espacial da radiação solar, que apresenta uma tendência de aumento nas direções sul–norte, ou seja, quanto mais baixa a latitude, maior a disponibilidade de energia.

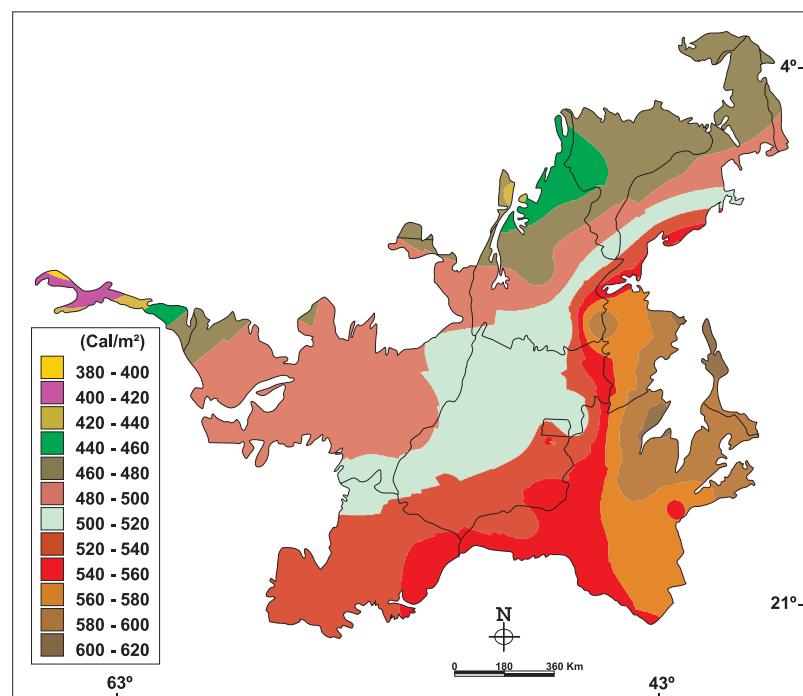
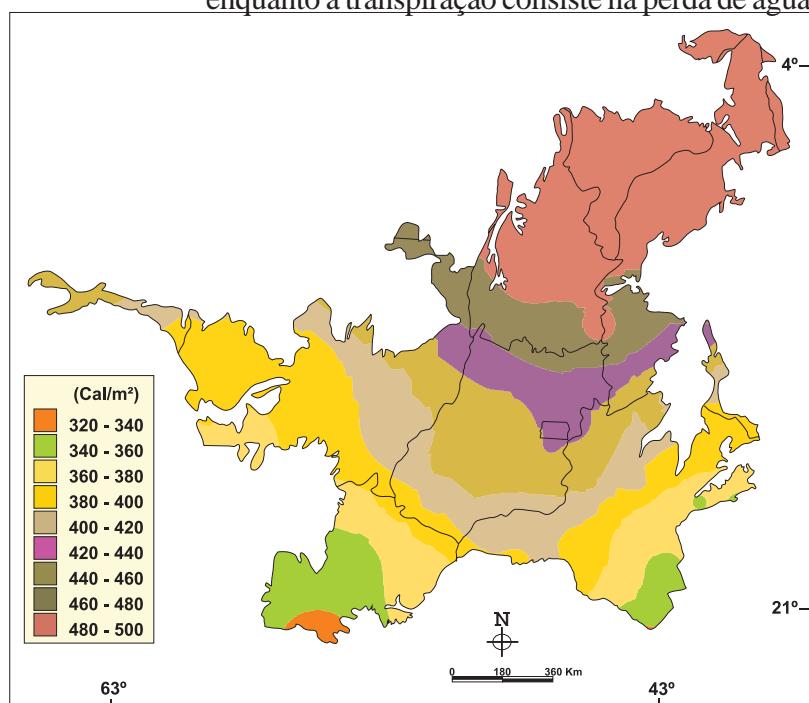
No verão, principalmente no mês de janeiro, ocorre o contrário, ou seja, o Sol brilha mais próximo

do nosso hemisfério e fornece maior quantidade de radiação. Nesse mês, a radiação solar no Cerrado varia de 380 cal.cm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> a 620 cal.cm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> (Fig. 11).

## Variação espaço-temporal da evapotranspiração potencial

A evaporação é o processo físico pelo qual um líquido ou sólido é transformado no estado gasoso, enquanto a transpiração consiste na perda de água

**Fig. 10.** Variação da radiação solar média do mês de junho (cal.cm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), sobre uma superfície horizontal, em solo de Cerrado.



**Fig. 11.** Variação da radiação solar média do mês de janeiro (cal.cm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), sobre uma superfície horizontal, em solo de Cerrado.

através dos estômatos ou das cutículas das plantas para a atmosfera. Sob condições naturais, os dois processos agem conjuntamente, dando origem ao fenômeno da evapotranspiração (ETP), que está associado à perda conjunta de água do solo pela evaporação, e da planta pela transpiração.

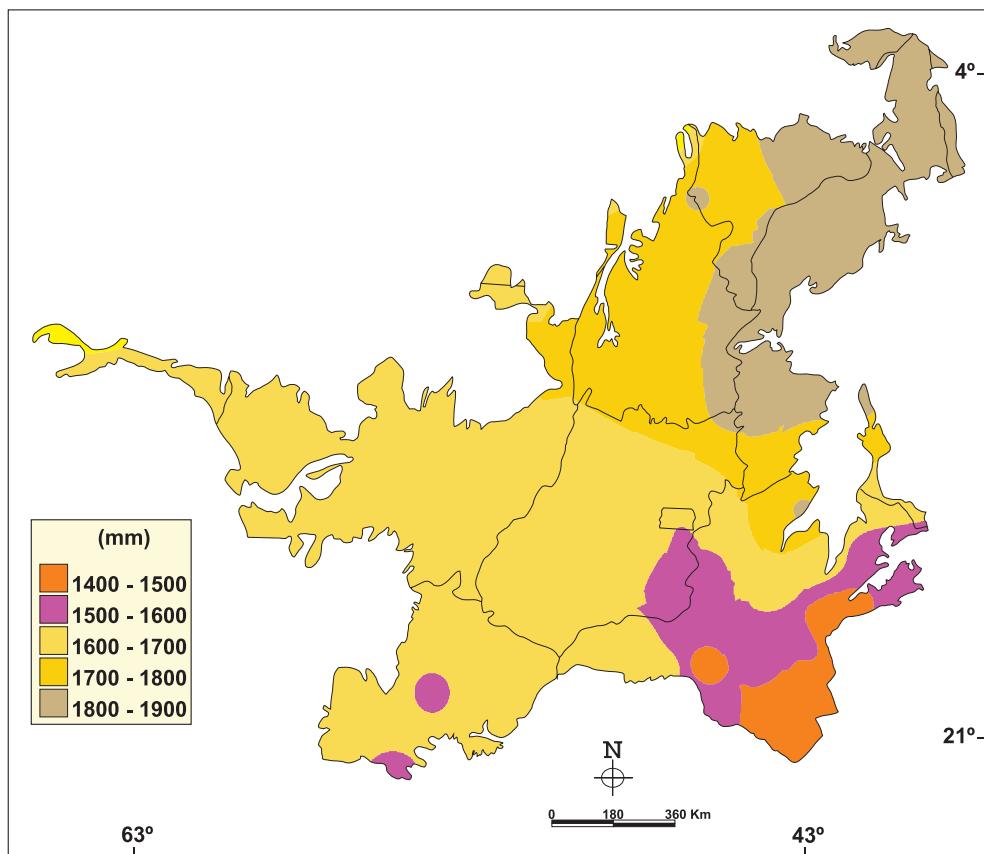
São muitos os conceitos de ETP. O termo evapotranspiração potencial foi usado por Thornthwaite (1948), que o definiu como a água evapotranspirada de uma superfície natural coberta por uma vegetação em fase de crescimento ativo e com o teor da umidade do solo próximo à capacidade de campo. Campelo Jr. e Caseiro (1989) definiram-na como a medida local da demanda hídrica atmosférica, representando o efeito das condições climáticas sobre a necessidade hídrica das plantas.

Nesse texto, a ETP calculada pelo método de Penman representa a capacidade potencial máxima de água evapotranspirável conforme a temperatura e a radiação solar, que foram destacados nos itens

3 e 4.

Na Fig. 12, representa-se a variação espacial da ETP anual, em milímetros, em áreas de Cerrado. Analisando essa figura, observa-se que o Cerrado apresenta altíssimos valores anuais de evapotranspiração potencial. Nessa figura, ilustrase a variação da ETP de maneira inversa à latitude, ou seja, os maiores valores aparecem para as latitudes mais baixas. O maior potencial do Cerrado encontra-se em grande parte das áreas dos estados do Maranhão, do Piauí e do oeste da Bahia, com valores médios anuais entre 1.800 mm e 1.900 mm. Nessas áreas, esses índices superam os valores médios anuais da pluviometria. Em seguida, pode-se destacar o Estado do Tocantins, com potencial de evapotranspiração entre 1.700 mm e 1.800 mm.

A parte mais concentrada do centro para o sul do bioma, que coincide com as partes mais altas e, conseqüentemente, com as temperaturas mais amenas, apresenta potencial de evapotranspiração mais baixo, com índices oscilando entre 1.600 mm e 1.700 mm. Os totais anuais mais baixos de ETP do



**Fig. 12.** Variação espacial da evapotranspiração potencial anual (em mm) em áreas de Cerrado.

Cerrado são encontrados no sul de Minas Gerais (1.400 mm a 1.500 mm). Para toda essa grande área, geralmente esses valores são inferiores aos índices pluviométricos.

## Variação espaço-temporal da umidade relativa do ar

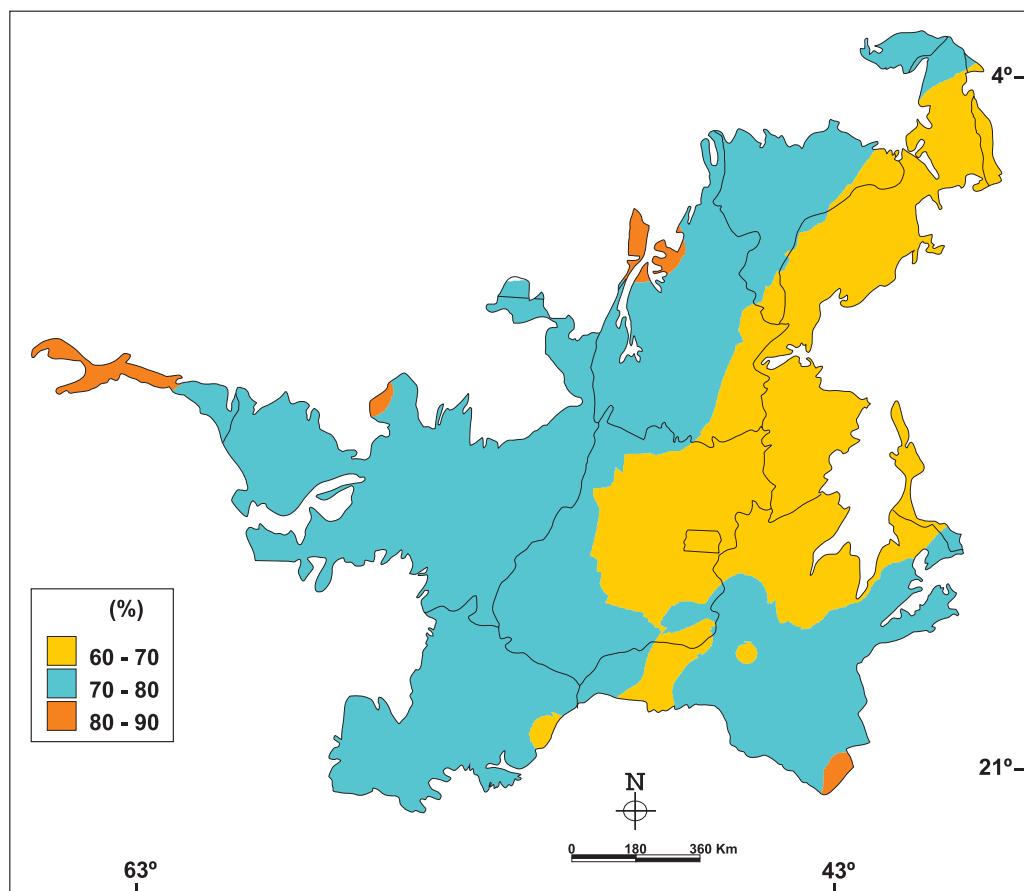
A atmosfera contém vapor de água em porcentagem bastante variável, podendo ser quase nula em regiões desérticas e polares, ou apresentar valores elevados nas regiões quentes e úmidas. Essas variações são devidas à evaporação irregular de rios, lagos, mares e solos.

Vários processos físicos naturais, como o transporte e a distribuição de calor na atmosfera, a evaporação e a transpiração e a absorção de ondas da radiação solar e terrestre, são influenciados pela quantidade de água contida na atmosfera. Sob o aspecto agrícola, pode-se afirmar que o teor de vapor d'água na atmosfera condiciona a ocorrência e o controle de pragas e doenças, as condições de

armazenamento dos produtos e o bem-estar dos animais.

O Cerrado apresenta moderada umidade relativa do ar quando comparada com a umidade do litoral e a da Amazônia. Na Fig. 13, representa-se o comportamento médio anual da umidade relativa no Cerrado. Analisando essa figura, observa-se que mais de 90 % da área apresenta umidade relativa média anual entre 60 % e 80 %. Os índices médios anuais mais baixos são encontrados em toda a franja limítrofe com o Nordeste brasileiro e em grande parte do Estado de Goiás (60 % e 70 %), enquanto os mais elevados ocorrem em pequenas áreas dos estados de Minas Gerais, do Tocantins e de Rondônia.

Durante os meses mais chuvosos (novembro a março), a umidade relativa do ar no Cerrado varia de 60 % a 90 %. Na Fig. 14, referente à umidade média do mês de janeiro, representa-se bem essa situação. Pela análise dessa figura, pode-se concluir que, na época chuvosa, mais de 90 % da área do Cerrado apresenta umidade relativa entre 70 % e



**Fig. 13.** Média anual da umidade relativa do ar (%) no Cerrado.

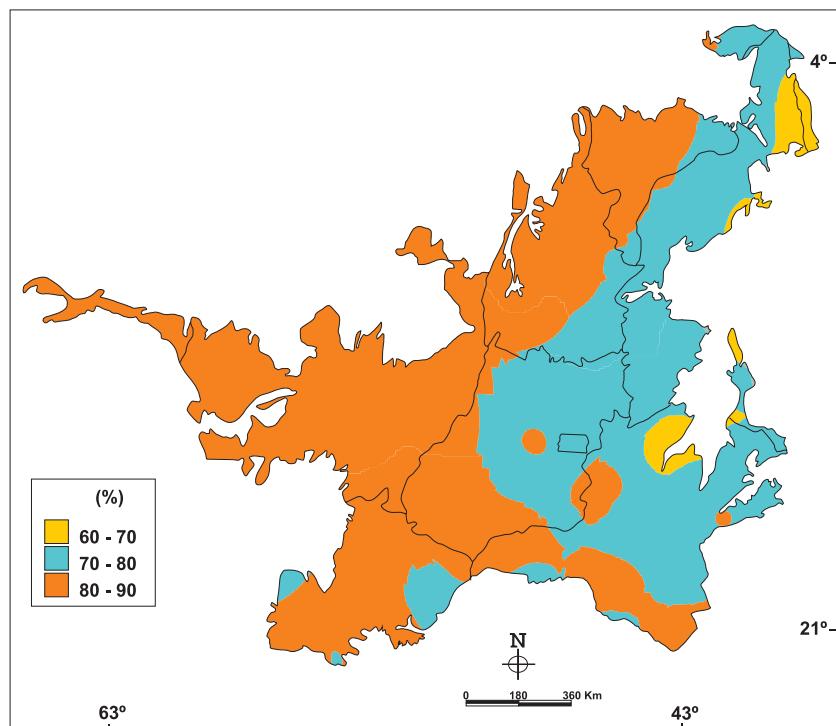
90 %. Os índices mais elevados (90 %) ocorrem nos estados de Mato Grosso, de Mato Grosso do Sul, do Tocantins, no sul de Goiás e no sul de Minas Gerais. Já os índices mais baixos foram obtidos em partes dos estados do Piauí e de Minas Gerais.

No período outono-inverno, que coincide com a época seca em grande parte da área do Cerrado, há decréscimo significativo da umidade relativa do ar, sendo os meses de agosto e setembro os que apresentam os menores índices. Isso pode ser visto

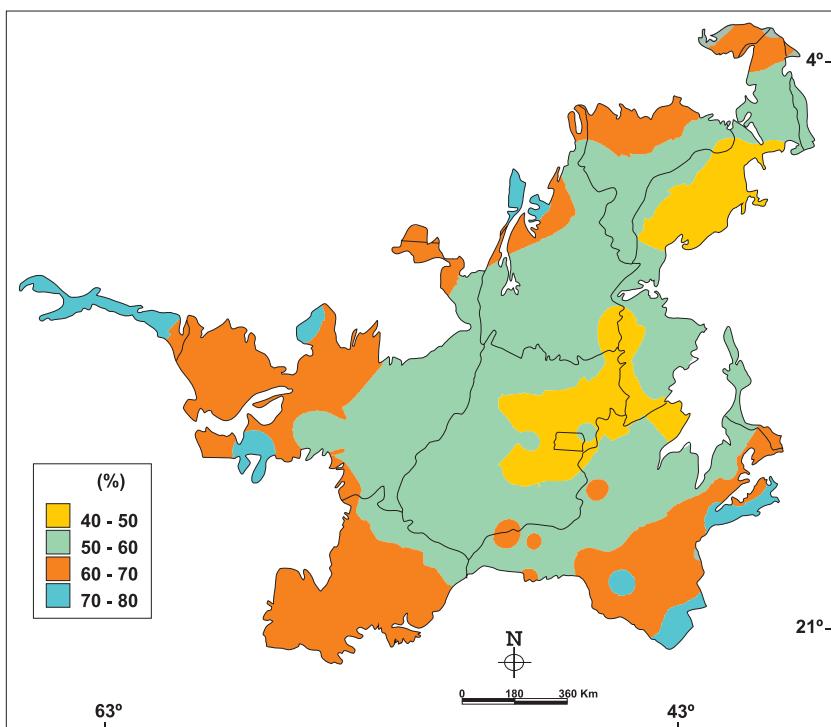
na Fig. 15, que mostra a variação da umidade relativa média no mês de agosto. Analisando essa figura, observa-se que o Distrito Federal, bem como partes dos estados de Goiás, de Minas Gerais, da Bahia e do Piauí, apresentam os menores índices da umidade relativa do ar, com valores oscilando entre 40 % e 60 %.

Em áreas relativamente pequenas dos estados de Minas Gerais, de Mato Grosso, de Rondônia e do Tocantins, observam-se valores elevados da

**Fig. 14.** Variação espacial da umidade relativa média (%), no mês de janeiro, no Cerrado.



**Fig. 15.** Variação espacial da umidade relativa média (%), no mês de agosto, no Cerrado.



umidade relativa (entre 70 % e 80 %). Nas demais áreas do Cerrado, os valores oscilam entre 60 % e 70 % nessa época do ano.

Vale ressaltar que, a despeito dos valores médios registrados na Fig. 15, segundo registros efetuados em várias estações meteorológicas localizadas no Cerrado, a umidade relativa do ar atinge níveis considerados muito baixos, entre 9 % e 11 %, nessa época do ano. Mesmo que ocorram por poucas horas, geralmente nos momentos mais quentes do dia, esses índices podem ser comparados aos registrados em regiões desérticas.

## Classificação climática do bioma Cerrado

A classificação climática pode ser feita com base em vários critérios, dos quais a paisagem natural e os índices climáticos são os mais empregados. O objetivo principal é identificar, em grandes áreas ou regiões, as zonas com características climáticas relativamente homogêneas. As classificações baseadas em índices climáticos mais utilizadas são as de Köppen e de Thornthwaite.

Para explicar a variação climática no bioma Cerrado, foi usada a abordagem de índices climáticos elaborada por Köppen, que definiu cinco grandes grupos de clima, identificando-os com as letras A, B, C, D e E. O tipo B identifica áreas secas onde se desenvolve vegetação xerófita, enquanto

os tipos A, C D e E representam os climas denominados úmidos, definidos conforme a temperatura média mensal, ou seja:

A → **megatérmico** (tropical úmido) – com temperatura média do mês mais frio acima de 18 °C.

C → **mesotérmico** (temperado quente) – com temperatura média do mês mais frio entre 3 °C e 18 °C.

D → **microtérmico** (temperado frio ou boreal) – com temperatura média do mês mais frio menor que -3 °C e do mês mais quente maior que 10 °C.

E → **polar** – em que as temperaturas médias em todos os meses permanecem abaixo de 10 °C.

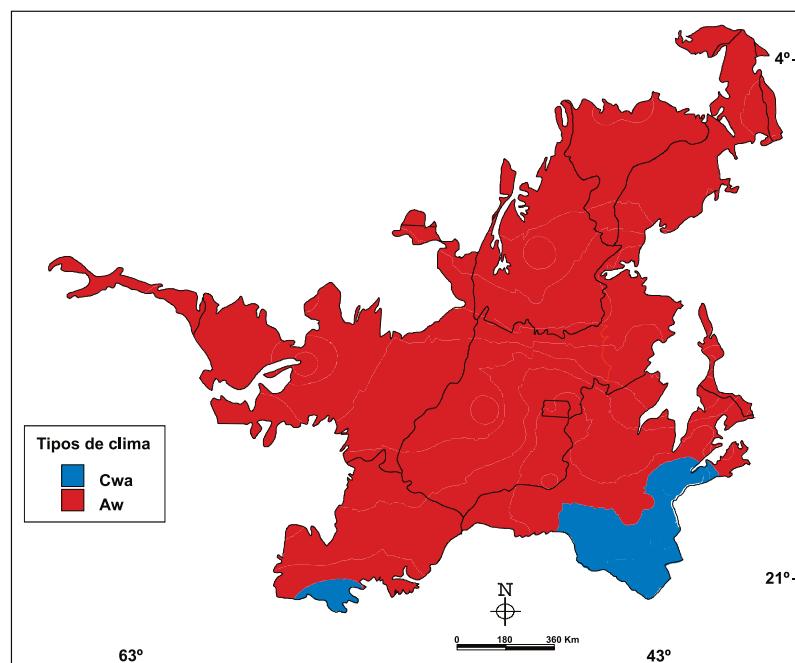
Nesses grandes grupos, foram introduzidos alguns subtipos e variedades de clima, expressos por letras minúsculas, descritos de forma detalhada por Vianello e Alves (1991).

Com base na temperatura média do mês mais frio (julho), e segundo a classificação de Köppen, elaborou-se a Fig. 16, que apresenta os tipos de clima predominantes no Cerrado. Vale ressaltar que, em virtude do número reduzido de estações meteorológicas com dados históricos suficientes para uma análise mais apurada, outros tipos de clima podem ocorrer no Cerrado, tipos esses que nessa análise não foram identificados.

Analisando a Fig. 16, observa-se a ocorrência de dois tipos de clima:

a) Megatérmico ou tropical úmido (A), com o

**Fig. 16.** Tipos de clima predominantes no bioma Cerrado, segundo a classificação de Köppen.



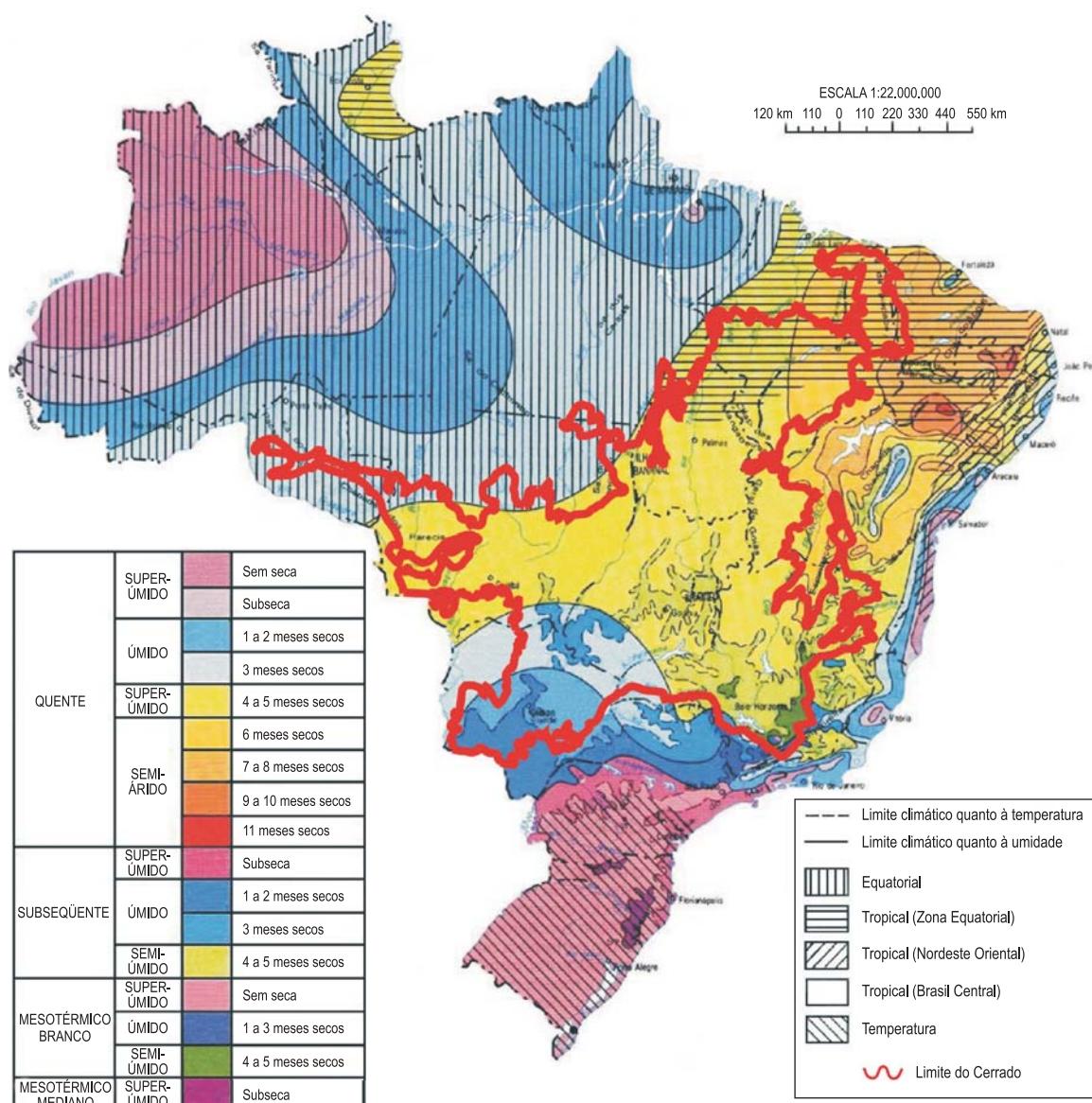
subtipo clima de savana, com inverno seco e chuvas máximas de verão (w). Esse tipo de clima (Aw) prevalece em grande parte da área do Cerrado.

- b) Mesotérmico ou temperado quente (C), com inverno seco (tropical de altitude) e temperatura média do mês mais quente maior 22 °C (wa), com ocorrência no sul de Minas Gerais e em parte do Estado de Mato Grosso do Sul.

Utilizando a metodologia do balanço hídrico, Maio (1990) delimitou os diversos tipos de clima existentes no Brasil (Fig. 17). Segundo Nimer e Brandão (1989), o balanço de água no solo não apenas fornece informações sobre os períodos de

excesso e de déficit de umidade, como também permite que a magnitude dessas quantidades seja comparada com outras, como entre o excesso ou o déficit de umidade e a necessidade de água, e fornece índices de umidade e aridez que podem ser correlacionados com a distribuição da vegetação, dos solos e da drenagem.

Analisando a Fig. 17, adaptada de Maio (1990), observa-se que o regime sazonal do Cerrado é tipicamente tropical, equivalente ao tipo climático Aw apresentado na Fig. 16, ou seja, geralmente, com uma estação chuvosa, que se inicia entre os meses de setembro e outubro e que vai até os meses de março e abril, e outra estação seca, marcada por deficiência hídrica.



**Fig. 17.** Tipos de clima predominantes no bioma Cerrado.

Fonte: Adaptado de Maio (1990).

Uma grande área do Cerrado apresenta entre 5 e 6 meses marcados por profunda deficiência hídrica. Essas áreas concentram-se por quase toda a extensão dos estados de Goiás, de Minas Gerais, de Mato Grosso, do Tocantins e do sudoeste da Bahia. Também existem áreas no Maranhão e no Piauí que podem alcançar até 8 meses consecutivos de deficiência hídrica.

As áreas que apresentam os menores períodos de deficiência hídrica estão concentradas em Mato Grosso do Sul e em parte da região sul do Estado de Goiás, áreas essas que apresentam excesso de água e escoamento superficial elevado na estação chuvosa e períodos de 1 a 3 meses de deficiência hídrica.

## Considerações finais

Com essas informações básicas, pretende-se aprimorar a compreensão do comportamento dos principais fatores climáticos do bioma Cerrado. Espera-se que este texto seja complementado com outros, de variados campos do conhecimento, servindo, assim, como subsídio a diversas áreas da pesquisa ambiental, como a ecológica, a botânica, a fitogeográfica, a hidrológica e a pedológica.

As informações apresentadas também poderão orientar políticas de produção de alimentos e fibras de forma equilibrada, nos variados ambientes do Cerrado, considerando que os diversos aspectos do clima poderão fornecer elementos para o planejamento e o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, que vise minimizar efeitos danosos sobre o meio ambiente.

O conteúdo deste capítulo identifica-se com a posição de ecologistas, ao concordar que os fatores climáticos efetivamente controlam o potencial de crescimento e a produção das plantas de uma região. De certa forma, este trabalho poderá ajudar a correlacionar o clima com a composição dos mosaicos paisagísticos que determinam as tipologias das unidades ambientais do Cerrado, e também com a organização e a produção do seu espaço geográfico.

## Referências

AB'SABER, A. N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Edusp, 1971. p. 1-14.

ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. de S. (Org.). **De grão em grão, o cerrado perde espaço**. Brasília: WWF, 1995. 66 p.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R.; SILVA, F. A. M. Veranicos na Região do Cerrado brasileiro: freqüência e probabilidade de ocorrência. In: ASSAD, E. D. (Coord.). **Chuva no Cerrado: análise e espacialização**. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 1 CD-ROM.

CAMPEIRO JR., J. H.; CASEIRO, F. T. **Métodos de estimativa da evapotranspiração potencial**; relatório de pesquisa. Cuiabá: UFMT: SAGRI: PRONI, 1989. 160 p.

COLLIS-GEORGE, N.; DAVEY, B. C.; SMILES, D. E. **Fundamentos de agricultura moderna**. 1-Suelo, atmosfera y fertilizantes. Barcelona: AEDOS, 1971.

MAIO, C. R. Divisões morfoclimáticas do Brasil. In: GUSMÃO, R. P. de. (Coord.). **Diagnóstico Brasil**: a ocupação do território e o meio ambiente. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 129-161.

MONTEIRO, C. A. F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 3-46, 1951.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 1983. 376 p.

NIMER, E. A circulação atmosférica e as condições de tempo como fundamento para compreensão do clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro, 1989. v. 1, p. 23-34.

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 166 p.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de Zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 90 f. Tese (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

REIS, A. C. de S. Climatologia dos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Edgard Blucher, 1971. p. 15-25.

RIZZINI, C. T.; PINTO, M. M. Áreas climático-vegetacionais do Brasil, segundo método de Thornthwaite e Mohr. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 26, p. 523-547, 1964.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1991. 449 p.

VIRGI, H. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 109, p. 549-610, 1981.

## Capítulo 4

# **Recursos Hídricos do Bioma Cerrado Importância e situação**

*Jorge Enoch Furquim Werneck Lima  
Euzebio Medrado da Silva*



## Introdução<sup>1</sup>

O Brasil é o país com a maior disponibilidade hídrica do mundo. Somando-se as vazões de todos os rios existentes no Planeta (42.600 km<sup>3</sup>/ano), cerca de 19 % desse montante (8.130 km<sup>3</sup>/ano) flui sobre solo brasileiro. Apesar de tanta água, o País, assim como muitos outros, também apresenta problemas de escassez hídrica e conflitos pelo uso da água em algumas de suas regiões. A confirmação desse fato se faz à medida que se aprofunda o conhecimento sobre a distribuição espaço-temporal dos recursos hídricos no Brasil. Se, por um lado, temos uma bacia hidrográfica como a Amazônica, que responde por cerca de 70 % da produção hídrica nacional e tem baixa densidade demográfica, por outro, há outras bacias, como a do Rio São Francisco e do Rio Paraíba do Sul, com relações menos favoráveis entre disponibilidade e demanda hídrica.

Com o crescimento da população e, consequentemente, da demanda de água para seu consumo direto e para a produção de alimentos, bens e serviços, a tendência é aumentar o número de regiões com problemas relativos à disponibilidade e à poluição hídrica. Para evitar, minimizar ou solucionar situações dessa natureza, é importante a existência de sistemas eficientes de gestão de águas, descentralizados e com a participação de toda a sociedade, e fundamentalmente baseados em dados e em informações que subsidiem as decisões e as ações a serem adotadas para o adequado aproveitamento dos recursos hídricos das bacias hidrográficas.

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro em extensão, com cerca de 204 milhões de hectares (Embrapa Cerrados, 2004), ocupando aproximadamente 24 % do território nacional. Sua maior parte está localizada no Planalto Central que, conforme sua denominação, compreende regiões de elevadas altitudes, na porção central do País. Assim, o espaço geográfico ocupado pelo bioma Cerrado desempenha papel fundamental no processo de distribuição dos recursos hídricos pelo País, sendo o local de origem das grandes bacias hidrográficas brasileiras e do continente sul-americano.

Além da importância em termos hidrológicos, esse ecossistema possui enorme destaque nos cenários agrícolas nacional e mundial. Com pouco mais de 30 anos de ocupação agrícola, o Cerrado já conta com 50 milhões de hectares de pastagens cultivadas, 13,5 milhões de hectares de culturas anuais e 2 milhões de hectares de culturas perenes e florestais (Embrapa Cerrados, 2004). Apenas para citar algumas evidências da sua importância agrícola e econômica, na safra brasileira de 2002/2003, os percentuais da produção nacional, gerados em áreas de Cerrado, referentes às culturas de soja, algodão, milho, arroz e feijão foram de 58 %, 76 %, 27 %, 18 % e 17 %, respectivamente (Embrapa Cerrados, 2004). A região ainda responde por 41 % dos 163 milhões de bovinos do rebanho brasileiro, sendo responsável por 55 % da produção nacional de carne (Embrapa Cerrados, 2004). A expansão agrícola do Cerrado continua. Culturas como a do girassol, a da cevada, a do trigo, a da seringueira e a dos hortifrutigranjeiros, bem como a prática da avicultura, desenvolvem-se rapidamente na região.

Muito se tem falado sobre a importância do Cerrado para o desenvolvimento do agronegócio brasileiro e sobre a sua condição de maior fronteira agrícola mundial; entretanto, são poucas as oportunidades em que são considerados os aspectos ambientais e os impactos que esse desenvolvimento pode gerar. Os benefícios advindos da ocupação agrícola do Cerrado são evidentes e incontestáveis, mas, para que ele se faça sob bases sustentáveis, gerando o máximo de benefícios com o mínimo de impactos, há que se atentar para informações que são fundamentais, porém pouco conhecidas.

Diante desse contexto, neste capítulo, são apresentados os dados e as informações que possam servir de base para a adequada gestão dos recursos hídricos, não apenas na área ocupada pelo Cerrado, mas também em grande parte do País que pode sofrer impactos decorrentes das ações antrópicas adotadas nesse bioma.

## Características hidrológicas do Cerrado

O clima do Cerrado pode ser dividido em duas estações bem definidas: uma seca, que tem início no mês de maio, terminando no mês de setembro, e

<sup>1</sup>Revisores técnicos: Luciano Menezes e Walszon T. A. Lopes.

outra chuvosa, que vai de outubro a abril, com precipitação média anual variando de 600 mm a 2.000 mm, conforme apresentado no Capítulo 3, Fig. 4.

Durante o período chuvoso, nessa região, é comum a ocorrência de veranicos, ou seja, períodos sem chuva (Assad e Evangelista, 1994). Para assegurar a manutenção da produtividade agrícola no período de seca e durante os veranicos, o uso da água por irrigação é uma opção viável.

O Cerrado é rodeado por vários ecossistemas, que acabam por influenciar suas características hidrológicas. Exemplo disso são os diferentes regimes de chuva ao longo de sua extensão. Ao norte o Cerrado faz divisa com a Floresta Amazônica; a nordeste, com a Caatinga; a oeste, com o Pantanal; a leste, com a Mata Atlântica; e ao sul, com os campos de clima semelhante ao temperado. Quanto maior a proximidade com a

Amazônia, maior é a ocorrência de chuva. Já nos limites com a Região do Semi-Árido, o volume total precipitado anualmente diminui, o que pode ser observado na Fig. 4 do Capítulo 3. Sendo assim, a Região do Cerrado não pode ser considerada homogênea em termos hidrológicos. Na prática, isso significa a impossibilidade de uso de índices hidrológicos médios para toda a região, em virtude de sua grande extensão.

## Contribuição hídrica do Cerrado para as bacias brasileiras

Conforme citado, há áreas de Cerrado distribuídas por quase todas as grandes bacias hidrográficas brasileiras (Fig. 1).

Os principais rios que recebem contribuições de áreas de Cerrado são: a) na Bacia Amazônica: os rios Xingu, Madeira e Trombetas; b) na Bacia do



**Fig. 1.** Localização do Cerrado em relação às oito grandes bacias hidrográficas brasileiras definidas pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE).

Tocantins: os rios Araguaia e Tocantins; c) na Bacia Atlântico Norte/Nordeste: os rios Parnaíba e Itapicuru; d) na Bacia do São Francisco: os rios São Francisco, Pará, Paraopeba, das Velhas, Jequitaí, Paracatu, Urucuia, Carinhanha, Corrente e Grande; e) na Bacia Atlântico Leste: os rios Pardo e Jequitinhonha; e f) na Bacia Paraná/Paraguai: os rios Paranaíba, Grande, Sucuriú, Verde, Pardo, Cuiabá, São Lourenço, Taquari, Aquidauana, entre outros.

Também é possível observar que o Cerrado está presente nas áreas mais a montante dessas bacias, em regiões de nascentes ou de cabeceiras.

Esse bioma, por ocupar o Planalto Central do Brasil, desempenha papel fundamental na distribuição da água pelo País. Da comparação entre a produção hídrica superficial nas áreas ocupadas por Cerrado em cada uma das grandes bacias hidrográficas brasileiras e as vazões médias na foz delas, quantificou-se a contribuição hídrica desse bioma para o País (Tabela 1).

Os resultados mostram que o Cerrado contribui para a produção hídrica de seis das oito grandes bacias brasileiras definidas pelo extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (Dnasee) (Fig. 1). Os dados gerados demonstram a importância hidrológica desse bioma, principalmente para as Bacias Araguaia/Tocantins, Paraná/Paraguai e do São Francisco. No caso da Bacia do Rio São Francisco, é sabido que o Estado de Minas Gerais é responsável por cerca de 70 % da vazão gerada em toda a sua extensão; entretanto, é pouco conhecida a informação de que o Cerrado, ocupando apenas 47 % de sua área, responde por

cerca de 94 % da vazão em sua foz.

Apenas as bacias hidrográficas mais ao sul do País, do Atlântico Sul/Sudeste e do Rio Uruguai não recebem recursos hídricos superficiais provenientes de área de Cerrado.

Os dados de vazão específica ( $Q$  específica), (Tabela 1) que representam a produção hídrica superficial por unidade de área, variando de  $3,68 \text{ L.s}^{-1}\text{km}^{-2}$  a  $24,49 \text{ L.s}^{-1}\text{km}^{-2}$ , corroboram a afirmação de que o Cerrado é uma região hidrológicamente heterogênea.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), por meio da Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003, instituiu uma nova Divisão Hidrográfica Nacional para orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos, previsto na Lei das Águas do Brasil, a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. A nova divisão hidrográfica brasileira é mais detalhada do que a definida pelo Dnasee, contando, agora, com 12 regiões hidrográficas, conforme pode ser visualizado na Fig. 2.

De acordo com a nova divisão hidrográfica nacional, o Cerrado está presente em oito das 12 regiões hidrográficas brasileiras (Fig. 2). Em relação à divisão proposta pelo DNAEE (Fig. 1), as principais alterações ocorridas na divisão hidrográfica instituída pelo CNRH (Fig. 2) estão na separação das Bacias do Paraná, do Paraguai e do Paranaíba. As demais alterações ocorreram em regiões hidrográficas formadas por diversas bacias que desaguam diretamente no oceano.

## Situação geral dos recursos hídricos

**Tabela 1.** Contribuição hídrica superficial do Cerrado por bacia hidrográfica.

N	Bacia	Área total (km <sup>2</sup> )	%	Q total (m <sup>3</sup> /s)	%	Área Cerrado (km <sup>2</sup> )	%	Q Cerrado (m <sup>3</sup> /s)	%	Q específica (L/s.km <sup>2</sup> )
1	Amazônica <sup>(1)</sup>	3.900.000	46	133.380	73	210.000	5	5.142	4	24,49
2	Araguaia/Tocantins	757.000	9	11.800	6	590.000	78	8.391	71	14,22
3	Atlântico Norte/Nordeste	1.029.000	12	9.050	5	280.000	27	1.030	11	3,68
4	São Francisco	634.000	7	2.850	2	300.000	47	2.675	94	8,92
5	Atlântico Leste	545.000	6	4.350	3	60.000	11	313	7	5,22
6	Paraná/Paraguai <sup>(1)</sup>	1.245.000	15	12.290	7	600.000	48	8.671	71	14,45
7	Uruguai <sup>(1)</sup>	178.000	2	4.150	2	-	-	-	-	-
8	Atlântico Sul/Sudeste	224.000	3	4.300	2	-	-	-	-	-
<b>Brasil</b>		<b>8.512.000</b>	<b>100</b>	<b>182.170</b>	<b>100</b>	<b>2.040.000</b>	<b>24</b>	<b>26.222</b>	<b>14</b>	<b>12,85</b>

Nota: Q é a produção hídrica superficial (vazão).

<sup>(1)</sup>Produção hídrica em território brasileiro.

Fonte: Lima e Silva (2002).



**Fig. 2.** Localização do Cerrado em relação às 12 regiões hidrográficas brasileiras instituídas pelo CNRH.

## no Cerrado

Por estar presente nas áreas mais altas das bacias hidrográficas, há diversas regiões de nascentes ao longo do bioma Cerrado que, por sua menor capacidade de suporte e de diluição de poluentes, estão mais sujeitas à contaminação e à ocorrência de conflitos pelo uso da água, problemas estes que têm seu potencial ampliado em função da rápida ocupação da região.

Os conflitos pelo uso dos recursos hídricos ocorrem, normalmente, de forma localizada, ou seja, em áreas específicas, advindo, principalmente, do desequilíbrio entre a oferta e a demanda hídrica. Assim, a concentração de usuários da água em determinadas regiões deve sempre considerar a disponibilidade hídrica da região. Cabe destacar que a contaminação dos cursos d'água provoca a diminuição da oferta hídrica para determinados usos.

Conforme citado anteriormente, a prática da irrigação tem papel fundamental no desenvolvimento agrícola do Cerrado que apresenta períodos de seca bem definidos e risco de ocorrência de veranicos durante o período chuvoso. Todavia, em termos de gestão de recursos hídricos, a prática da irrigação, em virtude da grande quantidade de água que demanda, pode gerar conflitos. Para se ter uma idéia, a demanda hídrica anual de uma área de 100 hectares irrigados é similar a de uma cidade com cerca de 10 mil habitantes. Na Tabela 2, são apresentados os dados referentes à área irrigada, em 1996 e 2001 nos estados brasileiros que compõem o Cerrado.

Da lista dos estados brasileiros referenciados na Tabela 2, muitos deles, como é o caso da Bahia, não estão totalmente inseridos nos limites do bioma Cerrado. Entretanto, é na parte de Cerrado que a agricultura se desenvolve de forma mais acelerada.

**Tabela 2.** Área irrigada nos estados brasileiros ocupados pelo bioma Cerrado, em 1996 e 2001.

Estado/País	Área irrigada <sup>(1)</sup> (ha)		Variação (% a.a.)
	1996	2001	
Minas Gerais	260.020	313.956	3,84
Bahia	140.610	279.887	14,76
Goiás	106.500	150.943	7,22
Mato Grosso do Sul	55.600	81.480	7,94
Tocantins	65.100	66.085	0,30
Maranhão	40.000	44.200	2,02
Piauí	18.190	24.193	5,87
Mato Grosso	8.100	14.650	12,58
Distrito Federal	9.940	10.998	2,04
Rondônia	100	4.600	115,06
Total	704.160	990.992	7,07
<b>Brasil</b>	<b>2.656.284</b>	<b>3.149.217</b>	<b>3,46</b>

<sup>(1)</sup>Fonte: Christofidis (2002).

Exemplos disso são as regiões do oeste baiano, do sul do Maranhão e da extensão da BR 364 em Rondônia, áreas de Cerrado em franca expansão de atividades agropecuárias. Os demais estados têm o desenvolvimento de sua agricultura quase que integralmente em áreas de Cerrado.

Com base nos dados apresentados na Tabela 2, observa-se que a área irrigada em Rondônia, apesar do crescimento constatado (115,06 % a.a.), é pouco expressiva em relação às demais. Os estados que auferiram os aumentos mais significativos da área irrigada no período de 1996 a 2002 foram: Bahia, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Piauí. Em termos gerais, os resultados indicam que a prática da agricultura irrigada em áreas de Cerrado, no período analisado, alcançou uma taxa de crescimento duas vezes maior que a média brasileira, o que pode ser visto como um indicativo do acelerado desenvolvimento agrícola da região em relação ao restante do País.

Em termos quantitativos, conforme visto, o uso da água para fins de irrigação demanda cuidados para não gerar problemas de escassez hídrica. Todavia, quando se trata dos riscos de contaminação dos corpos hídricos, as zonas urbanas e industriais são as que requerem maior atenção, principalmente, devido aos baixos índices de coleta e de tratamento de efluentes registrados no Brasil.

## Zonas de conflitos iminentes ou potenciais

Segundo dados da Agência Nacional de Águas

(ANA, 2002b), existem diversas regiões do País onde os recursos hídricos estão sob pressão, qualitativa ou quantitativa, imposta por seus diferentes usuários. A seguir, serão relatados alguns dos principais problemas que de alguma forma podem vir a afetar os recursos hídricos no Cerrado.

Na Bacia Amazônica, a área de Cerrado está inserida nos Estados de Rondônia e de Mato Grosso. O ritmo acelerado com que vem ocorrendo o desmatamento e o avanço de práticas agropecuárias na região, bem como os baixos índices de abastecimento de água (46 %), de coleta (10,4 %) e de tratamento de esgoto na bacia (2,3 %) (ANA, 2002a), são fatores potenciais de conflito. Outra peculiaridade dessa região é a presença de áreas de reservas indígenas cujos povos utilizam diretamente os cursos d'água para abastecimento, pesca, transporte e outras atividades, demandando maiores cuidados em relação à gestão dos recursos hídricos.

Na área de Cerrado, inserida na Bacia Tocantins/Araguaia, os principais fatores que podem levar à ocorrência de problemas relacionados aos recursos hídricos são: a prática intensiva da irrigação na Bacia do Rio Formoso (ANA, 2002b); o atendimento de apenas cerca de 60 % da sua população com água tratada, 6 % com coleta de esgoto e 5 % têm seu esgoto tratado (ANA, 2002a); as altas taxas de erosão na região do Alto Araguaia (Latrubesse, 2004; Lousa e Borges Neto, 2004). Importantes projetos a serem desenvolvidos na Bacia Tocantins/Araguaia têm sido motivo de calorosos debates técnicos e políticos, como a transposição das águas do Rio do Sono para a Bacia do Rio São Francisco, a viabilização da Hidrovía Tocantins/Araguaia e a construção de hidrelétricas ao longo de seus principais rios. Uma das atividades econômicas mais importantes da região, principalmente na Bacia do Araguaia, é o turismo relacionado à pesca que depende da adequada gestão do ecossistema como um todo, fauna, flora, e meio físico, o que inclui os recursos hídricos.

Na região hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, o Cerrado ocupa áreas de nascentes dos rios Mearim e Itapecuru. Os riscos de conflitos na região são remotos e estão relacionados à grande demanda de água para a dessedentação de animais

no Alto Rio Mearim e, apesar de não serem necessariamente recorrentes, os eventos de seca ocorrem em áreas de Cerrado (Brasil, 2003).

Segundo Brasil (2003), a Bacia do Rio Parnaíba, que abrange o Estado do Piauí e parte do Maranhão e do Ceará, apresenta grande variabilidade hidrológica. Em algumas de suas regiões, onde se inserem áreas de Cerrado, a produção hídrica superficial é muito baixa, gerando carência de água para o abastecimento das comunidades. Bacias como a do Rio Gurguéia, que têm suas nascentes em áreas de clima semi-árido, acabam oferecendo uma contribuição hídrica modesta ou, em alguns períodos, até mesmo nula às regiões mais a jusante da Bacia, que são ocupadas pelo bioma Cerrado. Um recurso para o aumento da oferta hídrica na região é a utilização de seus aquíferos, que têm excelente produtividade, como nos poços jorrantes do Vale do Gurguéia.

No Alto Rio São Francisco, região integralmente inserida no bioma Cerrado, são muitos os problemas relacionados aos recursos hídricos. A região metropolitana de Belo Horizonte e seu entorno, com alta densidade demográfica e repleta de indústrias e mineradoras, constituem fontes de poluição aos cursos d'água que passam ou que nascem nessa área. Os Rios Paraopeba e das Velhas, por exemplo, sofrem constantes agressões ambientais em prejuízo da qualidade de suas águas, sem contar que apresentam as maiores concentrações de sedimentos na Bacia (Lima et al., 2001), agravando as condições de uso. Na Bacia do Rio Paracatu, o maior risco de conflito provém da grande demanda por recursos hídricos imposta pelos projetos de irrigação. No Distrito Federal, a Bacia do Rio Preto, afluente do Paracatu, por conta do grande desenvolvimento da agricultura irrigada, vem sendo alvo de vários estudos e projetos, com vista na minimização de problemas nos períodos mais secos. Em relação ao Rio São Francisco, a operação do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) de Três Marias deve ser integrada ao tráfego de embarcações no trecho entre Pirapora e o reservatório de Sobradinho. Outros usos são competitivos na Bacia, como é o caso da prática da irrigação e da geração de energia hidrelétrica. A Bacia do São Francisco tem uma capacidade hidrelétrica instalada de cerca de 10.400 MW, o que equivale a quase 15 % do total do País. Dados

fornecidos por Lima et al. (2003) indicam que cada metro cúbico por segundo de água captado do rio, de forma contínua, ao longo de todo o ano, a montante do reservatório de Sobradinho, cuja área está, na sua maior parte, inserida no Cerrado, representa uma redução de 2,5 MW médios por ano na capacidade de geração de energia da Bacia. Segundo Brasil (2003), a área irrigada na Bacia é de 342.900 ha, sendo 47.800 ha no Alto São Francisco, 155.900 ha no Médio, 101.100 ha no Submédio e 38.100 ha no Baixo São Francisco. Portanto, a montante da UHE Sobradinho, há cerca de 200.000 ha irrigados, que podem gerar uma redução máxima de aproximadamente 200 MW ao sistema, representando menos de 2 % da capacidade hidrelétrica total instalada na Bacia. Cabe destacar os grandes benefícios sociais e econômicos advindos da prática da irrigação, entre os quais se destacam as possibilidades de criar empregos e gerar renda.

O Cerrado ocupa pequena porção da Região Hidrográfica Atlântico Leste, no Alto das Bacias dos rios Pardo e Jequitinhonha. Os problemas dos recursos hídricos da região provêm da elevada concentração de sedimentos em seus cursos d'água. Além dos riscos de assoreamento de rios e reservatórios, que podem potencializar os efeitos das cheias, os sedimentos carreados provocam alterações na qualidade das águas. As atividades de mineração e agrícola são potenciais amplificadoras desses problemas na região (Brasil, 2003).

Na parte do Cerrado presente na Bacia do Rio Paraná, determinadas áreas já demandam forte atenção em termos de gestão dos recursos hídricos. No Distrito Federal e em seu Entorno, bem como nas proximidades da cidade de Goiânia, a emissão de efluentes nos cursos d'água impõe riscos ao abastecimento de água à população. O rápido crescimento demográfico do Distrito Federal, associado a sua localização em zona de nascentes, onde a capacidade de suporte dos ecossistemas aquáticos é baixa, faz dessa Unidade Federativa a terceira pior do País em quantidade de água disponível por habitante por ano, superando apenas os estados de Pernambuco e da Paraíba (Rebouças et al., 1999). Segundo parâmetros da Unesco, o Distrito Federal pode ser considerado uma zona passível de ocorrência de conflitos pelo uso da água.

Na região a oeste de Uberlândia, na Bacia do Rio Araguari, os potenciais problemas estão relacionados à disputa pelo uso da água entre irrigantes (Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, 2004) e entre estes e o setor de abastecimento humano (ANA, 2002b).

Na Bacia do Paraguai, o Cerrado ocupa as áreas de nascentes de seus rios. A elevada taxa de erosão e o consequente carreamento de sedimentos dessas áreas mais altas da bacia para as mais baixas (Pantanal) configuram a principal causa de problemas relativos aos recursos hídricos na região. Segundo dados do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Brasil, 1997), as áreas com maior potencial erosivo na bacia encontram-se nas cabeceiras dos rios Paraguai, Cuiabá, Manso, São Lourenço, Vermelho e Itiquira. O transporte e a deposição desses sedimentos ocasionam redução na qualidade das águas e ampliação dos impactos das cheias na região. O desmatamento de áreas com alto potencial erosivo e a não-utilização de técnicas de manejo e de conservação dos solos nas áreas de planalto, nas quais está inserido o bioma Cerrado, são apontados como amplificadores dos problemas hídricos da bacia. Estudos realizados pela Embrapa Pantanal acusam aumento exponencial na taxa de assoreamento da parte baixa da Bacia do Rio Taquari nos últimos 25 anos, bem como a presença de resíduos de pesticidas na água (Vieira e Galdino, 2004). Outras fontes potenciais de problemas na região são: o lançamento de efluentes industriais e de frigoríficos no Alto Rio Paraguai, a montante da cidade de Cáceres; o desmatamento e a poluição hídrica no alto curso do Rio Cuiabá; as cheias nas partes mais altas da bacia, acarretando danos às cidades de Cuiabá, Cáceres, Coxim e Corumbá; e a grande demanda hídrica imposta pela prática da irrigação na Bacia do Rio Miranda (ANA, 2002b). Segundo Cidema (2003), os riscos de conflitos na Bacia do Alto Rio Miranda estão relacionados à atividade de mineração (produção de cimento próximo à cidade de Bodoquena) e à importância do ecoturismo na região de Bonito. No Rio Aquidauana, as maiores preocupações são a presença da suinocultura e a evolução dos processos erosivos na área a montante da bacia (Cidema, 2003).

## Gestão dos recursos hídricos no Cerrado

A gestão dos recursos hídricos comporta, entre outras coisas, o estabelecimento de normas e a compatibilização entre a disponibilidade e a demanda hídrica de uma dada bacia hidrográfica. À medida que a demanda se aproxima da disponibilidade hídrica, aumenta o risco de conflitos. Para prevenir a ocorrência de conflitos pelo uso da água, são necessários o ordenamento e o estabelecimento de regras para disciplinar e resolver tais problemas, algumas delas definidas por leis.

O Código de Águas, vigente desde 1934, não foi capaz de fornecer meios para combater a contaminação das águas e os conflitos de uso, nem de promover uma gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos, conforme as exigências atuais. Foi exatamente para preencher essa lacuna que foi elaborada a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a Lei das Águas do Brasil.

A promulgação dessa lei é um marco para a gestão dos recursos hídricos do País. Não obstante seu pouco tempo de vigência, já provocou a criação e a renovação de órgãos e a elaboração de leis federal e estaduais para possibilitar a adequada gestão das águas em todo o território nacional.

A Lei nº 9.433 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Segundo essa lei, a PNRH baseia-se no fato de a água ser um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico. Além disso, em situações de escassez, o uso da água para o consumo humano e a dessedentação animal é prioritário em relação aos demais.

Os instrumentos previstos na Lei para subsidiar a adequada gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica são:

- Planos de Recursos Hídricos: esses documentos devem conter um diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos da bacia, estudos de cenários futuros, identificação de riscos de conflitos atuais e futuros, medidas para evitar ou minimizar conflitos, diretrizes e critérios para a outorga e a cobrança pelo uso da água, entre outros.

- Enquadramento dos corpos de água segundo seus usos preponderantes, ou seja, deve-se fazer um estudo para saber se a água de determinado rio tem qualidade adequada ao uso a que se destina, em consonância com a legislação ambiental.
- Outorga de direito de uso dos recursos hídricos: esse instrumento visa assegurar o controle quantitativo e o qualitativo dos usos da água. Além de servir como forma de cadastramento dos usuários da água de uma bacia, fundamental para o conhecimento da demanda hídrica e, obviamente, para a adequada gestão dos recursos hídricos, esse instrumento pode proteger os cursos d’água de superexploração e, assim, os usuários da água da bacia e o meio ambiente. Não ter um instrumento como esse é o mesmo que ter uma conta no banco, com recursos limitados, e cada habitante da bacia com um talão de cheque para usar como quiser. O risco de conflito é grande e, por isso, é preciso saber quem vai usar, quanto, quando, como, onde e para que finalidade.
- Cobrança pelo uso de recursos hídricos: esse instrumento tem por objetivo reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor. Espera-se, com isso, incentivar a racionalização do uso da água. É importante destacar que os recursos arrecadados com a cobrança deverão ser utilizados prioritariamente para a melhoria das condições hídricas da bacia em que foram gerados, retornando em benefício dos usuários.
- Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos: sua finalidade é gerar e disponibilizar dados e informações essenciais para a adequada gestão dos recursos hídricos de forma que esse processo seja eficiente, eficaz e transparente.

Esses instrumentos de gestão dos recursos hídricos vêm, aos poucos, sendo implantados em todo o País. Em bacias onde os conflitos pelo uso da água são de grande proporção, por motivos óbvios, esse processo já está mais avançado. Na Bacia do Rio Paraíba do Sul, por exemplo, cuja área de drenagem está distribuída pelos estados de São Paulo, do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, todos os instrumentos de gestão já estão

implementados e, aos poucos, sendo aperfeiçoados, até mesmo o da cobrança pelo uso da água. Em 2004, foi criada a Agência de Bacia, Associação Pró-Gestão da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul (Agevap), que vem servindo de modelo para os projetos de gestão das demais bacias hidrográficas brasileiras.

No que se refere à outorga de direito de uso dos recursos hídricos, é importante salientar que ela só pode ser emitida por entidade do poder público. No caso de “rios federais”, ou seja, rios que banham mais de uma Unidade Federativa, o órgão responsável pela emissão de outorga é a Agência Nacional de Águas (ANA); entretanto, se o curso d’água banhar apenas uma Unidade Federativa (estados ou Distrito Federal), o órgão estadual ou distrital de gestão dos recursos hídricos é que tem essa atribuição. Nos rios estaduais e distrital que deságuam em rios federais, os critérios de outorga, bem como outras providências, são regidos por leis específicas dos estados e do Distrito Federal, demandando intensa articulação e integração entre os entes envolvidos para que, para essa mesma bacia, não sejam adotados critérios diferenciados de gestão dos recursos hídricos. A própria Lei nº 9.433 prevê esse fórum de integração – conhecido como Comitê de Bacia –, que deve ser composto não apenas de representantes de órgãos do poder público, mas, e principalmente, por usuários da água e pelos demais habitantes da bacia, para que participem do processo de tomada de decisão sobre a gestão dos recursos hídricos da unidade hidrográfica em que vivem, seguindo o princípio da gestão descentralizada e participativa.

A seguir, apresenta-se, de forma sucinta, a situação do processo de implementação das leis de recursos hídricos dos estados inseridos no bioma Cerrado e do Distrito Federal.

## Minas Gerais

A Lei das Águas de Minas Gerais é a nº 13.199, de 1999, regulamentada pelo Decreto nº 41.578, de 2001. A emissão de outorgas de direito de uso das águas do estado já vem sendo praticada desde 1987, tendo, até 2005, mais de 5 mil pedidos regularizados. O órgão gestor dos recursos hídricos

do estado é o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam).

O critério utilizado para a concessão de outorga das águas superficiais é aquele em que o somatório das vazões captadas a montante de determinada seção do curso d'água não ultrapasse 30 % da  $Q_{7,10}$  (vazão de estiagem com tempo de retorno de 10 anos e duração de 7 dias) nesse mesmo local. A Lei nº 13.771, de 2000, que trata das águas subterrâneas, não foi regulamentada e, por isso, ainda não existem critérios para a outorga de lançamentos de efluentes. Quanto aos usos considerados insignificantes, a lei prevê que sejam definidos pelos Comitês de Bacia. Entretanto, para aqueles locais onde ainda não existem comitês ou onde esses ainda não definiram quais usos serão considerados insignificantes, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-MG), por meio da Deliberação Normativa nº 9, de 16 de junho de 2004, determinou que, para algumas bacias, captações superficiais menores que 1 L/s não precisam de outorga; para outras, esse valor foi reduzido para 0,5 L/s. O mesmo aconteceu com o volume de acumulação superficial, que, para certas unidades hidrográficas, foi de até 5.000 m<sup>3</sup> e, para outras, de 3.000 m<sup>3</sup>. Já para as captações subterrâneas por meio de poços manuais, surgências e cisternas, o valor foi unificado para todo o estado em até 10 m<sup>3</sup>/dia. Os poços tubulares precisam de outorga. Os comitês de bacias têm autonomia para alterar os valores considerados insignificantes em suas áreas de atuação. O fato de estar inserido entre os usos insignificantes não isenta o usuário da obrigação de se cadastrar no Igam, mas o libera do pagamento pelo uso da água.

Na Fig. 3, é apresentada a situação dos comitês de bacias hidrográficas referentes ao Estado de Minas Gerais.

## Bahia

A Lei Estadual de Recursos Hídricos é a nº 6.855, de 1995, entretanto, o processo de outorga do uso da água na Bahia já vem sendo implementado desde 1988, com base em decreto. O órgão responsável pela gestão dos recursos hídricos estaduais é a Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia (SRH-BA).

São considerados “usos insignificantes” no estado, ou seja, aqueles que não necessitam de outorga, os que demandam menos de 0,5 L/s. Entretanto, mesmo os usuários aí implicados devem ser cadastrados no órgão gestor dos recursos hídricos. Outro critério utilizado para a concessão de outorga de águas superficiais é o da vazão máxima outorgável, que é de 80 % da  $Q_{90}$  (vazão com 90 % de permanência) ou da  $Q_{95}$  nos casos de abastecimento humano e reservatórios em rios intermitentes. Cabe ressaltar que a  $Q_{90}$  representa a vazão excedida em mais de 90 % do tempo, ou seja, em termos médios históricos, em apenas 10 % do tempo temos vazões inferiores a  $Q_{90}$ . Nenhum usuário poderá receber individualmente uma outorga de mais de 20 % da vazão de referência ( $Q_{90}$ ) de um manancial. A lei prevê a outorga para os usuários que lançam efluentes nos cursos d'água, entretanto, as regras para essa modalidade de uso ainda estão sendo definidas.

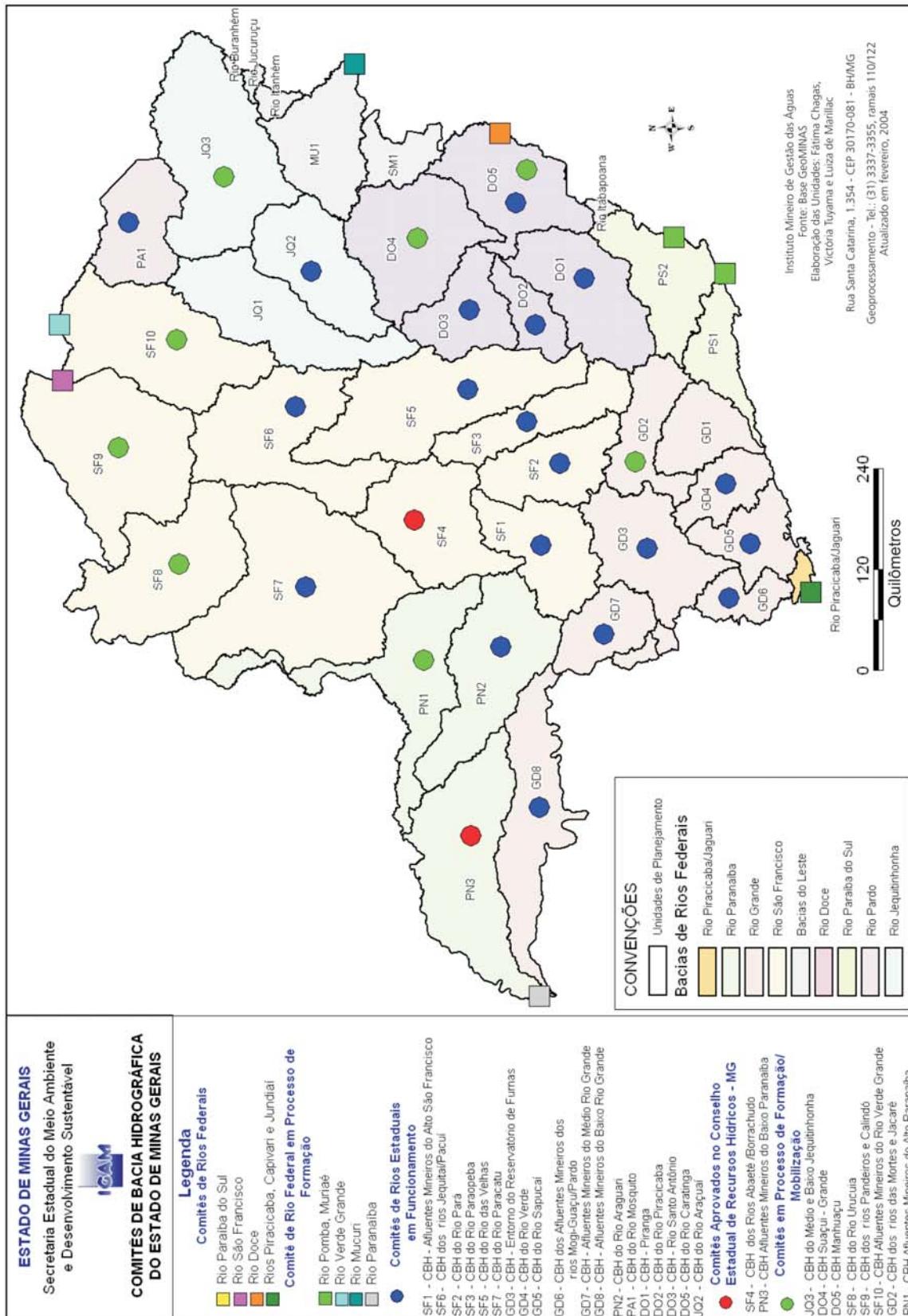
Segundo Baltar et al. (2003), a análise dos processos de outorga no Estado da Bahia tem sido feita de forma detalhada e rigorosa, contribuindo para a consolidação e para a eficácia desse instrumento de gestão. Em regiões do estado onde há pressão sobre os recursos hídricos, como o caso do oeste baiano, a concessão de outorgas tem sido feita de forma cautelosa. Se, por um lado, isso representa um obstáculo para novos projetos de captação, por outro, concede segurança aos usuários já outorgados.

No estado, apenas o Comitê das Bacias do Leste, formado pelas bacias dos rios Cachoeira, Almada, Santana e Una, já está implementado. Os demais comitês com participação do estado são de âmbito federal: os dos rios Verde Grande e São Francisco.

## Goiás

Elaborada com base na Lei Federal nº 9.433/97, a Lei Estadual nº 13.123, de 16 de julho de 1997, estabeleceu a Política de Recursos Hídricos do Estado de Goiás, bem como seu Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Apesar de a Lei de Recursos Hídricos do Estado datar de 1997, o processo de concessão de outorga em Goiás está em curso desde 1990. Segundo



**Fig. 3.** Situação dos comitês de bacia em Minas Gerais.

Fonte: Igam (2004).

dados da Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos hídricos (Goiás, 2004), órgão responsável pela gestão das águas do estado, o número de outorgas concedido em vigor totaliza 4.476, respondendo a agricultura irrigada por 1.680, sendo 1.240 para pivôs centrais. Das demais, 1.273 são destinadas a barramentos nos cursos d'água de domínio do estado, por certo, grande parte também voltada para o aumento da disponibilidade hídrica para a prática da irrigação, 1.108 são para poços artesianos, 202 para piscicultura, cerca de 80 para abastecimento público e 70 para atividades industriais. A outorga para lançamento de efluentes ainda não foi implementada no estado.

A Portaria nº 130, de 16 de abril de 1999, regulamenta o processo de obtenção de outorga de uso dos recursos hídricos no Estado de Goiás. Ela define três tipos de outorga, quais sejam: concessão, para usos de utilidade pública; autorização, para usos que não sejam de utilidade pública; e permissão, quando o uso não for de utilidade pública e demande vazão insignificante. Não é especificada nessa portaria a vazão de referência para fins de outorga, bem como o percentual dessa vazão que é outorgável e os usos considerados insignificantes, citando apenas que, nos casos para os quais não existirem informações fluviométricas locais, as vazões insignificantes serão definidas com base na regionalização da  $Q_{7,10}$ . Para a regulamentação dos critérios técnicos de outorga no estado, em julho de 2003, no âmbito do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, foi instituído um grupo de trabalho para elaboração de estudo e apresentação de proposta.

Em razão do risco de ocorrência de conflitos pelo uso da água e da necessidade de implementação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, já foram implantados no estado os comitês de bacia dos rios Meia Ponte, Turvo e dos Bois, havendo ainda forte pressão para o Conselho Estadual de Recursos Hídricos aprovar a criação do Comitê da Bacia do Rio Vermelho.

## Distrito Federal

A lei que institui a Política de Recursos Hídricos e cria o Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Distrito Federal é a Lei nº 2.725, de

13 de junho de 2001. O órgão responsável pela gestão das águas dessa Unidade Federativa é a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal (Adasa), criada recentemente pela Lei nº 3.365, de 16 de junho de 2004. Entre suas atribuições estão: regular, fiscalizar, conceder outorgas e mediar conflitos relativos ao uso da água dos rios e do subsolo do Distrito Federal.

Muitos dos usuários de recursos hídricos do Distrito Federal já possuem outorga de direito de uso da água. Os critérios de outorga são definidos pelos decretos nº 22.358, para as águas subterrâneas, e nº 22.359, para as águas superficiais, ambos publicados em 3 de setembro de 2001. Segundo o Decreto nº 22.359, as captações e as derivações com vazão inferior a 1 L/s podem ser consideradas insignificantes para fins de outorga. Outra referência importante é que o somatório das outorgas concedidas em determinado curso d'água não pode ultrapassar 80 % de sua vazão de referência, que pode ser a  $Q_{7,10}$ , a  $Q_{90}$  ou a  $Q_{média}$ . A mais utilizada é a  $Q_{90}$ , quando existem dados para o seu cálculo. O decreto também prevê soluções paliativas para os casos em que não existem dados hidrométricos adequados para o estudo, como a necessidade de pelo menos uma medição de vazão no curso d'água no período mais seco do ano e a redução da validade da outorga de 5 para 1 ano.

Sendo uma Unidade Federativa com pequena extensão e intensamente ocupada, o Distrito Federal tem uma composição da matriz de consumo hídrico diferenciada. Normalmente a irrigação é o maior usuário dos recursos hídricos de uma região, entretanto, por conta da alta concentração populacional, no Distrito Federal, o uso que demanda o maior volume de água é o abastecimento humano (Lima et al., 2004). A concentração das áreas irrigadas no Distrito Federal é que põe em destaque esse uso em relação à necessidade de gestão dos recursos hídricos (Fig. 4).

Apesar de já existirem demandas para a criação de Comitês de Bacias Distritais, o fato de o Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal ter sido desarticulado durante cerca de um ano e meio, entre janeiro de 2003 e setembro de 2004, atrasou esse e outros processos.

Atualmente, o Plano de Gerenciamento

Integrado dos Recursos Hídricos do Distrito Federal, previsto na Lei nº 2.725/01, encontra-se em fase de elaboração.

## Mato Grosso

A Lei das Águas estadual é a Lei nº 6.945, de 5 de novembro de 1997. Segundo ela, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (Fema) é o órgão responsável pelo Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Em relação à cobrança pelo uso da água, a lei afirma que até 20 % do valor arrecadado por meio da aplicação desse instrumento poderá ser aplicado em bacia diferente daquela em que foi gerado.

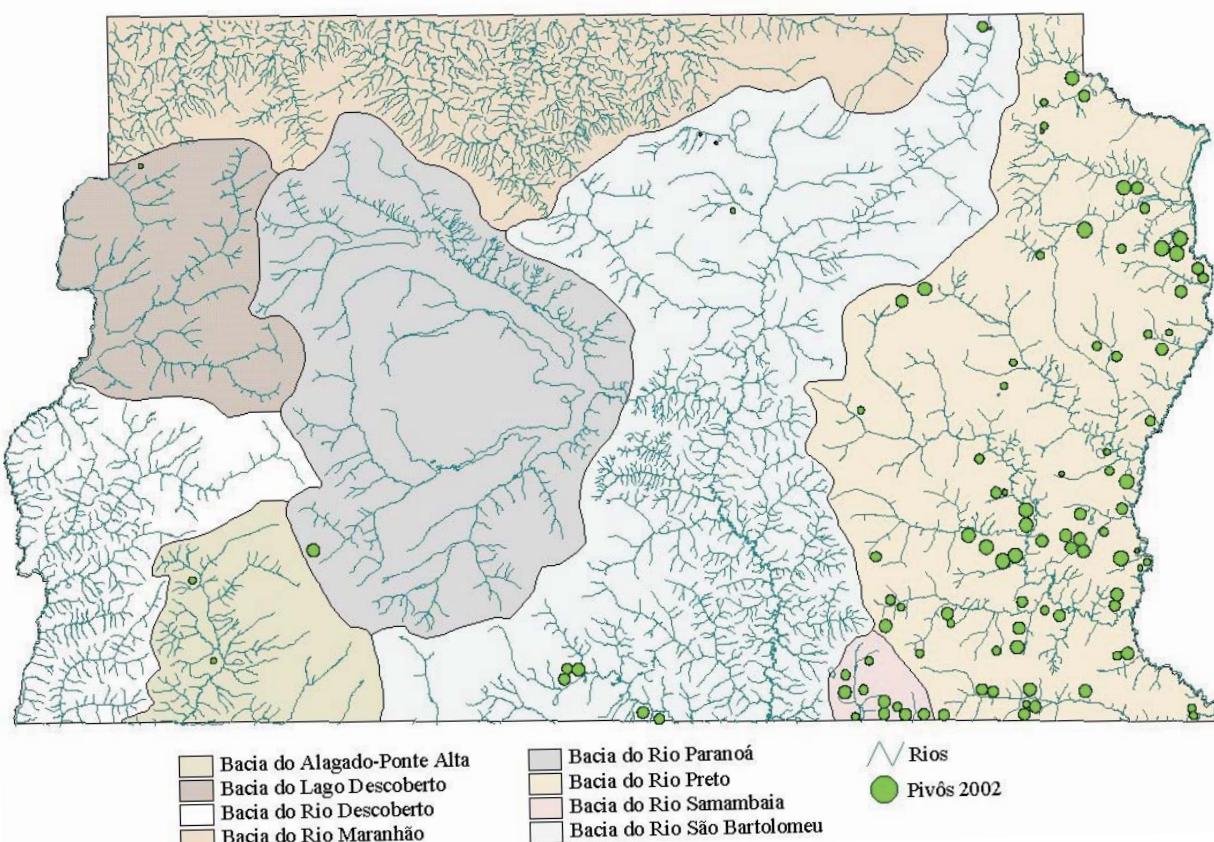
O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), por meio da edição da Resolução nº 3, de 11 de dezembro de 2003, criou normas para o processo de concessão de licenças de uso dos recursos hídricos. De acordo com essa resolução, empreendimentos com área irrigada inferior a 5 ha ficam isentos de licenciamento ambiental, devendo

ser apenas cadastrado na Fema. As captações a montante de determinada seção de rio não podem ultrapassar 20 % da  $Q_{7,10}$ . Para os corpos d'água sem séries históricas para se calcular o  $Q_{7,10}$ , fica outorgável, provisoriamente, um percentual de 20 % da vazão medida no período mais seco do ano.

Para fins de outorga, os empreendimentos de irrigação são divididos por classe, conforme apresentado na Tabela 3.

Os empreendimentos de irrigação que estiverem enquadrados nas categorias B ou C deverão instalar e monitorar régua limnimétrica e, a critério da Fundação Estadual do Meio Ambiente, promover medições periódicas da vazão no manancial. Além disso, o empreendedor deverá relacionar todos os fertilizantes, defensivos agrícolas e corretivos de solo que serão utilizados na cultura a ser irrigada. Análises físico-químicas e bacteriológicas da água do manancial utilizado também poderão ser solicitadas.

Encontra-se em fase de estudo a criação do Comitê da Bacia do Rio Cuiabá, já tendo sido



**Fig. 4.** Divisão hidrográfica e distribuição espacial dos pivôs centrais instalados no Distrito Federal, em 2002.

Fonte: Lima et al. (2004).

iniciada a mobilização social e de autoridades dos estados de Mato Grosso e de Mato Grosso do Sul.

## Mato Grosso do Sul

A instituição da Política Estadual dos Recursos Hídricos e a criação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Mato Grosso do Sul ocorreram em 29 de janeiro de 2002, com a publicação da Lei nº 2.406.

**Tabela 3.** Classificação de projetos de irrigação para fins de outorga em Mato Grosso.

Método de irrigação	Área irrigada (ha)				
	<= 50	50 a 100	100 a 500	500 a 1000	> 1000
Aspersão	A	A	B	C	C
Localizada	A	A	A	B	C
Superficial	A	B	B	C	C

Fonte: Mato Grosso (2003).

lavouras, a isenção da cobrança pelo direito do uso da água, desde que seja comprovado o aumento da produtividade agrícola do beneficiário e a não poluição da água. Cabe destacar, também, que a lei prevê, nos casos de usos considerados insignificantes, que a outorga seja substituída por outro procedimento de cadastramento, definido como “Comunicação de Obra ao Órgão Concedente”.

O Conselho Estadual dos Recursos Hídricos do Estado de Mato Grosso do Sul encontra-se em fase de composição e instituição.

## Tocantins

Para orientar a gestão dos recursos hídricos de domínio do Estado do Tocantins, foi sancionada, em março de 2002, a Lei nº 1.307 que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos.

É de competência do Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins) a implementação dos instrumentos de gestão previstos na Política Estadual de Recursos Hídricos. Nesse sentido, em 2003, o órgão emitiu 70 portarias de outorga de direito de uso de água (Naturatins, 2004).

Atualmente, no Estado do Tocantins, existem

O órgão responsável pela implementação das ações previstas na Lei nº 2.406/02 é a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sema).

Na referida lei estadual, merece destaque o fato de as derivações ou captações de água para uso em processos produtivos, apesar de estarem sujeitas à outorga – quando empregadas em processo produtivo agropecuário, assim como para a subsistência familiar rural ou urbana –, serem consideradas insignificantes e isentas de cobrança. A lei, em seu artigo 24, ainda confere, aos produtores rurais que mantiverem sistema de irrigação de

processos de mobilização em curso para a formação dos comitês de bacia hidrográfica das bacias dos rios Corda e Lontra, bem como dos ribeirões São João, Lajeado, Taquaruçu e Água Fria, dispondo, todos eles de Planos de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

## Rondônia

A instituição da Política e a criação do Sistema de Gerenciamento e do Fundo de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia foram efetuadas por meio da publicação da Lei Complementar nº 255, de 25 de janeiro de 2002, posteriormente regulamentada pelo Decreto nº 10.114, de 20 de setembro de 2002.

O órgão responsável pela implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos é a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (Sedam).

Segundo normas do estado, a vazão mínima sanitária é de 30 % da vazão normal do corpo hídrico, ou seja, a jusante de um barramento deve ser mantida vazão não inferior a 30 % da vazão média do local. Não está claro nos documentos analisados se essa restrição de outorga também é

válida para captações e derivações ou se restringe aos barramentos. Outra especificidade em relação à outorga em Rondônia é a obrigatoriedade de as captações serem efetuadas por caminhões ou carros-pipa.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos até 50 % do valor arrecadado em uma bacia hidrográfica poderá ser aplicada a outra, desde que traga benefício à bacia de origem e receba aprovação do respectivo comitê. Em relação aos valores a serem cobrados, há um longo procedimento a ser seguido: depois de definido todo o processo, a proposta passa pelo crivo das agências de bacia, do Comitê e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, para, só então, ser aprovada pela Assembléia Legislativa do Estado de Rondônia.

A lei estadual criou o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FRH-RO) para suporte financeiro a investimentos nas bacias ou sub-bacias e para custeio das agências de bacia e dos comitês. De forma bastante pertinente, a lei define ainda que os recursos desse fundo serão organizados em contas separadas, permitindo a gestão autônoma dos recursos financeiros pertencentes a cada bacia hidrográfica.

## Piauí

A instituição da política e a criação do Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do estado foram efetuadas por meio da publicação da Lei Estadual nº 5.165, de 17 de agosto de 2000. À maneira dos outros estados, essa lei criou o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FERH) como instrumento de suporte financeiro para a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e das ações dos componentes do Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

Quanto às peculiaridades da lei estadual, merece destaque o fato de ela abordar temas especiais, como a necessidade de estudos relativos à dessalinização das águas e de regulamentação do uso de poços jorrantes.

O órgão responsável pela gestão dos recursos hídricos de domínio do Estado do Piauí é a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Semar).

O sistema de outorga de uso dos recursos

hídricos encontra-se em fase de implementação. Os processos de análise e de fiscalização de projetos de poços tubulares já vêm sendo exercidos pela Semar.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos encontra-se em funcionamento, com três câmaras técnicas já instituídas: a de águas superficiais e a de águas subterrâneas, em caráter permanente, e a de acompanhamento da elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos, temporária.

## Maranhão

O Maranhão foi o último estado entre os analisados a formular uma lei sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 8.149, de 15 de junho de 2004) e a criar um Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos.

A Gerência de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (Gema) é o instituto competente para efetivar outorgas de direito de uso desses recursos sob o domínio do Estado.

Os integrantes do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (Conserh) tomaram posse no Dia Mundial da Água, 22 de março de 2004.

## Considerações finais

Como se pode notar, o processo de discussão e implementação das leis que regem a gestão dos recursos hídricos nos estados que compõem a região contínua do Cerrado encontra-se em plena expansão. A lei federal das águas, de recente elaboração, serviu de base para muitas leis estaduais de recursos hídricos; entretanto, cada uma possui peculiaridades que foram retratadas neste trabalho. Em destaque o fato de que cada estado encontra-se num estágio específico de desenvolvimento, o que dificulta, algumas vezes, a articulação entre eles nos casos de bacias hidrográficas compartilhadas.

Algumas normas necessárias à adequada gestão dos recursos hídricos, em muitos dos estados citados, ainda se encontram em processo de elaboração. Outro ponto importante é o fato de os planos de recursos hídricos serem documentos que estabelecem diretrizes e prazos para o cumprimento de metas, porém, são dinâmicos, podendo ser alterados de acordo com os interesses e os anseios

da sociedade.

Com o aumento da população e a consequente necessidade de produção de mais alimentos e outros insumos que possam atender a ela, formou-se uma tendência de crescimento da demanda por recursos hídricos, principalmente na Região do Cerrado, que ainda apresenta pólos de desenvolvimento em franca expansão, o que pode gerar novas situações de conflito. A implementação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos é uma importante ferramenta para o impedimento ou a mitigação dos problemas de cunho hídrico que porventura possam ocorrer; entretanto, para o sucesso de todo o sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, o qual está previsto nas referidas leis, a participação da sociedade, bem como a articulação entre os órgãos e os demais entes envolvidos, é fundamental.

## Referências

**ANA. Indicadores de saneamento por regiões hidrográficas.** Brasília, 2002a. Documento baseado em dados do Censo Demográfico realizado pelo IBGE no ano 2000.

**ANA. Regiões hidrográficas do Brasil:** recursos hídricos e aspectos prioritários. [S.I.], 2002b. Mapa impresso.

ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Análise freqüencial da precipitação pluviométrica. In: ASSAD, E. D. (Coord.). **Chuva nos Cerrados: análise e espacialização.** Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p. 25-42.

BALTAR, A. M.; AZEVEDO, L. G. T.; RÊGO, M.; PORTO, R. L. L. **Sistemas de suporte à decisão para a outorga de direitos de uso da água no Brasil.** Brasília: Banco Mundial, 2003. 48 p. (Série Água Brasil, n. 2).

**BRASIL.** Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Programa Nacional do Meio Ambiente. **Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal): hidrossedimentologia do Alto Paraguai.** Brasília, 1997. v. 2, T. 2.

**BRASIL.** Secretaria Nacional de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos:** documento base de referência. Brasília: SRH: ANA, 2003. 1 CD-ROM.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. **ITEM, Irrigação e Tecnologia Moderna,** Brasília, n. 54, p. 46-55, 2002.

**CIDEMA. Bacia hidrográfica do Rio Miranda:** estado da arte. WWF-Brasil, 2003. Disponível em: <[www.wwf.org.br/projetos/doc/workshopimiranda\\_resumo\\_estadodaarte.pdf](http://www.wwf.org.br/projetos/doc/workshopimiranda_resumo_estadodaarte.pdf)>. Acesso em: 22 jul. 2004.

**COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUARI. Conflitos na Bacia do Rio Araguaí.** Disponível em: <[www.aca.com.br/cbhari/index.htm](http://www.aca.com.br/cbhari/index.htm)>. Acesso em: 22 jul. 2004.

**EMBRAPA CERRADOS. Informações sobre o bioma Cerrado.** Disponível em: <[www.cpac.embrapa.br](http://www.cpac.embrapa.br)>. Acesso em: 13 jul. 2004.

**GOIÁS.** Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Outorgas concedidas.** Disponível em: <<http://www.semarh.goiás.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2004.

**IGAM. Comitês de bacia hidrográfica do Estado de Minas Gerais.** Disponível em: <[www.igam.mg.gov.br](http://www.igam.mg.gov.br)>. Acesso em: 20 set. 2004.

LATRUBESSE, E. M. Estudos morfo-sedimentares e aspectos ambientais da bacia fluvial do Rio Araguaia: estado atual do conhecimento e perspectivas do sistema para anos futuros. In: **SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE**, 3., 2004, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRH, 2004. 1 CD-ROM.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CRUZ, H. P. Estimativa da redução da capacidade de geração de energia devido ao uso da água para irrigação na Bacia do Rio São Francisco. In: FREITAS, M. A. V. (Org.). **O Estado das águas no Brasil – 2001-2002.** 1. ed. Brasília: ANA, 2003. p. 165-178.

LIMA, J. E. F. W.; SANO, E. E.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, E. C. Levantamento da área irrigada e estimativa do consumo de água por pivôs-centrais no Distrito Federal em 2002. In: **SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE**, 3., 2004, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRH, 2004. 1 CD-ROM.

LIMA, J. E. F. W.; SANTOS, P. M. C.; CHAVES, A. G. M.; SCILEWSKI, L. R. **Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia do Rio São Francisco.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília: ANEEL: ANA, 2001. 108 p.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Contribuição hídrica do Cerrado para as grandes bacias hidrográficas brasileiras. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 2., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2002. 1 CD-ROM.

LOUSA, J.; BORGES NETO, A. M. Levantamento das grandes erosões da Bacia do Alto Rio Araguaia. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 3., 2004, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRH, 2004. 1 CD-ROM.

MATO GROSSO. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução n. 3, de 11 de dezembro de 2003.** 2003. Disponível em: <[www2.fema.mt.gov.br](http://www2.fema.mt.gov.br)>. Acesso em: 22 set. 2004.

NATURATINS. **Situação das outorgas no Estado do Tocantins.** Disponível em: <<http://www2.naturatins.to.gov.br>>. Acesso em: 11 out. 2004.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDIZI, J. G. **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 1999. 717 p.

VIEIRA, L. M.; GALDINO, S. **A problemática socioeconômica e ambiental da Bacia do Rio Taquari e perspectivas.** Disponível em: <<http://>

[www.agronline.com.br/artigos/](http://www.agronline.com.br/artigos/) artigo.php?id=158>. Acesso em: 22 jul. 2004.

## Capítulo 5

# **Solos do Bioma Cerrado**

## **Aspectos pedológicos**

*Adriana Reatto  
João Roberto Correia  
Silvio Túlio Spera  
Éder de Souza Martins*



## Introdução<sup>1</sup>

O solo é resultante de cinco variáveis interdependentes denominadas fatores de formação do solo, a saber: clima, organismos, material de origem, relevo e tempo. Assim, para se entender o comportamento e a distribuição dos solos na paisagem, deve-se conhecer o ambiente que o cerca. Há correlações entre solo e vegetação, e sua compreensão é fundamental para o estudo do comportamento de ambos no meio ambiente. É importante considerar, ainda, como o homem interage com esses componentes da natureza, uma vez que ele faz parte dela.

São incontáveis os atos de degradação decorrentes das modificações ambientais induzidas pelo homem no processo de utilização dos recursos naturais. Os principais são: desmatamento, uso do fogo, substituição da flora e da fauna pela pecuária e por lavouras, uso de maquinários, insumos e pesticidas, exploração da água, construção de barragens e de estradas, entre outras. As principais consequências são: extinção de espécies nativas da flora e da fauna terrestre, compactação do solo e erosão, perda de nutrientes e de água, poluição do solo, da água e do ar, assoreamento e turbamento de rios, destruição da flora e da fauna aquáticas, entre outros. No caso do solo, os efeitos da degradação serão ampliados se esse recurso não for utilizado de acordo com sua aptidão agrícola.

Neste capítulo, serão apresentadas as principais características dos solos do bioma Cerrado, contribuindo, dessa forma, para a solução de um dos grandes desafios do homem – o de estabelecer a harmonia entre a produção de alimentos e de fibras e a manutenção da biodiversidade –, haja vista a grande pressão para a expansão da agropecuária nessa região.

## Características para distinguir as classes de solos

O solo, a exemplo da vegetação, também apresenta grande diversidade, expressa por diferenças em suas propriedades e características, que

decorrem do material de origem e do ambiente em que foram formados. Vários aspectos – necessidade de estratificação de paisagens para fins de uso, padronização de terminologias e facilidade de comunicação – levaram à organização de sistemas de classificação de solos, com o objetivo de agrupar solos semelhantes em uma mesma classe.

A determinação da classe de um solo é baseada principalmente no estudo de suas características morfológicas e físicas (cor, textura e estrutura), químicas (fertilidade, acidez e matéria orgânica), e outras de igual importância, como mudança abrupta de textura, teor de matéria orgânica, porosidade e profundidade do solo.

A natureza do material de origem também é uma característica utilizada no Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, como importante fator na definição de algumas classes de solo, pois está relacionada à composição textural, à mineralógica e à química, influenciando as características apresentadas por eles.

Nas áreas de Cerrado, há diversos tipos de rochas, entre elas as ricas em minerais ferromagnesianos (ferro e magnésio), como basalto, diabásio, gабro e granulitos ortoderivados, com vegetação predominante de Mata Seca e de Cerradão.

Nas posições mais acidentadas da paisagem, em relevos ondulados a forte-ondulados, esses materiais rochosos são facilmente intemperizáveis e estão associados a solos jovens de fertilidade elevada.

Solos derivados de rochas básicas, em relevos planos a suave-ondulados, são muito intemperizados e apresentam fertilidade natural baixa, porém, com riqueza considerável em micronutrientes.

São encontradas ainda rochas pobres em minerais ferromagnesianos, como granitos, gnaisses, quartzitos, xistos, ardósias e arenitos, onde se desenvolvem solos de baixa fertilidade.

Solos originados de rochas areníticas e quartzíticas são geralmente muito pobres em macro e micronutrientes e em matéria orgânica. São muito porosos e de estrutura solta, características que lhes

<sup>1</sup> Revisores técnicos: Humberto Gonçalves dos Santos e Jamil Macedo.

conferem suscetibilidade à erosão hídrica e à eólica, especialmente quando destituídos de vegetação.

Outro tipo importante de material de origem de solos são as crostas ferruginosas e lateríticas que, em mistura com material quartzítico, formam solos arenoso-argilosos, também muito pobres em nutrientes, porém, com altos teores de óxidos de ferro. Esse material de origem recobre importante parte do Cerrado.

Em alguns ambientes, pode ocorrer mistura de rochas ricas com pobres em minerais ferromagnesianos, originando, dessa forma, solos ou ricos ou pobres em nutrientes. Assim, diversas fitofisionomias podem ser observadas em solos provenientes desse material, englobando desde vegetação de Campo até Mata Seca.

Os calcários também são comuns no Cerrado. Normalmente, são rochas pouco resistentes ao intemperismo, permitindo, entretanto, que elementos trocáveis (como cálcio e magnésio) ainda estejam presentes no solo. A vegetação predominante é a Mata Seca Decídua.

A simples presença de calcário não significa que todos os solos que o contêm sejam férteis. Os mais jovens, encontrados em relevos mais acidentados, normalmente são muito ricos em bases (cálcio e magnésio). Os solos mais antigos, que ocupam posições mais aplainadas da paisagem, normalmente são de fertilidade baixa, pois são solos muito intemperizados, profundos, nos quais o cálcio e o magnésio já saíram do sistema. Neste último caso, a vegetação encontrada, em geral, é de Cerrado.

## **Características morfológicas e físicas**

Algumas características morfológicas e físicas são importantes para a identificação das classes de solos, como cor, textura e estrutura.

### **Cor**

A cor é a característica mais facilmente visualizada no solo, sendo importante para identificar e

delimitar os horizontes de um perfil. Para identificá-la, utilizam-se a caderneta de cores de Munsell (1975) e o solo umedecido. Na Tabela 1, nota-se que a cor do solo está relacionada com os seguintes elementos: a drenagem, o conteúdo de matéria orgânica, a forma e o conteúdo de óxidos de ferro e a fertilidade em geral.

### **Textura**

A textura refere-se à proporção relativa das frações areia, silte e argila, apresentando os seguintes diâmetros: areia (2,0 mm a 0,05 mm); silte (0,05 mm a 0,002 mm); e argila (< 0,002 mm). Há quatro classes texturais: texturas arenosa, média, argilosa e muito argilosa. Na Tabela 2, relacionam-se as classes texturais com sua interpretação pedológica.

### **Estrutura**

A estrutura é o agrupamento de partículas primárias (argila, silte e areia), formando agregados, que estão separados uns dos outros por linhas de fraqueza. A classificação da estrutura baseia-se em tipo (colunar, prismático, blocos e granular), tamanho (pequeno, médio e grande) e grau (fraco, moderado e forte).

## **Características químicas**

As características químicas estão relacionadas com a fertilidade do solo, isto é, se alta ou baixa.

A fertilidade é inferida principalmente da saturação por bases ( $V\%$ )<sup>2</sup> da capacidade total de troca de cátions (T<sup>3</sup> ou CTC), da saturação por alumínio (m%)<sup>4</sup> e do grau de acidez (pH). A saturação por bases constitui a riqueza do solo, em bases trocáveis, principalmente  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ . A capacidade de troca de cátions representa a capacidade de a superfície das partículas do solo trocar bases com a solução do solo. A depender desses valores, tem-se: solos eutróficos, solos distróficos, solos álicos e solos ácricos. Os solos eutróficos diferenciam-se

<sup>2</sup> V = saturação de bases,  $V = S/T \times 100$ , em que S = soma de bases,  $S = \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ .

<sup>3</sup> T = Capacidade de troca catiônica,  $T = S + \text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ .

<sup>4</sup> m% =  $\text{Al}^{+3}/T \times 100$ .

**Tabela 1.** Atributos de cor com respectiva interpretação pedológica e sua relação com o meio ambiente.

Cor	Interpretação pedológica	Relação com o meio ambiente
Avermelhada	Presença de hematita ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )	Horizonte sem impedimento de drenagem. Atividade baixa de organismos. Diferentes tipos fitofisionômicos de ambientes mais secos podem aparecer
Mosqueado-abundante	Mosqueado é uma feição que caracteriza a mancha da massa do solo de outras cores. O ferro encontra-se na forma reduzida em condições anaeróbicas. Ocorre em decorrência da oscilação do nível do lençol freático	Aeração deficiente devida à elevação sazonal do lençol freático. Em condições anaeróbicas (má drenagem), predominam espécies tolerantes ao excesso de umidade e a elevados teores de Fe e/ou Mn nos solos ricos nesses elementos
Vermelho-amarelada	Goethita ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ) é o óxido de ferro predominante. Hematita presente em pequena quantidade	Horizonte sem impedimento à drenagem. Maior retenção de água que os solos avermelhados de mesma textura. Ocorrem diferentes tipos fitofisionômicos
Preta	Presença de matéria orgânica resultante da atividade microbólica, rica em bases trocáveis	Solos ricos em nutrientes e matéria orgânica, bem ou mal drenados. Vegetação de Mata
Preta	Acúmulo de matéria orgânica não decomposta, em virtude de condições anaeróbicas, e em áreas de altitude elevada e de baixa temperatura	Solos pobres em nutrientes, bem ou mal drenados. Geralmente possuem alto teor de matéria orgânica, mas baixa disponibilidade de nutrientes. Relação C/N alta. Horizonte com impedimento, ou sem impedimento de drenagem. Vegetação de Mata
Cinza	Horizonte glei caracterizado pela intensa redução do ferro, resultante da água estagnada	Aeração deficiente em decorrência da elevação do lençol freático. Ocorrência de vegetação de Campo Limpo Úmido, Campo Sujo Úmido, Vereda e Parque Cerrado, apresentando espécies tolerantes ao encharcamento e a elevados teores de ferro e de manganês

Fonte: Prado (1991, 1995a, 1995b); Resende et al. (1995).

dos distróficos por apresentarem saturação por bases superior a 50 %, sendo um referencial técnico para separar solos de alta fertilidade dos de baixa fertilidade. Em ambos os solos, o alumínio é nulo ou reduzido. Nos solos álicos, a saturação por alumínio é superior a 50 %, sendo solos de baixa fertilidade e de alto teor de alumínio. Nos solos ácricos, há predominância de cargas elétricas positivas ( $\Delta\text{pH}^5$  nulo ou positivo), normalmente apresentando fixação de ânions (fosfatos, nitratos, sulfatos e cloretos), e de fertilidade baixa, com teores reduzidos de alumínio.

De maneira geral, os solos das diferentes fitofisionomias do Cerrado são álicos. Os teores de Al tendem a crescer do Cerradão ao Campo

Limpo, nas áreas em que a deficiência hídrica não é muito pronunciada (por exemplo, Triângulo Mineiro e região de Brasília). Já ao norte de Minas Gerais e ao sudoeste da Bahia, essas diferenças podem desaparecer (Resende et al., 1988). Seguem-se alguns valores médios de saturação por alumínio para algumas fitofisionomias: Campo Limpo ( $m = 66\%$ ); Campo Cerrado ( $m = 58\%$ ); Cerrado ( $m = 54\%$ ); Cerradão ( $m = 44\%$ ); e Mata ( $m = 40\%$ ) (Lopes, 1984).

## Características auxiliares

Outros atributos, diagnósticos auxiliares na distinção de classes de solos, estão relacionados a seguir.

<sup>5</sup>  $\Delta\text{pH} = \text{pH em KCl} - \text{pH em água}$

**Tabela 2.** Atributos de textura com respectiva interpretação pedológica e sua relação com o meio ambiente.

Textura	Interpretação pedológica	Relação com o meio ambiente
Arenosa (areia e areia franca)	Fração sólida mineral normalmente constituída de quartzo. Teor de argila + silte <15%	Elevada suscetibilidade à erosão. Retenção de água reduzida devida a baixos teores de argila. Predomínio de espécies muito resistentes ao déficit hídrico, com sistema radicular muito profundo. Normalmente, ocorrem espécies pouco exigentes em nutrientes e água. Os tipos fisionômicos podem variar de Campo Limpo a Cerradão, dependendo da fertilidade do solo
Média (franco-arenosa e franco-argilo-arenosa)	Teor de argila + silte e >15% e <35%.	Moderada suscetibilidade à erosão. Médios e baixos valores de retenção de água em tensões altas e baixas. Comportamento intermediário entre solos arenosos e argilosos. Vegetação normalmente variando de Cerrado a Cerradão, dependendo da fertilidade do solo
Argilosa	Teor de argila varia de >35% a <60%. No caso de Latossolos, são elevados os valores de porosidade total e de microporosidade	Solos menos suscetíveis à erosão em área não muito declivosa. Drenagem boa ou acentuada. Altos valores de retenção de água. Vegetação normalmente variando de Cerrado à Mata, dependendo da fertilidade e da profundidade do solo
Muito argilosa	Teor de argila > 60%	Idem textura argilosa. Porém, com solos mais pegajosos

Fonte: Prado (1991, 1995a, 1995b).

**Mudança abrupta de textura** – diz respeito ao aumento de argila a pequena distância (<7,5 cm de profundidade), dobrando o seu teor pelo menos entre os horizontes A ou E e B na referida distância (Santos et al., 1996). Esse atributo pode contribuir com a suscetibilidade à erosão, favorecendo a formação de voçorocas, em decorrência da rápida permeabilidade da água no horizonte A, e lenta no horizonte B.

**Matéria orgânica** – é atributo importante como fonte de nutrientes e no aumento da capacidade de reter e trocar cátions (que serão eventualmente colocados à disposição para as plantas). Seu poder de tamponamento permite manter em equilíbrio as cargas do solo.

**Porosidade** – é o volume do solo ocupado pela água e pelo ar. Solos porosos são mais permeáveis e permitem trocas gasosas, condição ideal para o desenvolvimento radicular. Baixa porosidade restringe o desenvolvimento radicular, favorecendo a ocorrência de espécies com sistema radicular mais agressivo ou superficial.

Em solos com profundidade efetiva reduzida (horizonte A + B < 50 cm), há predominância de vegetação com espécies de sistema radicular

superficial, tais como em Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre.

## Horizontes diagnósticos dos solos

Horizontes do solo – são zonas do solo paralelas que possuem propriedades resultantes dos efeitos combinados dos processos genéticos. Usam-se, para a diferenciação de horizontes, critérios como: textura, cor, estrutura, consistência, atividade biológica, entre outros (Fontes e Fontes, 1992).

Os principais horizontes diagnósticos para a determinação da classe de um solo podem ser visualizados na Tabela 3.

## Classes de solos

A ordenação dos solos em classes foi feita com o intuito de organizar os conhecimentos existentes a fim de se poder mostrar e compreender a relação entre os indivíduos e entre as diferentes classes. Cada classe de solo representa uma síntese dos conhecimentos disponíveis para os solos que a compõe.

## Classes de solos x sistemas

**Tabela 3.** Algumas características dos principais horizontes de superfície e subsuperfície do solo.

Características Horizonte	Superficial		Subsuperficial
	A	B	C
Conceito	Horizonte mineral cuja matéria orgânica possui geralmente menos de 50 cm de espessura	Aparece logo abaixo do horizonte A	Aparece normalmente abaixo do horizonte B
Diferenciação	Normalmente mais escuro que os subjacentes, expressão da maior atividade biológica	Espessura variável, mas normalmente mais profundo que o horizonte superficial	Horizonte mineral de material ainda com características da rocha-mãe
Tipos mais comuns	A moderado: pouco espesso e com pouco carbono orgânico  A proeminente: espesso, com maiores teores de carbono orgânico	B latossólico (Bw): horizonte profundo, bastante intemperizado, diagnóstico dos Latossolos  B textural (Bt): apresenta diferença marcante de textura entre os horizontes A e B e/ou presença de cerosidade <sup>(1)</sup> , diagnóstico dos Podzólicos  B incipiente (Bi): característico de solos pouco desenvolvidos, com elevado teor de silte e pequena profundidade, diagnóstico dos Cambissolos	Sem tipificação

<sup>(1)</sup> Película coloidal que recobre as unidades estruturais do solo, de aspecto brilhante, sugerindo diferença de permeabilidade, que diminui do horizonte A para o B.

Fonte: Embrapa (1988).

## de classificação

Há diversos sistemas de classificação de solos, sendo o sistema FAO/Unesco o mais difundido. Atualmente, esse sistema não é mais usado como sistema independente<sup>6</sup>. Cada país tende a criar uma classificação própria que atenda a suas especificidades.

Um Sistema de Classificação de Solos é dinâmico. No site da Embrapa Solos (<http://www.cnps.embrapa.br/sibcs/index.html>) são feitas propostas de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Na Tabela 4, é apresentada uma correspondência das classes de solos definida segundo Camargo et al. (1987) e a atual Classificação Brasileira de Solos segundo a Embrapa (1999).

Na Tabela 5, é feita uma correlação aproximada

entre a Classificação Brasileira de Solos e as classificações World Reference Base for Soil Resources (WRB) e o Sistema de Classificação Americano (Soil Taxonomy).

## Classes de solos x tipos fitofisionômicos

Na Tabela 6, relacionam-se as principais classes de solos do bioma Cerrado com as respectivas ocorrências, em ordem decrescente, e a vegetação nativa correspondente.

## Classes de solos x Unidades da Federação

Na Tabela 7a, apresentam-se as principais classes de solos do bioma Cerrado em relação às Unidades da Federação, e, na Tabela 7b, as

<sup>6</sup> O sistema FAO/Unesco de classificação de solos não é mais usado como um sistema independente. É utilizado em conexão com a legenda do Soil Map of the World. Na web, o sistema está disponível em: <http://www.fao.org/landandwater/agll/key2soil.stm>. Desde 1998, a FAO endossou a World Reference Base for Soil Resources (WRB) como o sistema universal. Mais informações sobre a WRB estão disponíveis em <http://www.fao.org/landandwater/agll/wrb/default.stm>, e em FAO (1998).

**Tabela 4.** Correspondência entre classes de solos definida com base na antiga (Camargo et al., 1987) e na atual Classificação Brasileira de Solos (Embrapa, 1999).

Classes de solo	
Antiga classificação (Camargo et al., 1987)	Classificação atual (Embrapa, 1999)
Latossolo Roxo (LR)	Latossolo Vermelho (LV)
Latossolo Vermelho-Escuro (LE)	Latossolo Vermelho (LV)
Latossolo Vermelho-Amarelo (LV)	Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)
Latossolo Una (LU)	Latossolo Amarelo (LA)
Latossolo Amarelo (LA)	Latossolo Amarelo (LA)
Areia Quartzosa (AQ)	Neossolo Quartzarênico (RQ)
Podzólico Vermelho-Escuro (PE)	Argissolo Vermelho (PV)
Podzólico Vermelho-Amarelo (PV)	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
Terra Roxa Estruturada (TR)	Nitossolo Vermelho (NV)
Plintossolo (PT)	Plintossolo Argilúvico (FT)
Plintossolo Pétrico (PP)	Plintossolo Háplico (FX)
Cambissolo (C)	Plintossolo Pétrico (FF)
Hidromórfico Cinzento (HC)	Cambissolo (C)
Glei Húmico (HGH)	Gleissolo Háplico (GX)
Glei Pouco Húmico (HGP)	Gleissolo Melânico (GM)
Aluvial (A)	Gleissolo Melânico (GM)
Solo Litólico (R)	Gleissolo Háplico (GX)
Regossolo	Neossolo Flúvico (RU)
Planossolo	Neossolo Litólico (RL)
Brunizém (B), Brunizém Avermelhado (BV)	Neossolo Regolítico (RR)
Vertissolo (V)	Planossolo (S)
Bruno Não-Cálcico	Chernossolo (M)
Orgânico (O)	Vertissolo (V)
	Luvissolo (T)
	Organossolo Mésico ou Háplico (OY)

**Tabela 5.** Correlação aproximada dos Sistemas de Classificação de Solos.

Sistema Brasileiro (Embrapa, 1999)	WRB (FAO, 1998)	Sistema Americano (Estados Unidos, 1975)
Latossolos	Ferralsols	Oxisols
Argissolos	Acrisols	Ultisols
	Lixisols	
Nitossolos	Nitosols	Alfisols, Ultisols
Chernossolo	Phaeozems pp, Chernozems	Mollisols
Cambissolo	Cambisols	Inceptisols
Plintossolo	Plinthosols	Oxisols, Ultisols, Inceptisols, Entisols, Alfisols
Gleissolo	Gleysols	Entisols (Aquent)
Neossolo Litólico	Lepsols	Entisols (Lithic Orthent)
Neossolo Quartzarênico	Arenosols	Entisols (Quartzipsamment)
Neossolo Flúvico	Fluvisols	Entisols (Fluvent)
Organossolos	Histosols	Histosols

Fonte: modificado de Camargo et al. (1987), site Embrapa Solos: <http://www.cnps.embrapa.br/sibcs/index.html>

**Tabela 6.** Principais classes de solos de ocorrência no bioma Cerrado e sua correspondente vegetação natural.

Classes de solo	Ocorrência estimada (%)	Vegetação natural correspondente (aproximação)
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	24,56	Cerradão/Cerrado Denso/Cerrado Típico/Mata Ciliar/Mata de Galeria
Latossolo Vermelho (LV)	22,1	Cerradão/Cerrado Denso/Cerrado Típico/Mata Seca
Neossolo Quartzarênico (RQ)	14,46	Cerradão/Cerrado Denso/Cerrado Ralo/Cerrado Típico
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	7,2	Cerrado Denso/Cerrado Típico
Neossolo Litólico (RL)	7,49	Campo Rupestre/Cerrado Rupestre
Argissolo Vermelho (PV)	6,46	Mata Seca/Cerradão/Cerrado Denso/Cerrado Típico
Plintossolo Háplico (FX)	5,41	Campo Sujo/Parque de Cerrado/Mata de Galeria/Mata Ciliar/Campo Limpo/Campo Rupestre/Vereda/Palmeiral/Cerrado Ralo
Cambissolo (C)	3,47	Cerrado Típico/Cerrado Ralo/Cerrado Rupestre/Mata de Galeria
Plintossolo Pétrico (FF)	2,91	Parque de Cerrado/Campo Sujo/Campo Rupestre/Cerrado Ralo/Cerrado Rupestre
Gleissolo Háplico (GX)	1,41	Vereda/Palmeiral/Parque de Cerrado/Campo Limpo/Cerrado Ralo
Nitossolo Vermelho (NV)	1,43	Mata Seca
Latossolo Amarelo (LA)	2,0	Cerradão/Cerrado Denso/Cerrado Típico
Gleissolo Melânico (GM)	0,2	Vereda/Palmeiral/Cerrado Ralo/Mata de Galeria/Mata Ciliar
Chernossolo (M)	0,08	Mata Seca Decídua/ Mata Seca Semidecídua
Planossolo (S)	0,27	Campo Sujo Úmido/Campo Limpo Úmido
Neossolo Flúvico (RU)	0,07	Mata de Galeria Inundável/Mata de Galeria Não-Inundável/Mata Ciliar/Vereda
Organossolo Mésico ou Háplico (OY)	0,01	Campo Limpo/Úmido/Vereda/Palmeiral
Total	≥100	

Fonte: Ribeiro et al. (1983), Lopes (1984), Adámoli et al. (1986), Camargo et al. (1987), Macedo (1996).

principais classes de solos ocorrentes em cada unidade federativa. O Anexo 1 (Fig. de 1 a 14) mostra o mapa do Brasil e suas Unidades da Federação, e a delimitação do bioma Cerrado, contendo as classes de solos.

## Principais classes de solos do bioma Cerrado

### Latossolos

São solos altamente intemperizados, resultantes

**Tabela 7a.** Principais classes de solos do bioma Cerrado por Unidade da Federação.

Classes de solo	Cerrado (%)	Unidades da Federação (%)											
		BA	DF	CE	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PI	RO	TO
Latossolo	48,66	3,08	0,21	0,03	10,53	2,20	11,39	5,27	9,42	0,10	3,34	0,20	2,89
Neossolo	14,46	1,08	-	0,03	0,15	2,03	1,06	2,69	3,37		1,52	0,56	1,97
Quartzarênico													
Argissolo	13,66	0,44	-	0,17	3,29	0,30	1,87	0,83	3,62	0,20	0,19	0,42	2,33
Neossolo Litólico	7,49	0,34	-	0,06	0,39	1,03	1,94	0,61	0,05	0,01	2,05	0,35	0,66
Plintossolo	5,41	-	-	-	0,40	-	-	0,28	2,75	0,17	0,12	-	1,69
Cambissolo	3,47	0,04	0,07	-	1,03		2,12	-	0,17	-	-	-	0,04
Plintossolo Pétrico	2,91	-	-	-	0,14	1,14	-	-	0,18	-	0,56	-	0,89
Gleissolo	1,61	0,12	-	-	0,31	0,03		0,05	0,58	0,02	0,02	0,02	0,46
Nitossolo	1,43	*	*	-	0,36	-	0,40	0,31	0,12	-	-	0,01	0,23
Neossolo Regolítico	0,41	-	-	-	-	-	-	0,41	-	-	-	-	-
Planossolo	0,27	-	-	0,06	-	*	-	0,22	-	-	*	-	-
Chernossolo	0,08	-	-	-	-	-	0,02	0,06	-	-	-	-	-
Neossolo Flúvico	0,07	-	-	-	-	0,02	0,01	*	-	-	0,04	-	-
Vertissolo	0,06	-	-	-	-	0,02	-	0,04	-	-	-	-	-
Luvissolo	0,01	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>100,00</b>												

\* Menos de 0,1 %.

**Tabela 7b.** Principais classes de solos em cada Unidade da Federação.

Classes de solo	Unidades da Federação (%)											
	BA	DF	CE	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PI	RO	TO
Latossolo	11,35	73,06	0,50	63,32	14,06	39,24	29,49	21,61	0,17	27,74	1,74	21,85
Neossolo	3,97	-	0,42	0,90	12,93	3,65	15,05	7,73	-	12,65	4,89	14,89
Quartzarênico												
Argissolo	1,60	-	2,46	19,78	1,93	6,42	4,65	8,32	0,35	1,55	3,65	17,56
Neossolo Litólico	1,25	-	0,87	2,34	6,56	6,67	3,42	0,11	0,01	17,00	3,07	5,01
Plintossolo	-	-	-	2,42	-	-	1,54	6,31	0,28	1,01	-	12,73
Cambissolo	0,15	25,92	-	6,22	-	7,30	-	0,39	-	-	-	0,33
Plintossolo Pétrico	0	0	-	0,86	7,25	-	-	0,41	-	4,62	-	6,75
Gleissolo	0,44	0	-	1,85	0,18	-	0,27	1,32	0,03	0,21	0,17	3,47
Nitossolo	0,01	1,02	-	2,15	-	1,41	1,75	0,27	-	-	0,07	1,76
Neossolo Regolítico	-	-	-	-	-	-	2,29	-	-	-	-	-
Planossolo	-	-	0,90	-	0,01	0	1,23	-	-	*	-	-
Chernossolo	-	-	-	-	0	0,06	0,34	-	-	-	-	-
Neossolo Flúvico	-	-	-	-	0,11	0,05	0,05	-	-	0,31	-	-
Vertissolo	-	-	-	-	0,10	-	0,23	-	-	-	-	-
Luvissolo	-	-	0,09	-	-	-	0	-	-	-	-	-
<b>Total (%) do estado existente no limite do bioma Cerrado</b>	<b>18,77</b>	<b>100</b>	<b>5,24</b>	<b>99,84</b>	<b>43,13</b>	<b>64,8</b>	<b>60,31</b>	<b>46,47</b>	<b>0,84</b>	<b>0,31</b>	<b>13,59</b>	<b>84,35</b>

BA = Bahia; DF = Distrito Federal; CE = Ceará; GO = Goiás; MA = Maranhão; MG = Minas Gerais; MS = Mato Grosso do Sul; MT = Mato Grosso; PA = Pará; PI = Piauí; RO = Rondônia; TO = Tocantins.

\* Menos de 0,1 %.

da remoção de sílica e de bases trocáveis do perfil (Buol et al., 1981; Resende et al., 1995).

Grande parte dos minerais existentes nesses solos é de secundários, constituintes da fração argila. Ocorrem no solo por síntese de produtos resultantes do intemperismo de minerais primários, herdados diretamente da rocha-mãe (Costa, 1979). Esses minerais secundários podem ser encontrados na forma de silicatos, como a caulinita, ou sob a forma de óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos de Fe e Al, como hematita, goethita e gibbsita.

Com base no mapa de solos do Brasil na escala 1:5.000.000 (Embrapa, 1981), os Latossolos representam aproximadamente 48,66 % do bioma Cerrado (Tabelas 6 e 7).

As formas de relevo predominantes nos Latossolos do bioma Cerrado são residuais de superfícies de aplainamento, conhecidas regionalmente como chapadas, que apresentam topografia plana a suave-ondulada (Fig. 1). Nas posições de topo até o terço médio das encostas suave-onduladas, podem ocorrer Latossolos em áreas de derrames basálticos, especialmente ao sul da região e nas áreas de influência dos arenitos.

Morfologicamente, são solos minerais, não-

hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m), apresentando horizonte B muito espesso ( $> 50$  cm) (Fig. 2). Possuem seqüência de horizontes A, B e C pouco diferenciados, cujas cores variam de vermelho muito escuro a amareulado (geralmente escuro no A, vivo no B e mais claro no C) (Tabela 8). As estruturas predominantes são maciças ou em blocos subangulares (pouco desenvolvidos), ou em forma muito pequena, granular (Resende et al., 1988; Oliveira et al., 1992).

Fisicamente, possuem baixos teores de silte (entre 10 % e 20 %) e de argila, que variam de 15 % a 80 %. Apresentam as seguintes classes de drenagem: excessivamente drenado (Latossolos gibbsíticos)<sup>7</sup>, fortemente drenados (Latossolos de textura média) e acentuadamente drenados (Latossolos de textura média e argilosa). São solos com alta permeabilidade de água. A capacidade de água disponível<sup>8</sup> até 2 m de profundidade de água varia, em média, de 500 mm a 760 mm para os solos de textura muito argilosa, de 300 mm a 500 mm para os de textura argilosa e de 260 mm a 330 mm para os de textura média.

Um Latossolo argiloso geralmente apresenta capacidade de água disponível maior quando comparado ao de textura média, demonstrando a



**Fig. 1.** Área de ocorrência de Latossolos em relevo plano.

Foto: João Roberto Correia

<sup>7</sup> Latossolos gibbsíticos são solos com altos teores de gibbsita ( $\text{a-Al(OH)}_3$ ); morfologicamente apresentam estrutura granular com aspecto de esponja (terra poeirenta ou pó de café).

<sup>8</sup> Capacidade de água disponível (CAD) é a quantidade de água contida pelo solo utilizável pelas plantas para atender às suas necessidades hídricas, representando a diferença entre a água mantida pela capacidade de campo e a remanescente, por ocasião do ponto de murchamento (Bücheler e Silva, 1992). CAD = Ucc -  $U_{\text{PMP}}/10 \times D_s \times h$ ; em que: Ucc = umidade (%) contida na capacidade de campo;  $U_{\text{PMP}}$  = umidade no ponto de murcha permanente; Da = densidade aparente do solo ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ); e h = profundidade do solo (cm).



Foto: João Roberto Corrêa

**Fig. 2.** Perfil representativo de um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA).

importância da textura nessa característica dos solos. Em termos de permeabilidade de água, um Latossolo argiloso, quando comparado a outros solos de mesma textura, como Nitossolo Vermelho estruturado, pode ser até mais permeável que essa classe de solo. A diferença reside na forte microestrutura dos Latossolos, que faz que eles

tenham comportamento semelhante ao dos solos arenosos. Esse é um dos fatores importantes na distribuição das espécies nativas no Cerrado. A canela-de-ema (*Vellozia* sp.), por exemplo, espécie característica de áreas de altitude acima de 900 m, ocorre, de preferência, em áreas excessivamente drenadas, pois não suporta o encharcamento. Surge, por isso, com freqüência, em solos de textura média ou até mesmo arenosos.

Quimicamente, mais de 95 % dos Latossolos no bioma Cerrado são distróficos e ácidos, de baixa a média capacidade de troca catiônica e com níveis de pH em torno de 4,0 a 5,3 (Lopes, 1984; Adámoli et al., 1986) (Tabela 9).

O manejo inadequado dos Latossolos pode causar graves danos ao meio ambiente. O desmatamento indiscriminado pode levar à formação de sulcos e voçorocas, especialmente nos Latossolos de textura média, pois eles apresentam elevada percolação de água ao longo do perfil.

Nos Latossolos argilosos, os cuidados com a erosão devem ser intensificados, pois eles apresentam estrutura granular, cujo comportamento hídrico é semelhante ao da areia. Dessa forma, a chuva, encontrando o solo desprotegido, arrasta grande quantidade de partículas para pontos mais baixos da paisagem, acarretando o assoreamento dos cursos d'água. A monocultura é outro fator de desequilíbrio no ambiente.

Por ser a classe de solo mais expressiva e de maior variabilidade no bioma Cerrado, apresenta, consequentemente, uma diversidade de plantas e

**Tabela 8.** Algumas características morfológicas e físicas diferenciais dos Latossolos do bioma Cerrado.

Características	Latossolo Vermelho	Latossolo Vermelho-Amarelo	Latossolo Amarelo
Cor (úmida)	Vermelho-escuro-acinzentada a bruno-avermelhado-escura	Vermelho-amarelada a bruno-forte	Bruno ou bruno-escura, ou bruno-amarelada a bruno-olivácea
Textura	Média, argilosa e muito argilosa	Média, argilosa e muito argilosa	Média, argilosa e muito argilosa
Drenagem	Forte a acentuadamente drenado	Bem a acentuadamente drenado, podendo ocorrer drenagem moderada e até imperfeita	Bem drenado a imperfeitamente drenado

Fonte: Oliveira et al. (1992); Chagas (1994); Prado (1995a, 1995b); Palmieri e Larach (1996).

**Tabela 9.** Algumas características químicas (valores médios) e mineralógicas diferenciais dos Latossolos do bioma Cerrado.

Características	Latossolo Vermelho	Latossolo Vermelho-Amarelo	Latossolo Amarelo	Latossolo variação Una
Material de origem	Rochas ígneas básicas (basalto, gабro), sedimentares (folhetos, argilitos, ritmitos e margas), metamórficas (ardósia, filito, xisto, matargilitos, metasiltitos, metarritmitos e anfibolitos), sedimentos argilosos a argilo arenosos	Rochas sedimentares (folhelhos, argilitos, ritmitos e margas), metamórficas (ardósia, filito, xisto, metargilitos, metasiltitos, metarritmitos e anfibolitos), sedimentos argilosos a argilo arenosos e couraças lateríticas	Sedimentos areno-argilosos ou argilo-arenosos do Grupo Barreiras	Granulonitos, chamoquitos e migmatitos diabásio e biotitadiorito, rochas pelticas (filitos e micaxistos)
<b>Horizonte</b>				
	A	Bw	A	Bw
pH (água)	5,0 - 5,3	5,0 - 5,1	4,7 - 4,9	5,1 - 5,3
C %	0,9 - 2,4	0,2 - 0,6	0,8 - 1,8	0,2 - 0,4
Ca <sup>2+</sup> e Mg <sup>2+</sup> (meq/100 g)	1,8 - 3,4	0,3 - 0,6	0,5 - 0,7	0,3 - 0,5
K <sup>+</sup> (meq/100 g)	0,1 - 0,3	0,04 - 0,2	0,1	0,02 - 0,04
Saturação por Al <sup>3+</sup>	20,8 - 26,9	57,0 - 66,7	46,7 - 60,1	25,3 - 55,6
Micronutrientes Zn, Cu, Mo, Mn	Forte a moderado		Moderado	
Saturação por bases	Eutrófico, distrófico	Distrófico, álico e ácrico	Distrófico, álico e ácrico	Distrófico, álico e ácrico

Fonte: Adámoli et al. (1986); Chagas (1994); Prado (1995a, 1995b); Macedo (1996).

de microrganismos. Isso justifica a manutenção de áreas de reserva de vegetação nativa nesses solos, sob o risco de extinção de espécies de animais, como a ema (*Rhea americana*), a seriema (*Cariama cristata*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), o veado-campeiro (*Ozotocerus bezoarticus*), o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e o tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*). A flora do Cerrado também deve ser preservada, pois é muito rica em espécies úteis ao homem e aos animais silvestres. Essas espécies podem apresentar potencial alimentício, medicinal, ornamental, forrageiro e madeireiro.

Os Latossolos abrigam ainda uma fauna (cupins, coleópteros) que, na vegetação nativa, contribui para a ciclagem de nutrientes no solo e serve de alimento para várias espécies de animais (Resende et al., 1996). O uso sustentável dos Latossolos (e isso inclui a existência de áreas de reserva) é a premissa básica para prolongar cada vez mais sua vida

biológica.

## Neossolo Quartzarênico

Essa classe de solo, anteriormente denominada de Areia Quartzosa, é constituída por solos profundos (pelo menos de 2 m), apresentando textura arenosa ou franco-arenosa, constituídos essencialmente de quartzo, com máximo de 15 % de argila e seqüência de horizontes do tipo A-C (Fig. 3). A vegetação natural predominante é a de Cerrado e/ou de Campo Cerrado.

No bioma Cerrado, os Neossolos Quartzarênicos estão relacionados a sedimentos arenosos de cobertura e a alterações de rochas quartzíticas e areníticas, normalmente em relevo plano ou suave-onulado (Fig. 4), e ocupam em torno de 15 % desse bioma. Em relevo mais movimentado, esses solos não permanecem estáveis. Extensas áreas



Foto: João Roberto Correia

**Fig. 3.** Perfil representativo de Neossolo Quartzarênico (RQ).

ocorrem em Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, oeste da Bahia, sul do Pará, Maranhão e Piauí.

Esses solos estão condicionados aos baixos

teores de argila e de matéria orgânica e, consequentemente, à baixa capacidade de agregação de partículas, sendo muito suscetíveis à erosão.

Quando ocorrem em cabeceiras de drenagem e adjacentes a mananciais, devem ser obrigatoriamente isolados e destinados à preservação.

## Argissolos

Formam uma classe de solos bastante heterogênea, denominados, na antiga classificação, de Podzólicos, que têm em comum o aumento substancial do teor de argila, com profundidade e/ou evidências de movimentação de argila do horizonte A para o horizonte B, expressas na forma de cerosidade<sup>9</sup> (Resende et al., 1988). Compreende solos minerais, não-hidromórficos, com horizonte B textural de cores avermelhadas, com tendência à tonalidade escura, e teores de óxidos de ferro inferiores a 15 % (Oliveira et al., 1992) (Fig. 5).

Nas áreas de Cerrado, os Argissolos mais comuns são o Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) e o Argissolo Vermelho (PV), fazendo-se a distinção entre eles pela coloração avermelhada mais escura e o teor de óxidos de ferro mais elevado no PV.

Ocupam, na paisagem, a porção inferior das encostas (Fig. 6), geralmente nas encostas côncas.

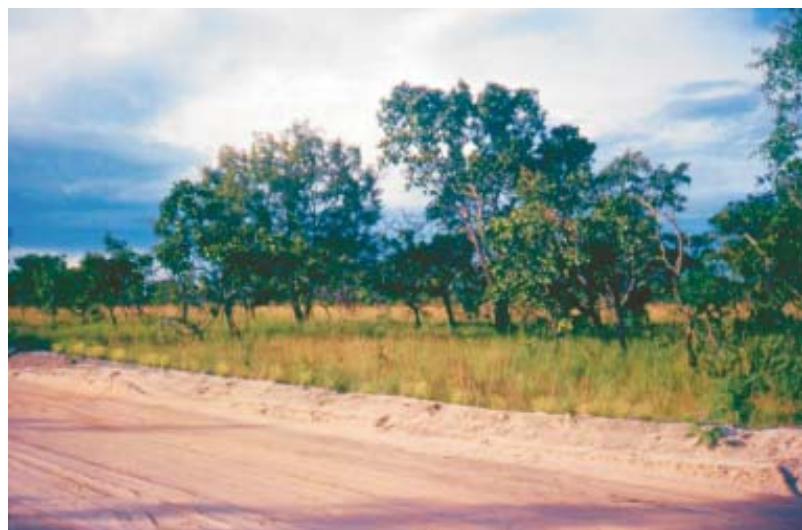


Foto: João Roberto Correia

**Fig. 4.** Ambiente de ocorrência de Neossolo Quartzarênico.

<sup>9</sup> Cerosidade do solo é um filme de argila ou de película iluvial, que reveste unidades estruturais do solo. Consiste em um revestimento de argilas cristalinas alumino-silicatadas, orientadas ou não, revestindo agregados e/ou poros. É resultado da movimentação ou da migração de argila no perfil do solo. Confere às superfícies que reveste um aspecto lustroso, quando bem desenvolvida, tornando-se facilmente perceptível (Fontes e Fontes, 1992).

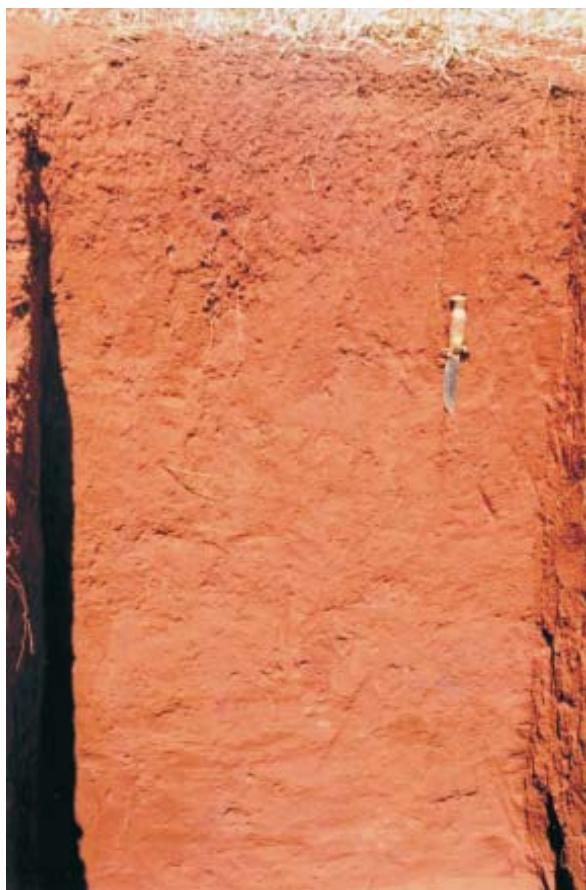


Foto: Jamil Macedo

**Fig. 5.** Perfil representativo de um Argissolo.

vas onde o relevo se apresenta ondulado (8 % a 20 % de declive) ou forte-ondulado (20 % a 45 % de declive).

Morfologicamente, o horizonte B é mais argiloso e estruturado do que o horizonte A. O gradiente de textura implica permeabilidade diferenciada no perfil, podendo levar à formação de erosões em sulcos no horizonte A. É comum encontrar Argissolos com horizonte A decapitado.

Fisicamente, apresentam profundidade e textura variáveis. Em relação à capacidade de água disponível até 1,5 m de profundidade, os Argissolos com textura média no horizonte A e argilosa no horizonte B (ou Argilosos em todo o perfil) estão na faixa de 320 mm a 500 mm, sendo de drenagem boa. Os Argissolos de textura arenosa no horizonte A e média no horizonte B (ou média em todo o perfil) estão na faixa de 170 mm a 360 mm, sendo de acentuado a fortemente drenados.

Quimicamente, podem ser eutróficos (em geral os mais vermelhos), distróficos ou álicos. Apresentam argila de baixa e alta atividade (Tb e Ta) e poucos ou muitos minerais primários facilmente intemperizáveis.

De maneira geral, esses solos apresentam variabilidade quanto à fertilidade natural e ao ambiente de ocorrência, onde diversas fitofisionomias são encontradas, como Mata de Galeria, Mata Mesofítica, Cerradão, Cerrado Denso e Cerrado, estando essas fitofisionomias freqüentemente relacionadas ao caráter edáfico.



Foto: Jamil Macedo

**Fig. 6.** Ambiente de ocorrência de Argissolo.

Problemas sérios de erosão são observados em Argissolos desprovidos de cobertura vegetal e em relevo ondulado e forte-ondulado, em virtude da característica intrínseca de gradiente textural, ou seja, horizonte A com menos argila que horizonte B. Esses problemas são ainda mais graves quando existe mudança abrupta de textura.

### Nitossolo Vermelho

Classe de solo derivada de rochas básicas e ultrabásicas, ricas em minerais ferromagnesianos (Fig. 7). No bioma Cerrado, estima-se uma ocorrência de aproximadamente 1,7 % da superfície total da região (Tabela 5). Anteriormente, essa classe de solos era denominada Terra Roxa Estruturada.

Ocupa as porções média e inferior de encostas onduladas até forte-onduladas (Fig. 8).

Morfologicamente, apresenta semelhança com os Argissolos, porém, com gradiente textural menos expressivo. Sua cor, vermelho-escura, tende a arroxeadas. Possui estrutura normalmente bem desenvolvida no horizonte Bt, conferida por ser prismática ou em blocos subangulares. A erosão em geral é expressiva.

Fisicamente, a textura é argilosa ou muito argilosa ao longo do perfil, com reduzido gradiente textural entre os horizontes A e B. São bem porosos; em



**Fig. 7.** Perfil representativo de Nitossolo Vermelho (NV).

geral, 50 % da porosidade total.

Esses solos apresentam boa drenagem e capacidade de água disponível até 1,5 m de



Foto: Jamil Macedo

**Fig. 8.** Ambiente de ocorrência de Nitossolo Vermelho (NV).

profundidade, variando, em média, de 320 mm a 600 mm.

Quimicamente, na sua maioria, são eutróficos ou distróficos, raramente álicos. São solos muito procurados para exploração intensiva com agricultura e pecuária. Além disso, ocupam normalmente relevos ondulados e forte-ondulados, sendo, portanto, solos freqüentemente desprovidos de sua vegetação original e expostos à erosão. A vegetação original, quando remanescente, normalmente é Mata Seca Semidecídua.

## Cambissolos

São solos que apresentam horizonte subsuperficial submetido a poucas alterações física e química, porém, suficientes para o desenvolvimento de cor e de estrutura. Geralmente, apresentam minerais primários facilmente intemperizáveis e teores mais elevados de silte, indicando baixo grau de intemperização. Seu horizonte subsuperficial é denominado B incipiente (Fig. 9).

Ocorrem em todo o território nacional, em áreas de pequena extensão. No bioma Cerrado, correspondem a aproximadamente 3,47 % (Tabelas 5 e 6). Geralmente, estão associados a relevos mais movimentados (ondulados e forte-ondulados) (Fig. 10).

Podem ser desde rasos a profundos, atingindo entre 0,2 m e 1 m. São identificados no campo pela presença de mica na massa do solo e pela sensação de sedosidade na textura, decorrente do silte.



**Fig. 9.** Perfil representativo de Cambissolo.

Morfologicamente, são solos de coloração bruno-amarelada, no horizonte superficial, e vermelho-amarelada, no subsuperficial. A estrutura é bastante variável, predominando blocos subangulares. Em alguns perfis, observa-se a presença de cascalhos e materiais concrecionários.



Foto: João Roberto Correia

**Fig. 10.** Ambiente de ocorrência de Cambissolo.

Fisicamente, são de textura variada, desde muito argilosa até franco-arenosa, com cascalho ou sem cascalho. Possuem capacidade de água que varia em média de 30 mm a 120 mm, conforme sua profundidade, sendo menor nos solos rasos.

Quimicamente, podem ser eutróficos, distróficos ou álicos, a depender do material de origem.

Nas áreas próximas a afloramentos de calcário e de rochas básicas e ultrabásicas, são eutróficos e associam-se com a vegetação de Mata Mesofítica e da Mata Subcaducifólia, com a ocorrência de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) e *Amburana cearensis* (cerejeira). Em áreas onde rochas calcárias estão associadas a relevo de formas suave-ondulado até montanhoso, predomina a Mata Seca Decídua, com *Chorisia speciosa* (barriguda).

Os Cambissolos que se desenvolvem a partir de filitos, metassiltitos, xistos, ardósias e quartzitos são distróficos com baixa fertilidade e estão associados a fitofisionomias do Cerrado e do Cerrado Ralo, predominando *Qualea parviflora* (pau-terra-da-folha-pequena) e *Annona crassiflora* (araticum).

Potencialmente, esses solos deveriam ser destinados à preservação permanente, pois se encontram em relevos mais íngremes ou são mais rasos. O reflorestamento com espécies nativas deve ser incentivado em áreas que sofreram desmatamento, uma vez que possibilita a cobertura do solo.

## Plintossolos

Essa classe corresponde à antiga Laterita Hidromórfica (Adámoli et al., 1986) e/ou Concrecionários Lateríticos (Resende et al., 1988). São solos minerais hidromórficos, com séria restrição à percolação de água, encontrados em áreas de alagamento temporário e, portanto, de escoamento lento (Fig. 11).

No bioma Cerrado, correspondem a 9 % da área total, sendo típicos de regiões quentes e úmidas com estação seca definida, oscilando de 5 a 6 meses. Ocorrem em relevo plano e suave-ondulado, em áreas deprimidas e nos terços inferiores da encosta onde há importante movimentação lateral de água (Fig. 12).

É comum a ocorrência de Plintossolos no

sudoeste do Estado do Tocantins e no nordeste de Goiás (Bacia do Rio Araguaia e Vão do Paraná).

Morfologicamente, apresentam horizonte de subsuperfície com manchas avermelhadas distribuídas no perfil, de aspecto variegado (resultado da concentração de ferro no solo), chamadas de plintita. O horizonte no qual se manifestam denomina-se horizonte plíntico (Fig. 11). Apresenta-se geralmente compacto e são visíveis graças ao seu aspecto multicolorido, de cores contrastantes, ficando realçadas as partes mais vermelhas formadas pela plintita.

Quando a plintita é submetida a ciclos de umedecimento e secagem, torna-se endurecida de maneira irreversível, transformando-se gradualmente em petroplintita. Plintossolos com essa característica são chamados de Plintossolos Pétricos.

Fisicamente, estão relacionados com a profundidade do horizonte plíntico, pois, quando a plintita ou a petroplintita são mais rasas, formam uma camada contínua e espessa, havendo sérias limitações quanto à permeabilidade e à restrição ao



Foto: Jamil Macedo

**Fig. 11.** Perfil representativo de Plintossolo Háplico.



Foto: João Roberto Correia

**Fig. 12.** Ambiente de ocorrência de um Plintossolo Háplico.

enraizamento das plantas. Apresentam drenagem variável. Aqueles com drenagem imperfeita são pouco coesos, permitindo que a vegetação do tipo Campo Limpo Úmido, Campo Sujo Úmido e Cerrado Ralo possa desenvolver-se, especialmente pela maior umidade do solo nesses ambientes. Nos Plintossolos Pétricos, são encontradas fitofisionomias de ambientes mais secos do que nos Plintossolos como Campo Limpo, Campo Sujo e Parque de Cerrado. A drenagem desses solos para uso agrícola não é recomendada, uma vez que o secamento pode provocar o aparecimento de petroplintita.

São solos que apresentam grande variabilidade em suas propriedades químicas. Podem ser eutróficos, distróficos ou álicos na camada superficial, com alto ou baixo teor de carbono orgânico.

## **Neossolo Litólico**

São solos rasos, associados a muitos afloramentos de rocha. No bioma Cerrado, correspondem a aproximadamente 7,49 % (Tabelas 5 e 6). São pouco evoluídos, com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha (R) ou sobre o horizonte C pouco espesso (Fig. 13). A diferenciação desses solos está na seqüência dos seus horizontes, sendo A-C-R para o Neossolo Regolítico e A-R para o Neossolo Litólico (Oliveira et al., 1992).

Normalmente, ocorrem em áreas bastante acidentadas, de relevo ondulado até montanhoso (Fig. 14).

Apresentam elevados teores de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo e algumas vezes blocos de rocha semi-intemperizada de diversos tamanhos.

Fitofisionomias típicas de Neossolo Litólico e de Neossolo Regolítico são Campo Limpo e Campo Rupestre, mas, se derivados de rochas básicas, podem até conter vegetação de Mata Seca Decídua.

Morfologicamente, são bastante heterogêneos, sendo sua profundidade arbitrada por muitos pedólogos em menos de 50 cm.

Fisicamente, a textura está muito interligada ao material de origem desses solos. Em geral, contêm apreciável proporção de fragmentos de rochas, parcialmente intemperizados, pedras ou cascalhos.

Possui capacidade de água disponível que varia em média de 10 mm a 40 mm, conforme sua profundidade, e sua drenagem varia de boa a imperfeita.

Quimicamente, podem ser eutróficos, distróficos ou álicos, e apresentar tanto argila de atividade baixa quanto de atividade alta, estando essa propriedade relacionada diretamente com a natureza do material de origem.

Os Neossolos Litólicos, por serem muito rasos

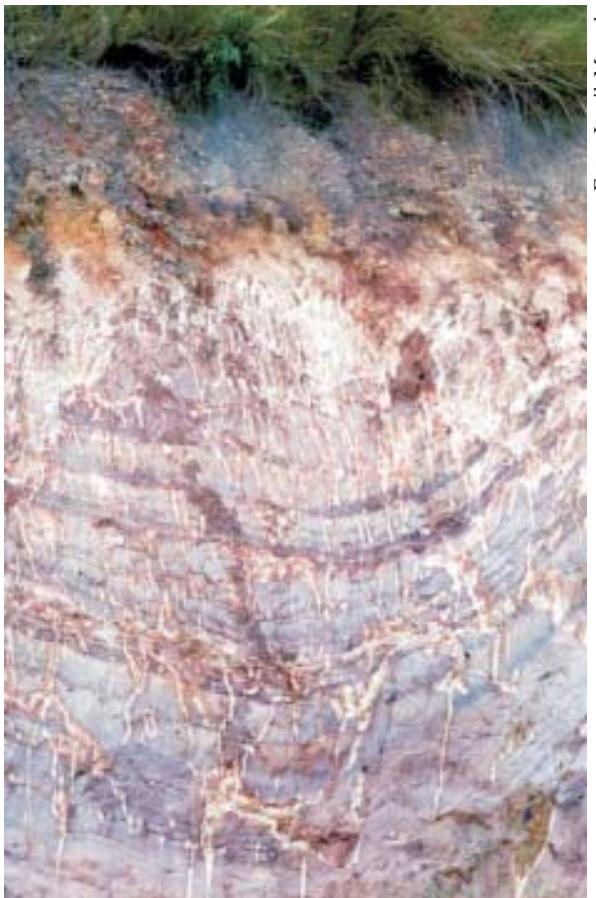


Foto: Jamil Macedo

**Fig. 13.** Perfil representativo de Neossolo Litólico.

(com horizonte A sobre a rocha), apresentam séria limitação à penetração do sistema radicular das plantas. Outro aspecto a se notar nesses solos é

que a água de percolação, ao atingir a rocha, interrompe ou diminui o seu fluxo, expondo-os aos efeitos da enxurrada. Em áreas acidentadas, o risco de erosão é forte. Já os Neossolos Regolíticos (um pouco mais espessos), esses apresentam condições menos limitantes que a classe anterior.

As características desses solos os tornam inaptos para a agricultura, principalmente com sistemas de produção mecanizados ou semimecanizados. Plantas de porte arbóreo só se estabelecem em Neossolos Litólicos ou Regolíticos quando encontram aberturas ou fendas entre as rochas.

### Gleissolo Háplico e Gleissolo Melânico

São solos hidromórficos que ocupam geralmente as depressões da paisagem sujeitas a inundações. Apresentam drenagem dos tipos mal drenado ou muito mal drenado, ocorrendo, com freqüência, espessa camada escura de matéria orgânica mal decomposta sobre uma camada acinzentada (gleizada), resultante de ambiente de oxirredução (Fig. 15 e 16).

No bioma Cerrado, a área estimada desses solos é de 1,61 %, estando o Gleissolo Melânico em menor proporção (0,2 %) (Tabelas 5 e 6). No Gleissolo Melânico, o horizonte A tem 20 cm ou mais de espessura, apresenta-se escuro, com



Foto: Jamil Macedo

**Fig. 14.** Ambiente de ocorrência de Neossolo Litólico.

grande quantidade de matéria orgânica. No Gleissolo Háplico, o horizonte A é mais claro e mais pobre em matéria orgânica. A vegetação associada a esses solos hidromórficos são Campo Limpo Úmido (Campo de Várzea), Buritizal (Campo Higrófilo de Surgente) e Mata de Galeria.

Estão localizados em áreas de Várzeas, normalmente em relevo plano, que permite o acúmulo de água durante todo o ano ou na maior parte dele. Podem ocorrer em cabeceiras de rios ou de córregos, e também ao longo deles, estando

sujeitos a inundações.

Morfologicamente, são solos pouco desenvolvidos. Formaram-se de sedimentos aluviais, com presença de lençol freático próximo à superfície, na maior parte do ano, caracterizando um ambiente de acúmulo de matéria orgânica e de oxirredução. Os perfis são do tipo horizonte A, com predominância de cores pretas sobre C, com tendência a cores cinzento-claras.

Fisicamente, apresentam textura bastante variável ao longo do perfil. Quando argilosos ou muito



Foto: João Roberto Correia

**Fig. 15.** Perfil representativo de um Gleissolo Háplico.



Foto: José Madeira Neto

**Fig. 16.** Ambiente de ocorrência de Solos Hidromórficos.

argilosos, sua consistência é plástica e pegajosa. Normalmente, são solos bem estruturados.

Quimicamente, podem ser ricos ou pobres em bases ou com teores de alumínio elevados, por estarem posicionados em áreas sujeitas a contribuições de materiais transportados das posições mais elevadas, uma vez que são formados em terrenos de recepção ou de trânsito de produtos transportados.

Por serem sistemas conservadores de água, próximos às nascentes e aos cursos d'água, é muito importante preservá-los, para não comprometer o reservatório hídrico da região. Portanto, não se recomenda a drenagem desses solos, pois tendem a encrostar e a endurecer, a perder matéria orgânica e, se apresentarem caráter tiomórfico (presença de quantidades elevadas de sulfetos e/ou sulfatos), tornam-se bastante ácidos.

### Síntese das principais classes de solos do bioma Cerrado

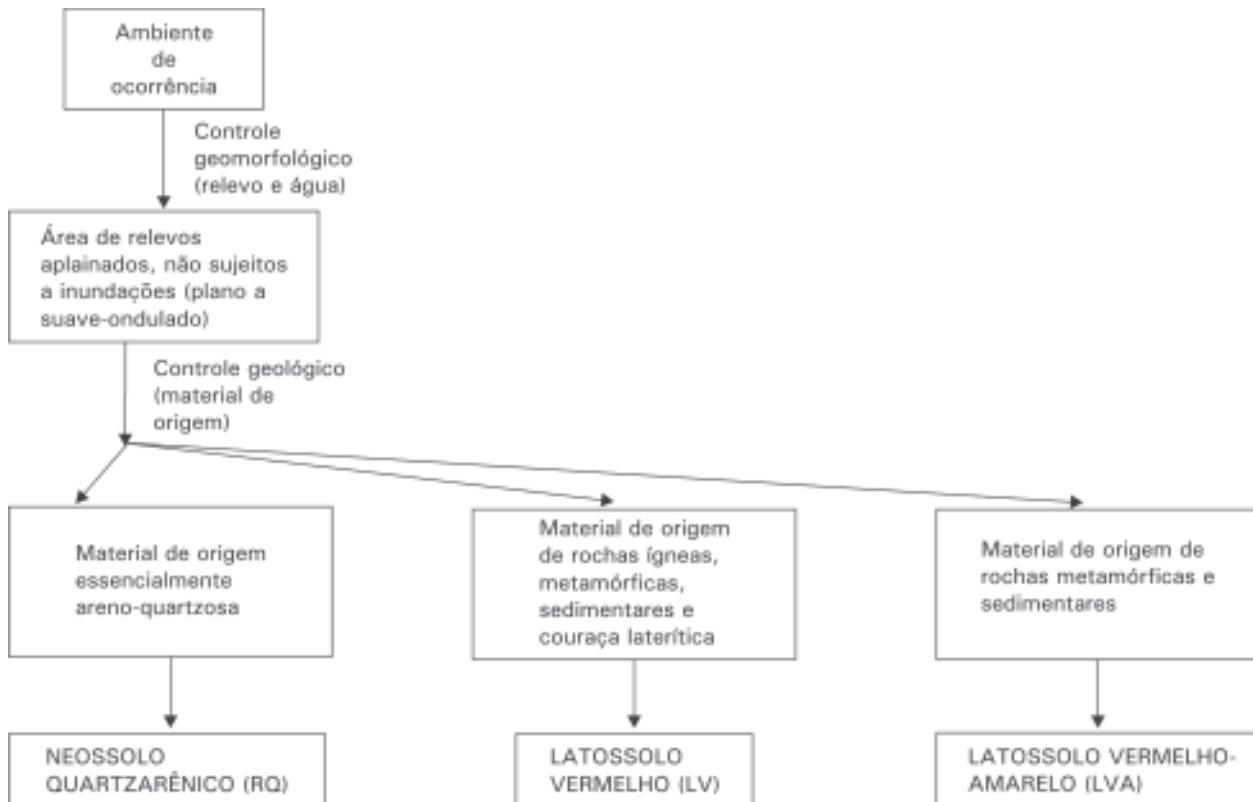
A seguir, serão apresentados fluxogramas sintéticos ou chaves de identificação das classes de

solos e sua relação com os controles da paisagem. Esses controles estão relacionados com a geologia, a geomorfologia, o funcionamento hídrico, o clima e a fitofisionomia. A Fig. 17 apresenta uma chave para separação dos Latossolos em relação aos Neossolos Quartzarênicos; a Fig. 18, a chave separa as classes de solos com B textural e B incipiente; e a Fig. 19 mostra uma chave para as classes de solos sob ambiente de hidromorfismo.

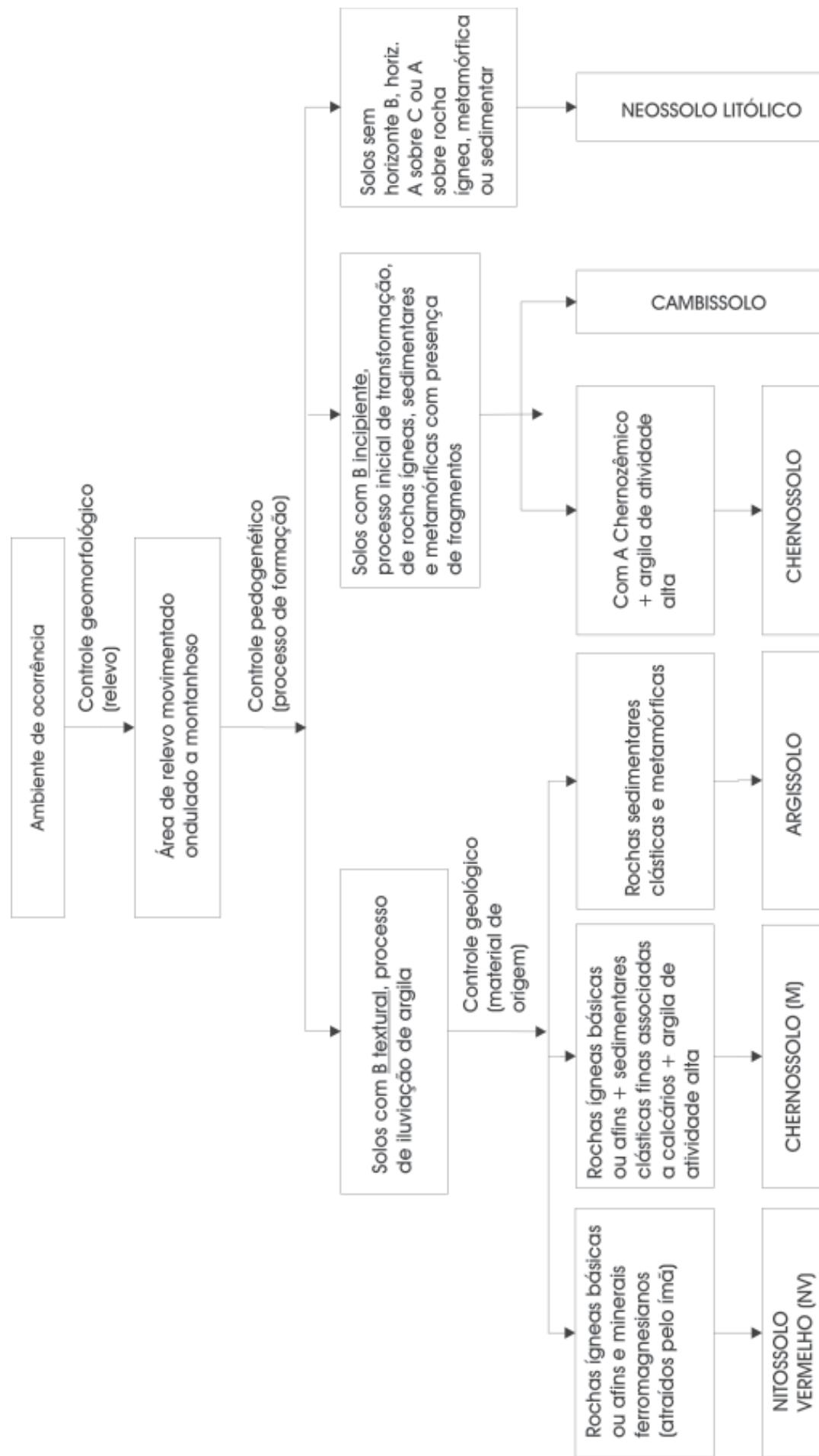
### Pedodiversidade em relação à escala de observação

A pedodiversidade é uma medida de diversidade de solos diretamente proporcional à escala de mapeamento. Quanto maior a escala, maior é a pedodiversidade, ou seja, maior o conhecimento do solo.

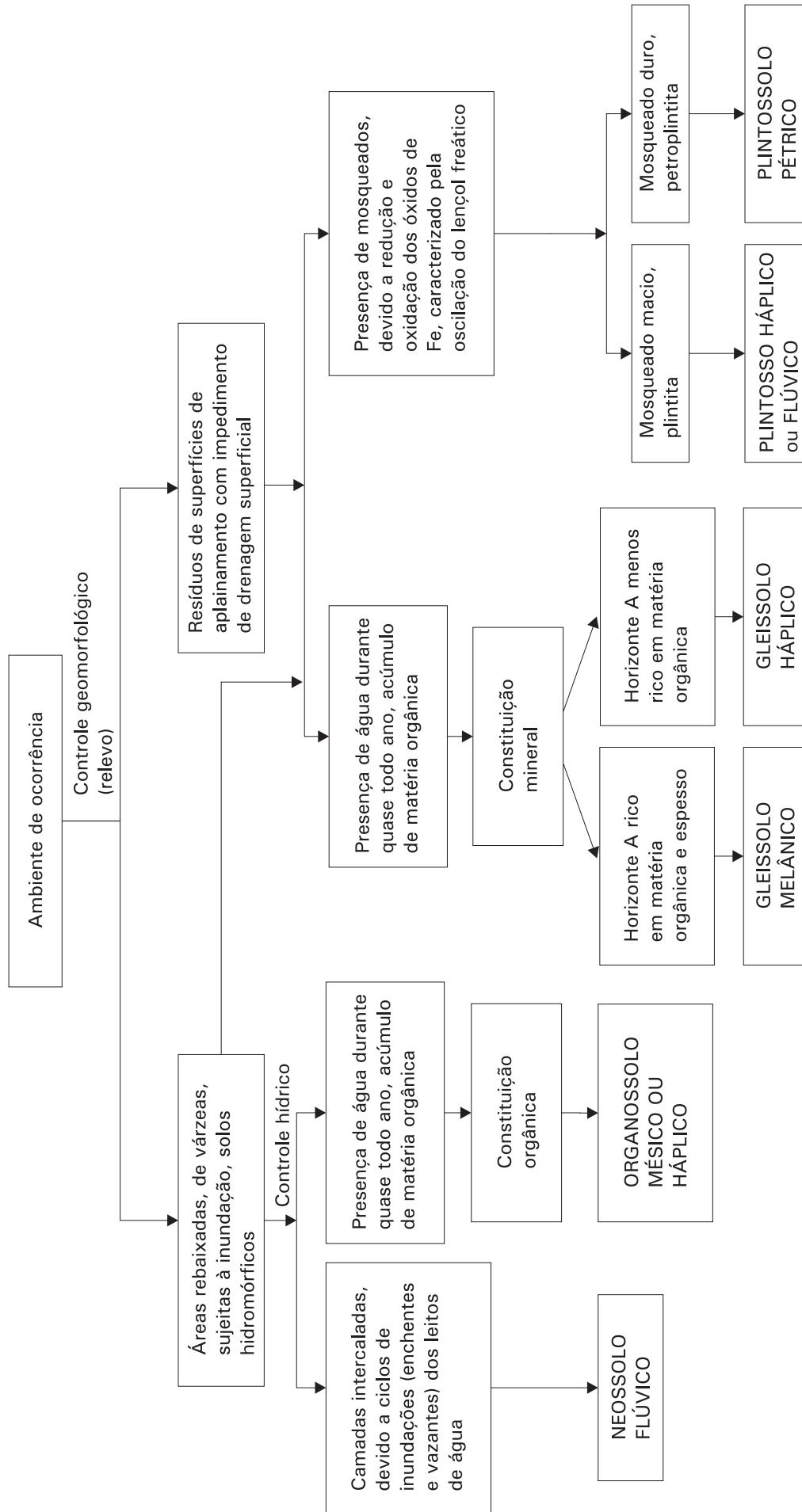
Índices e modelos de pedodiversidade têm sido propostos para avaliar a diversidade de solos, com a mesma abordagem dos estudos de biodiversidade em ecologia. Eles podem ser usados tanto para aquisição de um conhecimento exploratório quanto para quantificar e comparar a complexidade de



**Fig. 17.** Chave de identificação das classes de Neossolo Quartzarênico e Latossolos.



**Fig. 18.** Chave de identificação das classes de solos com B textural e B incipiente.



**Fig. 19.** Chave de identificação das classes de solos sob ambiente de hidromorfismo.

classes de solos em diferentes áreas e ambientes (Ibáñez e De-Alba, 1999). Ibáñez e De-Alba (1999) baseiam o conceito de diversidade segundo a monografia de Huston (1994) *Biological Diversity*, segundo a qual a diversidade pode ser avaliada se, ao selecionar uma classe, ela for suficientemente diferente para considerar os tipos de objetos separados, ou, por sua vez, se os objetos em determinada classe forem suficientemente similares para serem considerados do mesmo tipo.

Há posições controversas na literatura quanto a utilizar-se a mesma abordagem ao comparar a pedodiversidade com a biodiversidade. Para Camargo (1999), o conceito de biodiversidade, que integra a diversidade de espécies e sua dominância, com grande aplicabilidade em ecologia, não apresenta paralelo com os solos em relação à pedodiversidade. Esse autor afirma que os conceitos podem ser análogos, porém, não são idênticos. Enfatiza que a pedodiversidade é considerada a variabilidade das propriedades do solo em uma área ou região específica, determinadas por sua constituição, seu tipo e seus atributos, e não um conceito de evolução e ecológico. No entanto, a idéia de evolução de solos pode ser considerada em sua classificação, desde que exista uma relação com diversos parâmetros da paisagem, especialmente a disposição das unidades de mapeamento no espaço geográfico. Supõe-se que a Classificação Brasileira de Solos adota esse tipo de conceito, pois considera diferentes níveis hierárquicos (Embrapa, 1999).

Os métodos para medir a pedodiversidade estão relacionados a seguir:

- Densidade de observações: número de objetos observados ou número de classes de solos em determinada unidade amostral.
- Freqüência de amostragem: número de observações em relação ao todo amostral.
- Diversidade diferencial: medida de como a diferença (distância das medidas) ou a similaridade (índice de similaridade) da variação do solo está em termos de variabilidade e algumas vezes abundância de classes dentro da unidade amostral. A diversidade

diferencial pode ser observada ao longo de um gradiente de seqüências de solo.

Índices de pedodiversidade, baseados na proporção das classes de solo, podem ser usados na Classificação de Solos. Por exemplo, a determinação de um índice de heterogeneidade macromorfológica ou auto-organização de perfis de solos (considerando o número de camadas de horizontes pedogenéticos) define classes de solos.

As escalas de observação podem ser definidas por índices de pedodiversidade, as quais estão enumeradas a seguir, em ordem decrescente: a escala de *pedon* ou perfil (1:1.000)<sup>10</sup>; *polipedon* ou classe de solo (1:5.000 a 1:10.000); associação de classes de solos (1:25.000 a 1:50.000); bacia hidrográfica (1:100.000); unidade geoambiental ou de paisagem (1:250.000); e bioma (1:1.000.000).

Por exemplo, ao estudar o Distrito Federal, na escala 1:5.000.000, observam-se somente três classes de solos: Latossolos, Cambissolos e Nitossolos (Anexos, Fig. 15). Ao se ampliar a escala de mapeamento para 1:100.000 da mesma região, verificam-se 59 classes de solo (Anexos, Fig. 16). Assim, com esse exemplo de escala, pode-se avaliar a pedodiversidade de uma área.

O observador, ao fazer a leitura de um mapa de solos, deve estar plenamente consciente da escala utilizada para não ser induzido a erro. A pedodiversidade em uma escala 1:1.000.000 é menor do que em uma 1:100.000.

## Considerações finais

A maior parte do bioma Cerrado é dominada por Latossolos, mas um número significativo de outras classes de solos, em associação com as condições de clima, favorece o estabelecimento de grande diversidade de espécies vegetais, seja do estrato graminoso, arbustivo, seja do arbóreo. A vegetação representa, então, a melhor expressão dessa grande diversidade de ambientes.

Áreas com cobertura natural são fundamentais para a manutenção dessa biodiversidade. Durante os últimos 25 anos, pelo menos 40 % de toda a extensão do Cerrado tem sido usada no estabele-

<sup>10</sup> Leitura de escala: por exemplo, uma escala 1: 1.000 significa que 1 cm no mapa representa 0,01 km ou 10 m no terreno; uma escala 1:100.000 representa 1 cm no mapa ou 1 km no terreno; uma escala 1:1.000.000 representa 1 cm no mapa ou 10 km no terreno.

cimento de pastagens e na exploração de agricultura intensiva, particularmente de culturas anuais, como soja e milho (Ratter e Ribeiro, 1996). Assim, a taxa de destruição é alarmante, nos obrigando à tomada de providências urgentes para preservar essa rica biodiversidade.

Para que não desapareçam a extensa diversidade florística e a faunística desse bioma, é preciso selecionar áreas destinadas à preservação ou à reserva. Elas não devem, porém, estar restritas às terras impróprias à agricultura ou à pecuária. Parte das áreas produtivas também deve ser preservada para garantir a biodiversidade desses ambientes. Quanto às áreas agricultadas ou às usadas como pastagem, é fundamental a adoção de sistemas de manejo que mantenham a qualidade do solo, da água e do ar. A vida com qualidade depende do convívio harmônico do homem com a natureza que o cerca.

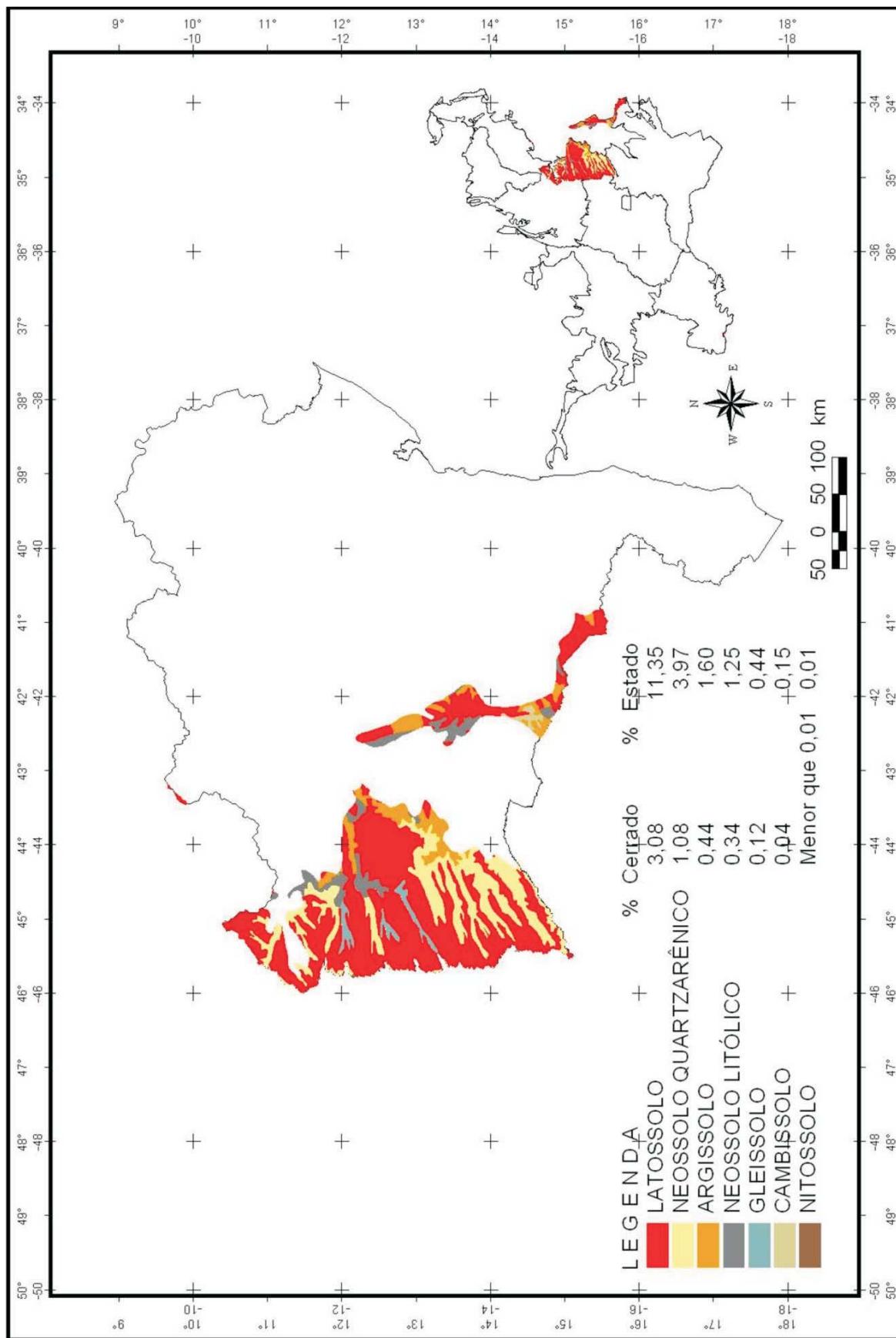
O solo, em particular, deve ser considerado não como um recurso inerte, mas como um componente do ecossistema que abriga uma infinidade de organismos necessários à sobrevivência do homem e de todo o planeta.

## Referências

- ADÁMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 33-74.
- BUCHELE, F. A.; SILVA, J. A. da. **Manual prático de irrigação por aspersão em sistemas convencionais**. Florianópolis: EPAGRI, 1992. 81 p. (EPAGRI Boletim Técnico, 58).
- BUOL, S. W.; HOLE, F. D.; Mc CRACKEN, Y. **Genesis y classificacion de suelos**. México: Irillas, 1981. 417 p.
- CAMARGO, J. A. On the concept of pedodiversity and its measurement. **GEOERMA**, Amsterdam, v. 93, n. 3/4, p. 335-338, 1999.
- CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da SBCS**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 11-33, 1987.
- CHAGAS, C. S. **Associação de Latossolo Variação Una e Latossolo Vermelho-Escuro efeito diferencial da orientação dos estratos de rochas pelíticas pobres**. 124 f. 1994. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- COSTA, J. B. **Caracterização e constituição do solo**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1979. 527 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Critérios para distinção de classes de solo e de fases de unidades de mapeamento: normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro, 1988. 67 p. (Embrapa-SNLCS. Documentos, 11).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Mapa de solos do Brasil, 1:5.000.000**. Rio de Janeiro, 1981.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture (Washington, DC). **Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. Washington, DC, 1975. 754 p. (USDA. Agricultural Handbook, 436).
- FAO (Roma, Itália). **World reference base for soil resources**. Rome: FAO; ISSS; ISRIC, 1998. 88 p. (FAO. World Soil Resources Reports, 84).
- FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **Glossário de ciência do solo**. Viçosa: UFV, 1992. 142 p.
- IBÁNEZ, J. J.; DE-ALBA, S. On the concept of pedodiversity and its measurement. A reply. **GEOERMA**, Amsterdam, v. 93, n. 3/4, p. 339-344, 1999.
- IBÁNEZ, J. J.; DE-ALBA, S.; BERMÚDEZ, F. F.; GARCIA-ÁLVAREZ, A.; Pedodiversity: concepts and measures. **CATENA**, Amsterdam, v. 24, n. 3, p. 215-232, 1995.
- LOPES, A. S. **Solos sob cerrados: características, propriedades e manejo**. 2. ed. Piracicaba: POTAPOS, 1984. 162 p.
- MACEDO, J. Os solos da Região do Cerrado. In: ALVAREZ VENEGAS, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, 1996. p. 135-167.

- MUNSELL color soil charts. Baltimore, 1975. n.p.
- OLIVEIRA, J. B. de; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil:** guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 210 p.
- PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 59-119.
- PRADO, H. do. **Manejo do solo:** descrições pedológicas e suas implicações. São Paulo: Nobel, 1991. 117 p.
- PRADO, H. do. **Manual de classificação de solos do Brasil.** 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995a. 197 p.
- PRADO, H. do. **A pedologia simplificada.** Piracicaba: POTAPOS, 1995b. 16 p. (POTAPOS. Arquivo do Agrônomo, 1).
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F. Biodiversity of the flora of the cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos cerrados:** anais. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. p. 3-5.
- RESENDE, M.; CURI, N. L.; RESENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia:** base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 1995. 304 p.
- RESENDE, M.; CURI, N. L.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo:** interações e aplicações. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAPOS, 1988. 83 p.
- RESENDE, M.; KER, J. C.; BAHIA FILHO, A. F. C. Desenvolvimento sustentado do cerrado. In: ALVAREZ VENEGAS, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **Os solos nos grandes domínios morfo climáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado.** Viçosa: SBCS; UFV, 1996. p. 169-199.
- RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; MACEDO, J.; SILVA, J. A. **Os principais tipos fitofisionômicos da região dos cerrados.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1983. 28 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 21).
- SANTOS, H.; LARACH, J. O. I.; MOTHCI, E. P. Símbolos e convenções para identificação de classes de solos. **Boletim Informativo da SBCS,** Campinas, v. 21, n. 3, p. 119-123, 1996.

## Anexo



**Fig. 1.** Mapa de solos do Estado da Bahia no limite do bioma Cerrado.

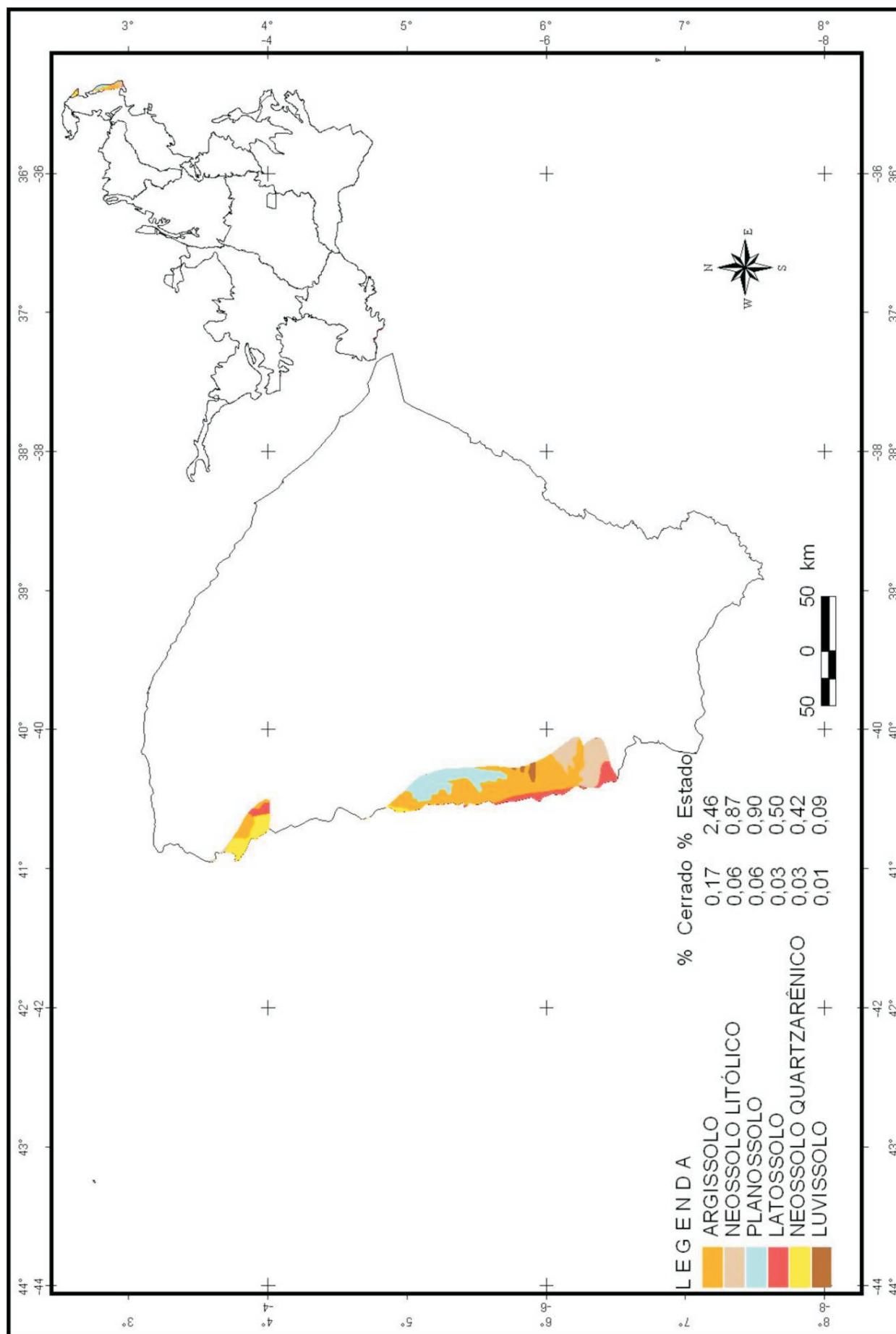
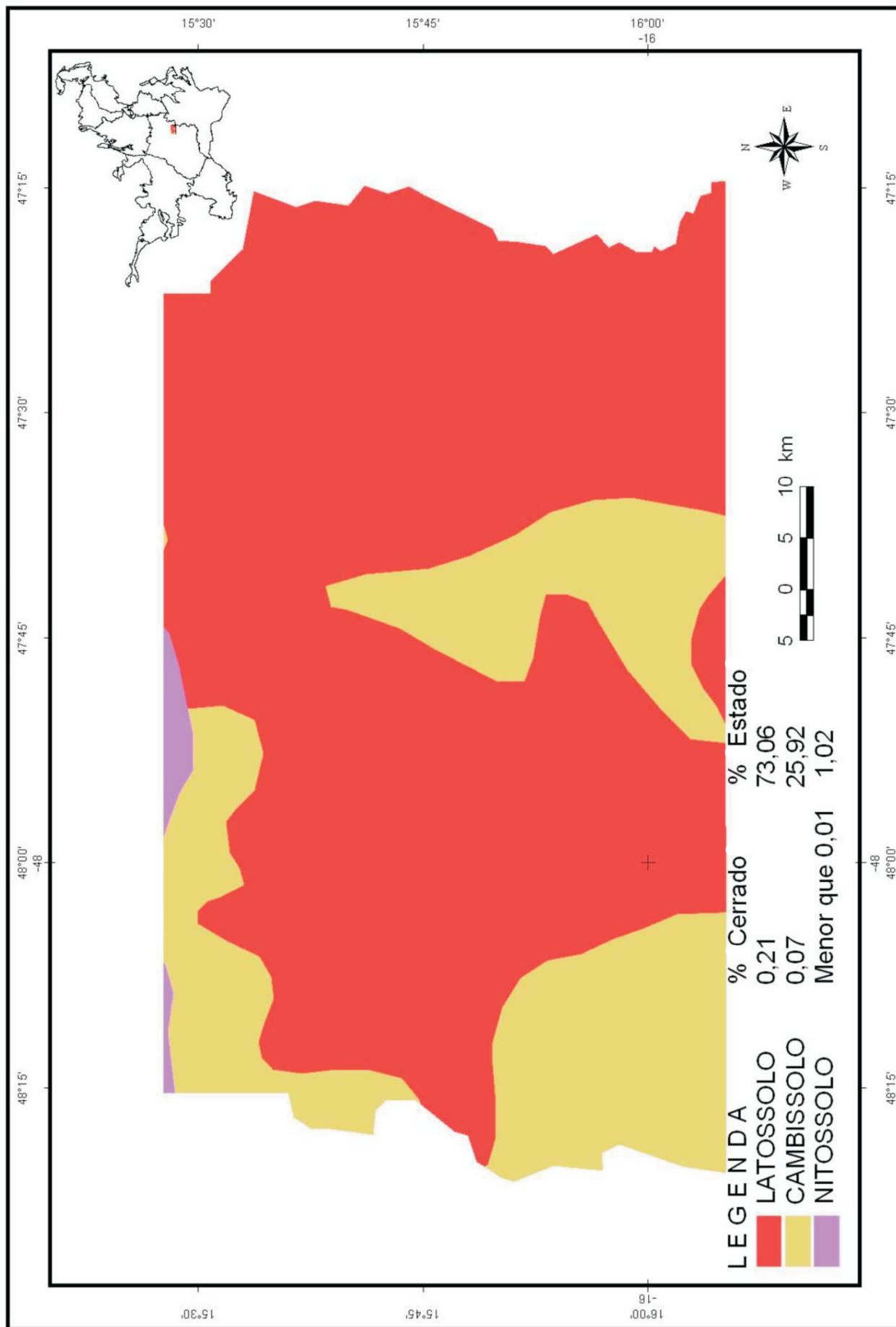
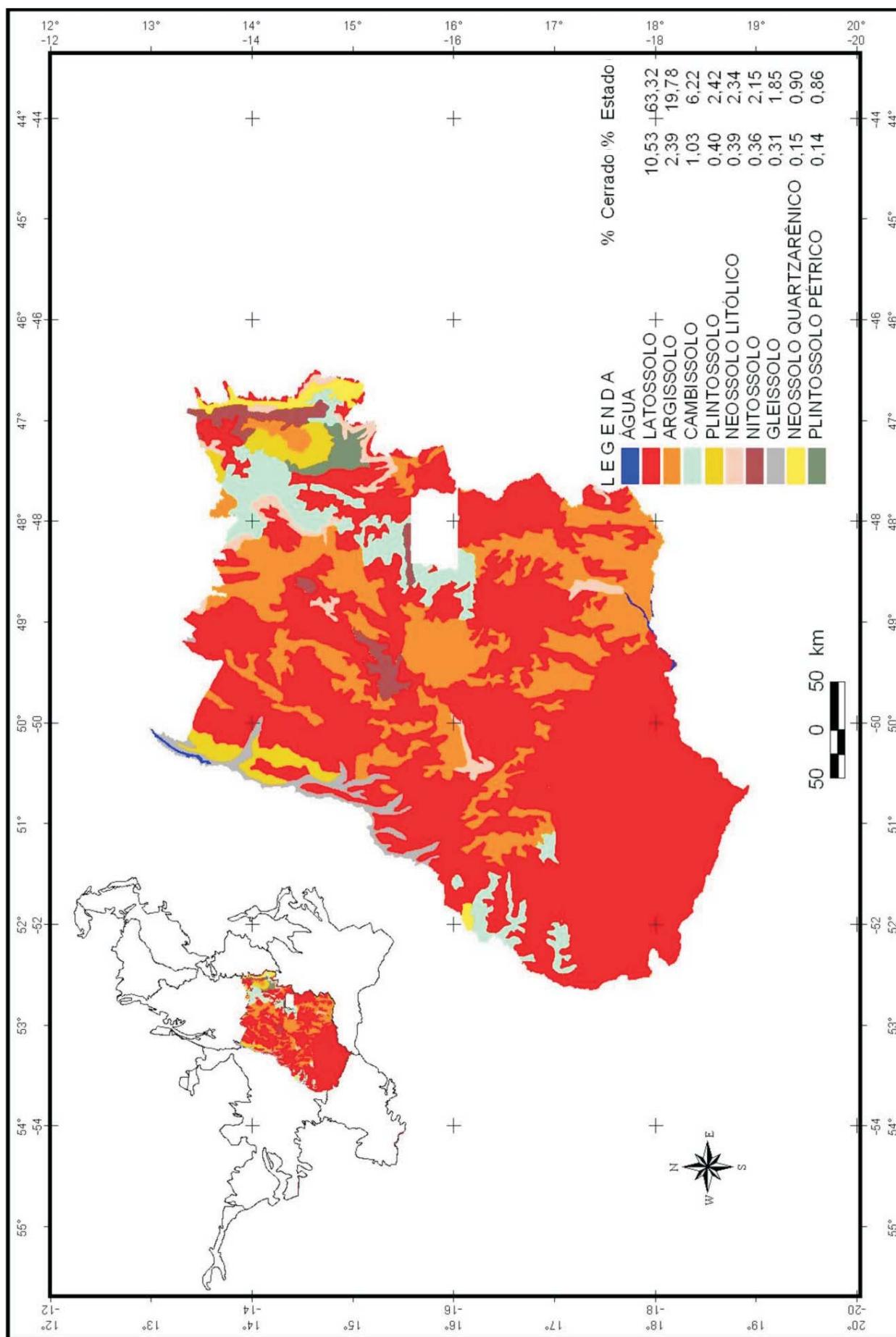


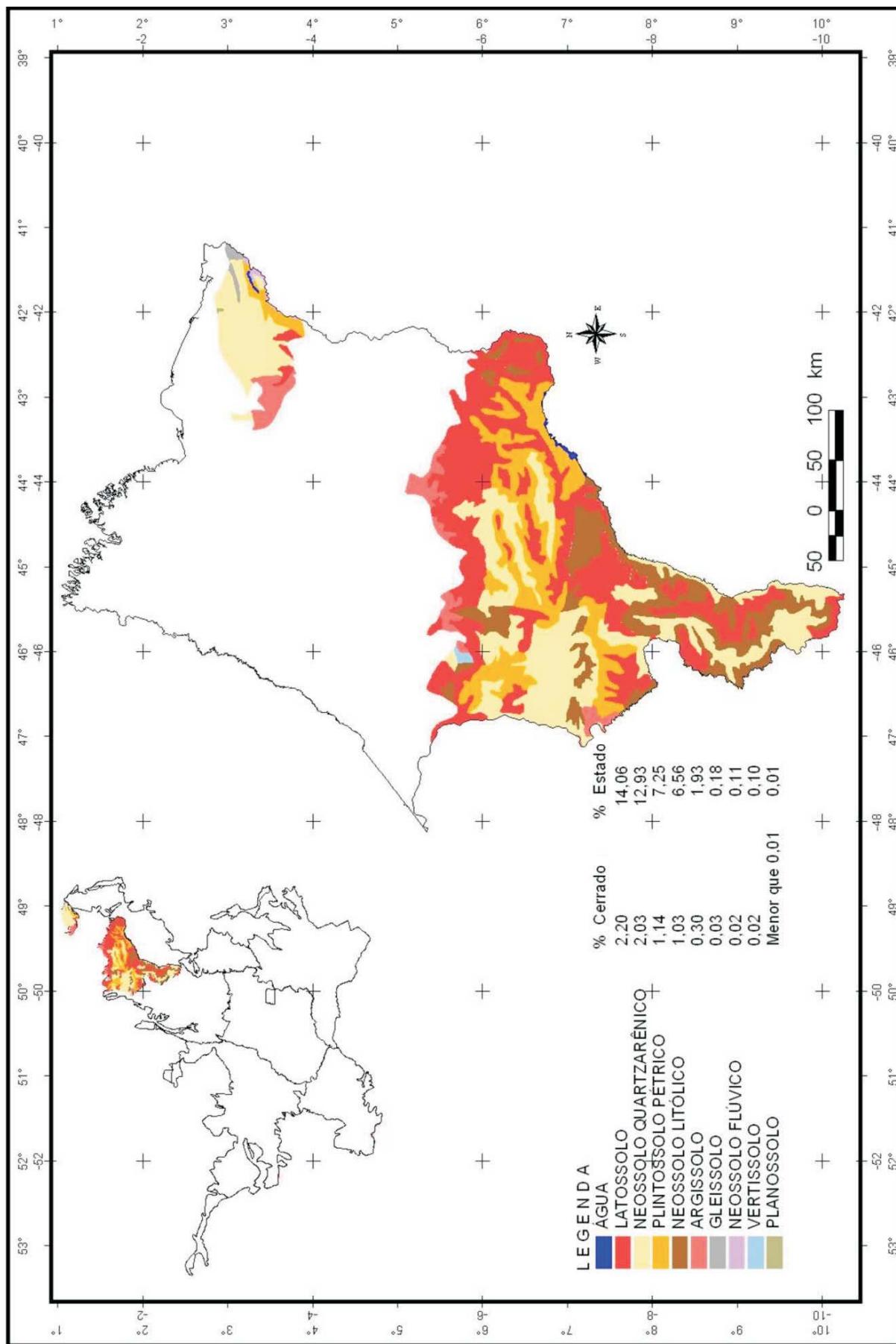
Fig. 2. Mapa de solos do Estado do Ceará no limite do bioma Cerrado.



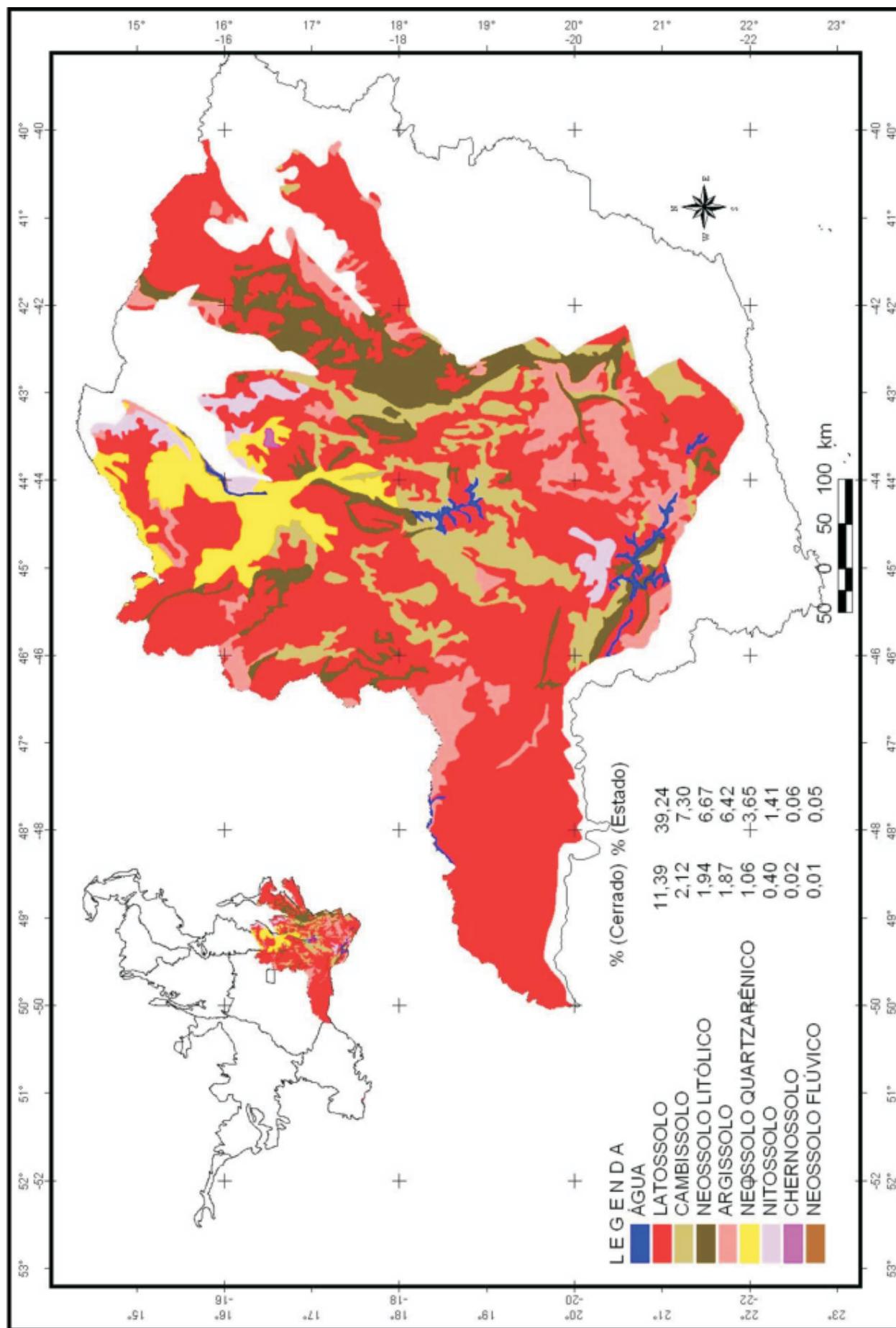
**Fig. 3.** Mapa de solos do Estado do Distrito Federal no limite do bioma Cerrado.



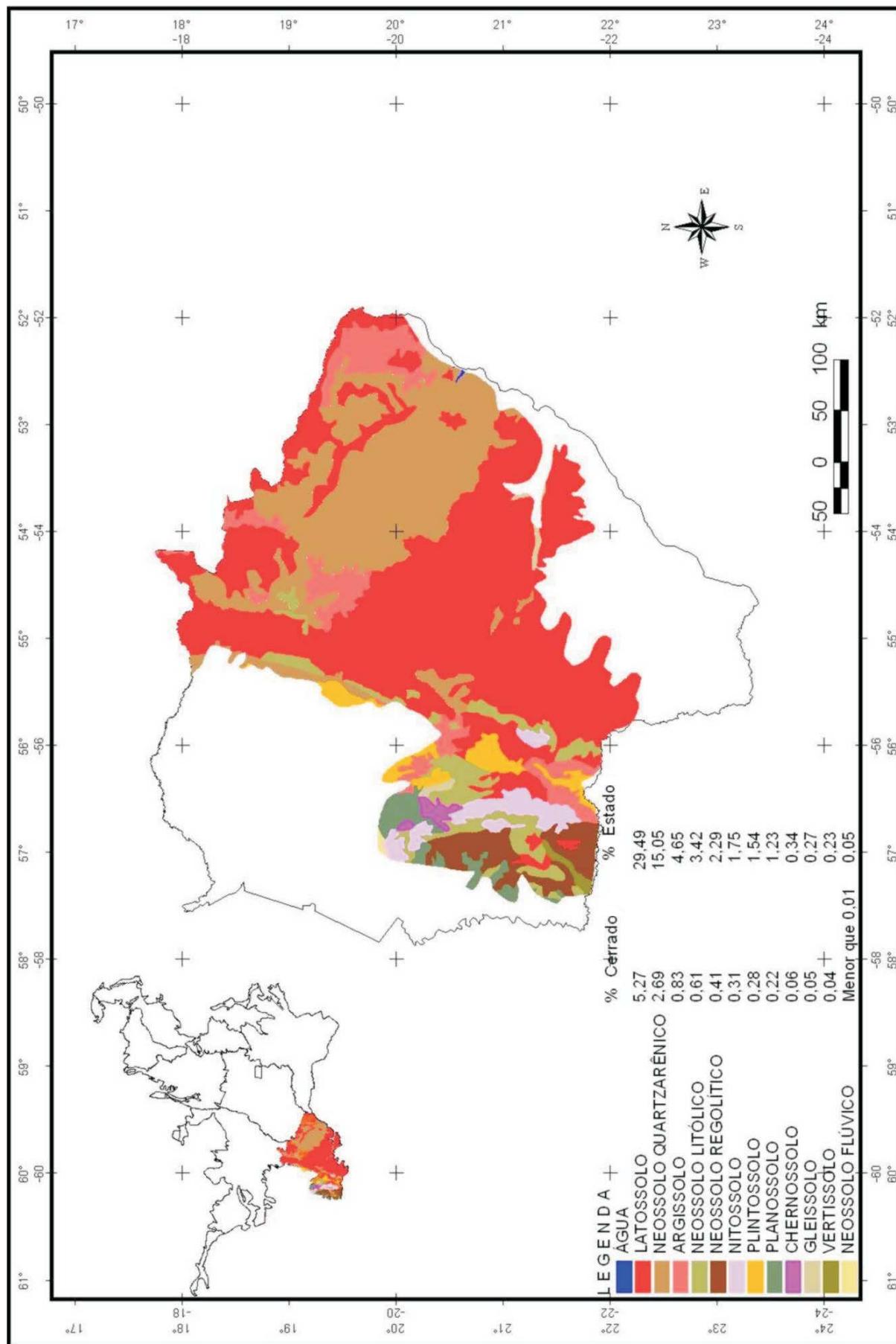
**Fig. 4.** Mapa de solos do Estado de Goiás no limite do bioma Cerrado.



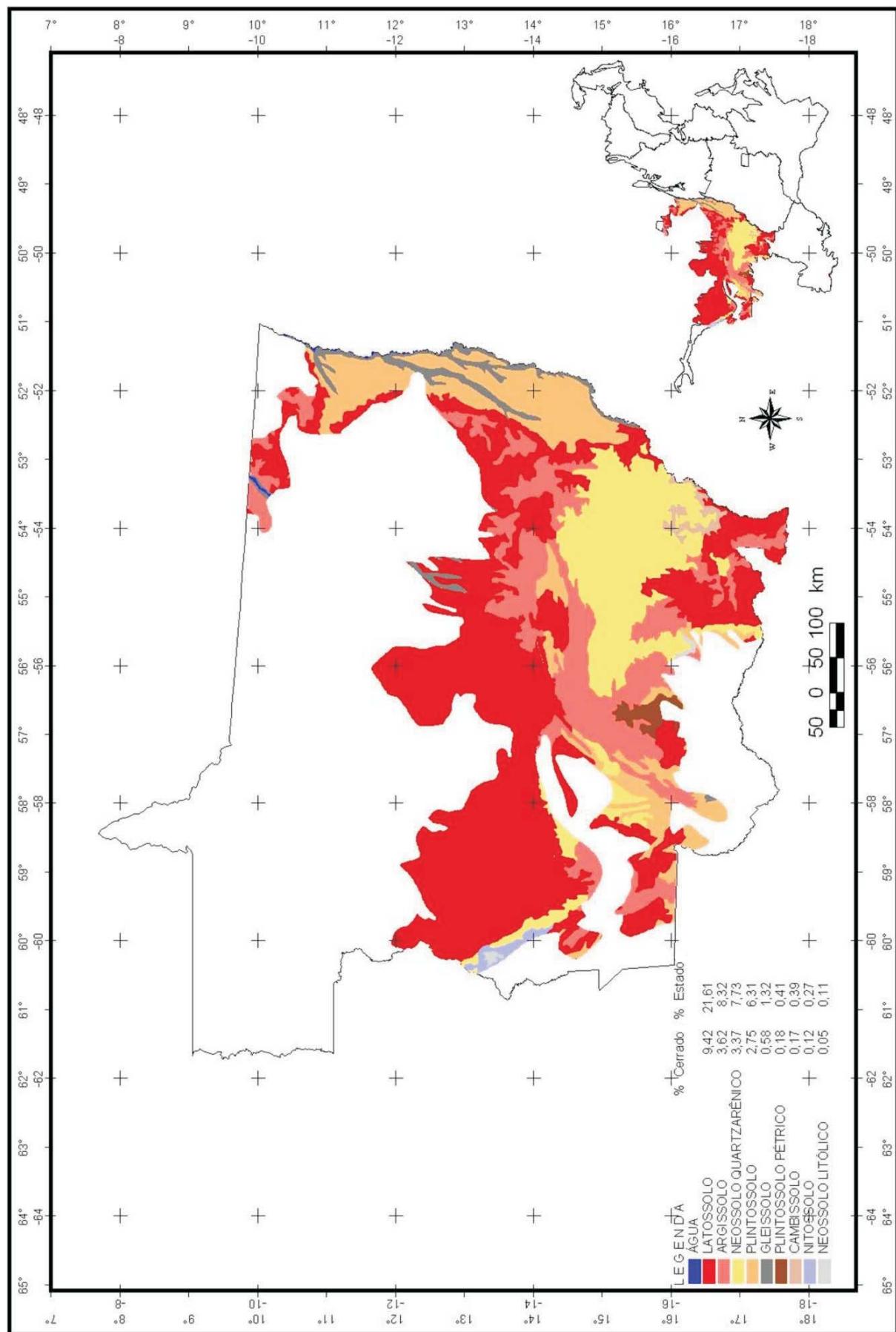
**Fig. 5.** Mapa de solos do Estado do Maranhão no limite do bioma Cerrado.



**Fig. 6.** Mapa de solos do Estado de Minas Gerais no limite do bioma Cerrado.



**Fig. 7.** Mapa de solos do Estado de Mato Grosso do Sul no limite do bioma Cerrado.



**Fig. 8.** Mapa de solos do Estado de Mato Grosso no limite do bioma Cerrado.

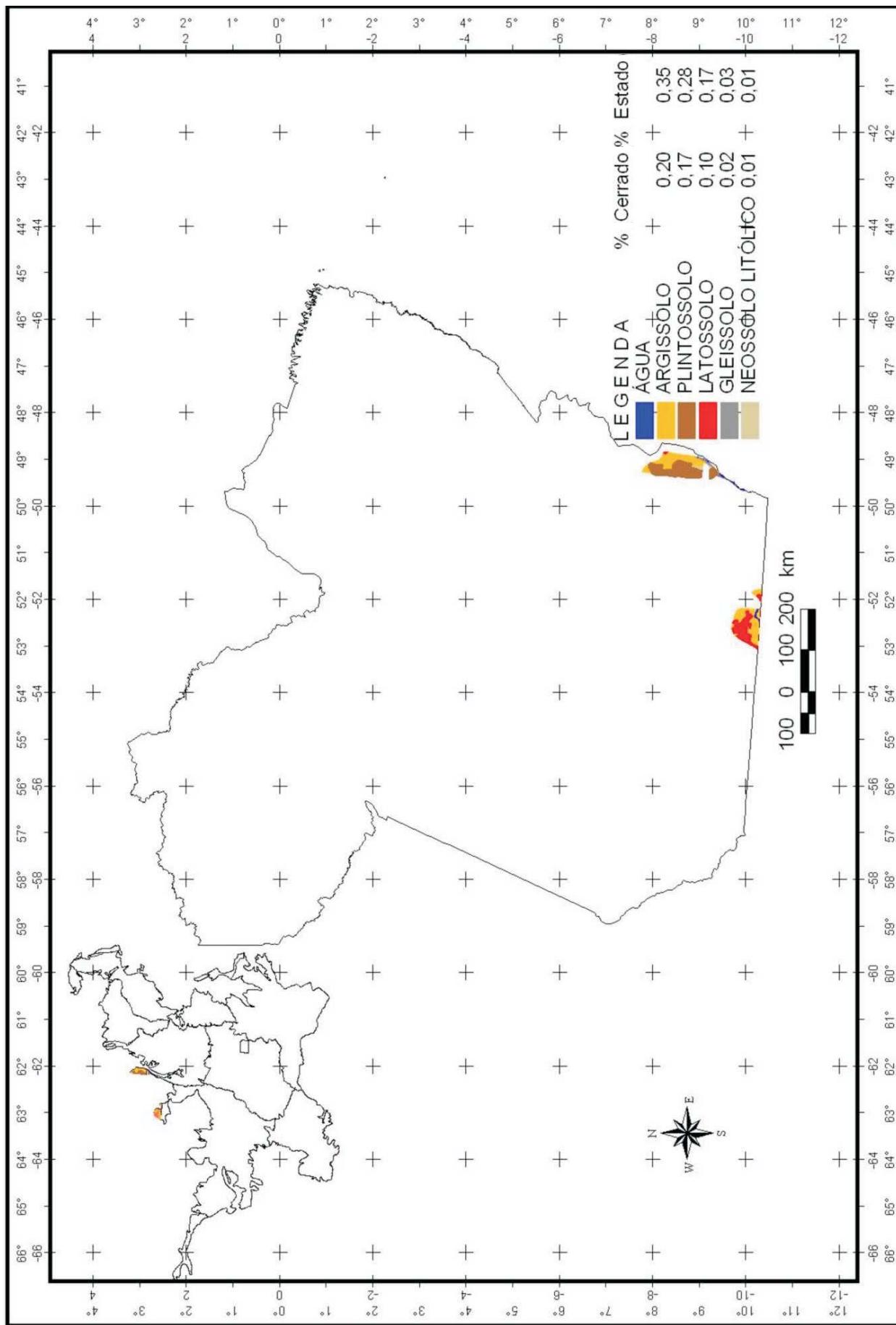
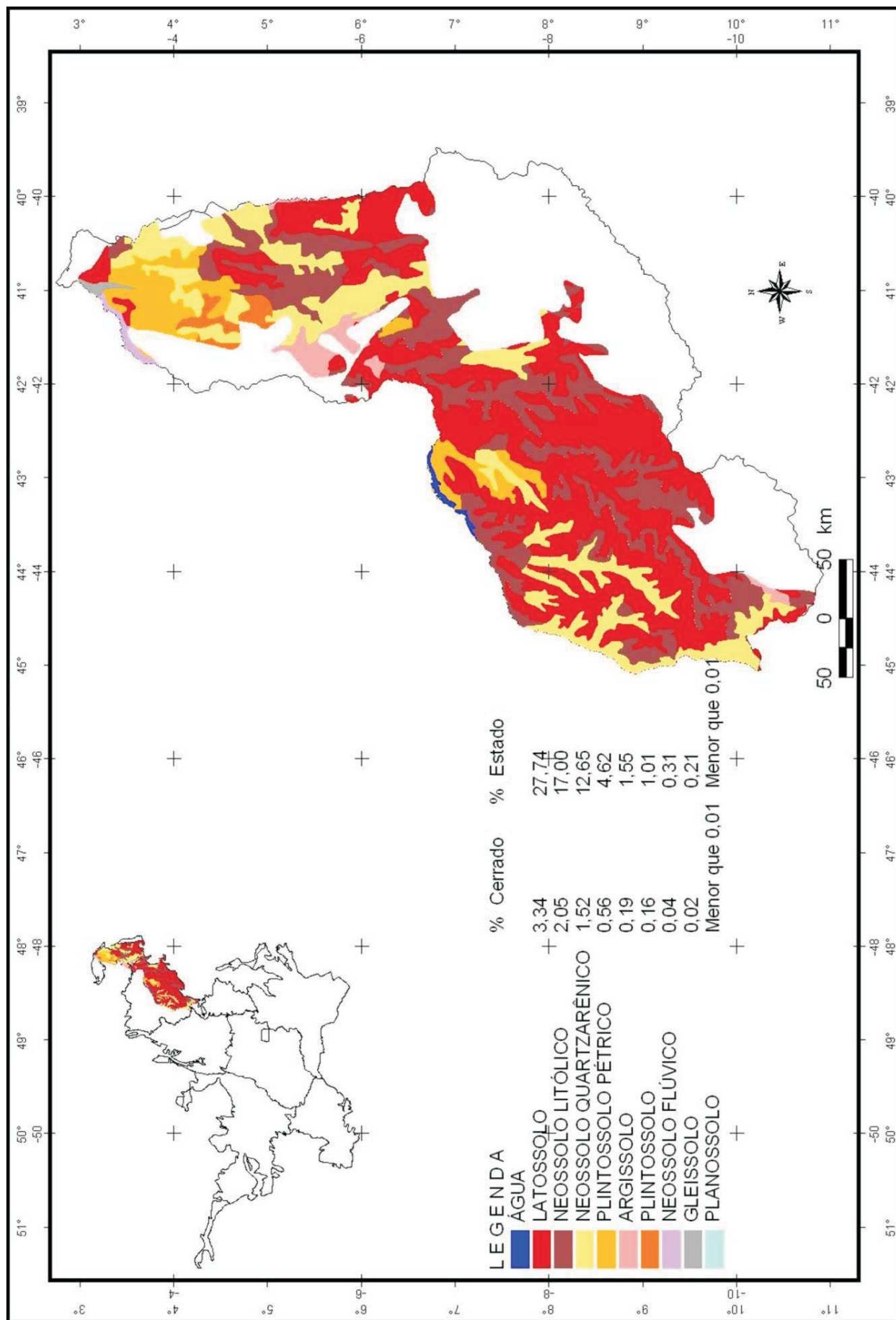
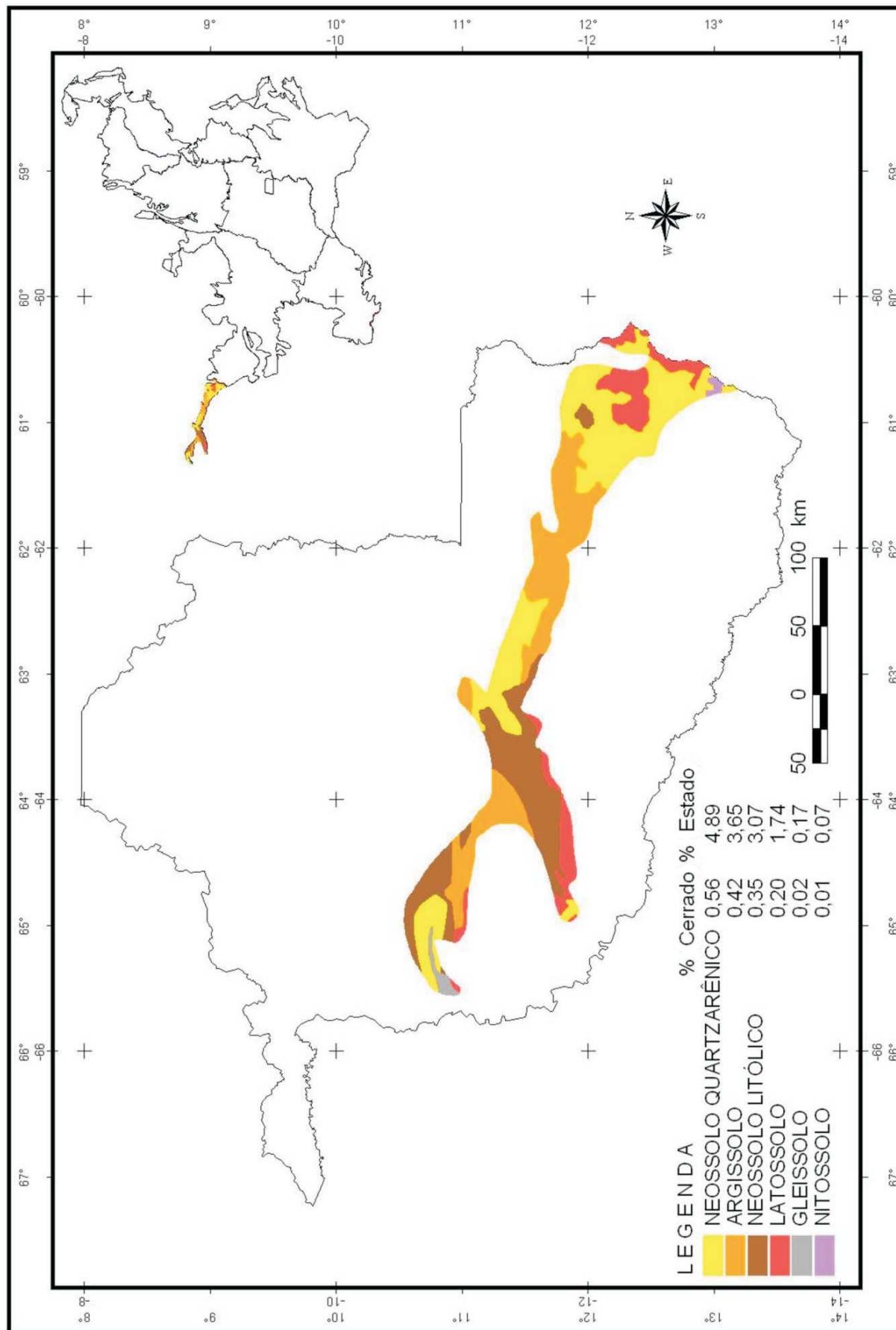


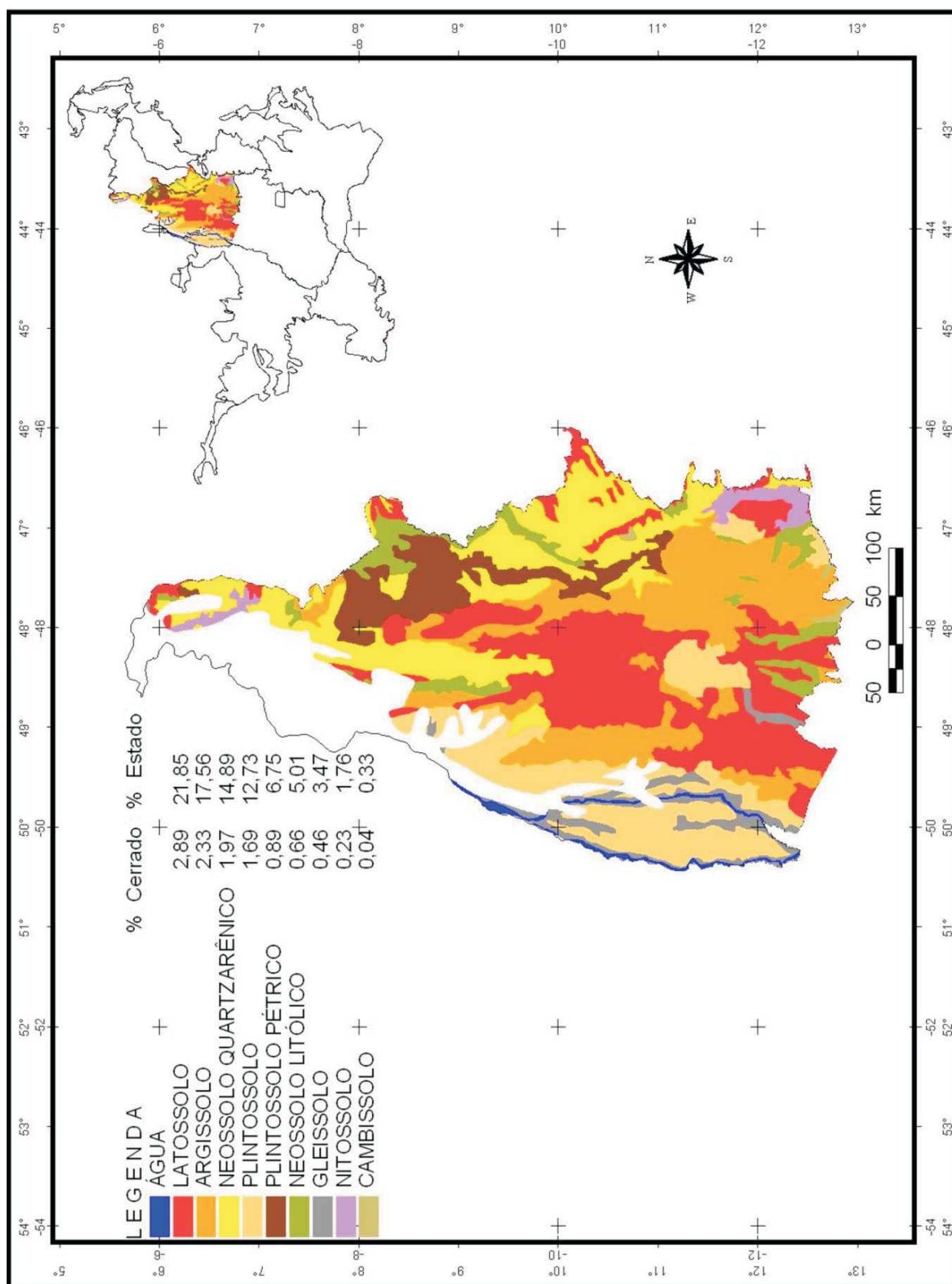
Fig. 9. Mapa de solos do Estado do Pará no limite do bioma Cerrado.



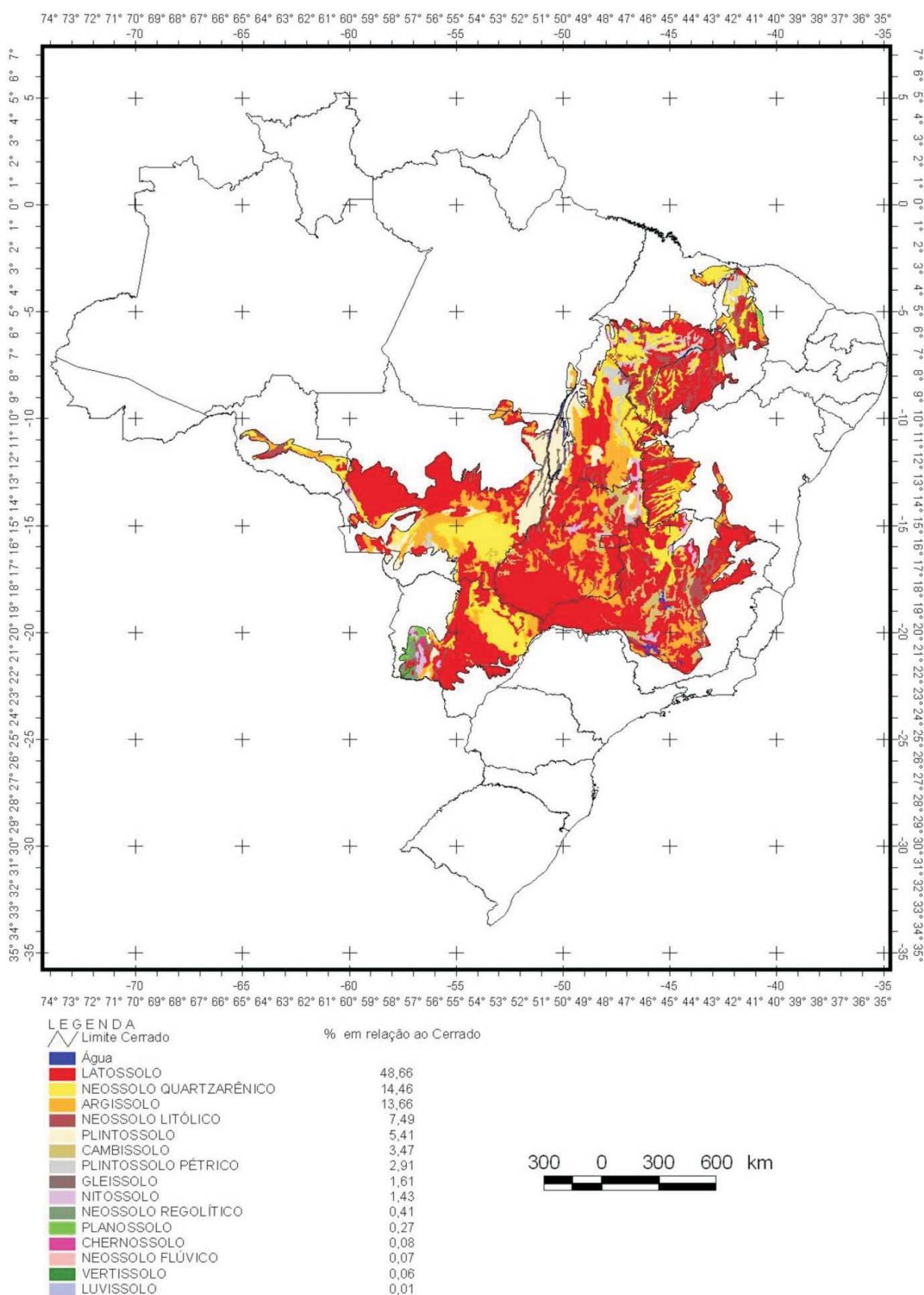
**Fig. 10.** Mapa de solos do Estado do Piauí no limite do bioma Cerrado.



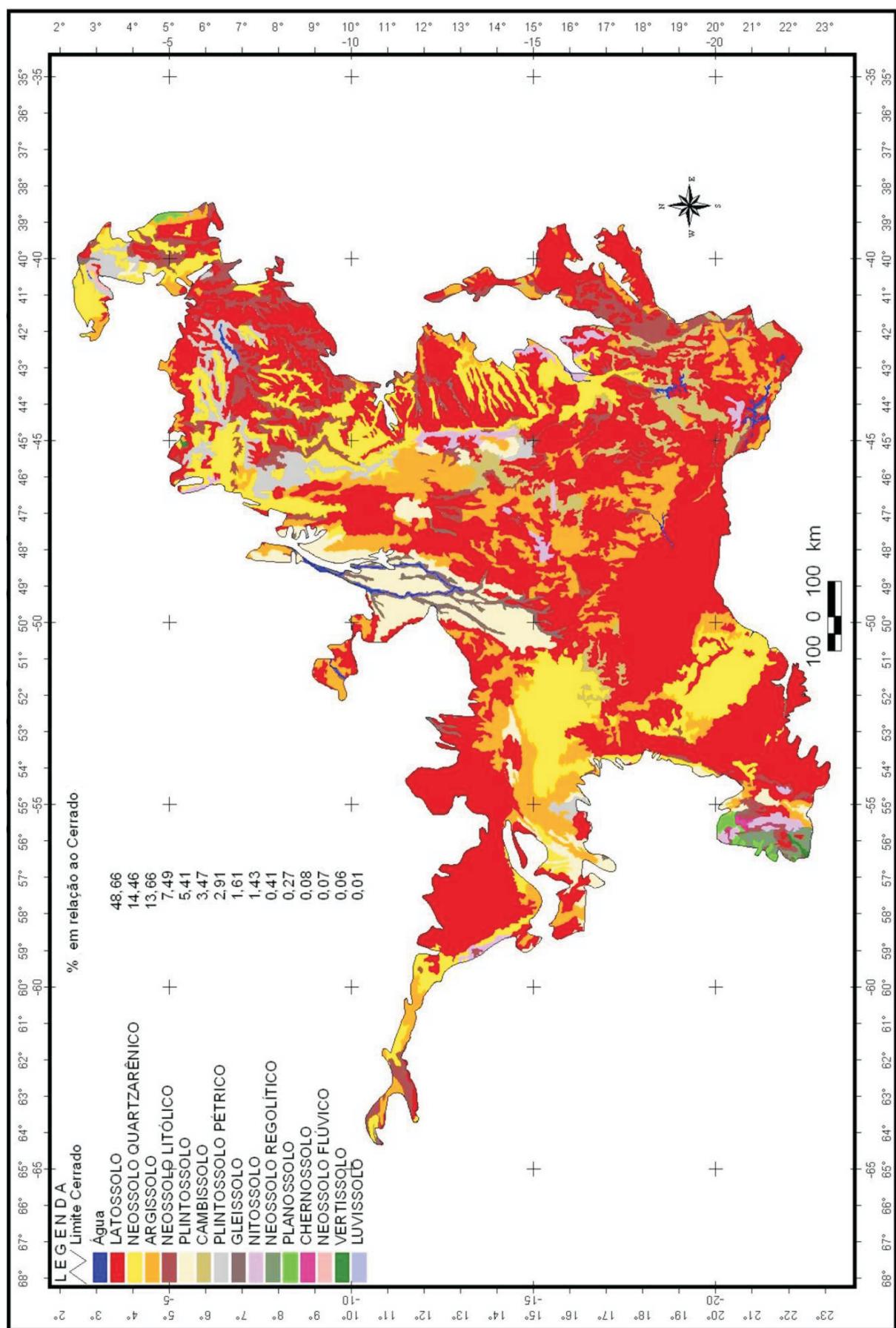
**Fig. 11.** Mapa de solos do Estado de Rondônia no limite do bioma Cerrado.



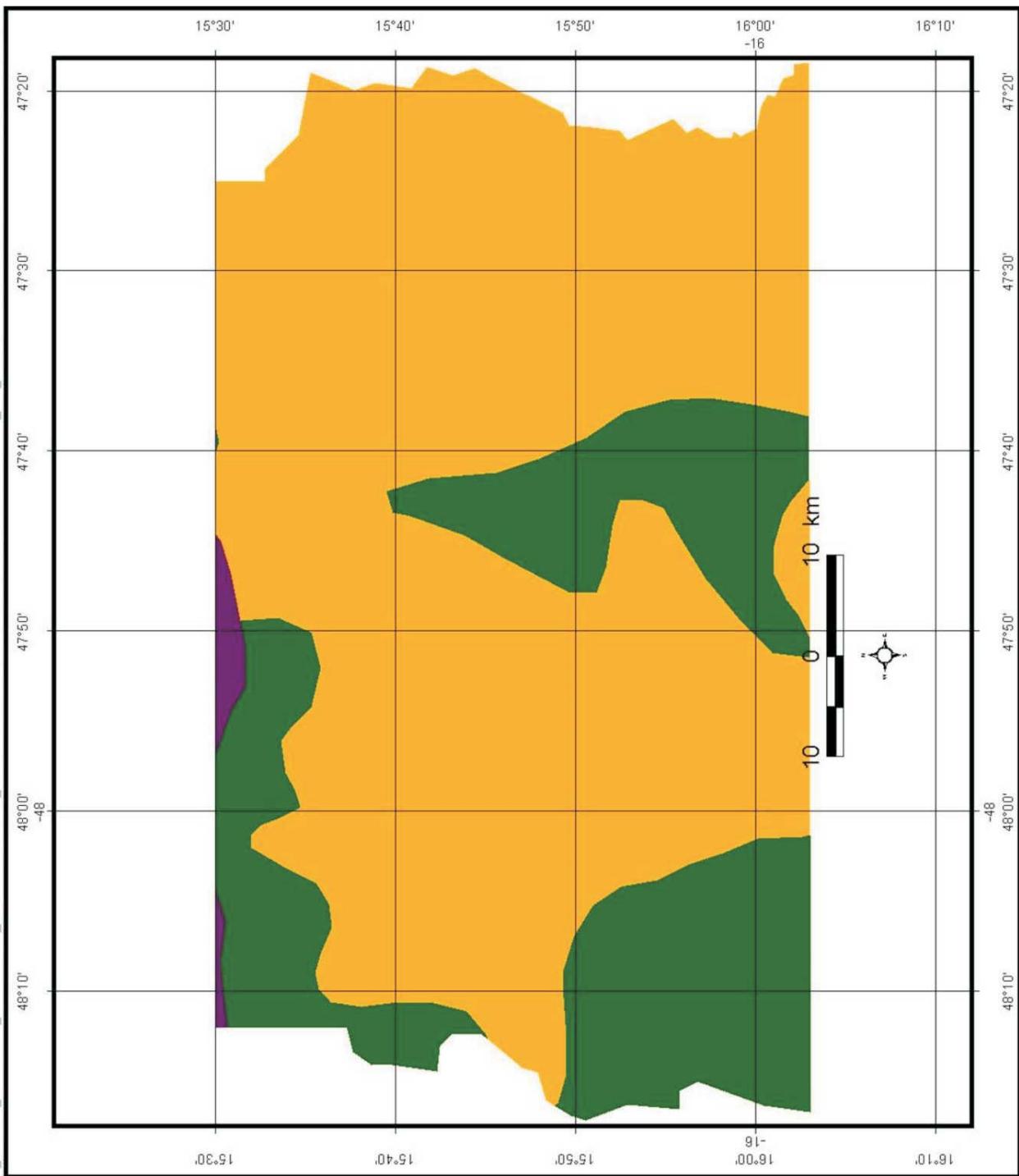
**Fig. 12.** Mapa de solos do Estado de Tocantins no limite do bioma Cerrado.



**Fig. 13.** Mapa do Brasil com o limite do bioma Cerrado e respectivas classes de solos.

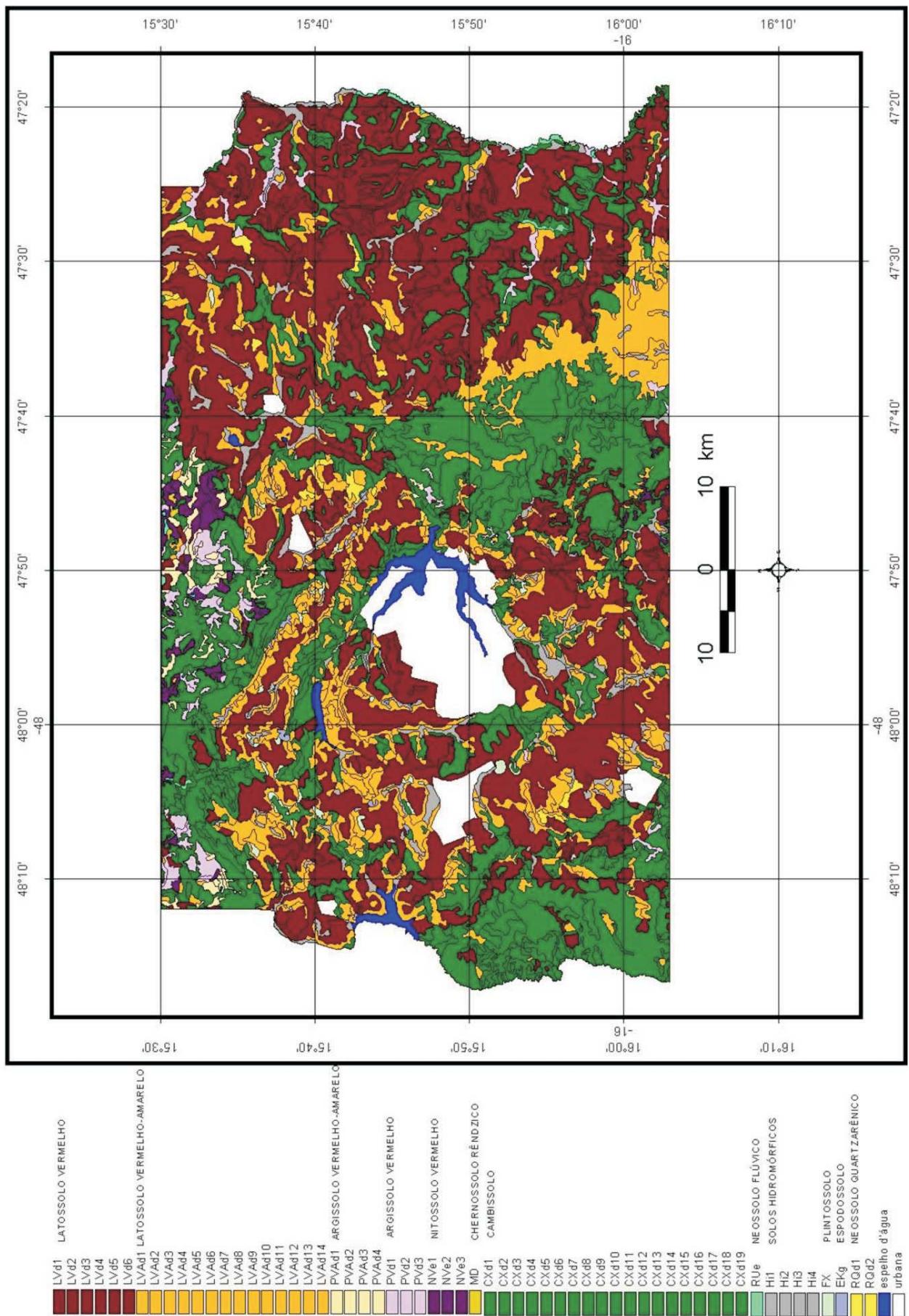


**Fig. 14.** Mapa do limite do bioma Cerrado e respectivas classes de solos.



LEGENDA  
CAMBISOLOS  
LATOSOLOS  
NITOSOLOS VERMELHOS

**Fig. 15.** Mapa de solos do Distrito Federal na escala 1:5.000.000.



**Fig. 16.** Mapa de solos do Distrito Federal na escala 1:100.000.



## Capítulo 6

# As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado

*José Felipe Ribeiro  
Bruno Machado Teles Walter*

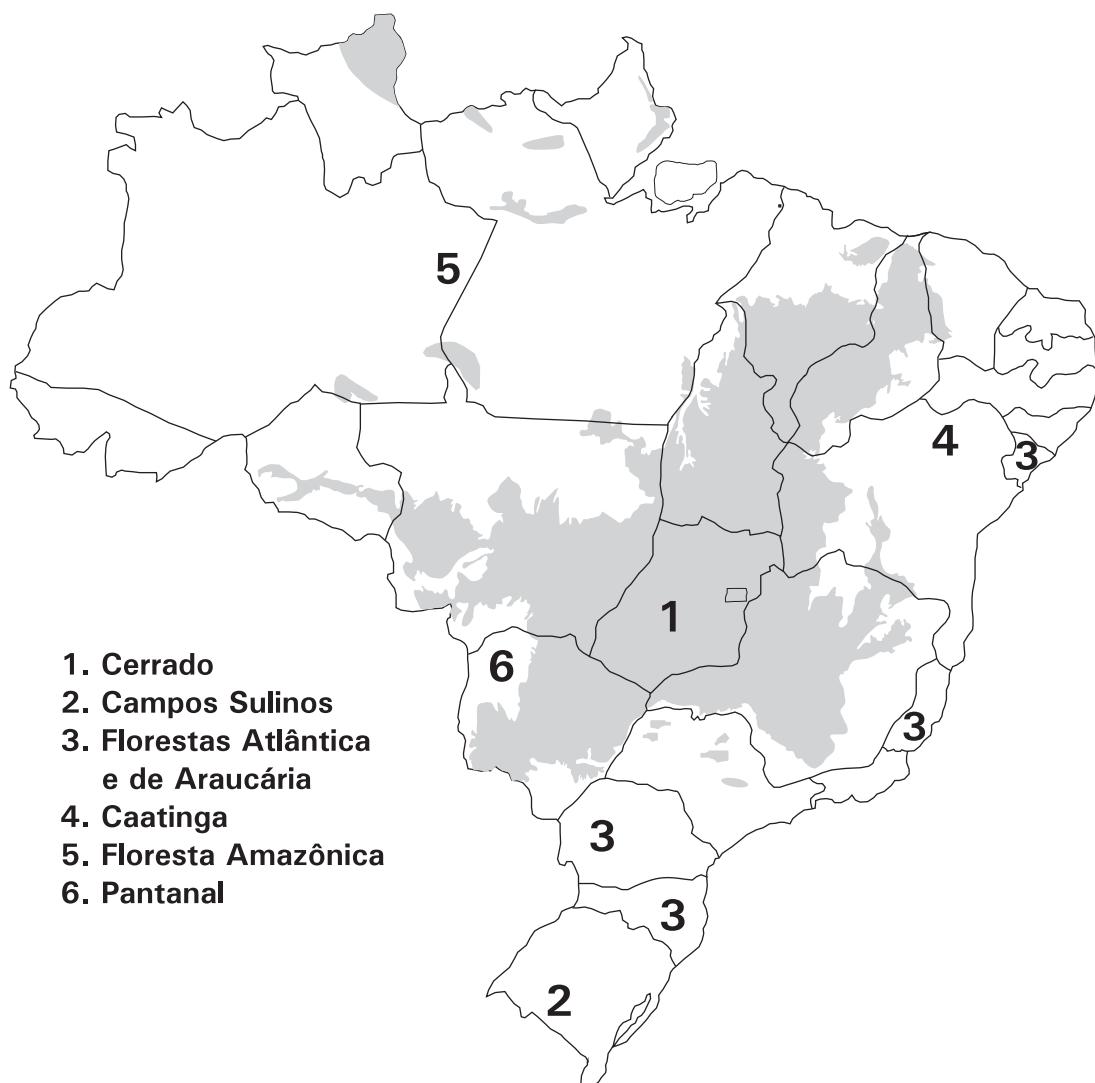


## Os biomas do Brasil<sup>1</sup>

Por quase dois séculos, numerosos autores têm proposto diferentes divisões para os grandes biomas ou domínios fitogeográficos do Brasil, cujo pioneiro foi Martius (1840/1869, 1943), seguido por Caminhoá (1877), Löfgren (1896), Rodrigues (1989 – original de 1903), Ihering (1907), Goeldi (1909), Sampaio (1929, 1930, 1935), Campos (1943, 2001), Dansereau (1948), Santos (1951), Beard (1955), Aubréville (1959, 1961), Magnanini (1961a, 1961b), Ab'Sáber (1971, 2003), Hueck (1972), Eiten (1972, 1978, 1983, 1992, 1994b), Romariz (1974), Cabrera e Willink (1980), Fernandes e Bezerra (1990),

Veloso (1992), IBGE (1993, 2004) e Rizzini (1997). Em escala continental, a maioria das divisões apresenta circunscrição semelhante, modificando-se na abrangência e nos detalhes em função dos critérios adotados. Todas são variantes da primeira divisão de domínios florísticos do Brasil, delineada por Carl Friedrich Philipp von Martius em 1824 (Martius, 1840/1869, 1943).

Como não há unanimidade para nenhuma das divisões fitogeográficas do território brasileiro, consideramos aqui a ocorrência de seis grandes biomas<sup>2</sup>: o Cerrado, os Campos Sulinos, as Florestas Atlântica e de Araucária, a Caatinga, a Floresta Amazônica e o Pantanal (Fig. 1). Essa



**Fig. 1.** Distribuição geográfica dos principais biomas do Brasil, destacando a área ocupada pelo Cerrado.

<sup>1</sup> Revisores técnicos: Ary Teixeira Oliveira Filho e Giselda Durigan.

<sup>2</sup> Para uma análise do termo bioma, ver nota de rodapé 9.

divisão é uma adaptação do mapa da vegetação do Brasil (IBGE, 1993) e de mapas subsequentes (IBGE, 2004), como o mapa de vegetação produzido pela Embrapa Monitoramento por Satélite (2006). A localização geográfica de cada bioma é condicionada predominantemente pelos fatores climáticos, como a temperatura, a pluviosidade e a umidade relativa, e, em menor escala, pelo tipo de substrato.

O Cerrado caracteriza-se pela presença de invernos secos e verões chuvosos, um clima classificado predominantemente como Aw de Köppen (tropical chuvoso). Possui média anual de precipitação da ordem de 1.500 mm, variando de 750 mm a 2.000 mm (Adámoli et al., 1987). As chuvas são praticamente concentradas de outubro a março (estação chuvosa), e a temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C. O contraste entre as superfícies mais baixas (inferiores a 300 m), as longas chapadas entre 900 m e 1.600 m e a extensa distribuição em latitude conferem ao Cerrado uma diversificação térmica bastante grande. Por outro lado, o mecanismo atmosférico geral determina uma marcha estacional de precipitação semelhante em toda a região, criando nela uma tendência de uniformidade pluviométrica (Nimer, 1989): há uma estação seca e outra chuvosa bem definidas. Ao sul do bioma, em áreas de clima mais ameno, pode ocorrer o clima Cwa (Eiten, 1994b), que também caracteriza os locais mais altos da região central, acima de 1.200 m de altitude. O Cerrado ocorre apenas onde não há geadas ou onde estas não são freqüentes (Eiten, 1994b).

O clima característico dos Campos Sulinos é subtropical úmido, com algumas áreas de clima temperado. Na classificação de Köppen é Cfa, com o clima Cfb ocorrendo nas áreas de altitudes menores (Eiten, 1994b). A precipitação anual média varia entre 1.300 mm e 1.700 mm, concentrada nos meses de inverno, com as temperaturas elevadas no verão e baixas no inverno, muitas vezes acentuadas por ventos fortes (Porto, 2002). Os Campos Sulinos recebem muitas designações, como “zona das coxilhas”, “campinas meridionais”, “campanha gaúcha”, “campos da campanha” ou “pampas” (Porto, 2002; Ab’Sáber, 2003), sendo designados “estepe” por Veloso (1992) e “pradarias” por Ab’Sáber

(2003), já tendo sido interpretados também como “savana” (ver discussão em Marchiori, 2004). Praticamente confinados ao Rio Grande do Sul, além do planalto catarinense, parecem ser antes de origem edáfica do que climática (Porto, 2002; Marchiori, 2004).

A Floresta Atlântica ocorre praticamente de norte (na Região Nordeste) a sul do Brasil, ocupando essencialmente o sistema costeiro do país. Pela porção sul, do sudeste do Estado de Minas Gerais ao Rio Grande do Sul, ela é entre-meeda pelas Florestas de Araucária, designadas por Veloso (1992) como Floresta Ombrófila Mista, expressão esta muito empregada pelos autores contemporâneos da Região Sul. A distribuição dessas florestas em larga faixa latitudinal proporciona variações climáticas intensas, sendo que, na classificação de Köppen, encontram-se desde climas Aw e Af até Cwa, Cwb, Cfa e Cfb. A pluviosidade pode variar de 800 mm a 4.500 mm (Eiten, 1994b) e em alguns locais depende exclusivamente da chuva orográfica. Por estarem na região mais densamente povoada do País, essas florestas também foram as mais degradadas em comparação com o seu estado primitivo na época da chegada dos colonizadores à América, em especial a faixa Atlântica.

A Caatinga é o bioma de clima mais seco do Brasil (BSh – tropical semi-árido; e Aw), apresentando precipitação média anual que varia de 250 mm a 800 mm, raramente atingindo 1.000 mm (Andrade-Lima, 1981; Eiten, 1994b; Fernandes, 1999). Na estação seca, cujo período é de 7 a 9 meses, a média mensal de temperatura é de 27 °C, sendo pouco inferior na estação chuvosa, que dura de 3 a 5 meses, havendo em média cerca de 5 °C de variação térmica entre dia e noite (Andrade-Lima, 1981; Fernandes, 1999). Aspectos climáticos da Região Nordeste estão condicionados por sua enorme extensão territorial e pelas variações no relevo, associados a uma conjunção de diferentes sistemas de circulação atmosférica. A complexidade de interações, principalmente entre relevo, latitude e longitude (continental e costeira) com os sistemas zonais e regionais de circulação atmosférica, não se traduz em grandes diferenciações térmicas, mas sim em diferentes regimes de pluviosidade (Nimer, 1989).

A Floresta Amazônica encontra-se sob um clima tropical, com pluviosidade média em torno de 2.500 mm (variação de 1.700 mm a 3.250 mm). Compreende clima tipicamente quente, com temperaturas em torno de 26 °C, que é sempre úmido ao noroeste (clima Af), ou com pequena estação seca (clima Am) na maior parte do bioma (Eiten, 1994b). Em determinadas áreas ao norte, como em Roraima, são registradas pluviosidades menores que a média regional (em torno de 1.500 mm), onde o clima é classificado como Aw. O bioma Amazônia encontra-se em grande parte nas linhas de instabilidade tropical que acarretam fortes chuvas. Em razão do forte aquecimento diurno, tais chuvas geralmente caem no final da tarde e início da noite, em decorrência das correntes convectivas da radiação telúrica (Nimer, 1989).

O Pantanal apresenta pluviosidade média variando de 1.000 mm a 1.400 mm (Aw), com ocorrência eventual de geadas em julho e agosto (Allem e Valls, 1987). Semelhante ao Cerrado, há duas estações bem definidas, representadas por invernos secos e verões chuvosos, sendo que 80 % das chuvas acontecem no período de novembro a março. A vegetação é bastante dependente do sistema hidrográfico variável da Bacia do Alto Paraguai, fundamentalmente na sua margem esquerda, que predomina em uma paisagem de declividade praticamente nula em planícies deprimidas. Situado no centro da

América do Sul, a altitude varia entre 80 m e 160 m. O Pantanal é penetrado pelo Chaco (um bioma que cobre o norte da Argentina, parte da Bolívia e do Paraguai) em um pequeno trecho no sudoeste de Mato Grosso do Sul, embora essa intrusão no Brasil fique restrita à região de Porto Murtinho (Adámoli, 1982; Prado et al., 1992; Prado, 1993a, 1993b).

A Tabela 1 apresenta um resumo dos valores anuais médios de pluviosidade e temperatura desses biomas brasileiros, destacando-se o clima predominante de acordo com a classificação climática de Köppen.

Em cada bioma há um tipo de vegetação ou fitofisionomia predominante, que ocupa a maior parte da área, e que é determinada primariamente pelo clima. Outras fitofisionomias também são encontradas, e a sua ocorrência está associada a eventos temporais (tempos geológico e ecológico) e a variações locais, como aspectos físicos e químicos do solo, geomorfologia e topografia.

Neste capítulo são analisados os tipos fitofisionômicos que formam o mosaico vegetacional do bioma Cerrado, com referência especial à área contínua em destaque na Fig. 1. Vegetações em áreas periféricas a esta, pelo Brasil e por outros países da América do Sul, também podem ser tratadas sob a designação geral de Cerrado, embora geralmente recebam outros nomes regionais, sejam estes de origem popular, sejam acadêmica.

**Tabela 1.** Tipos climáticos e média anual de pluviosidade e temperatura dos principais biomas do Brasil.

Bioma	Pluviosidade média (mm)	Temperatura média (°C)	Köppen	Clima Característica geral
Cerrado	1.300 a 1.600	20,1	Aw (Cwa)	Tropical chuvoso; verão quente, inverno seco
Campos Sulinos	1.300 a 1.700	20,0	Cfa (Cfb)	Subtropical úmido, com verão quente
Florestas Atlântica e de Araucária	2.000 a 2.500	21,1	Af (Aw, Cw, Cf)	Tropical chuvoso; verão quente
Caatinga	500 a 700	27,4	BSh (Aw)	Tropical semi-árido; verão quente, seco
Floresta Amazônica	2.000 a 3.000	26,0	Af (Am, Aw)	Tropical chuvoso; verão quente
Pantanal	1.000 a 1.400	24,8	Aw	Tropical chuvoso; verão quente, inverno seco

## O bioma Cerrado

O Cerrado está localizado essencialmente no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior bioma do País em área, apenas superado pela Floresta Amazônica. Trata-se de um complexo vegetacional, que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América Tropical e também da África, do Sudeste Asiático e da Austrália (Beard, 1953, 1955; Cole, 1958, 1960, 1986; Eiten, 1972, 1978, 1994b; Allem e Valls, 1987). O Cerrado corresponde às “Oreades”<sup>3</sup> no sistema de Martius, e ocupa mais de 2.000.000 km<sup>2</sup>, o que representa cerca de 23 % do território brasileiro. Ocorre em altitudes que variam de cerca de 300 m, a exemplo da Baixada Cuiabana (MT), a mais de 1.600 m, na Chapada dos Veadeiros (GO). No bioma, predominam os Latossolos, tanto em áreas sedimentares quanto em terrenos cristalinos, ocorrendo ainda solos concrecionários em grandes extensões (Ab’Sáber, 1983; Lopes, 1984).

Como área contínua, o Cerrado abrange os estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo; e também ocorre em áreas disjuntas ao norte nos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, em pequenas “ilhas” no Paraná. No território brasileiro, portanto, as disjunções acontecem na Floresta Amazônica, região em que a vegetação tem sido tratada por outros termos ou expressões, como “savanas amazônicas” (Sanaiotti, 1991; Miranda e Absy, 2000); na Floresta Atlântica, especialmente na região sudeste, nos Estados de São Paulo e Minas Gerais; na Caatinga, como manchas isoladas no Maranhão, Piauí<sup>4</sup>, Ceará e

Bahia (Eiten, 1994b); e também no Pantanal, onde se mescla fisionomicamente com este bioma (Adámoli, 1982; Allem e Valls, 1987). Fora do Brasil ocupa áreas na Bolívia e no Paraguai, enquanto paisagens semelhantes são encontradas no norte da América do Sul na Guiana, no Suriname, na Colômbia e Venezuela, onde recebe a consolidada denominação de Llanos.

A vegetação do bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres. Em sentido fisionômico, floresta representa áreas com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel, contínuo ou descontínuo. O termo savana<sup>5</sup> refere-se a áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem a formação de dossel contínuo. Já o termo campo designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando árvores na paisagem. É com tal sentido que esses termos e suas variantes são apresentados no texto.

A flora do Cerrado é característica e diferenciada dos biomas adjacentes, embora muitas fisionomias compartilhem espécies com outros biomas (Heringer et al., 1977; Prado e Gibbs, 1993; Oliveira-Filho e Ratter, 1995). Além do clima, que, segundo Eiten (1994), tem efeitos indiretos sobre a vegetação (o clima agiria sobre o solo), da química e da física do solo, da disponibilidade de água e de nutrientes, e da geomorfologia e da topografia, a distribuição da flora é condicionada pela latitude, pela freqüência de queimadas, pela profundidade do lençol freático, pelo pastejo e por inúmeros fatores antrópicos (abertura de áreas para atividades agropecuárias, retirada seletiva de madeira, queimadas como manejo de pastagens, etc.).

<sup>3</sup> “Oreades” é o nome mitológico de uma divindade ou ninfa das montanhas, companheira de Diana, deusa grega da caça. As demais províncias de Martius e respectivas divindades são (Sampaio, 1930; Ferri, 1980): “Náiades” (ninha dos lagos, rios e fontes – Floresta Amazônica); “Hamadriades” (ninha que ressuscita, protetora dos bosques e árvores – Caatinga); “Dríades” (também uma ninha protetora dos bosques – Floresta Atlântica); e “Napéia” (ninha protetora dos vales e prados – Campos Sulinos).

<sup>4</sup> Segundo Castro et al. (1998), o Cerrado do Piauí é um prolongamento setentrional do Cerrado Central, embora seja considerado marginal. Seria um tipo de “encrave” – ou áreas disjuntas que se contatam – no sentido de Veloso (1992).

<sup>5</sup> A definição de “savana” apresentada não é universal, existindo diferentes acepções do termo. Essas podem englobar significados fisionômicos, florísticos ou ecológicos (ver Eiten, 1972; Sarmiento, 1983; Walter, 1986; Allem e Valls, 1987; Walter, 2006 e o Capítulo 1). Até mesmo a definição de campo (*grassland*) aqui adotada pode ser interpretada por alguns sob o conceito de savana, com base na origem histórica desse termo – “terras sem árvores, com muita grama curta e alta”, conforme registrou G. F. Oviedo y Valdez, em 1535 (Bourlière e Hadley, 1983). A definição sem distinção de “savana ou campo” apresentada por Huber (1974, apud Goodland e Ferri, 1979), por exemplo (p. 38), ilustra essa interpretação diferente. Todavia, a separação conceitual dá maior clareza aos dois termos.

## Origem das formações florestais

Fatores temporais (tempos geológico e ecológico) e espaciais (variações locais) são responsáveis pela ocorrência das formações florestais do Bioma Cerrado. Na escala temporal, grandes alterações climáticas e geomorfológicas teriam causado expansões e retracções das florestas úmidas e secas da América do Sul, que no Brasil hoje estariam representadas, respectivamente, pelas Florestas Amazônica e Atlântica, e pelas florestas semidecíduas e decíduas da Caatinga e do Cerrado, além das Florestas de Araucária. No Quaternário, em particular no Pleistoceno, houve grandes pulsações climáticas com longos intervalos de tempo com temperaturas baixas (as glaciações), intercalados por intervalos menores com temperaturas mais altas (os interglaciais), como a fase atual (Salgado-Labouriau, 1994). Nos períodos interglaciais, as florestas úmidas teriam se expandido, retraindo-se posteriormente nas glaciações, com indícios de retração dessas florestas especialmente no final do Pleistoceno (glaciação Würm-Wisconsiana) e início do Holoceno, entre 18.000 e 12.000 anos atrás (Haffer, 1969; Prance, 1973, 1982; Bigarella et al., 1975; Ab'Sáber, 1977; Andrade-Lima, 1982; Salgado-Labouriau, 1994; Behling e Hooghiemstra, 2001). Nesses períodos glaciais quaternários, tipicamente secos, sítios específicos teriam possibilitado a manutenção de alguns remanescentes das florestas úmidas, retraídas nesses períodos, e a expansão das florestas secas e das formações vegetais abertas (campos e savanas) por grandes extensões do continente, atingindo áreas que hoje compreendem outros biomas. Alternativas recentes a essa teoria sugerem, cada vez mais, não a simples substituição de vegetações, mas uma modificação das florestas úmidas por um tipo de floresta glacial mista, onde elementos montanos como *Podocarpus*, *Humiria*, *Ilex* e *Rapanea*, de clima frio, teriam ocupado faixas altitudinais mais baixas em virtude do resfriamento do clima em cerca de 5° em relação à média atual (Colinvaux, 1989, 1993; Ledru, 1993, 2002; Oliveira, 2000; Pennington et al., 2000).

Prado e Gibbs (1993) argumentaram que as florestas semidecíduas e as decíduas na América

do Sul teriam alcançado sua máxima extensão ao final da última glaciação, coincidindo com a contração das florestas úmidas. A partir de então, essas florestas secas retraíram-se e as florestas úmidas passaram a se expandir, em decorrência do lento retorno a um clima mais úmido/quente nos últimos 12.000 anos (Holoceno). Para Prado (2000), as florestas secas sul-americanas hoje formariam uma das principais unidades fitogeográficas do continente (designada “arco pleistocênico” ou “arco residual de formações estacionais pleistocênicas”), devendo ser acrescida àquelas 24 consideradas por Cabrera e Willink (1980). Evidências para essas teorias são fornecidas pela atual distribuição geográfica de muitas espécies típicas dessas florestas em diferentes biomas, ou em áreas disjuntas pela América do Sul, as quais englobam o Cerrado. Resumidamente, essas têm sido consideradas as principais causas da existência das formações florestais no Cerrado. Em paralelo, na escala espacial, essas formações seriam influenciadas por variações locais em parâmetros como hidrografia, topografia, profundidade do lençol freático e fertilidade e profundidade dos solos, além de fatores bióticos inerentes à flora.

Pode-se considerar a existência de dois grupos de formações florestais do Cerrado que parecem ter sua atual distribuição vinculada à hidrografia e aos solos: as formações associadas aos cursos de água, geralmente em solos mais úmidos, e as que não possuem associação com cursos de água (interflúvios), em solos mais ricos (Prado e Gibbs, 1993; Oliveira-Filho e Ratter, 1995).

As formações florestais associadas aos cursos de água (perenes ou não) são tidas como tipos de vegetação extra-Cerrado, por conta da forte ligação que têm com as linhas de drenagem naturais (Coutinho, 1978; Eiten, 1994b). Autores como Troppmair e Machado (1974) e Fernandes e Bezerra (1990) as consideraram como intrusões, tanto da Floresta Amazônica quanto da Atlântica. Já Santos (1975), IBGE (1989) e Heringer e Paula (1989), entre outros, sugeriram uma ligação mais forte com a Floresta Amazônica, ao passo que Rizzini (1963, 1997) as ligou mais à Floresta Atlântica. Cabrera e Willink (1980) sugeriram que tais formações também conectariam a Floresta Amazônica com as Florestas

Ombrófilas Densas e Mistas da sua província paranaense, na bacia dos rios Paraná-Paraguai, com o que concordaram Oliveira-Filho e Ratter (1995, 2000).

Oliveira-Filho e Fontes (2000) afirmaram que há pouco fundamento florístico para sugerir laços muito fortes entre a Floresta Atlântica e a Amazônica, comparado aos laços existentes entre a componente vegetacional “semidecídua” e a componente “ombrófila” da própria Mata Atlântica. Dessas duas, o laço mais forte com outros biomas se deu entre a componente “semidecídua” e as florestas secas (semidecíduas) do Cerrado. Recentemente, Fernandes (2003) também questionou o laço florístico Floresta Atlântica-Amazônia, argumentando que apenas em períodos paleógenos essa conexão pode ter tido alguma representatividade fitogeográfica, embora devam ter havido permutas florísticas no Quaternário. Portanto, mesmo que os laços florísticos com outros biomas não sejam tão fortes quanto antes se pensava, eles existem e estudos com grupos de fauna reforçam esses vínculos que passam pelo Cerrado (Costa, 2003).

Uma vez que há similaridade florística entre as florestas associadas aos cursos de água do Cerrado e as florestas de outros biomas, como apontado em Rodrigues e Leitão Filho (2000) e Ribeiro et al. (2001), especialmente em nível de gêneros e famílias comuns, também há evidências de particularidades nas florestas do Cerrado que as diferenciam daquelas de outras regiões (Ratter et al., 1973, 1978; Heringer et al., 1977; Oliveira-Filho, 1989; Oliveira-Filho e Ratter, 1995, 2000; Walter, 1995; Rizzini, 1997; Silva-Júnior et al., 1998; Ribeiro e Walter, 2001). Considerando que a identidade florística com outros biomas hoje está mais bem definida, Oliveira-Filho e Ratter (1995, 2000) constataram que um número considerável de espécies distribui-se desde a Floresta Amazônica até a Atlântica, cruzando o Cerrado numa rota noroeste-sudeste, através da rede dendrítica de florestas associadas aos cursos de água. Segundo esses autores as florestas do norte e oeste do Cerrado apresentam ligação florística mais forte com as florestas da Amazônia, havendo até um padrão florístico que vincula as matas ciliares, cerradões distróficos e a floresta ombrófila aberta transicional em solos

inférteis, pelo sul da Amazônia. Por sua vez, as matas ciliares do centro e sul do bioma ligam-se mais às florestas semidecíduas montanas do sudeste brasileiro, especialmente às paranaenses.

Em relação às florestas que não possuem associação com cursos de água, a sua origem é menos debatida na literatura sobre o Cerrado, mas a discussão está muito presente quando o bioma Caatinga é tratado, como nos estudos de Luetzelburg (1922/1923b, 1922/1923c), Andrade-Lima (1960, 1982), Rizzini (1997) e Fernandes (1999, 2003). Há algumas décadas foi levantada a hipótese de uma possível rota migratória sudoeste-nordeste na América do Sul, conectando a Caatinga, o Cerrado e o Chaco, na conhecida “diagonal de formações abertas”, ou “corredor de vegetação xérica”, ou, ainda, “corredor de savanas” (Bigarella et al., 1975; Cabrera e Willink, 1980; Andrade-Lima, 1982; Rizzini, 1997). Dos poucos estudos sobre o assunto, Prado e Gibbs (1993) e Prado (2000) investigaram esta possível ligação florística, sustentando que o vínculo Caatinga-Cerrado-Chaco mostrou-se desprezível, especialmente na ligação Caatinga-Chaco, o foco da atenção. Entretanto, aqueles autores detectaram três padrões de distribuição de espécies lenhosas vinculando esses biomas, incluindo também áreas na Floresta Atlântica e nas franjas dos Andes. Destacaram a ausência de espécies da Caatinga e do Chaco nas formações savânicas e campestres do Cerrado, embora, em áreas calcárias disjuntas (ou em solos com melhor fertilidade), muitas espécies sejam compartilhadas pelos três biomas. Esses e outros argumentos florísticos foram usados por Prado (2000) para indicar essas florestas secas como uma unidade fitogeográfica sul-americana distinta, tipicamente disjunta.

Oliveira-Filho e Ratter (1995) também sugeriram que as espécies dessas florestas dependeriam essencialmente de solos mais férteis, e distribuir-se-iam ao longo de um arco nordeste-sudoeste, conectando a Caatinga às fronteiras do Chaco, sem penetrá-lo – com base na argumentação de Prado e Gibbs (1993). Como sustentaram aqueles autores, se há a rota noroeste-sudeste para espécies de florestas associadas a cursos de água no Brasil Central, também há esse arco nordeste-sudoeste

para espécies calcífilas decíduas. Portanto, inúmeras espécies das florestas do Brasil Central parecem ajustar-se a esses dois grandes padrões de distribuição (Oliveira-Filho e Ratter, 1995).

## Origem das formações savânicas e campestres

Os mais antigos registros sobre as formações savânicas e campestres do Cerrado datam de 32.000 anos atrás e estão localizados no Brasil Central (Ledru, 2002). A origem destas formações é muito discutida e a literatura é rica em teorias que tentam explicá-la, como os estudos de Warming (1973 - original de 1892), Rawitscher et al. (1943), Rawitscher (1948), Waibel (1948a, 1948b), Beard (1953), Alvim e Araújo (1952, 1953), Alvim (1954, 1996), Ferri (1955, 1963), Ferri e Coutinho (1958), Arens (1958a, 1958b, 1963), Cole (1960, 1986), Beltrão (1969), Eiten (1972, 1994), Coutinho (1978), Goodland e Ferri (1979), Coutinho (1980, 1992), Amaral Filho (1995) e Rizzini (1997). Utilizando expressões sugeridas por Beard (1953) para as savanas da América Tropical, de maneira geral, pode-se sintetizar tais teorias em três grupos principais, acrescentando-se um quarto grupo, que envolve uma combinação dos anteriores:

- **Teorias climáticas:** segundo as quais a vegetação seria o resultado do clima, principalmente em função da limitação sazonal hídrica no período seco (estacionalidade), como em Warming (1973).
- **Teorias bióticas:** pelas quais a vegetação seria o resultado de ação antrópica, principalmente pelo uso freqüente do fogo, pelo pastejo excessivo e pelo corte como em Rawitscher (1948), Waibel (1948a, 1948b) e Rizzini (1997); ou, ainda, resultante da atividade de outros agentes da biota, como as formigas (Coutinho 1980, 1992).
- **Teorias pedológicas:** nas quais a vegetação seria dependente de aspectos edáficos e geológicos, como deficiências minerais (oligotrofismo), saturação por elementos como alumínio, diferenças de drenagem e profundidade dos solos, como em Rawitscher

et al. (1943), Beard (1953), Alvim (1954), Arens (1958b) e Goodland e Ferri (1979).

- **Teorias combinadas:** a combinação de fatores bióticos e abióticos tratados nas teorias anteriores, considerando ainda a dinâmica da vegetação, aspectos climáticos e de gênese evolutiva, é que explicaria a vegetação, como destacado nos estudos de Cole (1960, 1986) Amaral Filho (1995) e Oliveira-Filho e Ratter (2000).

Warming (1973) foi quem primeiro indicou o clima como fator determinante das formações savânicas e campestres do bioma, em que a deficiência hídrica no período seco seria o principal fator limitante. Posteriormente, Rawitscher (1948) e Waibel (1948a, 1948b) sugeriram que os fatores antrópicos poderiam ter tanta influência quanto o clima e a deficiência hídrica. Nas décadas seguintes, a deficiência nutricional do solo foi investigada e teve sua importância reconhecida (Beard, 1953; Alvim e Araújo, 1952, 1953; Alvim, 1954; Arens, 1958b, 1963; Eiten 1972, 1994; Goodland e Ferri, 1979). Segundo Eiten (1972, 1994) as formas fisionômicas do Cerrado dependeriam de três aspectos do substrato: a baixa fertilidade e os altos teores de alumínio disponível; a profundidade do solo; e o grau de saturação hídrica das camadas superficial e subsuperficial do solo.

Alvim (1996) voltou a defender a deficiência hídrica como principal fator limitante para a origem do Cerrado, embora tenha identificado os aspectos edáficos e as queimadas como fatores de modificação da flora e das características fisionômicas da região. Conforme conclusão desse autor, tanto o solo quanto o fogo “nada têm a ver com os processos evolutivos que deram origem ao aparecimento das plantas típicas do ecossistema”, o que demonstra a polêmica que ainda cerca o assunto. Entretanto, há que se fazer a distinção entre origem evolutiva (tempo geológico) e origem sucessional (tempo ecológico), o que há muito vem sendo alertado por autores como Eiten (1972) e Goodland e Ferri (1979). Quanto à origem evolutiva, Ledru (2002) sugeriu recentemente que, provavelmente, a vegetação do Cerrado estivesse adaptada ao fogo antes mesmo que o ser humano chegassem à América

do Sul, o que confronta as teorias que apontam essa vegetação como sendo o resultado de ação antrópica.

Já há algum tempo existe a tendência em admitir que a interação dos fatores clima, biota e solo contribuiriam de alguma forma para o aspecto geral da vegetação (Cole, 1960), tal como a observamos hoje, o que decorre tanto da escala evolutiva (tempo geológico) quanto da sucessional (tempo ecológico). O clima tem influência temporal na origem da vegetação. As chuvas ao longo do tempo geológico intemperizaram os solos, deixando-os pobres em nutrientes essenciais, e com alta disponibilidade de alumínio, com eventos de fogo acontecendo em intervalos regulares. Por conta disso, a vegetação pode ser tratada como o resultado indireto do clima, induzindo-a para um clímax edáfico (Eiten, 1972, 1994).

A influência florística de outros biomas nas formações savânicas e campestres do Cerrado ainda é pouco investigada, mas, em trabalho recente, Méio et al. (2003) analisaram a contribuição das floras das Florestas Amazônica e Atlântica no Cerrado *sensu stricto*. Nessa comparação, esses autores sugeriram maior afinidade florística desta vegetação com a Floresta Atlântica, e também imputaram esse possível laço às mudanças climáticas no Quaternário. Na conexão dos biomas Amazônia e Cerrado essas mudanças climáticas teriam sido mais drásticas que na conexão Floresta Atlântica com o Cerrado. Tais mudanças, aliadas aos padrões climáticos menos dessemelhantes entre essas duas últimas – em que há baixas temperaturas de inverno e estação seca pronunciada – propiciaram que a flora do Cerrado *sensu stricto* pudesse trocar elementos em maior proporção com a Floresta Atlântica do que com a Amazônia. Mas essa linha de investigação carece ser mais trabalhada e ampliada para outros biomas e outras fitofisionomias.

## Cerrado: definição de termos e expressões

Antes de analisar os tipos fitofisionômicos que compõem o mosaico vegetacional do bioma Cerrado, é importante definir alguns termos e expressões, discutindo especialmente conceitos. “Cerrado” é uma palavra de origem espanhola que significa fechado. Este termo buscou traduzir a característica geral da vegetação arbustivo-arbórea que ocorre na formação savânica, tendo sido referido por Martius já no início do século 19 (Martius, 1943 – original de 1824) para tratar de diferenças fisionômicas importantes observadas na vegetação não florestal do Brasil Central. Essas diferenças (e o uso do termo) eram reconhecidas pelos brasileiros, segundo Martius (1943), que citou a palavra em separado, ou junto ao termo “tabuleiro”<sup>6</sup>. No final do século 19, Warming (1973 – original de 1892) utilizou a expressão “campos-cerrados” para tratar de uma das formas de vegetação por ele estudada em Lagoa Santa (MG), mencionando o uso da palavra “cerrado” como uma simplificação habitual daquele<sup>7</sup>. A partir daí, a falta de uniformidade na utilização do termo ao longo do século 20 gerou uma série de controvérsias e usos diferenciados, criando dificuldades na comparação de trabalhos da literatura.

“Cerrado” tem sido usado tanto para designar tipos de vegetação (tipos fitofisionômicos) quanto para definir formas de vegetação (formação ou categoria fitofisionômica). Também pode estar associado a adjetivos que se referem a características estruturais ou florísticas particulares, encontradas em regiões específicas.

Por “tipo de vegetação” entende-se a fisionomia, a flora e o ambiente, e por “forma de vegetação”<sup>8</sup>, apenas a fisionomia (Eiten, 1979). A fisionomia inclui a estrutura, as formas de

<sup>6</sup> A palavra cerrado é mencionada por Martius (1943 – original de 1824) em passagens como: “... A diferença mais importante é aquela que é designada pelos brasileiros com os nomes de campo limpo e campo fechado, *cerrado* ...” (p. 256); “... São chamados no País de tabuleiro; quando os galhos das árvores se tocam, diz-se ‘tabuleiro coberto’, e havendo capoeira densa entre os caules ‘tabuleiro cerrado’ ...” (p. 257). Já o termo tabuleiro (ou “taboleiro”) foi usado até o início do século 20 por autores como Luetzelburg (1922/1923c), tendo esse autor relacionado a interpretação de Martius ao termo fisionômico ‘carrasco’ – para uma análise do termo ‘carrasco’, ver o final do item “Análise das fitofisionomias consideradas”. Para uma análise ampla da terminologia fitofisionômica aplicada ao bioma Cerrado, ver Walter (2006).

<sup>7</sup> A tradução do original, escrito em dinamarquês, foi feita por Albert Löfgren, para a primeira edição em português, publicada em 1908. Antes disso, Löfgren (1896) já havia usado o termo em seu *Ensaio para uma distribuição dos vegetais ... de São Paulo*.

<sup>8</sup> Forma de vegetação é aqui considerado como sinônimo de formação, pois esse é um termo vinculado à fisionomia, como originalmente designado por Grisebach (1872). Outros enfoques para o termo formação podem ser obtidos em Veloso (1992).

crescimento (árvores, arbustos, etc.) e as mudanças estacionais (sempre verde, semidecídua, etc.) predominantes na vegetação. A estrutura, por sua vez, refere-se à disposição, à organização e ao arranjo dos indivíduos na comunidade, tanto em altura (estrutura vertical) quanto em densidade (estrutura horizontal). Alguns sistemas de classificação também podem definir fisionomia pelos critérios consistência e tamanho das folhas (por exemplo, latifoliada) (Eiten, 1968a, 1979).

Para definir um tipo de vegetação, em qualquer escala, pode-se usar um, dois ou os três critérios que compõem esse termo. O mesmo vale para definir fisionomias, embora a estrutura ou as formas de crescimento dominantes, ou ambas, sejam os critérios mais utilizados. Portanto, o uso do termo cerrado como tipo de vegetação pode incorporar componentes que não são observados quando apenas a forma de vegetação é considerada.

O emprego do termo cerrado evoluiu, de modo que atualmente existem três acepções gerais de uso corrente, e que devem ser diferenciadas. A primeira e mais abrangente, refere-se ao bioma<sup>9</sup> predominante no Brasil Central, que deve ser escrita com a inicial maiúscula (Cerrado). Quando se fala em Região do Cerrado ou Região dos Cerrados, normalmente a referência é feita ao bioma, ou à área geográfica coincidente com o bioma. O termo Cerrado não deve ser usado no plural para indicar o bioma, pois existe apenas um bioma Cerrado – seria algo como designar “as Amazôncias”. A segunda acepção, “Cerrado sentido amplo” (*lato sensu*)<sup>10</sup>, reúne diferentes formações e tipos de vegetação do bioma, incluindo, segundo Eiten (1963, 1972, 1994) e Coutinho (1978), desde o Cerradão até o Campo Limpo. Para Goodland (1971) e Ferri (1975) o “Campo Limpo” exclui-se desse conceito, pois florística e fisionomicamente não é

<sup>9</sup> Ecólogos como Leopoldo M. Coutinho (Coutinho, 2004, 2006) interpretam ‘bioma Cerrado’ como o ‘Cerrado sentido amplo’, considerando as Matas de Galeria ou as Veredas como biomas distintos. Essa é uma interpretação restrita do termo bioma, diferente daquela que está sendo adotada aqui, e para a qual Coutinho, assim como Ab’Sáber (2003), interpreta sob o termo ‘domínio’; ou Eiten (1977) e Cabrera e Willink (1980) sob o termo ‘província’; termo este que, para Cabrera e Willink (1980), é subordinado ao que eles consideraram ‘domínio’. ‘Bioma’ está sendo tratado aqui no sentido amplo de Odum (1988), que seguiu a abordagem originalmente também ampla de seus criadores, Clements e Shelford (1939). Esses autores, tendo por princípio elucubrações de Clements e outros ecólogos do início do século 20, conceituaram o termo como uma unidade básica (da comunidade) ou um organismo complexo, que foi designado como a “formação ‘climática’ planta-animal”. Da forma empregada por Clements e Shelford (1939), bioma foi entendido como “o sinônimo exato de formação e clímax, quando estes são usados em sentido biótico” (p. 20). A partir de então, várias interpretações derivaram mundo afora, como a de Coutinho (2006) ou a de Whittaker (1975), comentada adiante. Porém, os três termos até aqui destacados – bioma, província e domínio – são hierarquicamente mais abrangentes e estáveis na escala do que o conceito de ‘ecossistema’ desenvolvido por Tansley (1935), e que alguns dubiamente empregam no sentido de bioma, província ou domínio. Ecossistema pode ser desde um pequeno jardim até todo o planeta Terra. Por definição, inclui os “fatores físicos do sistema”, aos quais os organismos vivos interagem numa dada área, variável na forma e no tamanho. Tansley (1935), inclusive, diferenciou os conceitos nas suas conclusões (bioma é “Todo o complexo de organismos presentes em uma unidade ecológica ...” [*The whole complex of organisms present in an ecological unit...*]). Para Odum (1988) o termo bioma “denomina um grande biossistema regional ou subcontinental, caracterizado por um tipo principal de vegetação ou outro aspecto identificador da paisagem”. Nesse conceito, estão integrados elementos que abrangem as plantas e os animais, vivendo sob um tipo climático regional dominante. Whittaker (1975) incluiu no seu conceito “um grupo de ecossistemas terrestres de um dado continente, semelhante na fisionomia ou na estrutura da vegetação, semelhante nos principais aspectos ambientais aos quais esta estrutura é uma resposta, e semelhante em determinadas características de suas comunidades animais”. Definido por ele de maneira concisa, trata-se do “tipo principal de comunidade em um dado continente, reconhecido pela fisionomia” (Whittaker, 1975). Embora essa definição possa suscitar uma interpretação ampla (e de fato é), quando esse autor diferenciou ‘bioma’ do termo vegetacional ‘formação’ pela simples inclusão da fauna no primeiro conceito (p. 135) – o que procurou seguir Clements –, ficou claro o enfoque restritivo em relação àquele de Odum (1988), mas um enfoque por demais semelhante ao conceito de ‘biocenose’ tal como é empregado por muitos autores, como Cabrera e Willink (1980); qual seja, um conjunto inter-relacionado da fauna e da flora, vivendo em um determinado espaço (biótopo), num certo tempo. Se a interpretação do presente capítulo seguirisse Whittaker (1975), teríamos que considerar três biomas para a região aqui tratada – o bioma florestal, o de savanas e o dos campos. Ainda assim, todos seriam diferentes da interpretação de Coutinho (2004, 2006), que também é diferente da interpretação de autores como Walter (1986), Barbosa (1996), Joly et al. (1999) e Townsend et al. (2006). Usando esses quatro trabalhos para exemplificar as diferenças sob escalas de interpretação crescentes, no seu sistema biogeográfico do Cerrado, Barbosa (1996) – referindo-se aos chapadões centrais do Brasil – reconheceu os biomas Campestre (reunindo Campo e Cerrado), do Cerradão, da Mata (mesófilas) e o Ribeirinho (Veredas e Matas Ciliares). Joly et al. (1999), baseados em outras fontes, consideraram como sendo quatro os principais biomas do Brasil: Floresta Amazônica, Floresta Atlântica, Savana (incluindo Pantanal) e Estepes (que englobou a Caatinga e os Campos Sulinos). Já em escala global, Walter (1986) tratou bioma como “cada uma das unidades fundamentais que compõem os sistemas ecológicos maiores”, derivando, a partir disso, termos fitogeográficos, como zonobioma, orobioma e pedobioma. Nessa perspectiva global, Townsend et al. (2006) consideraram apenas sete biomas para todo o planeta – Floresta Pluvial Tropical, Savana, Campo Temperado, Deserto, Floresta Temperada Decídua, Floresta Setentrional ou Boreal de Coníferas (taiga) e Tundra (p. 151). Portanto, hoje existem várias interpretações bem distintas para o termo bioma, e autores importantes como Ricklefs (1996) chegam mesmo a evitá-lo. Foi por esse motivo que julgamos imperativo fazer essa longa nota para explicitar o uso do termo neste capítulo, e que vem sendo empregado de modo semelhante por autores como Felfili et al. (1994), Oliveira-Filho e Ratter (2002) e Durigan et al. (2003), entre outros.

<sup>10</sup> As expressões Cerrado *lato sensu* (ou *sensu lato*) e Cerrado *stricto sensu* (ou *sensu stricto*) têm sido empregadas rotineiramente na literatura para se referirem ao Cerrado sentido amplo e ao Cerrado sentido restrito, respectivamente. Neste capítulo, adotamos e sugerimos o emprego dos termos em português. Mas, para uma maior acuidade das citações bibliográficas neste capítulo, eventualmente eles ainda foram citados em latim.

diretamente relacionado aos demais componentes – uma interpretação que julgamos mais adequada<sup>11</sup>. Sob esse conceito há uma única formação florestal incluída, o Cerradão, e uma única formação campestre, o “campo sujo”. Portanto, o Cerrado sentido amplo é um “tipo de vegetação” definido pela composição florística e pela fisionomia (usando as formas de crescimento como critério), sem que o critério estrutura seja considerado. Alguns autores falam em região dos Cerrados, ou cerrados, fazendo referência apenas ao cerrado sentido amplo e não ao bioma (como aqui interpretado). A terceira acepção do termo, “Cerrado sentido restrito” (*stricto sensu*), designa um dos tipos fitofisionômicos que ocorrem na formação savânea, definido pela composição florística e pela fisionomia, considerando tanto a estrutura quanto as formas de crescimento dominantes. Por ser originalmente a principal fitofisionomia do bioma em área ocupada, o Cerrado sentido restrito caracteriza bem o bioma Cerrado.

Outras aplicações que a palavra cerrado pode apresentar são variantes ou subdivisões de algum dos três conceitos anteriores, principalmente do Cerrado sentido amplo. Em geral designam tipos de vegetação. Como exemplos, na literatura são encontradas expressões como campo-cerrado, cerrado-aberto, cerrado-denso e cerrado-interfluvial, cuja adoção segue algum autor ou visa a determinada escala de trabalho.

## Trabalhos sobre terminologia fitofisionômica

A problemática da definição e da uniformização da nomenclatura dos tipos fitofisionômicos do Cerrado tem sido bastante discutida. Ao classificar a vegetação mundial, o assunto foi abordado diretamente por Eiten (1968a, 1968b) e perifericamente por Walter (1986), entre outros, sendo discutido para a América do Sul por Beard (1953), Hueck (1972) e Eiten (1974). Cole (1986) o analisou sob a ótica das savanas mundiais. Para a vegetação brasileira como um todo o tema foi

tratado por Dansereau (1948), Aubréville (1959, 1961), Magnanini (1961), Eiten (1972, 1978, 1983), Ferri (1974, 1980), Kuhlmann e Correia (1982), Fernandes e Bezerra (1990), Veloso (1992) e Rizzini (1997). Já os diferentes tipos ou formas de vegetação do Cerrado foram tratados por Löfgren (1896), Veloso (1948, 1963), Kuhlmann (1956), Cole (1958, 1960), Rizzini e Heringer (1962), Goodland (1971), Goodland e Pollard (1973), Ferri (1975), Coutinho (1978), Aoki e Santos (1979), Eiten (1979, 1994), Ribeiro et al. (1983), Nogueira-Neto (1991), Barbosa (1996), Oliveira-Filho e Ratter (2002) e Walter (2006). Trabalhos mais detalhados em áreas específicas, procurando incluir no conceito dos tipos fitofisionômicos alguns componentes da flora, foram analisados por Kuhlmann (1951), Azevedo (1962, 1966), Magalhães (1964, 1966), Goodland (1971), Ratter (1971, 1980), Ratter et al. (1973, 1977, 1978), Rizzini (1975), Eiten (1976, 1977), Goodland e Ferri (1979), Aoki e Santos (1982) e Oliveira-Filho e Martins (1986), entre outros.

De maneira geral, os autores acima mencionados enfocaram, em sua maioria, somente as formações savânicas e campestres do bioma, sem considerar convenientemente as formações florestais. Exceções são encontradas nos trabalhos de Kuhlmann (1951), Magalhães (1964, 1966), Eiten (1972, 1983), Ratter et al. (1973), Ribeiro et al. (1983), Oliveira-Filho e Martins (1986), Veloso (1992) e Oliveira-Filho e Ratter (2002), entre outros. Por outro lado, Hueck (1972), para a América do Sul, Dansereau (1948) e Aubréville (1959), para o Brasil, enfocaram basicamente as florestas, discutindo em seus trabalhos os tipos existentes no Cerrado. Já Prado e Gibbs (1993) e Oliveira-Filho e Ratter (1995) apresentaram breves definições tipológicas da vegetação florestal no Brasil Central, a partir dos atuais padrões de distribuição geográfica de algumas espécies arbóreas.

A fitossociologia tem sido um recurso de grande valia para destacar diferenças entre as fitofisionomias do bioma, sendo muito utilizada

<sup>11</sup> Mesmo que a abordagem de “Cerrado sentido amplo” de Goodland (1971) seja a mais apropriada (quatro formas: “Cerradão”, “Cerrado *sensu stricto*”, “Campo Cerrado” e “Campo Sujo”), e os dados acumulados desde então tendam a corroborar essa interpretação, o conceito mais difundido é diretamente o de Coutinho (1978), com cinco formas, acrescentando-se àquelas o “Campo Limpo”.

para os estratos arbóreo e arbustivo, mas pouco para o subarbustivo-herbáceo (Meirelles et al., 2002). Como exemplos, esta foi usada para diferenciar as várias formas de Cerrado sentido amplo (Goodland e Pollard, 1973); para ampliar as diferenças estruturais e florísticas do Cerradão para outras formas de Cerrado sentido amplo (Ribeiro et al., 1982b; Araújo e Haridasan, 1989; Ribeiro e Haridasan, 1990); para testar diferenças de fatores abióticos entre fitofisionomias (Oliveira-Filho et al., 1989); ou para diferenciar subtipos de Matas de Galeria no Brasil Central (Walter, 1995). A investigação dos padrões de distribuição da flora ao longo do bioma também tem se beneficiado dos levantamentos fitossociológicos, além daqueles florísticos, mesmo que o enfoque final venha a ser florístico (Ratter e Dargie, 1992; Ratter et al., 1996, 2000, 2001, 2003).

Walter (2006) revisou os nomes que foram empregados desde o século 18 para se referir as fitofisionomias do bioma, listando mais de 774 termos e expressões. Sobre esse “mar de palavras”, alertou que o excesso de nomes é desnecessário e redundante, com prejuízos para a causa da conservação do Cerrado.

## Padronização de termos fitofisionômicos

Padronizar a nomenclatura dos tipos fitofisionômicos encontrados na Região do Cerrado tem sido uma tarefa difícil, pois diferentes autores adotam critérios e escalas distintas, baseadas em princípios ou origens diferenciadas. Kuhlmann e Correia (1982) classificaram tais critérios nas seguintes categorias: localização ou situação geográfica; topografia ou fatores geográficos, geológicos ou pedológicos; condições ecológicas; categorias (ou tipos) fitofisionômicas; e terminologia regional ou local de diversas origens. Esses autores destacam que, no Cerrado e na Caatinga, concentram-se as maiores dificuldades de classificação da vegetação, apesar da existência de várias tentativas, a maioria das quais sem continuidade. Isso pode ser verificado nos estudos de Andrade-Lima (1981) e Fernandes (1999). Essas dificuldades decorrem da própria

natureza da vegetação, que é um *continuum multidimensional*, e uma classificação, por princípio, busca segmentá-lo (Oliveira-Filho e Ratter, 2002).

Goodland (1971), Eiten (1976, 1977) e Coutinho (1978) foram pioneiros na tentativa de esclarecer o uso dos termos. Goodland (1971) estava interessado em diferenciar os tipos de vegetação do gradiente do Cerrado sentido amplo, enquanto Eiten (1976, 1977) discorreu sobre o tema de maneira mais abrangente, segundo sua compreensão pessoal. Coutinho (1978) fez um apanhado do uso dos termos ao longo da história, conceituando-os a seu tempo. Em seguida, defendeu seu ponto de vista ecológico sobre cinco formas de cerrado sentido amplo (*sensu lato*), discutindo conceitos (cerradão, cerrado *sensu stricto*, campo cerrado, campo sujo e campo limpo), chamando sua interpretação de “conceito floresta-ecótono-campo”.

Quanto às classificações, Eiten (1979) propôs uma terminologia universal auto-explicativa que buscou descrever sucintamente as formas de vegetação, em detrimento de termos regionais que seriam dúbios. O autor destacou que sua terminologia seria indicada para caracterizações precisas, adotando expressões como: “mata aberta com escrube fechado, ambos latifoliados”; “arvoredo de escrube e árvores latifoliadas semi-decíduas”; ou “savana curtigraminosa estacional com árvores latifoliadas semidecíduas e escrube com palmeiras acaules”. Nogueira-Neto (1991), por sua vez, apresentou expressões como “quasimaxicerrado aberto”, “mesocerrado medianamente aberto” ou “minicerrado denso”. As expressões propostas por esses autores são demasiadamente longas, de pouca difusão, ou ainda de difícil aplicabilidade prática para inúmeros trabalhos.

Classificações mais simples, como a defendida por Coutinho (1978), não englobam variantes importantes do bioma, além de não considerarem as formações florestais, exceto o Cerradão. Mas isto se explica, no caso de Coutinho (1978), por não serem as demais fitofisionomias objetos de seu interesse direto naquele trabalho, aliado à sua interpretação conceitual de bioma, formalizada recentemente (Coutinho, 2004,

2006). Oliveira-Filho e Ratter (2002) descreveram a vegetação do Cerrado com base em nomenclatura tradicional, argumentando pela sua “boa aceitação, falta de ambigüidade e por ser apropriada”. Porém, ali são indicados entre 14 e 16 tipos principais de vegetação, sem que os critérios entre eles sejam constantes e sem que as hierarquias estejam plenamente esclarecidas.

Neste capítulo adotou-se e ampliou-se a terminologia básica para o bioma definida por Ribeiro et al. (1983), por ser mais simples e por utilizar termos regionais consagrados. Essa terminologia tem sido muito usada em projetos na escala de comunidades e ecossistemas e tem integrado trabalhos de diferentes áreas da pesquisa no Cerrado, principalmente em disciplinas correlatas à botânica. Nesta nova edição, revista e ampliada, são acrescentadas informações e fornecidas explicações suplementares às do capítulo publicado em 1998, agregando resultados de pesquisa divulgados no período e comentários sobre temas que não estavam suficientemente esclarecidos. Ainda em relação ao capítulo de 1998, buscou-se aqui explicitar a fundamentação teórica que dá base a esta classificação, definida como pragmática por Oliveira-Filho e Ratter (2002).

## Principais tipos fitofisionômicos do Cerrado

Os critérios aqui adotados para diferenciar os tipos fitofisionômicos são baseados primeiramente na fisionomia (forma), definida pela estrutura, pelas formas de crescimento dominantes e por possíveis mudanças estacionais. Posteriormente consideram-se aspectos do ambiente (fatores edáficos) e da composição florística. No caso de tipos fitofisionômicos em que há subtipos, o ambiente e a composição florística, nesta ordem, são os critérios de separação. Nas fitofisionomias não consideradas por Ribeiro et al. (1983), quando possível, foram adotados termos regionais de uso difundido.

São descritos onze tipos principais de vegetação para o bioma (Fig. 2), enquadrados em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda)

e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre). Considerando também os subtipos, neste sistema são reconhecidas 25 fitofisionomias.

## Formações florestais

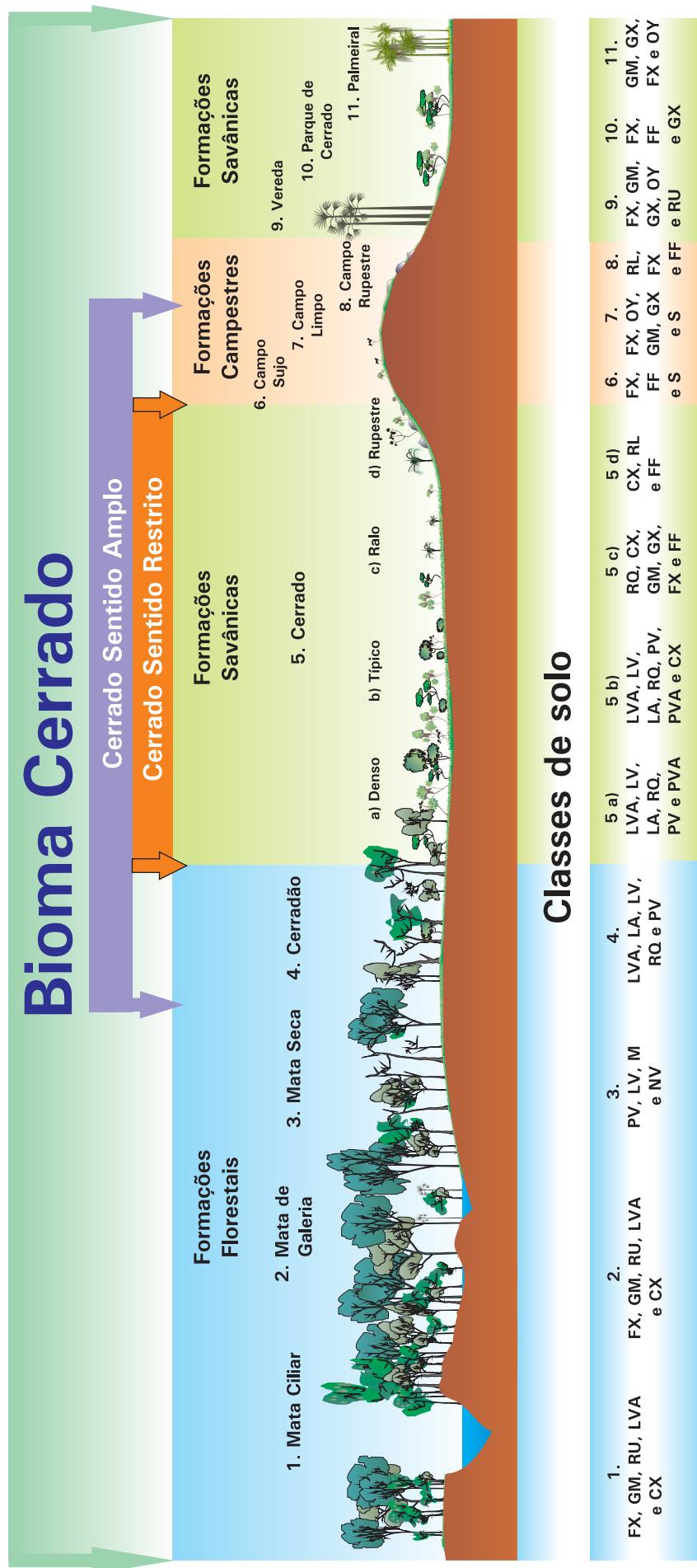
As formações florestais do Cerrado englobam os tipos de vegetação com predominância de espécies arbóreas, com a formação de dossel contínuo. A Mata Ciliar e a Mata de Galeria são fisionomias associadas a cursos de água, que podem ocorrer em terrenos bem drenados ou mal drenados. A Mata Seca e o Cerradão ocorrem nos interflúvios em terrenos bem drenados, sem associação com cursos de água.

A Mata de Galeria possui dois subtipos: Não-Inundável e Inundável. A Mata Seca três: Sempre-Verde, Semidecidua e Decídua. O Cerradão pode ser classificado como Mesotrófico ou Distrófico.

### Mata Ciliar

Por Mata Ciliar entende-se a vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte da Região do Cerrado, em que a vegetação arbórea não forma galerias. Em geral essa mata é relativamente estreita, dificilmente ultrapassando 100 m de largura em cada margem. É comum a largura em cada margem ser proporcional à do leito do rio, embora, em áreas planas, a largura possa ser maior. Porém, a Mata Ciliar ocorre geralmente sobre terrenos acidentados, podendo haver uma transição nem sempre evidente para outras fisionomias florestais, como a Mata Seca e o Cerradão.

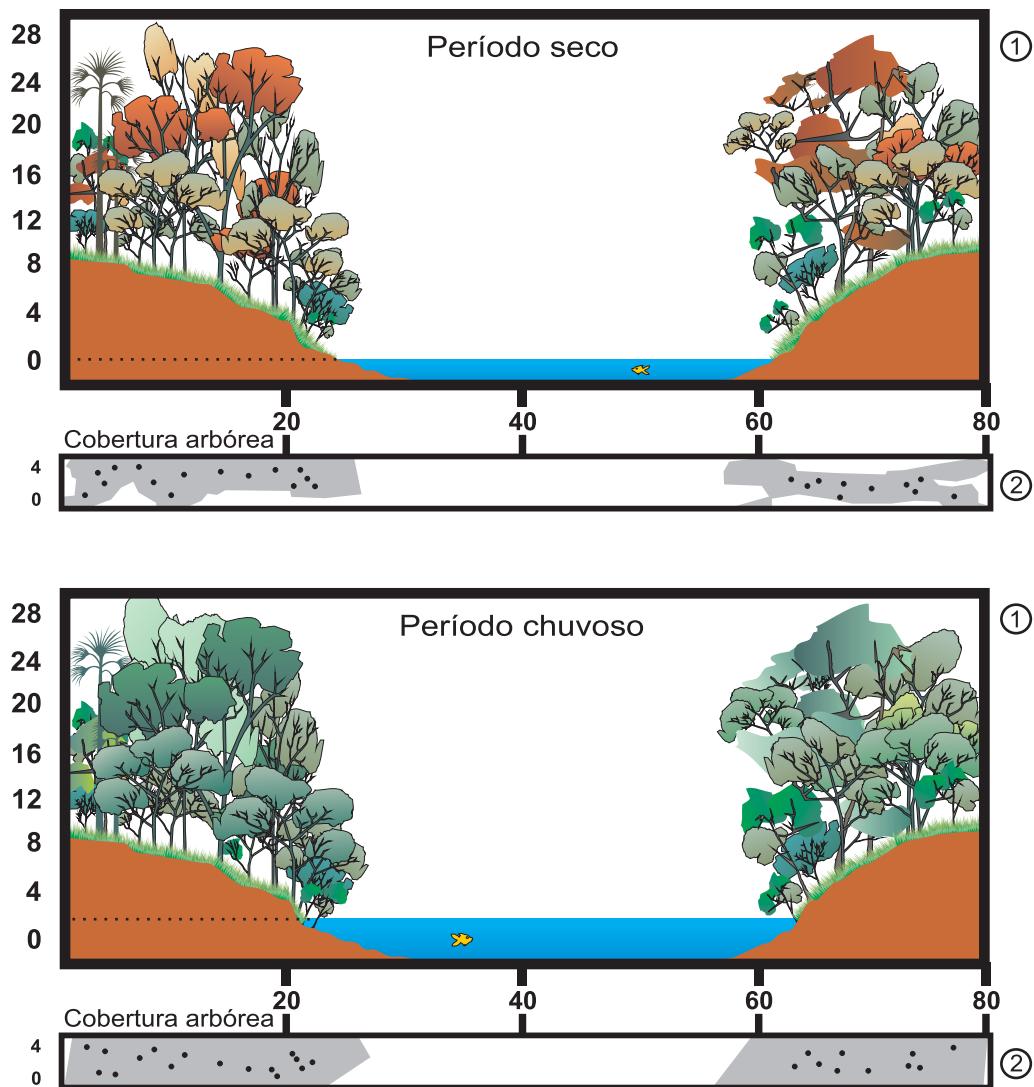
A Mata Ciliar no bioma Cerrado também se diferencia da Mata de Galeria pela deciduidade e pela composição florística, havendo, na Mata Ciliar, diferentes graus de caducifolia na estação seca, enquanto a Mata de Galeria é perenifólia. Floristicamente é mais similar à Mata Seca, diferenciando-se desta pela associação ao curso de água e pela estrutura, que em geral é mais densa e mais alta, com elementos florísticos específicos no trecho de contato com o leito do rio.



**Fig. 2.** Esquema adaptado das principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Essas 11 fitofisionomias estão apresentadas em um gradiente daquelas de maior biomassa (formações florestais à esquerda) para as de menor biomassa (formações savânicas e campestres à direita), na posição topográfica em que geralmente ocorrem. Esse esquema não implica que cada uma dessas fitofisionomias ocorra na natureza uma ao lado da outra, nessa toposequência. O cerrado sentido amplo é indicado conforme Coutinho (1978). As classes de solos estão de acordo com a nova Classificação Brasileira de Solos (Embrapa 1999) e estão destacadas quanto à sua ocorrência em cada fitofisionomia: Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Vermelho-Amarelo (LA), Neossolo Amarelo (LA), Neossolo Quartzarênico (RQ), Argissolo Vermelho (PV), Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), Nitossolo Vermelho (NV), Cambissolo Háplico (CX), Chernossolo (M), Gleissolo Háplico (GX), Gleissolo Melânico (GM), Plintossolo Pétrico (FF), Neossolo Lítico (RL), Neossolo Flúvico (RU), Neossolo Flúvico (FX), Gleissolo Háplico (GX) (OY) e Planossolo (S).

Os solos, classificados no sistema da Classificação Brasileira de Solos (Embrapa, 1999), podem ser rasos como os Cambissolos, Plintossolos ou Neossolos Litólicos, profundos como os Latossolos e Argissolos, ou ainda acontecer em Neossolos Flúvicos. Muitas vezes os indivíduos arbóreos crescem entre as fendas de afloramentos de rochas, que podem ser comuns na fitofisionomia. A camada de serapilheira que se forma é sempre menos profunda que a encontrada nas Matas de Galeria.

As árvores, predominantemente eretas, variam em altura de 20 m a 25 m, com alguns poucos indivíduos emergentes alcançando 30 m ou mais. As espécies típicas são predominantemente caducifólias, com algumas sempre verdes, conferindo à Mata Ciliar um aspecto semidecíduo. Ao longo do ano as árvores fornecem uma cobertura arbórea variável de 50 % a 90%<sup>12</sup>. Na estação chuvosa, a cobertura chega a 90 %, dificilmente ultrapassando esse valor, ao passo que, na estação seca, pode até mesmo ser inferior a 50 % em alguns trechos (Fig. 3).



**Fig. 3.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de uma Mata Ciliar representando uma faixa de 80 m de comprimento por 4 m de largura nos períodos seco (maio a setembro) e chuvoso (outubro a abril).

<sup>12</sup> Para todas as fitofisionomias aqui apresentadas, as estimativas de cobertura arbórea foram obtidas a partir de diversos trabalhos de campo realizados nas décadas de 1980 e 1990. Esses trabalhos avaliaram a projeção das copas no solo, em parcelas amostrais alocadas em trechos representativos de cada fitofisionomia. As dimensões das parcelas variaram de acordo com a fitofisionomia, sendo de 100 m x 5 m ou 100 m x 10 m para florestas, e de 25 m x 10 m para savanas e campos.

Como espécies arbóreas freqüentes podem ser citadas: *Anadenanthera* spp. (angicos), *Apeiba tibourbou* (pau-de-jangada, pente-de-macaco), *Aspidosperma* spp. (perobas), *Casearia* spp. (guaçatongas, cambroé<sup>13</sup>), *Cecropia pachystachya* (embaúba), *Celtis iguanaea* (grão-de-galo), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Inga* spp. (ingás), *Lonchocarpus cultratus* (folha-larga), *Sterculia striata* (chichá), *Tabebuia* spp. (ipês), *Tapirira guianensis* (pau-pombo, pombeiro), *Trema micrantha* (crindiúva), *Trichilia pallida* (catiguá) e *Triplaris gardneriana* (pajeú). Também pode ser comum a presença das palmeiras *Syagrus romanzoffiana* (jerivá) em pequenos agrupamentos, e *Attalea speciosa* (babaçu) em locais abertos (clareiras), geralmente de origem antrópica. O número de espécies de Orchidaceae epífitas é baixo, embora as espécies *Encyclia flava* (= *E. linearifoloides*), *Oncidium cebolleta*, *O. fuscopetalum*, *O. macropetalum* e *Lockhartia goyazensis* sejam freqüentes na comunidade, tal qual ocorre nas Matas Secas Semidecíduas e Decíduas. Diferentes trechos ao longo de uma Mata Ciliar podem apresentar composição florística bastante variável, havendo faixas que podem ser dominadas por poucas espécies.

Ao lado do leito dos rios, em locais sujeitos as grandes enchentes, pode haver o predomínio de espécies arbóreas, como *Celtis iguanaea*, *Ficus* spp. (figueiras, gameleiras), *Inga* spp. e *Trema micrantha*, ou mesmo de gramíneas de grande porte como *Gynerium sagittatum* (canarana) ou *Guadua paniculata* (taquara, bambu, taboca); como ocorre nos grandes rios no nordeste do Estado de Goiás. Nessa região é comum a formação de bancos de areia (praias), onde predomina uma vegetação arbustivo-herbácea característica, com a presença de espécies das famílias Boraginaceae, Myrtaceae e Rubiaceae.

Nos locais onde pequenos afluentes (córregos ou riachos) deságiam no rio principal, a flora típica da Mata Ciliar mistura-se à flora da Mata

de Galeria, fazendo com que a delimitação fisionômica entre um tipo e outro seja dificultada.

### Mata de Galeria

Por Mata de Galeria entende-se a vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil Central, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso de água<sup>14</sup>. Geralmente localiza-se nos fundos dos vales ou nas cabeceiras de drenagem onde os cursos de água ainda não escavaram um canal definitivo (Ratter et al., 1973; Ribeiro et al., 1983). Essa fisionomia é perenifólia, não apresentando caducifolia evidente durante a estação seca. Quase sempre é circundada por faixas de vegetação não florestal em ambas as margens, e em geral ocorre uma transição brusca com formações savânicas e campestres. A transição é quase imperceptível quando ocorre com Matas Ciliares, Matas Secas ou mesmo Cerradões, o que é mais raro, muito embora pela composição florística seja possível diferenciá-las.

A altura média do estrato arbóreo varia entre 20 m e 30 m, apresentando uma superposição das copas, que fornecem cobertura arbórea de 70 % a 95 %. No seu interior a umidade relativa é alta mesmo na época mais seca do ano. A presença de árvores com pequenas sapopemas ou saliências nas raízes é freqüente, principalmente nos locais mais úmidos. É comum haver grande número de espécies epífitas, principalmente Orchidaceae, em quantidade superior à que ocorre nas demais formações florestais do Cerrado.

Os solos são geralmente Cambissolos, Plintossolos, Argissolos, Gleissolos ou Neossolos, podendo mesmo ocorrer Latossolos semelhantes aos das áreas de Cerrado (sentido amplo) adjacentes. Neste último caso, em virtude da posição topográfica, os Latossolos apresentam maior

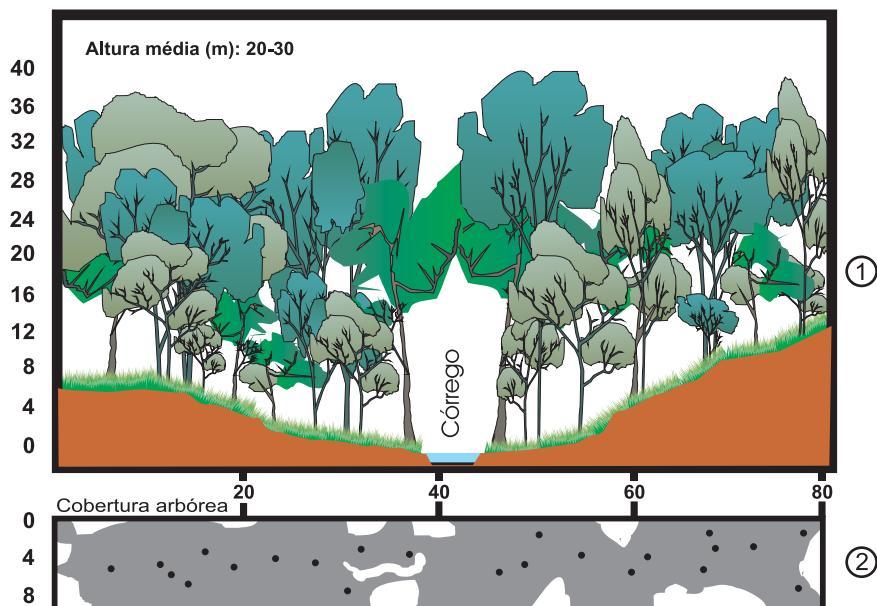
<sup>13</sup> Os nomes comuns estão citados com base em referências bibliográficas, entre as quais Lorenzi (1992), Pereira e Silva (1995), Proença et al. (2000) e Pott et al. (2006), entre várias outras.

<sup>14</sup> ‘Matta em Galeria’ (‘mata’ ou ‘floresta’) foi a expressão originalmente usada por botânicos europeus para designar essa vegetação do interior do Brasil (Campos, 1943, 2001). Além dessa forma, pouco difundida, ao longo do século 20, a literatura registrou em maior número as variações ‘Mata-Galeria’ e ‘Mata de Galeria’. Embora, gramaticalmente, as expressões ‘Mata-Galeria’ ou ‘Mata em Galeria’ possam até ser consideradas as mais corretas, pois significam “mata que é ou que forma galeria”, enquanto ‘Mata de Galeria’ é “aquela que ocorre em galeria”, a difusão e o maior uso desta última expressão nas últimas décadas foi determinante para a sua adoção (por exemplo, Ribeiro et al., 1983, 2001; Sampaio et al., 1997; Nóbrega et al., 2001).

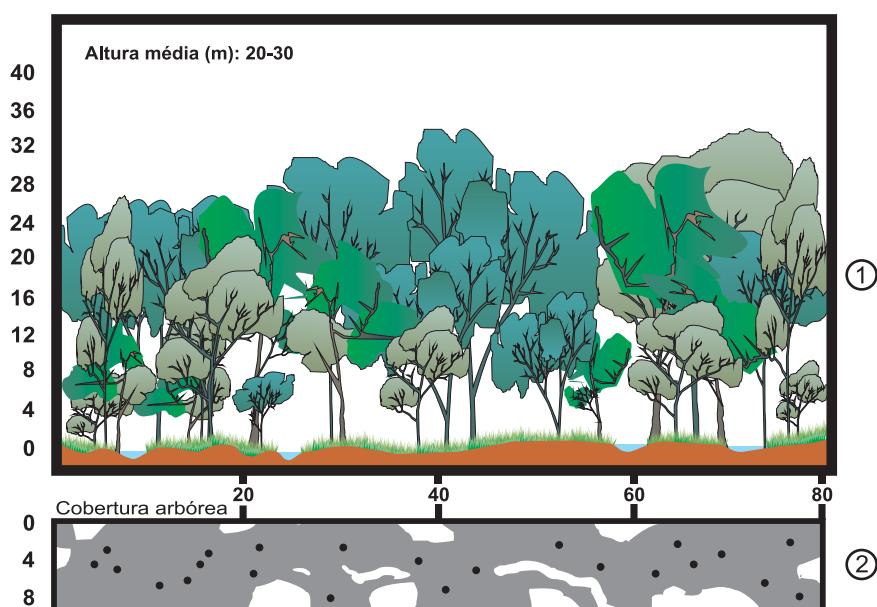
fertilidade, decorrente do carreamento de material das áreas adjacentes e da matéria orgânica oriunda da própria vegetação. Não obstante, os solos da Mata de Galeria podem apresentar acidez maior que a encontrada naquelas áreas.

De acordo com características ambientais como topografia e variações na altura do lençol freático ao longo do ano, com consequências na

florística, a Mata de Galeria pode ser separada em dois subtipos: Mata de Galeria Não-Inundável (Fig. 4) e Mata de Galeria Inundável (Fig. 5). É situação comum que uma Mata apresente não somente um desses padrões ao longo de todo o curso d'água, de modo que são encontrados trechos inundáveis em uma Mata que, no geral, se classifica como Não-Inundável e vice-versa.



**Fig. 4.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de uma Mata de Galeria Não-Inundável, representando uma faixa de 80 m de comprimento por 10 m de largura.



**Fig. 5.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de uma Mata de Galeria Inundável, representando uma faixa de 80 m de comprimento por 10 m de largura.

Por Mata de Galeria Não-Inundável entende-se a vegetação florestal que acompanha um curso de água, onde o lençol freático não se mantém próximo ou sobre a superfície do terreno na maior parte dos trechos o ano todo, mesmo na estação chuvosa. Apresenta trechos longos com topografia acidentada, sendo poucos os locais planos. Possui solos predominantemente bem drenados e uma linha de drenagem (leito do córrego) definida. Caracteriza-se pela grande importância fitossociológica de espécies das famílias Apocynaceae (*Aspidosperma* spp. – perobas), Leguminosae, Lauraceae (*Nectandra* spp., *Ocotea* spp. – canelas, louros) e Rubiaceae e por um número expressivo de espécies das famílias Leguminosae (p.ex., *Apuleia leiocarpa* - garapa; *Copaifera langsdorffii* – copaíba; *Hymenaea courbaril* – jatobá; *Ormosia* spp. – tentos; e *Sclerolobium* spp. – carvoeiros), Myrtaceae (*Gomidesia lindeniana* – pimenteira; *Myrcia* spp.) e Rubiaceae (*Alibertia* spp., *Amaioua* spp., *Ixora* spp., *Guettarda viburnoides* – veludo-branco; e *Psychotria* spp.).

Além dessas espécies podem ser destacadas: *Bauhinia rufa* (pata-de-vaca), *Callisthene major* (tapicuru), *Cardiopetalum calophyllum* (imbirinha), *Cariniana rubra* (jequitibá), *Cheiloclinum cognatum* (bacupari-da-mata), *Cupania vernalis* (camboatá-vermelho), *Erythroxylum daphnites* (fruta-de-pomba), *Guarea guidonea* (marinheiro), *Guarea kunthiana* (marinheiro), *Guatteria sellowiana* (embira), *Licania apetala* (ajurú, oiti), *Matayba guianensis* (camboatá-branco), *Myrcia rostrata* (guaramim-da-folha-fina), *Ouratea castaneaefolia* (farinha-seca), *Piptocarpha macropoda* (coração-de-negro), *Schefflera morototoni* (= *Didymopanax morototoni* - morototó), *Tapura amazonica* (tapura), *Tetragastris altissima* (breu-vermelho), *Vochysia pyramidalis* (pau-de-tucano), *Vochysia tucanorum* (pau-de-tucano) e *Xylopia sericea* (pindaíba-vermelha).

Por Mata de Galeria Inundável entende-se a vegetação florestal que acompanha um curso de água, onde o lençol freático se mantém próximo ou sobre a superfície do terreno na maior parte dos trechos durante o ano todo, mesmo na estação seca. Apresenta trechos longos com

topografia bastante plana, sendo poucos os locais acidentados. Possui drenagem deficiente e linha de drenagem (leito do córrego) muitas vezes pouco definida e sujeita a modificações. Caracteriza-se pela grande importância fitossociológica de espécies das famílias Annonaceae (*Xylopia emarginata* – pindaíba-preta), Burseraceae (*Protium* spp. – breus), Clusiaceae (*Calophyllum brasiliense* – landim; *Clusia* spp.), Euphorbiaceae (*Richeria grandis* – jaca-brava, pau-de-santa-rita), Magnoliaceae (*Talauma ovata* – pinha-dobrejo) e Rubiaceae (*Ferdinandusa speciosa*) e por um número expressivo de espécies das famílias Melastomataceae (*Miconia* spp., *Tibouchina* spp. – quaresmeiras), Piperaceae (*Piper* spp.) e Rubiaceae (como as espécies. *Coccocypselum guianense*, *Palicourea* spp., *Posoqueria latifolia* e *Psychotria* spp.).

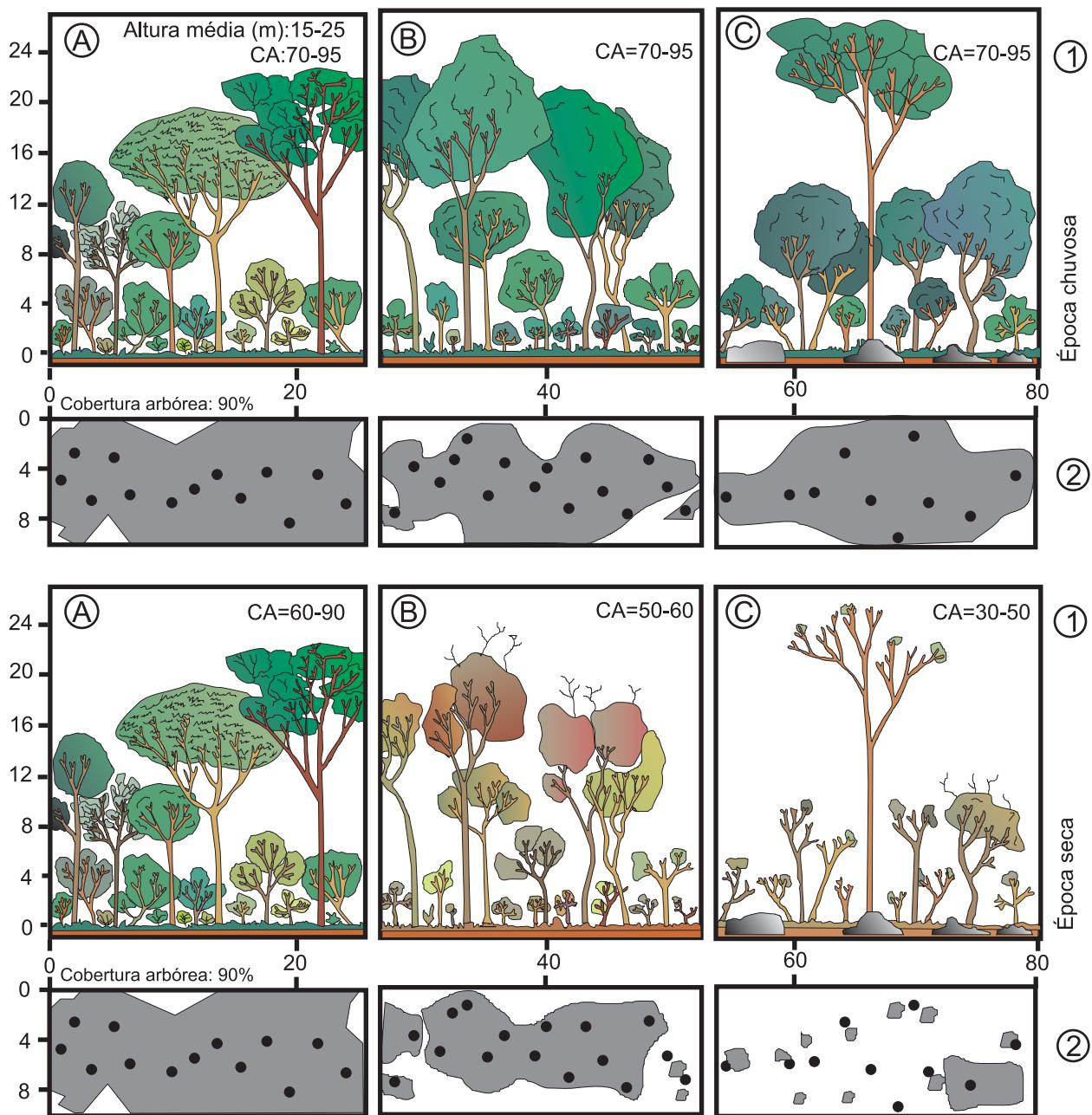
Além dessas espécies, podem ser destacadas: *Cedrela odorata* (cedro), *Croton urucurana* (sangra-d'água), *Dendropanax cuneatum* (maria-mole), *Euplassa inaequalis* (fruta-de-morcego), *Euterpe edulis* (jussara, palmito), *Hedyosmum brasiliense* (chá-de-soldado), *Guarea macrophylla* (marinheiro), *Mauritia flexuosa* (buriti), *Prunus* spp. e *Virola urbaniana* (virola, bicoíba-do-brejo). Espécies como *Ilex integrifolia* (congonha), *Miconia chartacea* (pixiricão), *Ocotea aciphylla* (canela-amarela) e *Pseudolmedia laevigata* (larga-galha) também são indicadoras de terrenos com lençol freático mais alto, embora dificilmente sejam encontradas em terrenos permanentemente inundados.

Algumas espécies podem ser encontradas indistintamente tanto na Mata de Galeria Não-Inundável quanto na Mata de Galeria Inundável; ou em trechos com essas características. São espécies indiferentes aos níveis de inundação do solo. Entre essas, citam-se: *Protium heptaphyllum* (breu, almécega), *Psychotria carthagrenensis* (erva-de-gralha), *Schefflera morototoni* (morototó), *Styrax camporum* (cuia-do-brejo), *Symplocos nitens* (congonha), *Tapirira guianensis* (pau-pombo, pombeiro) e *Virola sebifera* (virola, bicoíba). *Protium heptaphyllum* e *Tapirira guianensis*, em particular, podem apresentar grande importância fitossociológica nos dois subtipos de Mata de Galeria.

## Mata Seca

Sob a designação Mata Seca estão incluídas as formações florestais no bioma Cerrado que não possuem associação com cursos de água, caracterizadas por diversos níveis de caducifolia durante a estação seca. A vegetação ocorre nos interflúvios, em locais geralmente mais ricos em nutrientes. A Mata Seca é dependente das condições químicas e físicas do solo mesotrófico,

principalmente da profundidade. Em função do tipo de solo, da composição florística e, em consequência, da queda de folhas no período seco, a Mata Seca pode ser tratada sob três subtipos: Mata Seca Sempre-Verde (Fig. 6A), Mata Seca Semidecidua (Fig. 6B), a mais comum, e Mata Seca Decídua (Fig. 6C). Em todos esses subtipos, a queda de folhas contribui para o aumento da matéria orgânica no solo, mesmo na Mata Seca Sempre-Verde.



**Fig. 6.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) dos três subtipos de Mata Seca, em diferentes épocas do ano, representando faixas com 26 m de comprimento por 10 m de largura cada uma. CA: cobertura arbórea em %. O trecho do lado esquerdo (A) representa uma Mata Seca Sempre-Verde; o trecho do meio (B), uma Mata Seca Semidecidua; e o trecho do lado direito (C), uma Mata Seca Decídua, com afloramentos de rocha. Fonte: Ribeiro e Walter, 1998.

A Mata Seca pode ser encontrada em solos desenvolvidos em rochas básicas de alta fertilidade (Terra Roxa Estruturada, Brunizém ou Cambissolos), em Latossolos Roxo e Vermelho-Escuro, de média fertilidade, em que ocorrem principalmente as Matas Secas Sempre-Verde e Semidecidua. Sobre solos de origem calcária, freqüentemente em afloramentos rochosos típicos, ocorre a Mata Seca Decídua, que também pode ocorrer em solos de outras origens.

A altura média do estrato arbóreo varia entre 15 m e 25 m. A grande maioria das árvores é ereta, com alguns indivíduos emergentes. Na época chuvosa as copas se tocam, fornecendo uma cobertura arbórea de 70 % a 95 %. Na época seca a cobertura pode ser inferior a 50 %, especialmente na Mata Decídua, que atinge porcentagens inferiores a 35 %, em virtude do predomínio de espécies caducifólias. O dossel fechado na época chuvosa desfavorece a presença de muitas plantas arbustivas, enquanto a diminuição da cobertura na época seca não possibilita a presença de muitas espécies epífitas. Estas ocorrem em menor quantidade de espécies e de indivíduos do que nas Matas de Galeria e Ciliares, havendo até mesmo espécies de Orchidaceae indicadoras das Matas Secas Decídua e Semidecidua, como *Encyclia flava* (= *E. linearifoloides*), *Oncidium cebolleta*, *O. fuscopetalum*, *O. macropetalum* e *O. pumilum* (L. Bianchetti, com. pes.). Cipós também não são raros, pertencendo a gêneros como *Arrabidaea*, *Banisteriopsis*, *Bauhinia* e *Pithecoctenium* (Rizzini, 1997).

Como espécies arbóreas freqüentes encontram-se: *Acacia polyphylla* (monjoleiro, unha-de-gato), *Amburana cearensis* (cerejeira, imburana), *Anadenanthera colubrina* (angico), *A. peregrina* (angico), *Apuleia leiocarpa* (garapa), *Aspidosperma subincanum* (guatambú), *Cabralea canjerana* (canjerana), *Cariniana estrellensis* (bingueiro, jequitibá), *Cassia ferruginea* (canafistula-preta), *Cedrela fissilis* (cedro), *Centrolobium tomentosum* (araribá), *Chloroleucon tenuiflorum* (jurema), *Dilodendron bippinatum* (maria-pobre), *Guazuma ulmifolia* (mutamba), *Jacaranda brasiliiana* (caroba), *J. caroba* (caroba), *Lithraea molleoides* (aroeirinha,

aroeira-brava), *Lonchocarpus montanus* (feijão-cru, tapicuru), *Lonchocarpus sericeus* (feijão-cru, imbira-de-porco), *Machaerium villosum* (jacarandá-do-mato), *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), *Physocalymma scaberrimum* (cega-machado), *Platycyamus regnellii* (pau-pereira, folha-de-bolo), *Tabebuia* spp. (ipês, pau-d'arco), *Tapirira guianensis* (pau-pombo), *Terminalia* spp. (capitão), *Trichilia elegans* (pau-de-ervilha, catiguá) e *Zanthoxylum rhoifolium* (maminha-de-porca).

A Mata Seca Decídua pode apresentar-se com um aspecto singular (estrutura e ambiente) quando ocupa áreas rochosas de origem calcária, situação em que também é conhecida por "Mata Calcária" ou "Mata Seca em solo calcário", entre outros nomes (Walter, 1996). Tais áreas em geral são muito acidentadas em decorrência dos afloramentos calcários e possuem composição florística distinta dos demais tipos de Mata Seca, mesmo as Decíduas sobre outros solos mesotróficos. As copas não se tocam necessariamente (o dossel pode ser descontínuo), fornecendo uma cobertura arbórea de 60 a 90 % na estação chuvosa, que cai para 35 % até 15 % na estação seca. Além desses aspectos, a caracterização dessa fitofisionomia se dá pela presença de espécies como *Commiphora leptophloeus* (amburana-de-cambão), *Cavanillesia arborea* (barriguda), *Chorisia pubiflora* (paineira), *Combretum duarteanum* (vaqueta, caatinga-branca), *Spondias mombin* (cajazeira, cajá), agrupamentos de *Cyrtopodium* spp. (sumaré) e *Dyckia* spp. ou também de algumas espécies de cactáceas e aráceas. É também grande o número de espécies espinhosas ou urticantes. De acordo com Ratter et al. (1978) esse tipo de mata possui afinidades florísticas com o Cerradão Mesotrófico e com a Caatinga, podendo ser considerada como um tipo de "Caatinga arbórea" (ver também Azevedo, 1966; Andrade-Lima, 1981; Prado e Gibbs, 1993; Rizzini, 1997).

## Cerradão

O Cerradão é a formação florestal do bioma Cerrado com características esclerófilas<sup>15</sup>,

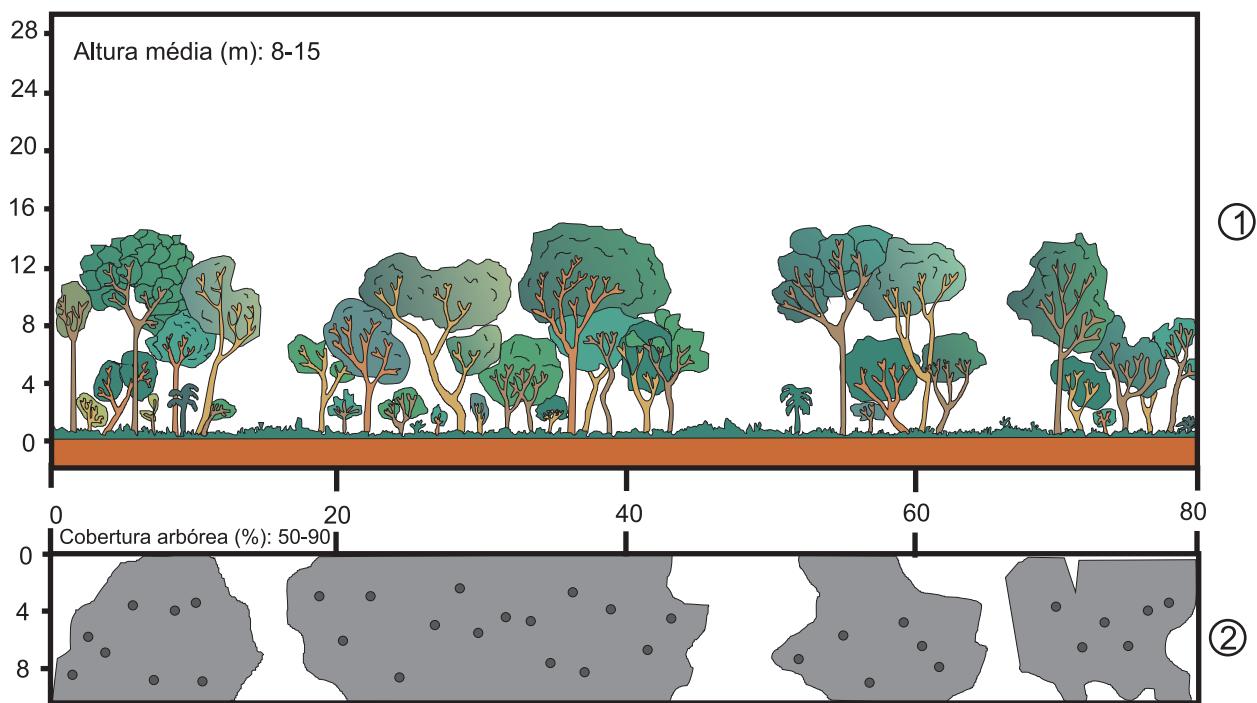
<sup>15</sup> Esclerófilo refere-se aos vegetais que apresentam folhas duras, coriáceas (Ferri et al., 1988).

motivo pelo qual é incluído no limite mais alto do conceito de Cerrado sentido amplo. Nos tempos de Warming (1973 - original de 1892) era chamado de “Catanduva”, que foi definida por ele como “a matta virgem particular dos planaltos”, em uma acepção direta ao conceito que ainda possui hoje. Löfgren (1896) sinonimizou os termos “Catanduva” e “Cerradão” logo a seguir, usando-os sem distinção. Para Campos (1943, 2001) “o Cerradão é matta mais rala e fraca”. Esse autor diferenciou-o nos detalhes de outro tipo de vegetação que também designou “Catanduva”, mas com um conceito distinto daquele empregado por Löfgren (1896) e Warming (1973). O Cerradão foi denominado posteriormente por Rizzini e Heringer (1962) e Rizzini (1963) pela expressão “floresta xeromorfa”. Anos depois, o mesmo autor recomendou o abandono dessa expressão (Rizzini, 1997). Para Rizzini (1997), o Cerradão corresponde a uma “floresta mesófila esclerófila”, que se caracteriza por um sub-bosque formado por pequenos arbustos e ervas, com poucas gramíneas. Caracteriza-se pela presença preferencial de espécies que ocorrem no Cerrado sentido restrito e também por espécies de florestas, particularmente as da Mata Seca Semidecídua e da Mata

de Galeria Não-Inundável. Do ponto de vista fisionômico, é uma floresta, mas floristicamente assemelha-se mais ao Cerrado sentido restrito.

O Cerradão apresenta dossel contínuo e cobertura arbórea que pode oscilar de 50 % a 90 % (Fig. 7), sendo maior na estação chuvosa e menor na seca. A altura média do estrato arbóreo varia de 8 m a 15 m, proporcionando condições de luminosidade que favorecem a formação de estratos arbustivo e herbáceo diferenciados. Embora possa ser perenifólio, o padrão geral é semidecíduo, sendo que muitas espécies comuns ao Cerrado sentido restrito como *Caryocar brasiliense*, *Kielmeyera coriacea* e *Qualea grandiflora*, ou comuns às Matas Secas, como *Dilodendron bippinatum* e *Physocalymma scaberrimum*, apresentam caducifolia em determinados períodos na estação seca. Esses períodos nem sempre são coincidentes com aqueles das populações do Cerrado (Ribeiro et al., 1982a) ou da Mata. A presença de espécies epífitas é reduzida, restringindo-se a algumas Bromeliaceae (*Bilbergia* e *Tillandsia*) e a plantas como a Cactaceae *Epiphyllum phyllanthus* (saborosa).

Em sua maioria, os solos de Cerradão são profundos, bem drenados, de média e baixa



**Fig. 7.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de um Cerradão representando uma faixa de 80 m de comprimento por 10 m de largura.

fertilidade, ligeiramente ácidos, pertencentes às classes Latossolo Vermelho ou Latossolo Vermelho-Amarelo. Também pode ocorrer em proporção menor o Cambissolo distrófico. O teor de matéria orgânica nos horizontes superficiais é médio e recebe um incremento anual de resíduos orgânicos provenientes da deposição de folhas durante a estação seca.

De acordo com a fertilidade do solo o Cerradão pode ser classificado como Cerradão Distrófico<sup>16</sup> (solos pobres) ou Cerradão Mesotrófico (solos mais ricos), cada qual possuindo espécies características adaptadas a esses ambientes (Ratter, 1971; Ratter et al., 1973, 1977, 1978, 2003; Ribeiro et al., 1982b, 1985; Araújo e Haridasan, 1989; Ribeiro e Haridasan, 1990; Oliveira-Filho e Ratter, 1995; Guarim et al., 2000).

De maneira geral, as espécies arbóreas mais freqüentes no Cerradão Distrófico são: *Caryocar brasiliense* (pequi), *Copaifera langsdorffii* (copaíba), *Emmotum nitens* (sobre, carvalho), *Hirtella glandulosa* (oiti), *Lafoensis pacari* (pacari), *Siphoneugena densiflora* (maria-preta), *Vochysia haenkeana* (escorrega-macaco) e *Xylopia aromatica* (pindaíba, pimenta-de-macaco). No Cerradão Mesotrófico, são freqüentes as seguintes: *Callisthene fasciculata* (jacaré-da-folha-grande), *Dilodendron bippinatum* (maria-pobre), *Guazuma ulmifolia* (mutamba), *Helicteres brevispira* (saca-rolha), *Luehea candicans*, *L. paniculata* (açoita-cavalo), *Magonia pubescens* (tinguí) e *Platypodium elegans* (canzileiro). Rizzini e Heringer (1962), Ratter (1971) e Ratter et al. (1973, 1977, 1978) também mencionam como espécies normalmente encontradas nas áreas distróficas: *Agonandra brasiliensis* (pau-marfim), *Bowdichia virginiana* (sucupira-preta), *Dalbergia miscolobium* (jacarandá-do-cerrado), *Dimorphandra mollis* (faveiro, fava-de-anta), *Kielmeyera coriacea* (pau-santo), *Machaerium opacum* (jacarandá-muchiba), *Plathymenia reticulata* (vinhático), *Pterodon emarginatus*, *P. pubescens* (sucupira-branca), *Qualea grandiflora* (pau-terra-grande)

e *Sclerolobium paniculatum* (carvoeiro). Em áreas mesotróficas, Ratter (1971) e Ratter et al. (1973, 1977, 1978, 2003) ainda incluem *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-alves), *Dipteryx alata* (baru), *Physocalymma scaberrimum* (cega-machado), *Pseudobombax tomentosum* (imbiruçu) e *Terminalia argentea* (capitão-do-campo). Ratter chegou a diferenciar alguns Cerradões do Brasil Central pela presença da espécie dominante; casos de *Callisthene fasciculata*, *Hirtella glandulosa* e *Magonia pubescens*.

Como arbustos<sup>17</sup> freqüentes, Rizzini e Heringer (1962) citaram, entre outras, as espécies *Alibertia edulis* (marmelada-de-cachorro), *A. sessilis*, *Brosimum gaudichaudii* (mama-cadela), *Bauhinia brevipes* (= *B. bongardii* – unha-de-vaca), *Casearia sylvestris* (guaçatonga ou café-bravo), *Copaifera oblongifolia* (pau-d'olinho), *Duguetia furfuracea* (pinha-do-campo, araticunzinho), *Miconia albicans* (quaresma-branca, folha-branca), *M. macrothyrsa* e *Rudgea viburnoides* (bugre). Felfili et al. (1994) indicaram também *Psychotria hoffmannseggiana*, além das gramíneas *Aristida longifolia*, *Echinolaena inflexa* (capim-flexinha) e a exótica *Melinis minutiflora* (capim-gordura). Do estrato herbáceo, Filgueiras (1994) indicou, como freqüentes para a região da Chapada dos Veadeiros (GO), gramíneas dos gêneros *Aristida*, *Axonopus*, *Paspalum* e *Trachypogon*.

Todas as espécies mencionadas podem ser encontradas em outras formações florestais ou savânicas. Ao estudarem a vegetação da Chapada Pratinha, Felfili et al. (1994) não encontraram espécies exclusivas de Cerradão, quer no estrato arbóreo, quer no estrato arbustivo.

## Formações Savânicas

As formações savânicas do Cerrado englobam quatro tipos fitofisionômicos principais: o Cerrado sentido restrito, o Parque de Cerrado, o Palmeiral

<sup>16</sup> Distrófico é um adjetivo relativo a distrofia, que significa perturbação grave na nutrição (Ferreira, 1986); no caso, nutrição vegetal. Opõe-se a eutrófico, que se relaciona a boa nutrição (Ferreira, 1986). Mesotrófico é a situação intermediária.

<sup>17</sup> Muitos indivíduos/populações de espécies como *Alibertia edulis*, *Brosimum gaudichaudii*, *Byrsonima crassa* e *Ouratea hexasperma* ora se apresentam como árvores/arbóreas, ora como arbustos/arbustivas. A variação entre árvore e arbusto em geral é regional, embora possa ocorrer até mesmo entre trechos vizinhos. As citações originais foram mantidas, lembrando que os critérios aqui adotados como formas de crescimento são baseados em Heringer et al. (1977) e estão apresentados na chave ao final do capítulo.

e a Vereda. O Cerrado sentido restrito caracteriza-se pela presença dos estratos arbóreo e arbustivo-herbáceo definidos, com as árvores distribuídas aleatoriamente sobre o terreno em diferentes densidades, sem que se forme um dossel contínuo. No Parque de Cerrado a ocorrência de árvores é concentrada em locais específicos do terreno. No Palmeiral, que pode ocorrer tanto em áreas bem drenadas quanto em áreas mal drenadas, há a presença marcante de determinada espécie de palmeira arbórea, e as árvores de outras espécies (dicotiledôneas) não têm destaque. Já a Vereda também se caracteriza pela presença de uma única espécie de palmeira, o buriti, que ocorre, porém, em menor densidade do que em um Palmeiral. Além disso, a Vereda é circundada por um estrato arbustivo-herbáceo característico.

De acordo com a densidade (estrutura) arbóreo-arbustiva, ou com o ambiente em que se encontra, o Cerrado sentido restrito apresenta quatro subtipos: Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre. O Palmeiral também possui quatro subtipos principais, determinados pela espécie dominante: Babaçual, Buritizal, Guerobal e Macaubal.

### Cerrado sentido restrito

O Cerrado sentido restrito caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidências de queimadas. Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados, com algumas espécies apresentando órgãos subterrâneos perenes (xilopódios), que permitem a rebrota após queima ou corte. Na época chuvosa, os estratos subarbustivo e herbáceo tornam-se exuberantes, devido ao seu rápido crescimento.

Os troncos das plantas lenhosas em geral possuem cascas com cortiça espessa, fendida ou sulcada, e as gemas apicais de muitas espécies são protegidas por densa pilosidade. As folhas em geral são rígidas e coriáceas. Esses caracteres sugerem adaptação a condições de seca (xeromorfismo). Todavia, é bem relatado na literatura

que as plantas arbóreas não sofrem restrição hídrica durante a estação seca, pelo menos os indivíduos de espécies que possuem raízes profundas (Ferri, 1955, 1963, 1974; Ferri e Coutinho, 1958; Arens, 1958a, 1958b, 1963; Goodland e Ferri, 1979), embora o assunto ainda suscite controvérsias (por exemplo, Alvim, 1996).

Grande parte dos solos sob a vegetação de Cerrado sentido restrito pertence às classes Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo. Apesar das boas características físicas, são solos forte ou moderadamente ácidos (pH entre 4,5 e 5,5), com carência generalizada dos nutrientes essenciais, principalmente fósforo e nitrogênio. Com freqüência apresentam altas taxas de alumínio. O teor de matéria orgânica varia de médio a baixo. A fitofisionomia pode também ocorrer em Cambissolos, Neossolos Quartzênicos, Neossolos Litólicos, Plintossolos Pétricos ou ainda em Gleissolos. Quando a vegetação nativa de Cerrado é retirada, a área fica susceptível a problemas de erosão, o que é mais grave sobre os Neossolos Quartzênicos.

Ratter e Dargie (1992), Castro (1994), Castro e Martins (1999) e Ratter et al. (1996, 2000, 2001, 2003) compararam diversos trabalhos publicados que tratavam da vegetação do Cerrado sentido restrito<sup>18</sup>, listando e analisando os padrões de distribuição das espécies arbustivo-arbóreas. Das 376 áreas comparadas no Brasil, Ratter et al. (2003) registraram 951 espécies de árvores e arbustos grandes. Considerando apenas a área nuclear (“core”), exceto as “savanas amazônicas”, 914 espécies foram registradas, das quais somente 38 ocorreram em pelo menos 50 % das áreas. São elas: *Acosmum dasycarpum* (amargosinha), *Annona coriacea* (araticum, cabeça-de-negro, marolo), *Aspidosperma tomentosum* (peroba-do-campo), *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-alves), *Brosimum gaudichaudii* (mama-cadela), *Bowdichia virgiliooides* (sucupira-preta), *Byrsonima coccophyllum* (murici), *B. crassa* (murici), *B. verbascifolia* (murici), *Caryocar brasiliense* (pequi), *Casearia sylvestris* (guaçatonga, café-bravo), *Connarus suberosus* (bico-de-papagaio,

<sup>18</sup> Efetivamente esses autores mencionaram o “Cerrado sentido amplo”, ainda que as amostras analisadas estivessem concentradas em trechos de “Cerrado sentido restrito” e algumas, em Cerradão.

galinha-choca), *Curatella americana* (lixeira), *Davilla elliptica* (lixeirinha), *Dimorphandra mollis* (faveiro, fava-de-anta), *Diospyros hispida* (olho-de-boi, marmelada-brava), *Eriotheca gracilipes* (paineira-do-cerrado), *Erythroxylum suberosum* (mercúrio-do-campo), *Hancornia speciosa* (mangaba), *Himatanthus obovatus* (pau-de-leite), *Hymenaea stigonocarpa* (jatobá-do-cerrado), *Kielmeyera coriacea* (pau-santo), *Lafoensia pacari* (pacari), *Machaerium acutifolium* (jacarandá), *Ouratea hexasperma* (cabeça-de-negro), *Pouteria ramiflora* (curriola), *Plathymenia reticulata* (vinhático), *Qualea grandiflora* (pau-terra-grande), *Q. multiflora* (pau-terra-liso), *Q. parviflora* (pau-terra-roxo), *Roupala montana* (carne-de-vaca), *Salvertia convallariaeodora* (colher-de-vaqueiro, bate-caixa), *Sclerolobium aureum* (carvoeiro), *Tabebuia aurea* (caraíba, ipê-amarelo), *T. ochracea* (ipê-amarelo), *Tocoyena formosa* (jenipapo-do-cerrado), *Vatairea macrocarpa* (amargosa, angelim) e *Xylopia aromatica* (pindaíba). As espécies *Qualea grandiflora* e *Q. parviflora* foram as mais citadas, estando presentes em 85 % e 78 % das áreas, respectivamente. Trezentas e trinta e quatro espécies foram mencionadas em uma única localidade, o que representa 34 % do total registrado.

Outras espécies arbóreas também freqüentes são (Ratter et al., 2003): *Agonandra brasiliensis* (pau-marfim), *Alibertia edulis* (marmelada-de-cachorro), *Anacardium occidentale* (cajuí), *Andira vermicifuga* (angelim), *Annona crassiflora* (araticum, coração-de-boi), *Aspidosperma macrocarpon* (peroba-do-campo), *Copaifera langsdorffii* (copaíba), *Couepia grandiflora* (pé-de-galinha), *Dalbergia miscolobium* (jacarandá-do-cerrado), *Emmotum nitens* (sobre), *Enterolobium gummiferum* (= *E. ellipticum* – vinhático-cascudo), *Eugenia dysenterica* (cagaita), *Luehea paniculata* (açoita-cavalo), *Magonia pubescens* (tinguí), *Matayba guianensis* (camboatá-branco), *Miconia albicans* (quaresma-branca), *Neea theifera* (capa-rosa), *Piptocarpha rotundifolia* (coração-de-negro), *Pseudobombax longiflorum* (imbiruçu), *Rourea induta* (botica-inteira), *Salacia crassifolia* (bacupari), *Schefflera macrocarpa* (mandiocão-do-cerrado), *Simarouba versicolor* (mata-cachorro,

mata-vaqueiro), *Strychnos pseudoquina* (quinado-campo), *Stryphnodendron obovatum* (barbatimão), *Terminalia argentea* (capitão-do-campo), *Vochysia rufa* (pau-doce) e *Zeyheria montana* (bolsa-de-pastor). Vale destacar que muitas dessas espécies também ocorrem em outras fitofisionomias, tanto em savanas quanto nas florestas.

Áreas marginais que limitam o Cerrado com outros biomas, ou aquelas enquadradas nos “supercentros de biodiversidade” de Castro e Martins (1999) ou nos “grupos fitogeográficos” reconhecidos por Ratter et al. (2003), apresentam espécies peculiares, indicadoras, como, por exemplo, *Platonia insignis* (bacuri) e *Vochysia gardneri* (gomeirinha) no grupo norte; *Caryocar cuneatum* (pequi), *Hirtella ciliata* (pau-de-galego) e *Parkia platycephala* (faveira) no grupo norte-nordeste; *Mezilaurus crassiramea* (canela-tapinhoã), *Aspidosperma multiflorum* (peroba) e *Eschweilera nana* (sapucainha) no grupo centro-oeste; *Acosmium subelegans* (amargosinha, genciana), *Byrsonima intermedia* (murici), *Campomanesia adamantium* (gabiroba, guabiroba) e *Erythroxylum cuneifolium* no grupo sudeste. Para o norte-nordeste, também podemos citar: *Caryocar coriaceum* (pequi), *Dimorphandra gardneriana* (faveiro), *Eremanthus graciellae*, *Martiodendron mediterraneum* e *Myrcia sellowiana* (vermelhão) (Eiten, 1994a; Walter e Ribeiro, 1996; Castro et al., 1998; Castro e Martins, 1999).

Áreas disjuntas na Amazônia apresentam essencialmente as mesmas espécies lenhosas da área nuclear do Cerrado, porém com menor riqueza (Takeuchi, 1960; Romariz, 1974; Gottsberger e Morawets, 1986; Miranda, 1993; Sanaïotti et al., 1997; Miranda e Absy, 2000; Miranda et al., 2002). No Paraná, uma riqueza também baixa foi relatada por Uhlmann et al. (1998) nos limites meridionais da fitofisionomia, a qual foi tratada por Roderjan et al. (2002) pelo termo geral “savana”, entre as unidades fitogeográficas daquele estado.

Espécies arbustivas e subarbustivas também freqüentes são: *Anacardium humile* (cajuí, cajuzinho-do-cerrado), *Annona monticola* (araticum), *A. tomentosa* (araticunzinho),

*Byrsonima basiloba* (murici-de-ema), *Campomanesia pubescens* (gabiroba), *Cissampelos ovalifolia* (malva, abutua-do-campo), *Cissus* spp., *Cochlospermum regium* (algodão-do-campo), *Diplusodon* spp., *Duguetia furfuracea* (pinha-do-campo, araticunzinho), *Eremanthus glomerulatus* (coração-de-negro), *Erythroxylum tortuosum* (mercúrio-do-campo), *Esenbeckia pumila* (guarantã), *Jararanda decurrens* (carobinha), *Kielmeyera rubriflora* (pau-santo), *Manihot* spp., *Maprounea brasiliensis* (cascudinho), *Palicourea rigida* (bate-caixa), *Parinari obtusifolia* (fruto-de-ema), *Protium ovatum* (breu-do-cerrado), *Sabicea brasiliensis* (sangue-de-cristo) e *Vellozia squamata* (canela-de-ema). Das gramíneas menciona-se *Axonopus barbigerus*, *Echinolaena inflexa* (capim-flexinha), *Loudetiopsis chrysotrix*, *Mesosetum loliiforme*, *Paspalum* spp., *Schizachirium tenerum* e *Trachypogon* spp. (Felfili et al., 1994, Filgueiras, 1994), além de algumas espécies de orquídeas e bromélias terrestres dos gêneros *Cyrtopodium* e *Habenaria*, *Bromelia* e *Dyckia*. Palmeiras também têm importância no Cerrado sentido restrito, como destacaram Lima et al. (2003) ao indicarem *Allagoptera campestris* (licuri), *A. leucocalyx* (licuri), *Butia archeri* (butiá), *Syagrus comosa* (catolé), *S. flexuosa* (coco-do-campo, coco-babão) e *S. petraea* (coco-de-vassoura, licuri) em um trecho estudado no Distrito Federal.

Em áreas antropizadas, encontram-se plantas ruderais e invasoras como *Urochloa decumbens* (= *Brachiaria decumbens* – capim-braquiária), *Elephantopus mollis* (erva-grossa), *Heliotropium indicum* (escorpião, crista-de-galo), *Hyparrhenia rufa* (capim-jaraguá), *Hyptis* spp. (mata-pasto), *Melinis minutiflora* (capim-gordura) e *Triumfetta semitriloba* (carrapicho), a maioria delas, exóticas.

Vários fatores influem na densidade arbórea do Cerrado sentido restrito, como as condições edáficas (Rawitscher et al., 1943; Beard, 1953; Cole, 1958), pH e saturação de alumínio (Alvim e Araújo, 1952, 1953; Arens, 1958a, 1958b, 1963; Goodland, 1971; Goodland e Ferri, 1979), fertilidade, condições hídricas e profundidade do solo (Eiten, 1972, 1994; Ab'Sáber, 1983; Araújo e Haridasan, 1989; Alvim, 1996), além da freqüência de queimadas (Coutinho, 1980, 1992) e ações antrópicas (Rawitscher, 1948; Waibel,

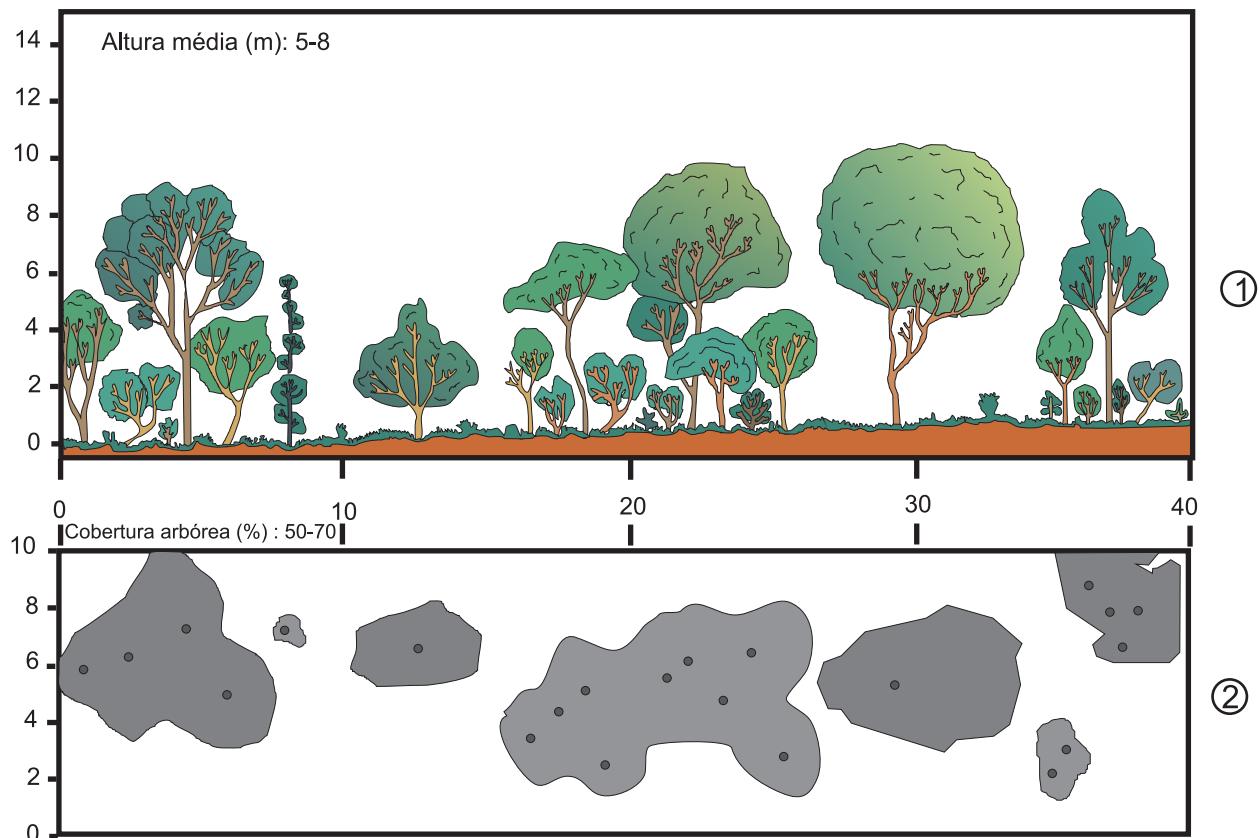
1948a, 1948b). Os reflexos desses fatores aparecem na estrutura da vegetação, na distribuição espacial dos indivíduos lenhosos e na florística.

Em virtude da complexidade dos fatores condicionantes, originam-se subdivisões fisionômicas do Cerrado sentido restrito, sendo as principais o Cerrado Denso, o Cerrado Típico, o Cerrado Ralo e o Cerrado Rupestre. As três primeiras refletem variações na forma dos agrupamentos e no espaçamento entre os indivíduos lenhosos, seguindo um gradiente de densidade decrescente do Cerrado Denso ao Cerrado Ralo. A composição florística inclui as espécies características anteriormente citadas. Já o Cerrado Rupestre diferencia-se dos demais subtipos pelo substrato, tipicamente em solos rasos com a presença de afloramentos de rocha, e por apresentar algumas espécies indicadoras, adaptadas a esse ambiente.

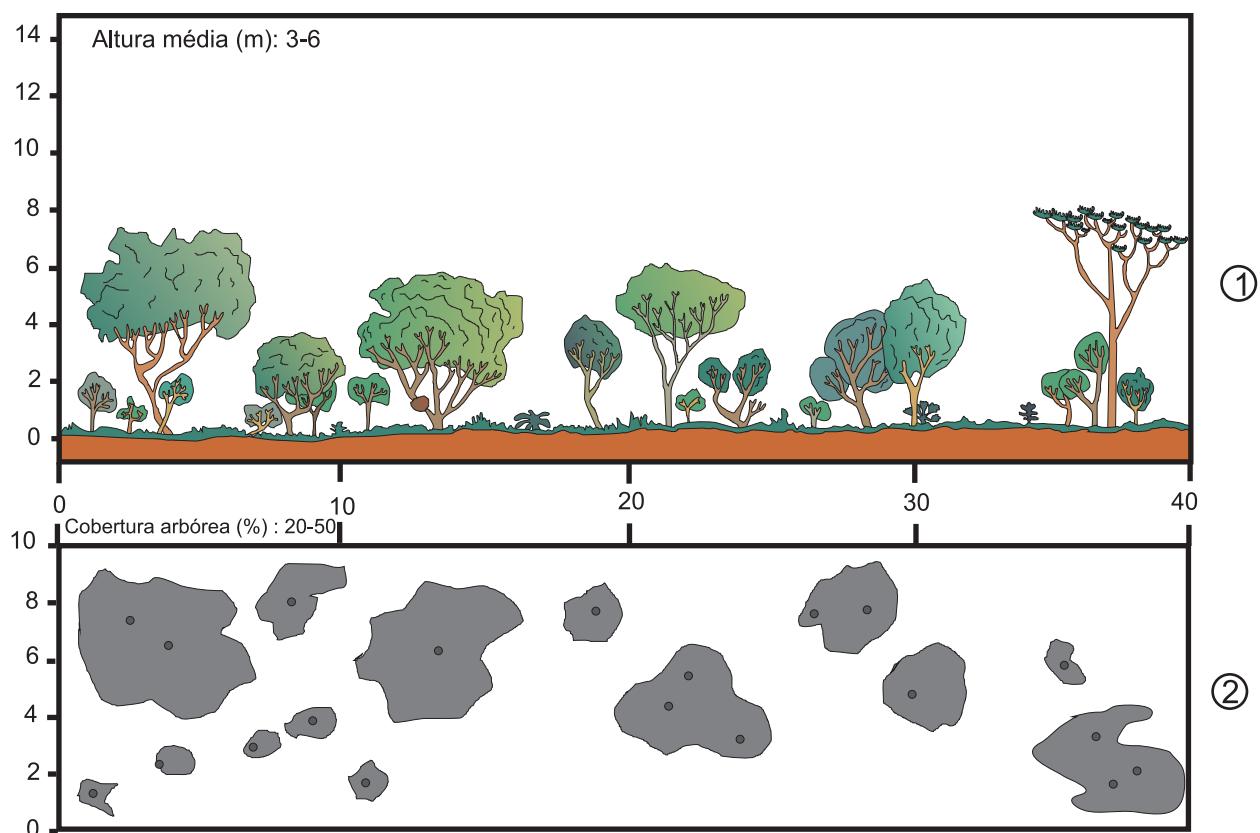
O Cerrado Denso é um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo, com cobertura de 50 % a 70 % e altura média de 5 m a 8 m (Fig. 8). Representa a forma mais densa e alta de Cerrado sentido restrito. Os estratos arbustivo e herbáceo são menos adensados, provavelmente em decorrência do sombreamento resultante da maior cobertura das árvores. Ocorre principalmente nos Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelo e nos Cambissolos, entre outros.

O Cerrado Típico é um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo-arbustivo, com cobertura arbórea de 20 % a 50 % e altura média de 3 m a 6 m (Fig. 9). Trata-se de uma forma comum e intermediária entre o Cerrado Denso e o Cerrado Ralo. O Cerrado Típico pode ocorrer em Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelo, Cambissolos, Neossolos Quartzênicos, Neossolos Litólicos e Plintossolos Pétricos, entre outros.

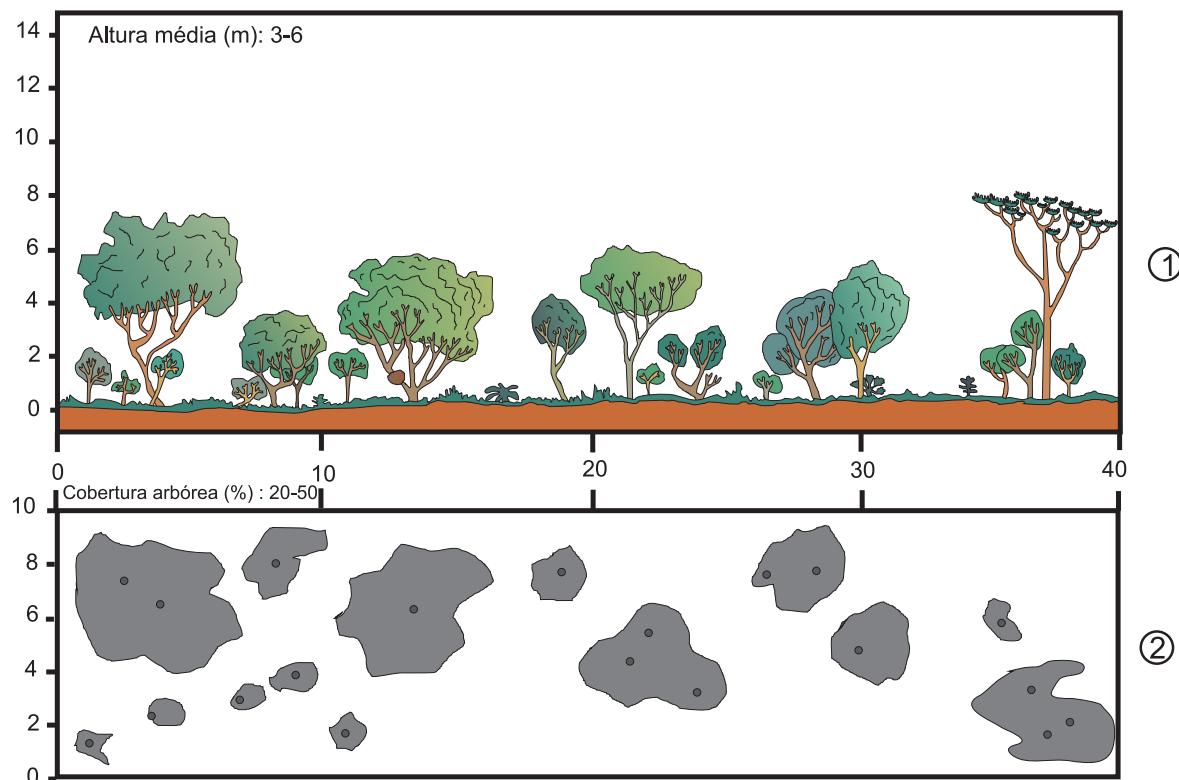
O Cerrado Ralo é um subtipo de vegetação arbóreo-arbustiva, com cobertura arbórea de 5 % a 20 % e altura média de 2 m a 3 m (Fig. 10). Representa a forma mais baixa e menos densa de Cerrado sentido restrito. O estrato arbustivo-herbáceo é o mais destacado comparado aos subtipos anteriores, especialmente pela cobertura graminosa. Ocorre principalmente em Latossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos, Neossolos Quartzênicos, Plintossolos Pétricos, Gleissolos e Neossolos Litólicos.



**Fig. 8.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de um Cerrado Denso, representando uma faixa de 40 m de comprimento por 10 m de largura.



**Fig. 9.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de um Cerrado Típico, representando uma faixa de 40 m de comprimento por 10 m de largura.



**Fig. 10.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de um Cerrado Ralo, representando uma faixa de 40 m de comprimento por 10 m de largura.

O Cerrado Rupestre é um subtipo de vegetação arbóreo-arbustiva que ocorre em ambientes rupestres (rochosos). Possui cobertura arbórea variável de 5 % a 20 %, altura média de 2 m a 4 m, e estrato arbustivo-herbáceo também destacado (Fig. 11). Pode ocorrer em trechos contínuos, mas geralmente aparece em mosaicos, incluído em outros tipos de vegetação. Embora possua estrutura semelhante ao Cerrado Ralo e até ao Típico, o substrato é um critério de fácil diferenciação, pois comporta uma vegetação sobre pouco solo entre afloramentos de rocha. Os solos dessa paisagem são os Neossolos Litólicos que são originados da decomposição de arenitos e quartzitos, pobres em nutrientes, e com baixos teores de matéria orgânica.

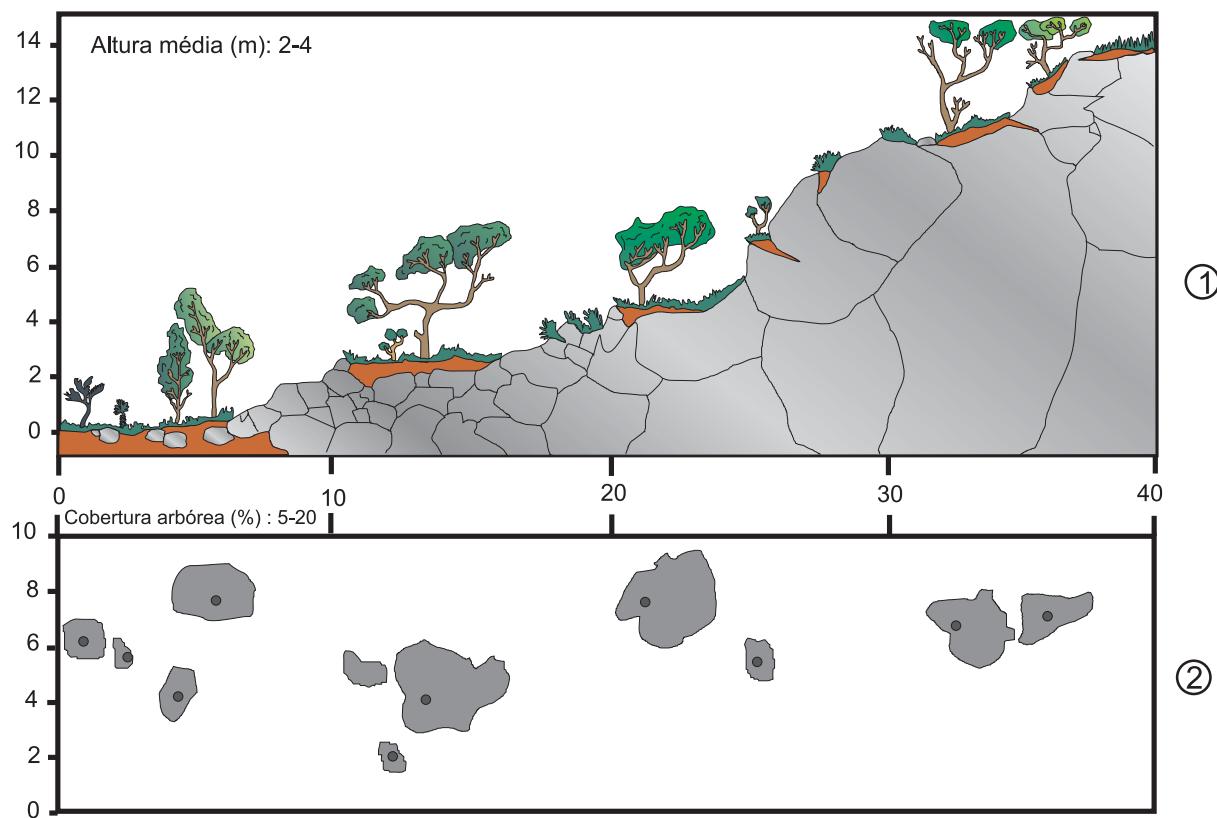
No Cerrado Rupestre os indivíduos lenhosos concentram-se nas fendas entre as rochas, e a densidade arbórea é variável e dependente do volume de solo. Há casos em que as árvores podem dominar a paisagem, enquanto em outros a flora arbustivo-herbácea predomina, embora árvores continuem presentes.

A flora do Cerrado Rupestre apresenta elementos florísticos característicos também

presentes no Campo Rupestre, destacando-se no estrato subarbustivo-herbáceo algumas espécies das famílias Asteraceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Eriocaulaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Velloziaceae, dentre outras. No estrato arbóreo-arbustivo são comuns as espécies *Chamaecrista orbiculata* (moeda), *Lychnophora ericoides* (arnica), *Norantea* spp., *Schefflera vinosa* (mandiocão), *Sipolisia lanuginosa* (veludo), *Wunderlichia crulsiana* e *W. mirabilis* (flor-de-pau). Também são freqüentes nessa fisionomia algumas espécies já mencionadas como *Davilla elliptica*, *Kielmeyera rubriflora*, *Miconia albicans*, *Pouteria ramiflora* e *Qualea parviflora*, além de *Ferdinandusa elliptica* (maria-mole), *Terminalia fagifolia* (capitão) e *Vochysia petraea* (Oliveira-Filho e Martins, 1986).

### Parque de Cerrado

O Parque de Cerrado é uma formação savântica caracterizada pela presença de árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno, algumas vezes imperceptíveis e outras com



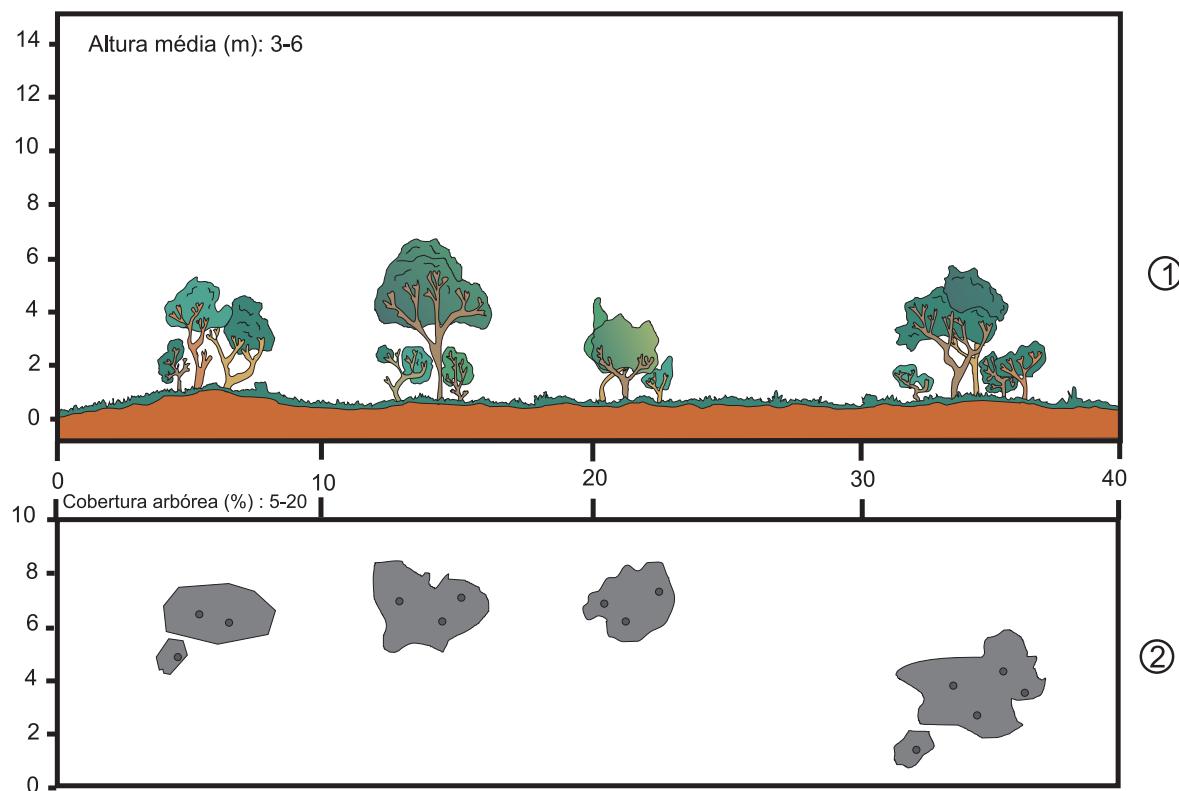
**Fig. 11.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de um Cerrado Rupestre, representando uma faixa de 40 m de comprimento por 10 m de largura.

muito destaque, que são conhecidas como “murundus” ou “monchões”. As árvores, nos locais onde se concentram, possuem altura média de 3 m a 6 m. Considerando um trecho com os agrupamentos arbóreos e as “depressões” ou “planos” campestres entre eles, forma-se uma cobertura arbórea de 5 % a 20 % (Fig. 12). Considerando somente os agrupamentos arbóreos a cobertura sobe para 50% a 70% e cai praticamente para 0% nas depressões. Os solos são Gleissolos e mais bem drenados nos murundus do que nas depressões adjacentes.

Os murundus são elevações convexas características, que variam em média de 0,1 m a 1,5 m de altura e 0,2 m a mais de 20 m de diâmetro. A origem desses micro-relevos é bastante controversa e as hipóteses mais debatidas apontam-nos como cupinzeiros ativos ou inativos ou resultantes de erosão diferencial (Penteado-Orellana, 1980; Araújo-Neto, 1981; Araújo-Neto et al., 1986; Oliveira-Filho e Furley, 1990; Oliveira-Filho, 1992a, 1992b). De acordo com Oliveira-Filho (1992a), a origem dos murundus parece estar vinculada à atividade dos cupins, cujas

elevações do terreno foram formadas a partir da construção dos seus ninhos e da erosão e degradação após numerosas gerações de cupinzeiros, em longo processo de sucessão.

A flora que ocorre nos murundus é similar à que ocorre no Cerrado sentido restrito, porém com espécies que provavelmente apresentam maior tolerância à saturação hídrica do perfil do solo (Oliveira-Filho, 1992b), considerando que apenas uma parte do volume de terra do murundu permanece livre de possíveis inundações, ou da constante má drenagem nas depressões. Entre as espécies arbóreas mais freqüentes, podem-se citar: *Alibertia edulis*, *Andira cuyabensis* (angelim), *Caryocar brasiliense*, *Curatella americana*, *Dipteryx alata* (baru), *Eriotheca gracilipes*, *Maprounea brasiliensis*, *Qualea grandiflora* e *Q. parviflora*. Das arbustivo-herbáceas citam-se os gêneros *Allagoptera*, *Annona*, *Bromelia* e *Vernonia (sensu lato)*. Nas depressões, predomina a flora herbácea, com gramíneas e ciperáceas, cujos elementos são similares aos que ocorrem nos campos úmidos.



**Fig. 12.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de um Parque de Cerrado, representando uma faixa de 40 m de comprimento por 10 m de largura

## Palmeiral

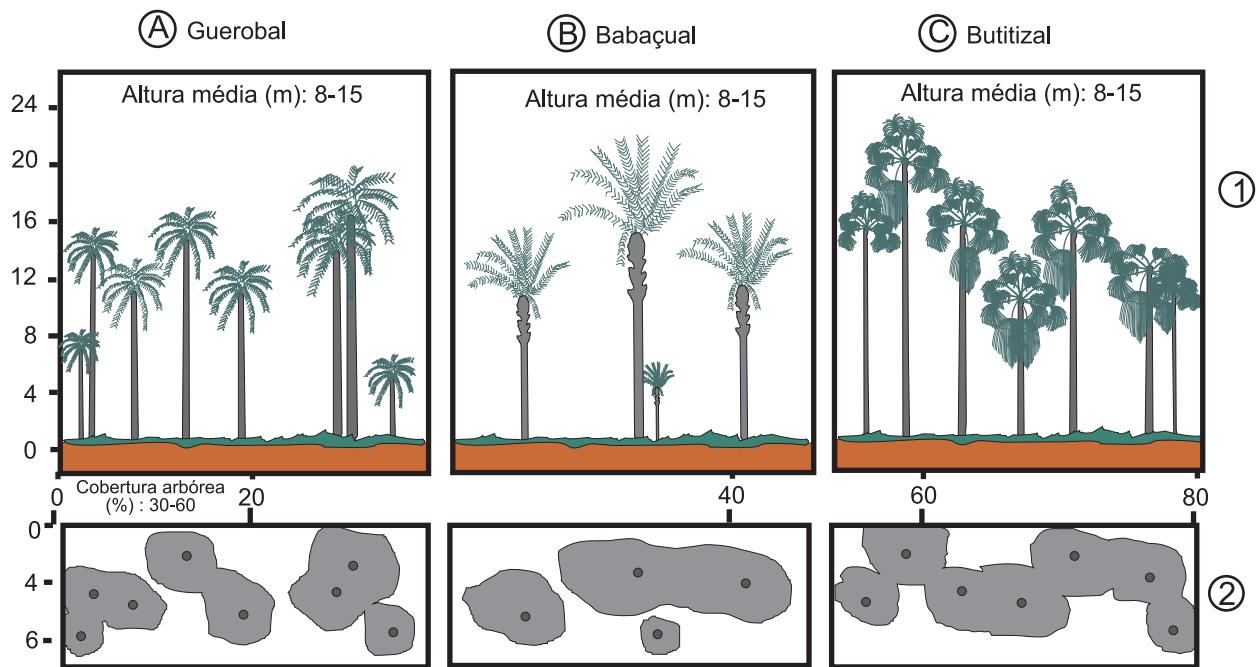
A formação savânica caracterizada pela presença marcante de uma única espécie de palmeira arbórea é denominada Palmeiral. Nesta fitofisionomia praticamente não há destaque das árvores dicotiledôneas, embora essas possam ocorrer com freqüência baixa.

No bioma Cerrado podem ser encontrados pelo menos quatro subtipos mais comuns de Palmeirais, que variam em estrutura de acordo com a espécie dominante. Pelo domínio de determinada palmeira, o trecho de vegetação pode ser designado pelo nome comum da espécie. Em geral, os Palmeirais do Cerrado são encontrados em terrenos bem drenados, embora um dos subtipos ocorra em terrenos mal drenados, onde pode haver a formação de galerias acompanhando

as linhas de drenagem (Eiten, 1983, 1994b), em uma típica estrutura de floresta.

Palmeirais em solos bem drenados geralmente são encontrados nos interflúvios, e a espécie dominante pertence aos gêneros *Acrocomia*, *Attalea* e *Syagrus*. Na região nuclear do Cerrado, ocorrem em áreas localizadas, embora localmente possam ocupar trechos consideráveis do terreno. Quando o dossel é tipicamente descontínuo ou quando não há formação de dossel, os palmeirais comumente são formados pelas espécies *Acrocomia aculeata*, a macaúba, que caracteriza o Macaubal; e *Syagrus oleracea*, a gueroba ou guariroba, que caracteriza o Guerobal (Fig. 13a). Se a espécie dominante for *Attalea speciosa*<sup>19</sup>, o babaçu, fica caracterizado o Babaçual (Fig. 13b), que pode formar um dossel mais contínuo que os casos anteriores.

<sup>19</sup> De acordo com Henderson et al. (1995), o nome correto do babaçu é *Attalea speciosa*. É muito controversa a taxonomia dessa espécie (e das palmeiras em geral), que possui tratamento diferenciado por variados especialistas. Também designados por babaçu, entre alguns epítetos (ou sinônimos científicos) pelos quais esse nome comum já foi aplicado, estão *Attalea brasiliensis*, *A. compta*, *A. oleifera*, *A. phalerata* (mais conhecida como bacuri ou urucuri), *Orbygnia phalerata*, *O. martiana*, *O. oleifera* e *O. speciosa*. Considerando que, recentemente, Lorenzi et al. (2004) trataram *Attalea speciosa* como sinônimo de *Orbygnia phalerata* (babaçu) e *Attalea phalerata* como sinônimo de *Scheelea phalerata* (bacuri), fica evidente a confusão taxonômica relativa a esses táxons. Fato semelhante ocorre com outros nomes científicos apresentados no texto, casos em que sempre se apoiou em uma referência bibliográfica que pudesse corroborá-los.



**Fig. 13.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de três palmeirais representando faixas com cerca de 26 m de comprimento por 10 m de largura cada. O trecho do lado esquerdo (A) mostra um Palmeiral, onde predomina a gueroba (ou guariroba), (B) o trecho central, onde predomina o babaçu, e (C) o trecho da direita, onde predomina o buriti.

A presença do babaçu parece associar-se fortemente a áreas antropizadas, onde coloniza agressivamente antigas formações florestais desmatadas. A espécie resiste a fogo moderado, que faz sucumbir outras espécies arbóreas (Eiten, 1994a). No Centro-Oeste, o babaçu não chega a ocupar grandes áreas, como se verifica em largos trechos do Maranhão (Hueck, 1972), embora sua presença seja marcante onde ocorre.

O Babaçual caracteriza-se por altura média de 8 m a 15 m e uma cobertura variável de 30 % a 60 %. Apesar de ser típico dos interflúvios, também pode ocupar faixas ao longo dos rios de maior porte da região, chegando a compor a vegetação ciliar. Entretanto isso ocorre apenas nos trechos onde o solo é bem drenado, e não sujeito a inundações periódicas.

Em solos mal drenados (brejosos), ocorre o quarto subtipo de Palmeiral, que está presente nos fundos de vales pouco íngremes do Brasil Central, e é dominado pela espécie *Mauritia flexuosa*, o buriti, caracterizando o Buritzal (Fig. 13C). Em trechos restritos, podem estar presentes outras espécies de palmeiras em pequena densidade, especialmente *Mauritiella armata*

(buritirana), mas essas não chegam a caracterizar outro subtipo de Palmeiral.

Muitas vezes o Buritzal tem sido referido como Vereda, uma fitofisionomia em que há necessariamente um estrato arbustivo-herbáceo acompanhando o buriti, sem a formação de dossel e sem um trecho de campo associado. No Buritzal, há formação de dossel descontínuo, embora não haja uma vegetação arbustivo-herbácea associada de maneira típica, como na Vereda. O dossel do Buritzal possui altura variável de 12 m a 20 m e forma uma cobertura quase homogênea ao longo do ano, variável de 40 % a 70 %.

Como referido antes, em sentido puramente fisionômico, alguns trechos com Buritzal devem ser considerados formações florestais, o que também vale para determinados trechos com outras espécies de palmeiras arbóreas. Neste caso, a cobertura pode variar de 60 % a 80 %, formando dossel contínuo. Como um agrupamento de buritis eventualmente forma galerias, o Buritzal diferencia-se da Mata de Galeria Inundável pela flora que, na Mata, compõe-se de inúmeras espécies, sem a dominância marcante do buriti.

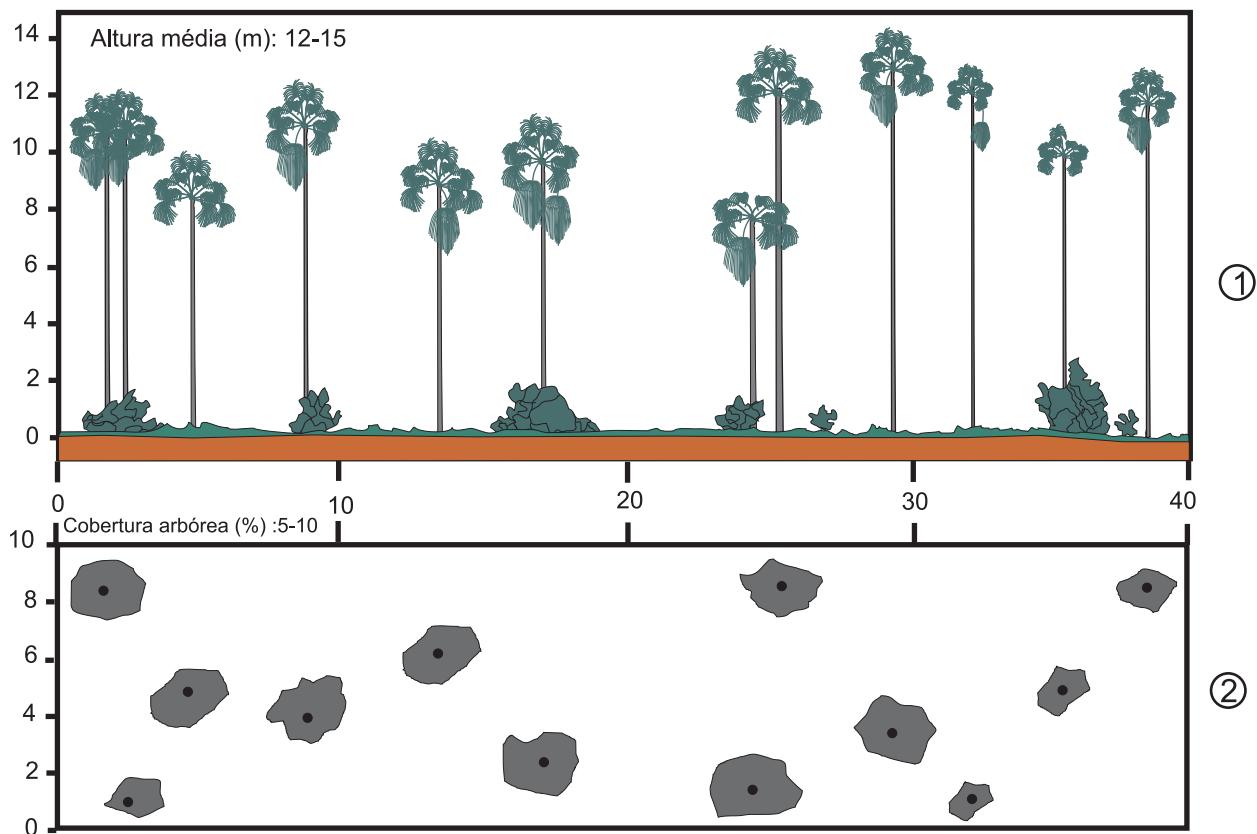
## Vereda

A Vereda é a fitofisionomia com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* emergente, em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas. Para Magalhães (1966), esses locais formam bosques sempre-verdes. As Veredas (Fig. 14) são circundadas por campos típicos, geralmente úmidos, e os buritis não formam dossel como ocorre no Buritzal. Por essas características peculiares, autores como Brandão et al. (1991) se referiram à Vereda como uma “comunidade seral”, enquanto Araújo et al. (2002) sugeriram que ela deve ser considerada como um “complexo vegetacional”. Com propriedade, esses autores indicaram três zonas ligadas à topografia e à drenagem do solo, designando-as: “borda” (local de solo mais seco, em trecho campestre onde podem ocorrer arvoretas isoladas); “meio” (solo medianamente úmido, tipicamente campestre); e “fundo” (solo saturado com água, brejoso, onde ocorrem os buritis, muitos arbustos e arvoretas adensadas). Essas zonas são

floristicamente diferenciadas, cujos reflexos emergem sobre a flora zonal. As duas primeiras zonas correspondem à faixa tipicamente campestre e o “fundo” corresponde ao “bosque sempre-verde” de Magalhães (1966). Em conjunto, caracteriza-se uma savana.

Na Vereda, os buritis adultos possuem altura média de 12 m a 15 m e a cobertura varia de 5 % a 10 % (Fig. 14). Assim como no “Parque de Cerrado”, essa cobertura refere-se a um trecho com as três zonas da Vereda. Se consideradas somente a “borda” e o “meio”, em faixas largas nos sentidos perpendicular e longitudinal em relação ao “fundo”, a cobertura arbórea pode ser próxima de 0 %. Se considerado o “fundo”, a cobertura sobe para porcentagens acima de 50 % em alguns trechos, com uma vegetação densa de arbustos e arvoretas, efetivamente impenetrável em muitos locais.

As Veredas são encontradas em Gleissolos Háplicos ou Melânicos, saturados durante a maior parte do ano (Brandão et al., 1991). Geralmente



**Fig. 14.** Diagrama de perfil (1) e cobertura de arbórea (2) de uma Vereda, representando uma faixa de 40 m de comprimento por 10 m de largura.

ocupam os vales pouco íngremes ou áreas planas, acompanhando linhas de drenagem mal definidas, quase sempre sem murundus. Também são comuns numa posição intermediária do terreno, próximas às nascentes (olhos d'água), ou nas bordas das cabeceiras de Matas de Galeria.

A ocorrência da Vereda condiciona-se ao afloramento do lençol freático, decorrente de camadas de permeabilidade diferentes em áreas sedimentares do Cretáceo e Triássico (Magalhães, 1964, 1966; Azevedo, 1966). Elas exercem papel fundamental no sistema hidrológico, na manutenção da fauna do Cerrado, funcionando como local de pouso para a avifauna, atuando como refúgio, abrigo, fonte de alimento e local de reprodução também para a fauna terrestre e aquática (Brandão et al., 1991; Carvalho, 1991). Apesar dessa importância, as Veredas têm sido progressivamente pressionadas em várias localidades do bioma Cerrado, pelas ações agrícolas e pastoris. Além disso, têm sido descaracterizadas pela construção de pequenas barragens e açudes, por estradas, pela agricultura, pela pecuária e até mesmo por queimadas excessivas. O simples pisoteio do gado pode causar processos erosivos e compactação do solo (Guimarães, 2001) que afetam a taxa de infiltração de água que vai alimentar os aquíferos subterrâneos (Meirelles et al., 2004).

Quanto a florística, as famílias encontradas com muita freqüência nas áreas campestres da Vereda são Poaceae (Gramineae), destacando-se os gêneros *Andropogon*, *Axonopus*, *Aristida*, *Panicum*, *Paspalum*, *Schizachyrium* e *Trachypogon*; Asteraceae (*Baccharis*, *Eupatorium/sensu lato* e *Vernonia/sensu lato*); Cyperaceae (*Bulbosystylis*, *Cyperus* e *Rhynchospora*); Melastomataceae (*Miconia*, *Microlicia* e *Tibouchina*); Fabaceae (*Desmodium* e *Stylosanthes*); e Eriocaulaceae (*Eriocaulon*, *Paepalanthus* e *Syngonanthus*). Além desses táxons também são ricos os gêneros *Chamaecrista*, *Echinodorus*, *Habenaria*, *Hyptis*, *Ludwigia*, *Lycopodiella*, *Mimosa*, *Polygala*, *Utricularia* e *Xyris* (Warming, 1973; Brandão et al., 1991; Araújo et al., 2002; Guimarães et al., 2002; Meirelles et al., 2004).

Como referido anteriormente, o ambiente propício para o estabelecimento dos buritis é o fundo da Vereda, conforme quantificaram

Cardoso et al. (2002). Nessa zona, *Calophyllum brasiliense* (landim), *Cecropia pachystachya* (embaúba), *Euplassa inaequalis* (fruta-de-morcego), *Guarea macrophylla* (marinheiro), *Hedyosmum brasiliense* (chá-de-soldado), *Ilex affinis* (congonha), *Leandra spp.*, *Miconia theaezans* (quaresma) e *Myrsine spp.*, todas arbóreas, também têm destaque (Brandão et al., 1991; Araújo et al., 2002). Em estádios mais avançados de formação de Mata, podem ser encontradas espécies arbóreas como *Richeria grandis* (jaca-brava), *Symplocos nitens* (congonha), *Talauma ovata* (pinha-do-brejo), *Unonopsis lindmanii* (embira-preta) e *Virola sebifera* (virola), dentre outras espécies que caracterizam a Mata de Galeria Inundável.

## Formações campestres

As formações campestres do Cerrado englobam três tipos fitofisionômicos principais: o Campo Sujo, o Campo Limpo e o Campo Rupestre. O Campo Sujo caracteriza-se pela presença evidente de arbustos e subarbustos entremeados no estrato arbustivo-herbáceo. No Campo Limpo, a presença de arbustos e subarbustos é insignificante. O Campo Rupestre possui trechos com estrutura similar ao Campo Sujo ou ao Campo Limpo, diferenciando-se tanto pelo substrato, composto por afloramentos de rocha, quanto pela composição florística, que inclui muitos endemismos.

De acordo com particularidades topográficas ou edáficas, o Campo Sujo e o Campo Limpo podem apresentar três subtipos cada um. São eles: Campo Sujo Seco, Campo Sujo Úmido e Campo Sujo com Murundus; e Campo Limpo Seco, Campo Limpo Úmido e Campo Limpo com Murundus.

### Campo Sujo

O Campo Sujo é um tipo fisionômico exclusivamente arbustivo-herbáceo, com arbustos e subarbustos esparsos, cujas plantas, muitas vezes, são constituídas por indivíduos menos desenvolvidos das espécies arbóreas do Cerrado sentido restrito.

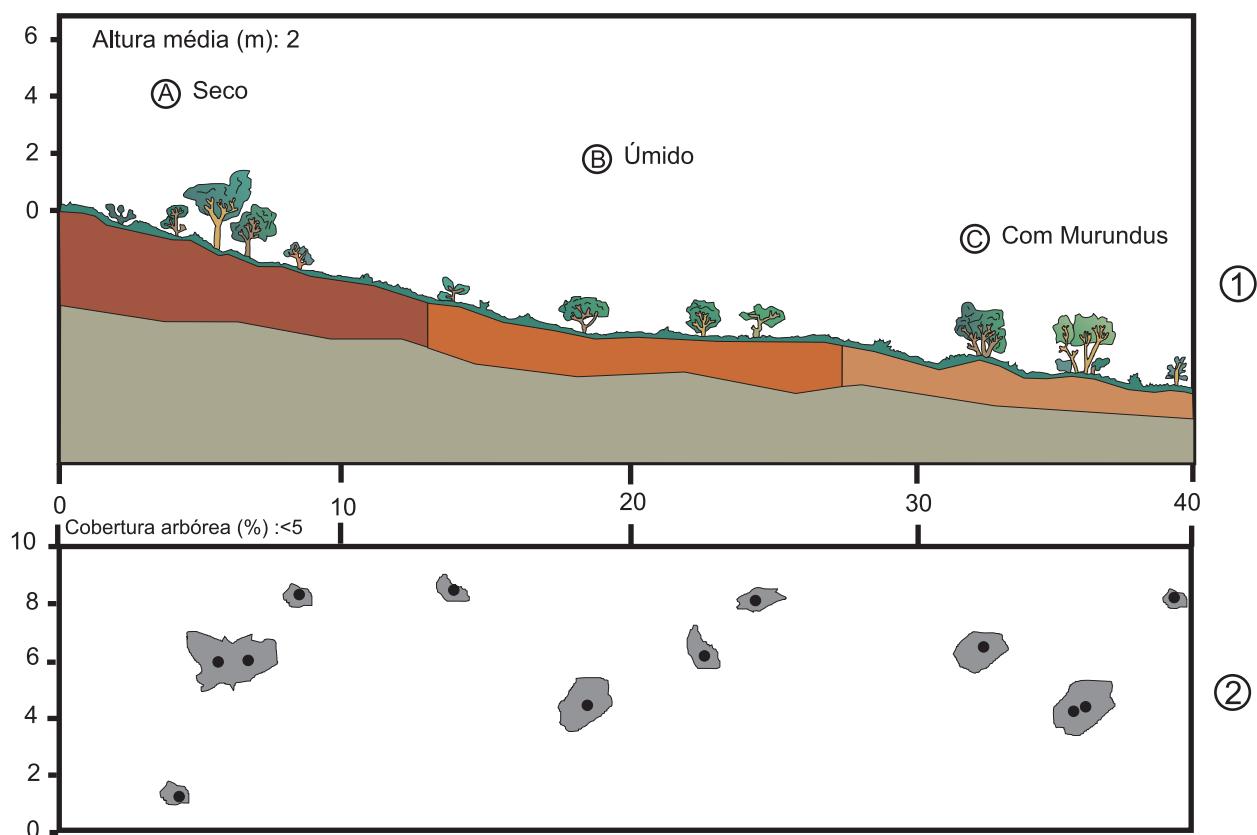
A fisionomia é encontrada em solos rasos, como os Neossolos Litólicos, os Cambissolos ou os Plintossolos Pétricos, eventualmente com pequenos afloramentos rochosos de pouca extensão (sem caracterizar um “Campo Rupestre”), ou ainda em solos profundos e de baixa fertilidade (álicos ou distróficos), como os Latossolos de textura média e os Neossolos Quartzênicos.

Em função de particularidades ambientais, o Campo Sujo pode apresentar três subtipos fisiognômicos distintos. Na presença de um lençol freático profundo, ocorre o Campo Sujo Seco (Fig. 15A). Se o lençol freático é alto, há o Campo Sujo Úmido (Fig. 15B). Quando na área ocorrem micro-relevos mais elevados (murundus), tem-se o Campo Sujo com Murundus (Fig. 15C).

As famílias de maior destaque são: Poaceae (Gramineae), com espécies dos gêneros *Aristida*, *Axonopus*, *Echinolaena*, *Ichnanthus*, *Loudetia*, *Panicum*, *Paspalum*, *Trachypogon* e *Tristachya*, além de Asteraceae, com *Aspilia*, *Baccharis*, *Calea*, *Chromolaena*, *Vernonia* (*sensu lato*) e

*Wedelia*, entre outros. Outra família importante é Cyperaceae, com os gêneros *Bulbostylis* e *Rhyncosphora*, todas com aspecto graminóide (Warming, 1973), além de espécies das famílias Leguminosae (*Andira*, *Mimosa*), Lamiaceae (*Hyptis*), Myrtaceae e Rubiaceae (Mantovani e Martins, 1993; Silva e Nogueira, 1999; Batalha, 2001; Munhoz, 2003). Várias espécies de outras famílias se destacam pela floração exuberante na época chuvosa, ou mesmo logo após queimadas, como *Alstroemeria* spp., *Gomphrena officinalis*, *Grifinaria* spp., *Hippeastrum* spp. e *Paepalanthus* spp. Além dessas, são comuns espécies dos gêneros *Crumenaria*, *Cuphea*, *Deianira*, *Diplusodon*, *Eryngium*, *Habenaria*, *Lippia*, *Polygala*, *Piriqueta*, *Syagrus* e *Xyris*.

A composição florística e a importância fitossociológica das espécies nos três subtipos de Campo Sujo podem diferir se o solo for bem drenado (Campo Sujo Seco) ou mal drenado (Campo Sujo Úmido ou com Murundus). Ainda assim, as espécies características pertencem aos gêneros anteriormente referidos.



**Fig. 15.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de um Campo Sujo, representando uma faixa de 40 m de comprimento por 10 m de largura, onde a porção (A) mostra a vegetação em local seco, (B) em local úmido, e (C) em local mal drenado, com Murundus.

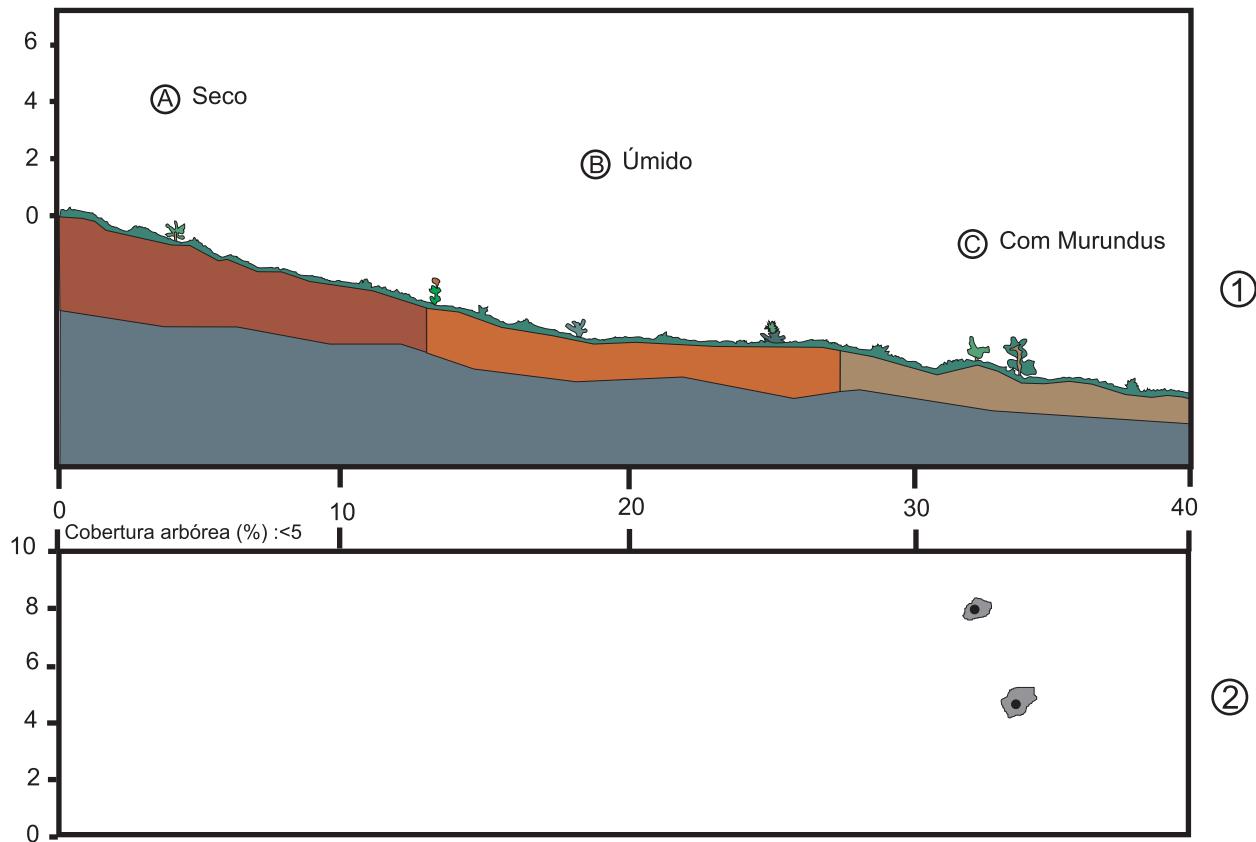
## Campo Limpo

O Campo Limpo é uma fitofisionomia predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores. Pode ser encontrado em diversas posições topográficas, com diferentes variações de grau de umidade, profundidade e fertilidade do solo. Entretanto, é encontrado com mais freqüência nas encostas, nas chapadas, nos olhos d'água, circundando as Veredas e na borda das Matas de Galeria, geralmente em solos Neossolos Litólicos, Cambissolos ou em Plintossolos Pétricos. Quando ocorre em áreas planas, relativamente extensas, contíguas aos rios e inundadas periodicamente, também é chamado de “Campo de Várzea”, “Várzea” ou “Brejo”, sendo os solos de um dos seguintes tipos: Gleissolos, Neossolos Flúvicos, Plintossolos ou Organossolos.

O Campo Limpo, assim como o Campo Sujo, também apresenta variações dependentes de particularidades ambientais, determinadas pela umidade do solo e pela topografia. Na presença

de um lençol freático profundo, ocorre o Campo Limpo Seco (Fig. 16A), mas, se o lençol freático é alto, há o Campo Limpo Úmido (Fig. 16B), cada qual com sua flora específica. Quando aparecem os murundus, tem-se o Campo Limpo com Murundus (Fig. 16C). O Campo Limpo com Murundus é menos freqüente que o Campo Sujo com Murundus.

Espécies comumente encontradas pertencem aos seguintes táxons: Burmanniaceae (*Burmannia*), Cyperaceae (*Rhynchospora*), Droseraceae (*Drosera*), Iridaceae (*Cipura*, *Sisyrinchium*), Lentibulariaceae (*Utricularia*), Lythraceae (*Cuphea*), Orchidaceae (*Cleistes*, *Habenaria*, *Sarcoglottis*), Poaceae (*Aristida*, *Axonopus*, *Mesosetum*, *Panicum*, *Paspalum*, *Trachypogon*) e Polygalaceae (*Polygala*), além de várias Asteraceae, Eriocaulaceae e Xyridaceae, muitas com táxons que também ocorrem no Campo Sujo. Outros elementos florísticos também estão indicados na fitofisionomia Vereda.



**Fig. 16.** Diagrama do perfil (1) e cobertura arbórea (2) de um Campo Limpo, representando uma faixa de 40 m de comprimento e 10 de largura, onde a porção (A) mostra a vegetação em local mais seco, (B) em local mais úmido, e (C) em local mal drenado, com Murundus.

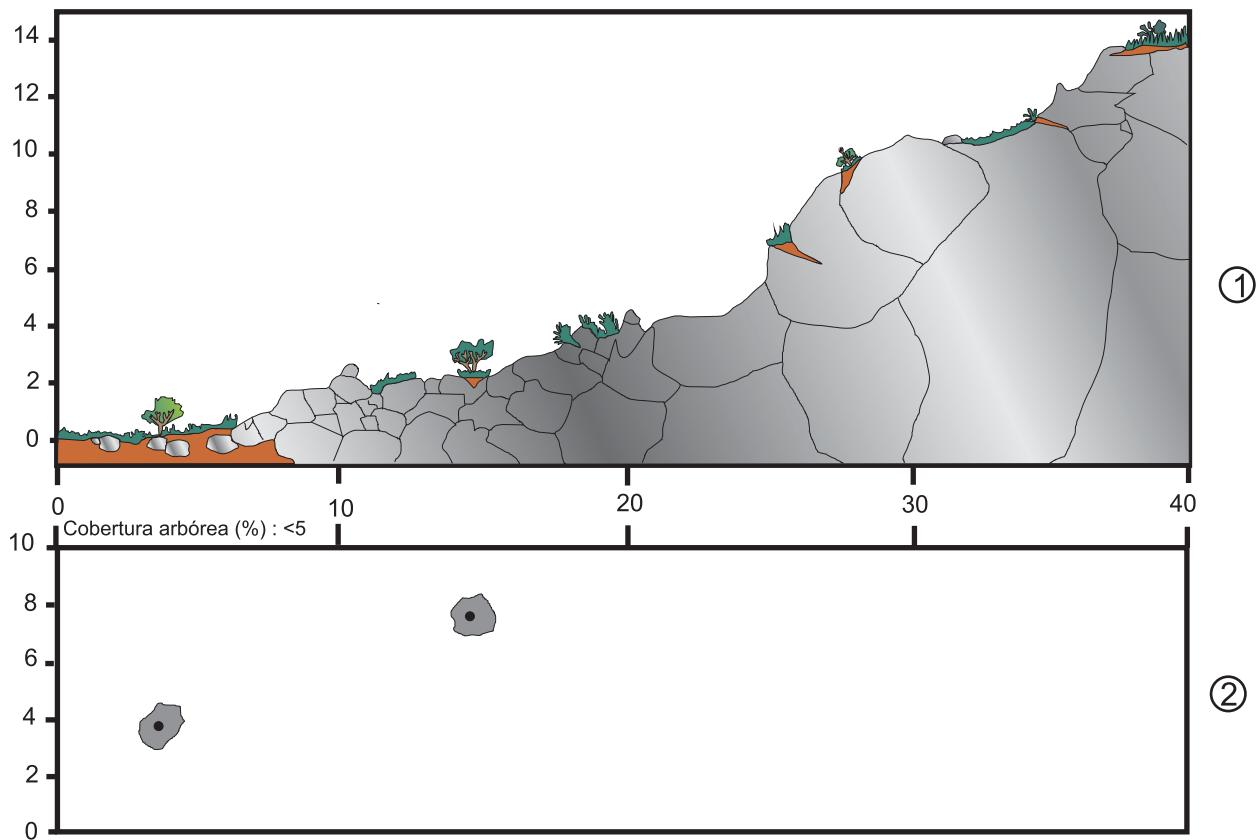
## Campo Rupestre

O Campo Rupestre é um tipo fitofisionômico predominantemente herbáceo-arbustivo, com a presença eventual de arvoretas pouco desenvolvidas de até dois metros de altura (Fig. 17). Abrange um complexo de vegetação que agrupa paisagens em micro-relevos com espécies típicas, ocupando trechos de afloramentos rochosos. Geralmente, ocorre em altitudes superiores a 900 m, ocasionalmente a partir de 700 m, em áreas onde há ventos constantes e variações extremas de temperatura, com dias quentes e noites frias.

Essa fitofisionomia ocorre geralmente em Neossolos Litólicos ou nas frestas dos afloramentos. São solos ácidos, pobres em nutrientes. Na Chapada Diamantina, por exemplo, são originados da decomposição de quartzitos, arenitos ou itacolomitos, que permanecem nas frestas dos afloramentos, ou podem ser carregados para locais mais baixos, ou então formam depósitos de areia quando o relevo permite (Harley, 1995).

Em Catolés, BA, nessa mesma Chapada, esse tipo de vegetação restringe-se aos substratos arenosos ou pedregosos com afloramentos, sendo que pelo solo raso pode ser mal drenado (Zappi et al., 2003). Porém, em geral, a disponibilidade de água no solo é restrita, pois as águas pluviais escoam rapidamente para os rios, em razão da pouca profundidade e da reduzida capacidade de retenção do solo (Sendulsky e Burman, 1978).

A composição florística em áreas de Campo Rupestre pode variar muito em poucos metros de distância, e a densidade das espécies depende do substrato (profundidade do solo, fertilidade, disponibilidade de água, posição topográfica, etc.). Nos afloramentos rochosos, por exemplo, os indivíduos lenhosos concentram-se nas fendas das rochas, onde a densidade pode ser muito variável. Há locais em que arbustos praticamente dominam a paisagem, enquanto, em outros, a flora herbácea predomina. Também são comuns agrupamentos de indivíduos de uma única espécie, cuja presença é condicionada, entre outros fatores, pela umidade disponível no solo. Algumas espécies



**Fig. 17.** Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de um Campo Rupestre, representando uma faixa de 40 m de comprimento por 10 m de largura (notar vegetação crescendo entre as rochas).

podem crescer diretamente sobre as rochas, sem que haja solo, como ocorre com algumas aráceas e orquídeas rupícolas.

Pela dependência das condições edáficas restritivas e do clima peculiar, a flora é típica, contendo muitos endemismos e plantas raras. Entre as espécies comuns há inúmeras características xeromórficas, tais como folhas pequenas, espessadas e coriáceas, além de folhas densamente opostas cruzadas, determinando uma coluna quadrangular esquarrosa (escamosa) (Eiten, 1978; Giulietti et al., 1987; Filgueiras, 1994; Harley, 1995; Zappi et al., 2003).

As espécies mais freqüentes pertencem às seguintes famílias e gêneros: Asteraceae (*Baccharis*, *Calea*, *Lychnophora*, *Wunderlichia* e *Vernonia* – *sensu lato*), Bromeliaceae (*Dyckia*, *Tillandsia*), Cactaceae (*Melocactus*, *Pilosocereus*), Cyperaceae (*Bulbostylis*, *Rhynchospora*), Eriocaulaceae (*Eriocaulon*, *Leiothrix*, *Paepalanthus*, *Syngonanthus*), Gentianaceae (*Curtia*, *Irlbachia*), Iridaceae (*Sisyrinchium*, *Trimezia*), Labiateae (*Eriope*, *Hyptis*), Leguminosae (*Calliandra*, *Chamaecrista*, *Galactia*, *Mimosa*), Lentibulariaceae (*Genlisea*, *Utricularia*), Lythraceae (*Cuphea*, *Diplusodon*), Melastomataceae (*Cambessedesia*, *Miconia*, *Microlicia*), Myrtaceae (*Myrcia*), Orchidaceae (*Cleistes*, *Cyrtopodium*, *Epidendrum*, *Habenaria*, *Koellensteinia*, *Pelezia*), Poaceae (*Aristida*, *Axonopus*, *Panicum*, *Mesosetum*, *Paspalum*, *Trachypogon*), Rubiaceae (*Chiococca*, *Declieuxia*), Velloziaceae (*Barbacenia*, *Vellozia*), Vochysiaceae (*Qualea*) e Xyridaceae (*Xyris*). Pode-se considerar *Vellozia* como bom indicador desse tipo fitofisionômico (Harley, 1995), embora espécies desse gênero ocorram em outras formações campestres e savânicas do bioma Cerrado. Sobre endemismos, por serem freqüentemente muito restritos, é necessário consultar trabalhos específicos, a exemplo de Zappi et al. (2003).

## Análise geral dos termos, expressões e a ecologia do Cerrado

Os termos e expressões fitofisionômicas apresentadas neste capítulo objetivam ser simples, visando seu uso em trabalhos em comu-

nidades vegetais e nas caracterizações fisionômicas de coletas botânicas para levantamentos florísticos realizados no Cerrado. Por usar essencialmente termos tradicionais, não se trata de uma terminologia universal. Contudo, tentativas de classificação acompanhadas por terminologia tradicional deveriam ser encorajadas sempre que possível (Kuhlmann e Correia, 1982). Mesmo com essa proposta, alguns termos eminentemente acadêmicos ainda foram necessários, por falta de similares populares que indicassem a diferença que se pretendia expressar. Esses foram os casos dos subtipos de “Mata Seca” e “Cerradão”, e até mesmo da expressão “Parque de Cerrado”. Os demais, ainda que tenham uma antiga origem acadêmica, casos das expressões “Mata de Galeria” e “Campo Rupestre”, há décadas vêm sendo aplicados tanto pelo público acadêmico quanto pelo público leigo, uma vez que este último tem se interessado cada vez mais pelas questões ambientais.

A classificação dos tipos fitofisionômicos apresentados poderia ser enquadrada na escala de “semidetalhe” (1:100.000 até 1:25.000) e os subtipos como “detalhe” (1:25.000), usando termos da escala fitogeográfica citada por Veloso (1992).

Por enquadrar os tipos fitofisionômicos em formações florestais, savânicas e campestres, esta classificação, em leitura rápida, pode ter sugerido a adoção de critérios arbitrários. Entretanto a ampla explicação conceitual e os critérios hierárquicos adotados de fisionomia, de ambiente e de flora esclarecem este fato. Casos como o Parque de Cerrado e a Vereda, incluídos como formações savânicas, são difíceis de separar das formações campestres apenas pela fisionomia. Como eles se expressam como “complexos vegetacionais”, conforme sugeriram Araújo et al. (2002) para as Veredas, é necessário incluir parâmetros ambientais e de composição florística para classificá-los. Mas, para designá-los como tal, devem ser considerados trechos que levem em conta todas as paisagens ou “fases” que os compõem.

As formas savânicas de vegetação apresentam vasta gama de características estruturais gradativas, dependendo de as condições ecológicas

aproximarem-se mais do ótimo campestre ou mais do ótimo florestal (Goodland, 1971; Eiten, 1972; Coutinho, 1978). Tais variações podem decorrer das condições edáficas, como sugeriram Waibel (1948a, 1948b) e Beard (1953), tendo sido demonstradas posteriormente por autores como Oliveira-Filho et al. (1989). No gradiente estudado por esses autores, foram constatadas diferenças na distribuição de espécies como *Kielmeyera rubriflora*, *Licania humilis* e *Vochysia rufa*. Em função do sítio, ou fitofisionomia, essas espécies apresentaram diferentes padrões de distribuição e densidade, os quais foram correlacionados com diferenças nas características do solo. Para o Cerrado sentido restrito, Felfili et al. (1998) indicaram a altitude como uma determinante de diferenciação da vegetação, ao analisarem diferentes locais de uma Chapada no Brasil Central.

Em algumas áreas do bioma Cerrado, a vegetação pode estar associada especificamente ao tipo de solo. As Matas Secas do antigo Mato-Grosso Goiano, por exemplo, apresentam solos das classes Chernossolo, Cambissolos Eutróficos ou Nitossolo Vermelho. Mas a correlação tipo de solo com forma da vegetação não pode ser generalizada. Em Latossolo Vermelho-Amarelo, por exemplo, pode ser encontrado um Cerradão (formação florestal) ou até mesmo um Campo Sujo (formação campestre). Desse modo, as características químicas, físicas, hídricas, ou mesmo o tipo de solo, dificilmente podem ser associadas isoladamente com o tipo de vegetação, visto que não explicam toda a variação fitofisionómica encontrada no Cerrado (Spera et al., 1999).

Para o estrato arbóreo, além dos parâmetros estocásticos que podem ser responsáveis por variações na densidade de árvores, é freqüente a diminuição dessa densidade em virtude da influência do homem. A ação antrópica altera a estrutura e a composição florística de um trecho de vegetação, determinando o surgimento de áreas mais abertas e introduzindo plantas exóticas ou invasoras. Os mecanismos dessa ação constituem-se da retirada de estacas e lenha, da extração de madeiras comerciais, do pastejo seletivo do gado introduzido em áreas nativas e, principalmente, do uso excessivo do fogo como

agente de manejo e da utilização da flora lenhosa como matéria-prima para a fabricação de carvão vegetal – certamente sem considerar a exclusão total da vegetação para o estabelecimento de pastagens e agricultura (ver Klink et al., 1993; Ratter et al., 1997; Klink e Machado, 2005). As queimadas provocadas ainda são muito utilizadas como manejo de pastos nativos, alterando a estrutura original da vegetação, provocando mudanças na florística e diminuindo a densidade dos indivíduos lenhosos e arbustivos. O efeito contrário foi relatado por Moreira (1996, 2000), que indicou que a proteção contra incêndios permite o estabelecimento de espécies sensíveis ao fogo, e que, se a proteção for de longo prazo, fitofisionomias mais fechadas serão favorecidas (ver também Miranda et al., 1996).

Onde não há antropismos, a composição florística e a abundância das espécies de uma fitofisionomia parecem estar fortemente correlacionadas à latitude, podendo variar muito de local para local na escala geográfica (Ratter e Dargie, 1992; Felfili et al., 1992, 1994, 1998; Felfili e Silva-Júnior, 1993; Castro, 1994; Castro et al., 1998; Castro e Martins, 1999; Ratter et al., 1996, 2000, 2001, 2003; Durigan et al., 2003). Não existe uma flora homogênea no Cerrado, mas floras características de cada área. O que há, portanto, são interações de todos os parâmetros bióticos e abióticos, determinando mudanças nos aspectos quantitativos e qualitativos da vegetação (Ribeiro et al., 1983). O resultado dessas interações é a grande variedade de tipos fitofisionômicos encontrados na região, com o surgimento de mosaicos vegetacionais que fazem do Cerrado a savana úmida mais rica do planeta.

## Análise das fitofisionomias consideradas

As formações florestais descritas neste capítulo foram ampliadas em relação ao trabalho de Ribeiro et al. (1983), especialmente no que se refere às florestas associadas aos cursos de água. Isso se deveu ao incremento das pesquisas nesses tipos de vegetação nas décadas de 1980 e 1990, tendo havido uma concentração especial de esforços na busca pelo entendimento das

Matas Ciliares e de Galeria (por exemplo, Bertoni e Martins, 1987; Oliveira-Filho, 1989; Oliveira-Filho et al., 1990, 1994a, 1994b, 1997; Schiavini, 1992; Felfili e Silva-Júnior, 1992; Felfili, 1994; Silva-Júnior, 1995; Walter, 1995; Silva-Júnior et al., 1998; Pinto e Oliveira-Filho, 1999; Vilela et al., 1999; Felfili et al., 2001; Marimon et al., 2002), e que resultaram em compilações relevantes como o Simpósio sobre Mata Ciliar (1989), Simpósio “Mata Ciliar” (1999), Rodrigues e Leitão Filho (2000) e Ribeiro et al. (2001). Vale destacar que Mata de Galeria é a expressão mais adequada para caracterizar a fisionomia associada aos córregos e riachos da Região do Cerrado, uma vez que há muito vem sendo utilizada, conceituada e consagrada (Campos, 1943, 2001; Hueck, 1972; Ribeiro et al., 1983; Mantovani, 1989), além de indicar como nenhuma outra a posição da floresta cobrindo o curso de água.

A indicação formal de dois subtipos de Matas de Galeria (Não-Inundável e Inundável) foi feita a partir de um estudo no Distrito Federal (Walter, 1995). A existência desses subtipos já havia sido sugerida anteriormente por Ratter et al. (1973) e Ratter (1980), embora esses autores não tenham estabelecido limites conceituais entre um subtipo e outro. A adoção do termo “inundável” ao invés de “alagada”, como proposto por Ratter et al. (1973), prende-se ao fato de que nem todos os trechos (ou locais) apresentam lençol freático sobre a superfície, na maior parte do ano, além de que o termo “alagada” não sugere a ocorrência de variações estacionais (Walter, 1995). Como adjetivo, “alagada” significa cheia de água, encharcada; como substantivo masculino, “alagado” significa pequena lagoa transitória ou temporária (Ferreira, 1986). Como nos subtipos procura-se empregar adjetivos, o aspecto temporal não é considerado por definição no termo “alagada”; daí ter sido evitado. Por sua vez, “inundável”, um adjetivo, é aquilo “que se pode inundar, sujeito a inundação”; segundo o *Dicionário Aurélio* (Ferreira, 1986), inundar significa cobrir de água; submergir; alagar.

Como já referido na descrição, os subtipos de Mata de Galeria são úteis para classificar diferentes matas na escala de comunidades, mas trechos diferentes de uma mata podem apresentar

locais sujeitos ou não a inundação do solo (Schiavini, 1992; Felfili, 1994; Silva-Júnior, 1995; Walter, 1995; Sampaio et al., 1997, 2000; Nóbrega et al., 2001). Quando toda a Mata se enquadra em um dos subtipos, normalmente se trata de uma Mata de Galeria Inundável, que acontece em córregos (drenagens) mal definidos e de pequena extensão. Essa situação é menos comum se o córrego é um dreno bem definido e eficiente, em trechos longos, cuja cobertura é, em sua maior parte, de Mata de Galeria Não-Inundável. Neste último caso, é comum a ocorrência de pequenos trechos mal drenados. Em casos onde é grande a variação entre locais inundáveis e não-inundáveis, é difícil diferenciar subtipos, como indicaram Sampaio et al. (1997), para uma mata no Distrito Federal. Uma aplicação conservadora dos subtipos Não-Inundável e Inundável seria seu uso restrito a trechos de uma mata, e não a toda a mata que acompanha um curso d’água.

Um aspecto importante a ser comentado é que as Matas de Galeria podem ser bastante largas no sentido perpendicular àquele da direção principal do córrego, e a vegetação florestal cobre todo o vale desde o córrego, na parte mais baixa da encosta, até sua parte mais alta, longe e sem influência direta do córrego. Essa situação pode ocorrer apenas em uma das margens. Nesse caso, autores como Eiten (1994b) e o *Glossário de Ecologia* (1997) recomendam que se faça uma distinção entre a Mata de Galeria no trecho baixo, sob influência direta do córrego, e a Mata (floresta) de Encosta, que forma um contínuo com aquela. A expressão Floresta de Vale, na acepção de Eiten (1994b), foi utilizada por Pinto e Oliveira-Filho (1999) em uma típica situação como esta, na Chapada dos Guimarães (MT). Considerando que aqui não se indicou um termo específico para tratar dessa situação, recomenda-se que a expressão Mata (floresta) de Vale, no sentido de Eiten (1994b), seja adotada se necessário, como o fizeram Pinto e Oliveira-Filho (1999).

A riqueza em espécies das Matas de Galeria e Ciliares do Cerrado passou a ser mais bem conhecida no final do século 20. Felfili et al. (2001) listaram mais de 2 mil espécies fanerogâmicas nesses ambientes. A maioria das referências bibliográficas e dos trabalhos consultados por

esses autores enfocou a Mata de Galeria Não-Inundável e também as Matas Ciliares, consideradas ricas em espécies, com pouca contribuição relativa de levantamentos na Mata de Galeria Inundável (ou citada na literatura por outros termos como alagada, brejosa, mal drenada, paludosa ou pantanosa), considerada pobre em espécies. Este subtipo de Mata de Galeria tem revelado forte afinidade florística com as “Matas de Brejo” (Higrófilas) do Estado de São Paulo (p. ex., Torres et al., 1994; Ivanauskas et al., 1997; Paschoal e Cavassan, 1999; Guarino e Walter, 2005) e, assim como as demais, ainda merece muitos estudos.

No bioma Cerrado, a Mata Ciliar é um tipo fitofisionômico distinto da Mata de Galeria por sua estrutura e sua composição florística particulares. A expressão Mata Ciliar foi originalmente indicada para a vegetação dos diques marginais dos grandes rios da Região Amazônica (Campos, 1943, 2001; Azevedo, 1962; Ribeiro et al., 1983), sendo posteriormente utilizada para a vegetação das margens dos rios das regiões Sudeste e Sul. Sua aplicação difundiu-se por todo o Brasil, de modo que hoje engloba “as formações florestais que acompanham os veios ou cursos de água”, conforme definição de Catharino (1989). Com esse sentido amplo, a expressão tem sido aplicada em simpósios e encontros sobre o tema (Simpósio..., 1989; Simpósio..., 1999), embora durante o II Simpósio sobre Mata Ciliar<sup>20</sup>, Martins (1995) tenha proposto a expressão Floresta Ripícola como a mais abrangente, onde a Mata Ciliar estaria incluída. Considerando que as discussões não foram conclusivas, adotou-se aqui a expressão Mata Ciliar para definir uma das formações florestais que compõem o mosaico vegetacional do bioma Cerrado, cujos critérios foram comentados e criticados por Rodrigues (2000), mas que foi mantida nesta segunda edição pela argumentação seguinte.

Mata Ciliar é uma expressão amplamente divulgada e vem sendo utilizada na Região do Cerrado há mais de 80 anos (Campos, 1943,

2001; Veloso, 1948), freqüentemente como sinônimo de Mata de Galeria<sup>21</sup>. Outras expressões, como Mata (ou floresta) Ripária, Mata Marginal ou Mata Ripícola, poderiam ter sido adotadas, mas com freqüência também são utilizadas na literatura como sinônimos de Mata de Galeria (Mantovani, 1989; Heringer e Paula, 1989; Paula et al., 1993; Walter, 2006), e são de uso bem menos consagrado que a expressão Mata Ciliar. Esse critério – uso popular consagrado – foi criticado por Rodrigues e Leitão-Filho (2000), que alertaram que o uso indevido também pode estar consagrado. Recomendaram a adoção de estratégias com nomenclatura técnica ou acadêmica informativa, como a de Veloso (1992), que teriam menos sombreamentos nas definições, analisando-as e propondo outros termos aglutinadores. Entretanto, a adoção de terminologia tradicional é uma das bases do presente sistema de classificação do bioma Cerrado, que pretende ser útil e inteligível tanto para usuários do meio acadêmico quanto para aqueles de outras áreas. Além do mais, sombreamentos conceituais não são exclusividade da terminologia de origem popular, havendo muitos sistemas academicamente confusos e de pouca ou nenhuma aplicabilidade prática. A significação aqui apresentada está definida e delimitada, cabendo destacar, mais uma vez, que a presente descrição de Mata Ciliar é específica do Cerrado, devendo ser feita uma clara distinção entre o uso da expressão como tipo fitofisionômico do bioma, no sentido deste capítulo, ou como eventual “sinônimo” das formações florestais associadas aos cursos de água (sentido amplo), fora do bioma. Ou, em escala maior, subordinada àquelas formações enquadradas nas convenientes expressões propostas por Rodrigues e Leitão-Filho (2000): “formações ribeirinhas com/sem influência fluvial”. As Matas Ciliares do Brasil Central necessitam ser muito mais estudadas, para que se amplie o conhecimento de suas características florísticas e ecológicas, hoje ainda carentes de informações. A maioria dos dados disponíveis tem sua origem nas bacias dos rios da Região

<sup>20</sup>O II Simpósio sobre Mata Ciliar foi realizado em Ribeirão Preto, SP, durante o XLVI Congresso Nacional de Botânica, em janeiro de 1995.

<sup>21</sup>Cabe aqui chamar a atenção para o fato de que as definições do *Glossário de Ecologia* (1997) para “Floresta (Mata) Ciliar” e “Floresta [de] Galeria” diferem nos detalhes dos conceitos deste capítulo. Exemplo: enquanto, naquele glossário, “Floresta Galeria” apresenta “qualquer grau de caducidade que orla um ou os dois lados de um curso d’água”, aqui ela foi definida como perenifólia, e a caducidade é uma característica da “Mata Ciliar”.

Sudeste, entre Minas Gerais e São Paulo, em área de influência da Mata Atlântica, como nos estudos de Bertoni e Martins (1987), Oliveira-Filho et al. (1994a, 1994b, 1997), Carvalho et al. (1999), Vilela et al. (1999), Van-den-Berg e Oliveira-Filho (2000), faltando levantamentos mais amplos pelo Brasil Central.

De maneira semelhante, as Matas Secas também requerem pesquisas mais detalhadas, embora muitos projetos de pesquisa tenham avançado em seu estudo e vários trabalhos estejam atualmente em pleno andamento, cujos resultados vêm sendo divulgados. Aqui a denominação Mata Seca representa o que Ribeiro et al. (1983) chamaram de “Mata Mesofítica”, e que os trabalhos nos últimos dez anos têm referido como “Florestas Estacionais Deciduais” ou “Semideciduais” (por exemplo, Vilela et al., 1995; Meira-Neto et al., 1997; Oliveira-Filho et al., 1998; Albuquerque e Rodrigues, 2000; Scariot e Sevilha, 2000, 2005; Ivanauskas et al., 2002; Silva et al., 2003; Silva e Scariot, 2003, 2004a, 2004b). O uso da expressão “Mata Seca” atende a um dos critérios aqui utilizados, qual seja a adoção de termos regionais. Além disso, autores como Eiten (1983, 1994) e Mantovani (1989) incluem fisionomias como a Mata de Galeria em florestas “mesofíticas” o que, por estar correto, causava confusões.

Em trabalhos anteriores na Região Sudeste, especialmente na transição com o bioma Mata Atlântica, a Mata Seca era referida como “Mata” ou “Floresta Mesófila”, expressão empregada desde Rizzini e Heringer (1962), que também se referiram a ela como “Mata Pluvial-Seca”, “Mata Seca” ou “Ombro-Mesófila”. Em sua classificação das florestas da América do Sul, Hueck (1972) incluiu a “Mata Seca” nas “Matas Úmidas” do Cerrado, comentando sobre a terminologia empregada por Waibel (1948a, 1948b), que mencionou três grupos baseados em fatores de solo, tal como eram designados pelos fazendeiros do Brasil Central: os “matos de primeira classe” (tipicamente perenifólios, em terras roxas; fisionomicamente sempre-verdes); os “matos de segunda classe” (semidecidua ou decidua), que incluem o que aqui foi definido como “Mata Ciliar” e “Mata de Galeria” – Waibel (1948a, 1948b) designou ambos os “matos” de “florestas

semideciduas de meia altura”; e as “matas de terceira classe” (uma expressão exclusiva de Hueck (1972), no feminino, mas não mencionada por Waibel 1948a, 1948b), referentes ao “Cerradão”. Esses três grupos refletiam preocupação de forma (estrutura de floresta) e, pela época em que foram propostos, uma preocupação também agrícola, necessária considerando-se as tecnologias daquele tempo, sem atentar para critérios que diferenciam tipos de vegetação, como o ambiente ou a composição florística.

A existência de três subtipos de Mata Seca parece relacionar-se a uma conjunção de fatores. Em diferentes trechos de vegetação, o nível de deciduidade provavelmente depende da umidade no solo, de suas propriedades químicas e da influência crescente do frio no inverno, que aumenta com a altitude e a latitude (Oliveira-Filho e Ratter, 1995; Oliveira-Filho et al., 1997). Assim, a Mata Seca Sempre-Verde, um subtipo raro que ainda necessita confirmação de presença efetiva no bioma, tenderia a ocorrer em solos com maior disponibilidade de água durante todo o ano, ao passo que a Mata Seca Decídua, em solos mais rasos e com menor capacidade de retenção de água na estação seca. Mas, mesmo nesta (Mata Seca Decídua), a abundância de espécies lenhosas tem influência significativa das clareiras, ou seja, da luz (Oliveira-Filho et al., 1998). Quanto à terminologia deste último subtipo, um tema controverso (Scariot e Sevilha, 2005), Azevedo (1966) a designou “Caatinga Arbórea”, quando analisou a vegetação da região de Januária, noroeste de Minas Gerais. Como essa expressão ainda é aplicada por alguns para trechos similares de vegetação dentro do bioma Cerrado, na faixa de transição com o bioma Caatinga, que fique o registro.

A distinção entre Mata Seca e Cerradão, e em algumas situações com o Cerrado Denso, deve ser feita empregando-se os parâmetros estrutura e composição florística. Entretanto, em áreas de transição (ecótonos), a diferenciação entre esses tipos fisionômicos pode ser problemática. Elementos florísticos diferenciam o Cerradão da Mata Seca, e elementos fisionômicos o diferenciam do Cerrado Denso. Portanto, o Cerradão tem características próprias (Rizzini e Heringer, 1962; Rizzini, 1963, 1997; Ribeiro et al., 1982b,

1985; Ribeiro e Haridasan, 1990), inclusive com dois subtipos: o Mesotrófico e o Distrófico (Ratter, 1971; Ratter et al., 1973, 1977, 1978; Araújo e Haridasan, 1989; Oliveira-Filho e Ratter, 1995; Guarim et al., 2000).

Castro e Martins (1999), que consideraram a delimitação e a caracterização dos cerradões ainda abertas, sugeriram separar a fitofisionomia em dois subtipos baseados na florística. O primeiro, que eles chamaram de “Cerradão de Cerrado”, pela flora incluir-se-ia no conceito de Cerrado sentido amplo (*sensu lato*). O segundo, designado somente “Cerradão”, teria fisionomia também florestal, mas com flora diferente daquela que se adequaria ao conceito de Cerrado sentido amplo. Esses autores deram destaque ao fato de que as diferenças florísticas entre esses subtipos não seriam discretas. Mas, pela descrição que apresentam, cuja hipótese original foi proposta por Castro (1994), não é improvável que as amostras que eles enquadram no seu “Cerradão” talvez fossem antes outra fitofisionomia, como uma Mata Seca no sentido do presente capítulo, do que um Cerradão, como aqui e em outros trabalhos é definido. É possível que o nome tenha sido mal aplicado pelos autores dos trabalhos por eles consultados. Há que se notar que, há mais de 40 anos, Rizzini e Heringer (1962) já alertavam que era difícil observar os Cerradões ainda intocáveis, porque geralmente estavam degradados. No final dos anos 1980, os Cerradões tornavam-se cada vez mais raros, pelo menos na região entre o Distrito Federal e o norte do Triângulo Mineiro (Chapada Pratinha), conforme registraram Felfili et al. (1994).

O Cerrado sentido restrito apresenta quatro subtipos (Denso, Típico, Ralo e Rupestre), que informam detalhes de estrutura e de ambiente, variáveis conforme o trecho de vegetação. A separação dos subtipos dá-se, inicialmente, pela densidade arbórea, seguindo-se critérios de substrato e flora, havendo diversas hipóteses sobre as causas de raleamento da camada lenhosa. Lopes (1975) encontrou correlação positiva entre a densidade da vegetação e os

teores de zinco, magnésio, CTC efetiva, cálcio, pH, fósforo, potássio, cobre e matéria orgânica. Trabalhando em âmbito regional, Lopes (1975) e Goodland e Ferri (1979) encontraram correlação negativa entre a biomassa e os níveis de saturação de alumínio. Entretanto, em âmbito local, Ribeiro et al. (1982b) encontraram correlação positiva entre biomassa e alumínio, enquanto Rodrigues (1977) e Silva (1996) não tenham verificado essa correlação. Eiten (1972, 1994b), por sua vez, enumerou três fatores do substrato como os responsáveis pelo raleamento da camada lenhosa, a saber: alto teor de alumínio disponível e solo pobre em íons requeridos pela planta; solo raso; e encarcamento estacional do solo. Segundo o autor, esses fatores atuam nas formas de Cerrado (sentido amplo), exceto o Cerradão, desde que o trecho não tenha influências antrópicas (sem corte, mas com queimas ocasionais).

O Cerrado Ralo apresenta a menor densidade em relação aos subtipos Denso e Típico, mas florística semelhante. Essa fitofisionomia tem sido denominada por muitos autores pela expressão “Campo Cerrado”, como se verifica nos trabalhos de Goodland (1971), Ferri (1975), Coutinho (1978), Aoki e Santos (1979, 1982) e Alvim (1996), entre outros. Entretanto, pelas conceituações contemporâneas, essa designação é pouco adequada por ser dúbia (Romariz, 1974), pois a vegetação apresenta indivíduos arbóreos, o que a coloca dentro de uma formação com estrutura arbórea (savana), e não com estrutura herbácea (campo). O termo “campo” leva à associação com estrutura herbácea, o que, neste caso, não é exato<sup>22</sup>.

O Cerrado Rupestre é um novo tratamento de subtipo em relação a Ribeiro et al. (1983), que aproveitaram uma expressão já empregada na literatura (Oliveira-Filho e Martins, 1986). Em geral, esse subtipo ocorre em manchas, mesclado aos demais subtipos de Cerrado sentido restrito. Por apresentar elementos florísticos adaptados ao ambiente rupícola, diferencia-se dos demais subtipos tanto pelo substrato quanto pela composição em espécies. Trechos com Cerrado

<sup>22</sup>Historicamente, porém, a expressão “Campo Cerrado” é justificável, pois, até meados do século 20, os estudiosos diferenciavam a vegetação brasileira basicamente entre mata (floresta) ou campo. No caso, o Cerrado seria uma das formas de campo. Ver comentários adicionais sobre isso em Walter (2006).

sentido restrito sem a presença de afloramentos de rocha característicos, mas com grande quantidade de cascalho que emerge no solo, não devem ser considerados como Cerrado Rupestre. A cobertura arbórea de tais trechos, em geral, é superior a 20 %, e estes não apresentam elementos florísticos que caracterizam o Cerrado Rupestre.

O Parque de Cerrado é encontrado na área nuclear do Cerrado, sendo freqüente em áreas do Pantanal, no Vale do Rio Araguaia (Brasil, 1973), no sul do Maranhão, nordeste do Mato Grosso e norte-nordeste do Tocantins. “Parque” foi um termo proposto por Tansley e Chip (1926 *apud* Veloso, 1992) para definir um tipo de vegetação (*parkland*) correspondente à “savana arborizada”. A expressão “Parque de Cerrado” foi empregada por Ribeiro et al. (1983) como subtipo de Cerrado sentido restrito. Elevada a categoria de tipo fitofisionômico, ela tem sido denominada por outros autores como “Campo de Murundus” (Eiten, 1983, 1994b) ou “Campo de Monchões” (Oliveira-Filho, 1988). Pelos critérios aqui adotados, essas denominações não se adequariam, uma vez que esses termos vinculam-se aos micro-relevos e não ao tipo de vegetação que ocorre sobre esses micro-relevos.

Além das áreas onde aparecem os característicos murundus, o Parque de Cerrado é facilmente caracterizado pelo agrupamento de árvores em meio à vegetação campestre. A origem desses agrupamentos arbóreos ainda é desconhecida, mas sugestões de origem antrópica, ameríndia, já foram lançadas na literatura. No sul do Pará, Anderson e Posey (1985) revelaram que os índios caiapós parecem ter um papel ativo na formação de “ilhas” de vegetação lenhosa em áreas campestres (Cerrado sentido amplo). Segundo os autores, mais de 75 % das espécies arbóreas dessas “ilhas” teriam sido plantadas pelos índios para seu uso, em locais onde antes houve manejo intencional do solo. Dessa forma, é possível que populações indígenas poderiam ter moldado alguns ecossistemas tropicais, antes considerados “naturais”, embora novos estudos ainda devam ser feitos para que se aprofunde essa linha de investigação.

Quanto ao Palmeiral, com seus quatro subtipos aqui indicados (Babaçual, Buritzal, Guerobal e

Macaubal), trata-se de uma fitofisionomia bastante característica do Cerrado, não mencionada por Ribeiro et al. (1983), mas considerada por autores como Eiten (1983, 1994b). Os nomes dos tipos e subtipos já foram referidos há mais tempo na literatura, como no caso do Buritzal, que foi comentado por Pereira (1942). Neste capítulo, limitamos o número de subtipos que o Palmeiral pode conter, uma vez que as principais “espécies” de palmeiras arbóreas que os formam são as quatro aqui mencionadas. Por certo que, se outras espécies de palmeiras vierem a ser identificadas dando origem a Palmeira, será necessária uma revisão ou adequação, incluindo-as como subtipos.

O Palmeiral é um tipo de vegetação pouco estudado, talvez por conta da pouca riqueza em espécies que cada subtipo comporta. Ainda não há pesquisas consistentes que tenham avançado nos estudos sobre sua origem e sua ecologia, apesar do domínio de espécies de palmeiras de grande interesse econômico e social. Geralmente o Babaçual, o Macaubal e o Guerobal estão associados à presença humana. Os dois primeiros ocupam áreas previamente antropizadas, pois as espécies de palmeiras dominantes são resistentes ao fogo e colonizam agressivamente formações desmatadas. O último, em muitos locais, pode ter tido seus indivíduos iniciais cultivados desde os tempos coloniais, pois é uma tradicional planta alimentícia do Planalto Central Brasileiro (Lorenzi, 1992; Almeida, 1998); mas esta é somente uma conjectura que ainda não foi investigada.

A maioria dos Palmeirais do Cerrado pode ser enquadrado como formação savânica, embora não seja incomum que formem florestas, no sentido fisionômico da palavra. Em certos casos, comuns em relação aos Buritzais, classificar a forma de um Palmeiral pode não ser uma atividade trivial.

De modo semelhante, a Vereda pode ser considerada parcialmente incluída na formação campestre, pois nessa fisionomia existem campos característicos (“borda” e “meio”), associados ao trecho dos buritis (“fundo” – no sentido de Araújo et al., 2002). Conforme Eiten (1994), a Vereda é “um brejo graminoso permanente com buritis”.

Mas, exatamente pela presença dos buritis em destaque na fisionomia, ou seja, uma espécie do estrato arbóreo espalhada sobre trechos gramíneos, evidencia-se uma formação savânea.

Ainda são poucos e recentes os estudos realizados nessa fitofisionomia e eles têm se concentrado na região do Triângulo Mineiro (Guimarães, 2001; Araújo et al., 2002; Cardoso et al., 2002; Guimarães et al., 2002). Em estudo florístico, Guimarães (2001) encontrou 33 espécies de Poaceae, 13 de Cyperaceae, 10 de Asteraceae, sete de Melastomataceae e quatro de Fabaceae. Essas cinco famílias agruparam 67,63 % do total de espécies levantadas, das quais apenas as duas primeiras comportaram 45 % das espécies amostradas. Analisando as Veredas da Reserva Ecológica de Águas Emendadas, no Distrito Federal, Meirelles et al. (2004) revelaram que as espécies *Andropogon sellianus*, *Miconia chamaissoides*, *Paepalanthus scandens*, *Peltodon tomentosus*, *Syngonanthus densifolius*, *Xyris laxifolia* e *X. tenella* ocorreram apenas nos locais onde existia uma lámina de água acima da superfície do solo. Neste estudo, os autores discutiram a ocorrência de espécies segundo classes de profundidade do lençol freático. Essa ocorrência sugere uma zonação de distribuição de espécies nesta fitofisionomia.

Supõe-se que a Vereda seja um dos estádios para a formação ou expansão da Mata de Galeria, tendo como base a ausência de buritis jovens nas matas estabelecidas, a inexistência de um dreno ou córrego definido na Vereda e outras condições, como pouco sombreamento, que permitam a ocupação de outras espécies arbóreas. Normalmente, a germinação e posterior desenvolvimento de *Mauritia flexuosa* ocorre em áreas abertas e mal drenadas, sendo, portanto, uma espécie heliófita e higrófita (Lorenzi, 1992). Com o avanço de espécies da Mata para a Vereda, propiciado por melhorias na drenagem do solo e em parte pelo próprio buriti (por exemplo, sombreamento), poderia haver modificações nas condições ecológicas, favorecendo o estabelecimento da Mata de Galeria em detrimento do fundo da Vereda. Sendo assim, a Mata de Galeria Inundável poderia ser um estádio sucessional posterior à Vereda e anterior ao aparecimento da Mata de Galeria Não-Inundável, que seria a comunidade

clímax. Nesta, a linha de drenagem (córrigo) é bem definida e não sujeita a modificações, as quais ainda podem ocorrer na Mata de Galeria Inundável e especialmente na Vereda.

Pelo mesmo raciocínio anterior, por via diferente, é possível supor que uma floresta de buritis (Buritzal) também represente um estádio sucesional anterior à Mata de Galeria Inundável. As condições ambientais locais é que determinariam se a colonização do buriti na Vereda poderia evoluir diretamente para uma Mata ou para um Palmeiral. Suposições semelhantes a estas foram anteriormente sugeridas por Brandão et al. (1991), mas muitos estudos ainda serão necessários para testá-las.

Quanto às formações campestres do bioma, tanto o Campo Sujo quanto o Campo Limpo possuem subdivisões naturais decorrentes de particularidades ambientais. Nesses casos, na escala de comunidades, é necessário adotar, para cada uma, os termos Seco, Úmido ou com Murrundus, o que vai depender do trecho de vegetação e da precisão requerida.

Os três subtipos de Campo Limpo geralmente são localizados, não sendo encontrados em grandes extensões na Região do Cerrado, principalmente quando comparados aos campos do bioma Campos Sulinos. Existem sugestões de que grandes áreas na Região Centro-Oeste, anteriormente ocupadas por campos, diminuíram à medida que as formações florestais foram se implantando (Veloso, 1948; Bigarella et al., 1975; Prado e Gibbs, 1993). Esse aspecto de sucessão, entretanto, para algumas localidades pode não ser verdadeiro, pois fatores limitantes, como a pequena profundidade do solo e/ou lençol freático alto, não permitiriam a ocorrência de grandes árvores. Essas fisionomias são, portanto, caracterizadas pelo predomínio de ervas graminóides e pequenos arbustos, sendo associadas a solos com alta saturação de alumínio, com baixa fertilidade natural, rasos ou, se profundos, distróficos, ou ainda caracterizados pelo encharcamento estacional da camada superficial (Keddy, 2000).

As características estruturais e florísticas dessas paisagens são reflexos da interação entre o clima, a vegetação, os níveis de nutrientes no solo, a geomorfologia e a geologia (Cole 1986), além

das variações de umidade em decorrência da capacidade de retenção de água no solo e da sazonalidade pluvial (Munhoz, 2003). Um Campo Sujo estudado por Munhoz (2003) no Distrito Federal apresentou grande riqueza florística, com 264 espécies, pertencentes a 141 gêneros e 45 famílias. As famílias com maior número de espécies foram Asteraceae (43 espécies), Poaceae (43), Leguminosae (30), Lamiaceae (13), Rubiaceae (14) e Myrtaceae (10). Os hábitos herbáceo e subarbustivo foram predominantes no trecho estudado, com 110 (41,6 %) e 94 (35,6 %) espécies de ervas e subarbustos, respectivamente.

Em um Campo Limpo Úmido no Distrito Federal, Munhoz (2003) registrou 191 espécies, distribuídas em 96 gêneros e 37 famílias. As famílias com maior número de espécies foram Poaceae (39 espécies), Cyperaceae (24), Asteraceae (21), Polygalaceae (18), Eriocaulaceae (11) e Xyridaceae (8). Como esperado, o hábito herbáceo foi predominante, com 135 (71,2 %) espécies. Nessa mesma fitofisionomia, porém no Estado de Goiás, a autora mostrou que uma pequena área estudada apresentou elevada riqueza florística, com 221 espécies, distribuídas em 87 gêneros e 32 famílias. Neste caso, as famílias com maior número de espécies foram Cyperaceae (32 espécies), Poaceae (30), Xyridaceae (26); Eriocaulaceae (20), Asteraceae (19) e Melastomataceae (12). Esse trabalho destacou a necessidade de realização de mais estudos nessa fitofisionomia, revelando três novas espécies para a ciência (duas Eriocaulaceae e uma Asteraceae – *Trichogonia* sp.).

Para o Campo Sujo e o Campo Limpo, assim como ocorre com a Mata de Galeria, a Mata Seca, o Cerrado sentido restrito e, especialmente, o Palmeiral, o tipo de vegetação não esclarece as particularidades de seus subtipos. Em ambos (Campos Sujo e Limpo) ainda são necessários mais estudos para se conhecer melhor suas ecologia e composição florística, embora eles representem sítios de coleta muito procurados pelos botânicos que atuam no Cerrado, pela riqueza em espécies que contêm. Levantamentos quantitativos ainda são raros, pois esbarram nas dificuldades de identificação dos indivíduos e

das espécies nas amostragens. Porém, opções metodológicas vêm sendo testadas, como o método de interseção da linha aplicado por Meirelles et al. (2002) no sul do Maranhão.

O Campo Rupestre vem recebendo maior atenção nas últimas décadas, com destaque para os estudos de Giulietti et al. (1987), Filgueiras (1994), Stannard (1995), Munhoz e Proença (1998), Conceição e Giulietti (2002), Zappi et al. (2003), embora não exista ainda um mapeamento completo desse tipo de vegetação no Brasil. Magalhães (1966) foi um dos primeiros a conceituá-lo sob uma ótica contemporânea, embora a fitofisionomia já fosse mencionada desde o final do século 19. Ela é mais conhecida nas serras da Canastra (MG), do Cipó (MG), do Espinhaço (MG) e nas Chapadas Diamantina (BA) e dos Veadeiros (GO), entre outros locais mais pesquisados da Região do Cerrado. Segundo Harley (1995), estudos mais detalhados, compreendendo a publicação de inventários florísticos e trabalhos de campo, também são necessários para melhor delimitá-los. Há que se destacar, no entanto, que a interpretação da escola anglo-paulista (exemplos em Giulietti et al., 1987; Stannard, 1995; Pirani et al., 2003; Zappi et al., 2003) chega a tratar Campo Rupestre quase como um bioma, no sentido aqui usado (ver nota de rodapé 9). Sendo assim, deve-se ter atenção para distinguir entre esta expressão como está sendo tratada neste capítulo (com um sentido restrito) daquela utilizada por outros autores, que tem acepção ampla.

Os tipos fitofisionômicos apresentados neste capítulo foram descritos com base em trechos de vegetação nos quais são “primitivos” (autóctones, originais, naturais ou primários; conforme outros termos usados por diferentes autores). As transições (ecótonos) que ocorrem entre um tipo e outro não foram consideradas, por não apresentarem padrões constantes passíveis de classificação. Entretanto, as transições são comuns entre os mais variados tipos fitofisionômicos. Tais trechos tendem a possuir maior diversidade de espécies, uma vez que apresentam elementos florísticos típicos das fitofisionomias vizinhas, acrescidos de alguns táxons particulares.

A terminologia aqui apresentada pode não ter incluído algum tipo fitofisionômico encontrado em áreas restritas, marginais ou disjuntas do bioma, embora as principais da área nuclear tenham sido consideradas. Termos florísticos como, por exemplo, “velozial” ou “landizal” não foram considerados, exceto nos Palmeirais, por estarem contidos em algum dos tipos ou subtipos de vegetação apresentados. Termos fisionômicos como “capão” (etimologicamente uma “mata redonda”) também não, pois mesmo sendo a sua origem natural ou remanescente de corte, pode-se incluí-lo em algum dos termos apresentados. Igualmente, não consideramos em separado os tratamentos como “floresta monodominante de *Brosimum rubescens*” (Marimon e Felfili, 2000; Marimon et al., 2001a, 2001b), por sua natural inclusão em algum dos onze tipos principais de vegetação aqui descritos: neste caso, a Mata Seca. O mesmo raciocínio vale para vegetação em solos característicos, como os serpentinos, derivados de rochas ultramáficas (solos que possuem altas concentrações de magnésio, ferro, níquel, cromo e cobalto, com teores baixos de nutrientes como fósforo, potássio e cálcio), que apresentam flora arbustivo-herbácea adaptada, rica e diferenciada da vegetação adjacente como aqueles encontrados nos estudos de Filgueiras (2002). No entanto, três termos fitofisionômicos ainda são dignos de nota, pela freqüência com que surgem menções que os relacionam ao bioma Cerrado. São eles “gerais” (ou a forma antiga, “geraes”), “carrasco” e “brejo”.

Citados desde o século 19 pelos pioneiros exploradores da faixa ecotonal entre os biomas Caatinga e Cerrado, as descrições formais de “gerais” e “carrasco” mostram que, no primeiro caso, “gerais” pode ser enquadrado sem maiores problemas como um Campo Sujo, ou até como o subtipo Cerrado Ralo. Isso pode ser feito mesmo que, pela influência da Caatinga, os “gerais” comportem plantas exclusivas em relação à área nuclear do bioma, ou contemplam em destaque as palmeiras espinhosas tucum (*Astrocaryum* spp.). Baseado nas observações de Philipp von Luetzelburg (um autor clássico no estudo do bioma Caatinga), Pereira (1944)

definiu “gerais” como “os largos campos de cima da serra” da Chapada Diamantina, representando “um tipo peculiar de carrasco sem conter representantes da sua flora geral”. Após conjecturas, defendeu o uso do termo somente para a faixa da Cadeia do Espinhaço, embora ele também fosse (e ocasionalmente ainda é) aplicado para a porção ocidental do Estado da Bahia, no noroeste de Minas Gerais e no sul do Maranhão e do Piauí (Geiger, 1950; Eiten, 1983). “Carrasco”, por sua vez, um termo fisionômico muito mencionado por Luetzelburg (1922/1923a, 1922/1923b, 1922/1923c), foi por ele conceituado como uma “associação de arvores e arbustos xerophilos, baixos, densamente agrupados, sobre solo muito duro, secco (sic), pedregoso, arenoso, sem vegetação de relva”. Significaria “uma vegetação lenhosa, muito ramificada, densa, emmaranhada e confusa ... com elementos arboreos genuinamente xerophilos” (Luetzelburg, 1922/1923c)<sup>23</sup>. Recentemente, o termo foi definido por Araújo et al. (1999) como “uma vegetação xerófila arbustiva densa alta, (...), que ocorre no domínio Semi-Árido do Nordeste do Brasil, sobre Areias Quartzosas (hoje Neossolos Quartzênicos) distróficas e profundas, entre 700 m e 900 m de altitude (...). Caracteriza-se como um “fruticeto caducifólio alto, fechado, uniestratificado, com trepadeiras, dossel irregular e árvores emergentes esparsas” (Araújo e Martins, 1999). Alcoforado-Filho et al. (2003) o designaram “Vegetação Caducifólia Não-Espinhosa”. Segundo Fernandes e Bezerra (1990), trata-se de um Cerradão degradado sem filiação com a Caatinga. As análises de Araújo et al. (1998, 1999) e de Araújo e Martins (1999) indicaram tratar-se de um tipo de vegetação caducifólia realmente diferente daquela de Caatinga. Os estudos sobre essa vegetação ainda estão em andamento, especialmente quanto ao vínculo sugerido com a vegetação de Cerrado (Oliveira et al., 1997; Araújo et al., 1998, 1999; Araújo e Martins, 1999; Figueiredo e Lima-Verde, 1999), mas seguimos aqui as considerações que já constam desses trabalhos. Conforme Araújo e Martins (1999), o Carrasco difere da Caatinga, do Cerrado (e do Cerradão) e da Capoeira em vários aspectos

<sup>23</sup>O termo geral “carrasco” pode incluir outras formas fisionômicas particulares, que já receberam nomes como “grameal”. “O grameal não é ... nada mais do que um carrasco privado das suas árvores e em grande parte de seus arbustos” (Luetzelburg, 1922/1923c).

do ecótopo, da organização e da fisionomia, sendo uma formação vegetal própria.

Já o termo “brejo”, que na Região do Cerrado é popularmente vinculado a um Campo Úmido (Limpido ou Sujo), como aqui foi tratado, de fato não representa exclusivamente essa fisionomia, pois, para diferentes interlocutores, ele pode designar trechos de Campo, de Vereda (savana), ou de Mata de Galeria Inundável (floresta). Possui ainda acepção bem distinta e há muito usada – de floresta de altitude – no bioma Caatinga, como é o caso do estudo de Andrade-Lima (1960), e até de uma Caatinga arbórea (Azevedo, 1966), ou também é considerado parte da Floresta Atlântica no Nordeste (Pôrto et al., 2004). Pode-se definir “brejo” como uma área cujo solo é saturado com água na maior parte do ano, o que, no Brasil Central, propicia a ocorrência de buritis e também de arbustos e arvoretas adensadas, adaptadas a esse ambiente de estresse, e que, no caso, não tipifica um Campo. Eiten (1983) definiu “brejo estacional” como os “campos úmidos gramíneos, encharcados na estação chuvosa e secos na estação seca”. Porém, pela amplitude do termo, pela indefinição conceitual e por estar contido em outras fitofisionomias, essa definição foi evitada.

Por fim, como na edição anterior deste capítulo, contamos com críticas e sugestões dos leitores para o aperfeiçoamento contínuo dessa classificação. Muitas notas agora apresentadas foram incluídas como resposta às sugestões.

As três formas e os 11 tipos de vegetação existentes no Cerrado refletem a grande diversidade vegetal existente no bioma. Na mais recente listagem de sua flora, abordada no volume 2 deste livro, foram relacionadas mais de 12 mil espécies, um número que demonstra por si só a importância intrínseca desse bioma. Segundo Eiten (1994b), o Cerrado só é superado em riqueza, no mundo, pela floresta pluvial tropical.

## Chave de identificação dos tipos fitofisionômicos do Cerrado

Baseado em Ribeiro et al. (1983), apresentamos uma chave dicotómica para a identificação dos

tipos fitofisionômicos aqui descritos, na qual as formações florestais foram diferenciadas por parâmetros de estrutura, como altura média do estrato arbóreo, estratificação vertical, cobertura, caducifolia e posição topográfica. Nas formações savânicas e nas campestres, consideramos, além desses parâmetros, as características de solo, destacando o grau de saturação de água e a presença ou não de afloramentos de rocha. Para as três formações, também foram contemplados elementos da flora (composição florística).

Consideram-se como “árvore” as plantas lenhosas com altura superior a 2 m, sem ramificações próximas à base (Heringer et al., 1977). Como “arbusto”, as plantas lenhosas ou semilenhosas entre 0,2 m e 2 m, com ou sem ramificações próximas à base. Como “subarbusto”, aquelas com sistema subterrâneo persistente durante a estação seca e parte aérea com até 0,5 m na estação chuvosa (Heringer et al., 1977). Como “ervas”, as plantas não-lenhosas, representadas por plantas anuais e bianuais, e eventualmente algumas perenes.

## Chave de identificação

- |     |   |                                      |
|-----|---|--------------------------------------|
| 1.  | Formação florestal. Estrutura de mata. Presença de árvores dicotiledôneas ou palmeiras. Dossel predominantemente contínuo; cobertura arbórea média de 50 % a 95 % .....   | <b>2</b>                             |
| 1'. | Formação savânica ou campestre .....  | <b>9</b>                             |
| 2.  | Floresta associada a um curso de água definido .....  | <b>3</b>                             |
| 2'. | Floresta sem associação com cursos de água definidos .....  | <b>5</b>                             |
| 3.  | Mata que acompanha córregos ou rios de pequeno porte. Forma galeria sobre o curso de água. Geralmente circundada por faixas de vegetação não florestal. Árvores eretas; altura média de 20 m a 30 m. Estrato arbóreo perenifólio ou com pouca caducifolia. Cobertura arbórea de 70 % a 95 % .....   | <b>4</b>                             |
| 3'. | Mata que acompanha rios de médio e grande portes. Não forma galeria sobre o curso de água. Geralmente com transição discreta para outras fisionomias florestais. Árvores predominantemente eretas; altura média de 20 m a 25 m. Estrato arbóreo com diversos graus de caducifolia na estação seca. Cobertura arbórea de 50 % a 90 % ..... | <b>Mata Ciliar</b>                   |
| 4.  | Mata onde o lençol freático não está próximo à superfície do terreno na maior parte dos trechos, o ano todo, mesmo na estação chuvosa. Apresenta longos trechos com topografia acidentada, e uns poucos locais planos. Possui boa drenagem. Presença de muitas espécies de leguminosas arbóreas .....                                     | <b>Mata de Galeria Não-Inundável</b> |

- 4'. Mata onde o lençol freático está próximo ou sobre a superfície do terreno na maior parte dos trechos, o ano todo, mesmo na estação seca. Apresenta longos trechos com a topografia plana, e poucos locais acidentados. Drenagem deficiente. Presença de poucas espécies de leguminosas arbóreas ..... **Mata de Galeria Inundável**
5. Floresta composta por diversas espécies, principalmente dicotiledôneas ..... **6**
- 5'. Floresta com predomínio total de palmeiras do gênero *Mauritia*, em terrenos mal drenados, sem curso de água ou linha de drenagem claramente definida. Presença insignificante de dicotiledôneas. Cobertura arbórea de 60 % a 80 %, formando um dossel contínuo. Sem formas campestres associadas ..... **Palmeiral (“Buritzal”)**
6. Estrato arbóreo com indivíduos predominantemente eretos. Apresenta diversos graus de caducifolia na estação seca. Altura média de 15 m a 25 m. Cobertura arbórea variável de 50 % (ou menos) a 95 %. Flora essencialmente com espécies de Mata ..... **7**
- 6'. Estrato arbóreo com indivíduos tortuosos e eretos. Poucas espécies com caducifolia na estação seca. Altura média de 8 m a 15 m. Cobertura arbórea de 50 % a 90 %. Flora com elementos de Cerrado (sentido restrito) e de Mata ..... **Cerradão**
7. Presença de espécies sempre-verdes e caducifólias, variando consideravelmente a cobertura arbórea entre a estação seca e a chuvosa ..... **8**
- 7'. Predomínio de espécies sempre-verdes, pouco variando a cobertura arbórea ao longo do ano ..... **Mata Seca Sempre-Verde**
8. Presença equilibrada de espécies sempre-verdes e caducifólias. Cobertura arbórea raramente inferior a 50 % na estação seca ..... **Mata Seca Semidecidíua**
- 8'. Predomínio total de espécies caducifólias. Cobertura arbórea inferior a 50 % na estação seca. Geralmente em áreas com afloramentos de rocha ou solos calcários ..... **Mata Seca Decídua**
9. Estrutura de savana. Flora predominantemente arboreoarbustiva, espalhada sobre o estrato herbáceo, que pode ser destacado. Cobertura arbórea de 5 % a 70 %. Dossel, se presente, geralmente descontínuo ..... **10**
- 9'. Estrutura de campo. Flora predominantemente herbáeoarbustiva. Cobertura arbórea ausente ou sem destaque ..... **17**
10. Apenas em terrenos bem drenados ..... **11**
- 10'. Em terrenos mal drenados, ou terrenos mal drenados com locais bem drenados ..... **15**
11. Flora arbórea composta por diversas espécies, principalmente dicotiledôneas ..... **12**
- 11'. Flora arbórea com predomínio total de uma única espécie de palmeira, dos gêneros *Acrocomia* ou *Attalea* ou *Syagrus*. Presença insignificante de árvores dicotiledôneas ..... **Palmeiral (“Macaubal”, “Babaçual”, “Guerobal”)**
12. Cobertura arbórea inferior a 50 %. Altura média do estrato arbóreo de 2 m a 6 m. Nunca forma dossel contínuo. Estrato arbóreo com indivíduos predominantemente tortuosos ..... **13**
- 12'. Cobertura arbórea de 50 % a 70 %. Altura média do estrato arbóreo de 5 m a 8 m. Pode formar faixas com dossel contínuo. Estrato arbóreo com indivíduos eretos e tortuosos ..... **Cerrado Denso**
13. Cobertura arbórea de 5 % a 20 %. Estrato arbóreo pouco denso. Altura média do estrato arbóreo de 2 m a 4 m ..... **14**
- 13'. Cobertura arbórea de 20 % a 50 %. Estrato arbóreo destacado. Altura média do estrato arbóreo de 3 m a 6 m ..... **Cerrado Típico**
14. Árvores e arbustos crescem sobre solos com pouca profundidade, mas com ausência de afloramentos de rocha. Flora típica do Cerrado ..... **Cerrado Ralo**
- 14'. Árvores e arbustos crescem em locais onde há afloramentos de rocha característicos, com pouco ou nenhum solo. Flora com elementos característicos, adaptada ao ambiente rupícola ..... **Cerrado Rupestre**
15. Flora arbórea com a presença marcante do buriti (*Mauritia flexuosa*), em terrenos mal drenados ..... **16**
- 15'. Flora arbórea formada por diversas espécies. Árvores agrupadas em locais específicos do terreno, geralmente em ligeiras elevações (murundus), onde o solo possui melhor drenagem ..... **Parque de Cerrado**
16. Os buritis não formam dossel e crescem em meio a um agrupamento mais ou menos denso de espécies arbustivo-herbáceas. Cobertura arbórea de 5 % a 10 %. Os buritis concentram-se em locais onde há linhas de drenagem mal definidas, com formas campestres associadas de maneira característica ..... **Vereda**
- 16'. Os buritis formam um dossel descontínuo e crescem espalhados sobre um campo graminoso. Cobertura arbórea de 40 % a 70 %. Os buritis distribuem-se pelo terreno onde não existem linhas de drenagem definidas ..... **Palmeiral (“Buritzal”)**
17. Com arbustos ou poucas arvoretas isoladas ..... **18**
- 17'. Sem arbustos ou arvoretas ..... **21**
18. Arbustos crescem em áreas com algum solo, e não em afloramentos de rocha. Flora com elementos de Cerrado (sentido restrito) ..... **19**
- 18'. Arbustos crescem diretamente nas fendas de afloramentos de rocha, em trechos com pouco ou nenhum solo. Flora característica com muitos endemismos ..... **Campo Rupestre**
19. Terrenos mal drenados ou bem drenados apenas em ligeiras elevações concêntricas ..... **20**
- 19'. Somente terrenos bem drenados ..... **Campo Sujo Seco**
20. Somente solos mal drenados ..... **Campo Sujo Úmido**
- 20'. Solos mal drenados com elevações do terreno (murundus) bem drenados ..... **Campo Sujo com Murundus**
21. Terrenos mal drenados ou bem drenados apenas em ligeiras elevações concêntricas ..... **22**
- 21'. Somente terrenos bem drenados ..... **Campo Limpo Seco**
22. Somente solos mal drenados ..... **Campo Limpo Úmido**
- 22'. Solos mal drenados com elevações do terreno (murundus) bem drenados ..... **Campo Limpo com Murundus**

## Agradecimentos

Os autores deste capítulo agradecem a Sueli Matiko Sano, Manoel Cláudio da Silva Júnior,

Ary Teixeira de Oliveira Filho, Giselda Durigan, Semíramis Pedrosa de Almeida, Ivan Schiavini e Luciano Bianchetti, pelas valiosas sugestões apresentadas.

## Referências

AB'SÁBER, A. N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. In: FERRI, M. G. (Ed.). **Simpósio sobre o Cerrado, 3.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda.: EDUSP, 1971. p. 1-14.

AB'SÁBER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, São Paulo, v. 3, p. 1-19, 1977.

AB'SÁBER, A. N. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. **Revista do Serviço Público**, Brasília, v. 111, n. 4, p. 41-55, 1983.

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 p.

ADÁMOLI, J. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os Cerrados: discussão sobre o conceito de "Complexo do Pantanal". In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., 1981, Teresina. **Anais...** Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1982. p. 109-119.

ADÁMOLI, J.; MACÉDO, J.; AZEVEDO, L. G.; NETTO, J. M. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. [Planaltina: Embrapa-CPAC] São Paulo: Nobel, 1987. p. 33-98.

ALBUQUERQUE, G. B.; RODRIGUES, R. R. A vegetação do Morro de Araçoaíaba, Floresta Nacional de Ipanema, Iperó (SP) **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 58, p. 145-159, 2000.

ALCOFORADO-FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 287-303, 2003.

ALLEM, A. C.; VALLS, J. F. M. **Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense**. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1987. 339 p. (Embrapa-Cenargen. Documentos, 8).

ALMEIDA, S. P. **Cerrado**: aproveitamento alimentar. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. 188 p.

ALVIM, P. T. Teoria sobre a formação dos campos cerrados. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 496-498, 1954.

ALVIM, P. T. Repensando a teoria da formação dos campos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados - **Anais/Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas - Proceedings**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p. 56-58.

ALVIM, P. T.; ARAÚJO, W. A. El suelo como factor ecológico en el desarollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. **Turrialba**, Turrialba, v. 2, n. 4, p. 153-160, 1952.

ALVIM, P. T.; ARAÚJO, W. A. O solo como fator ecológico no desenvolvimento da vegetação no Centro-Oeste do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 114, p. 569-578, 1953.

AMARAL-FILHO, Z. P. do. Ecologia da savana nas regiões amazônica e centro-oeste do Brasil. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 16, p. 35-48, 1995.

ANDERSON, A. B.; POSEY, D. A. Manejo de cerrado pelos índios Kayapó. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Botânica, Belém, v. 2, n. 1, p. 77-98, 1985.

ANDRADE-LIMA, D. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. **Arquivos do Instituto de Pesquisas Agronômicas**, Recife, v. 5, p. 305-341, 1960.

ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 149-163, 1981.

ANDRADE-LIMA, D. Present-day forest refuges in Northeastern Brazil. In: **Biological diversification in the tropics**. New York: Columbia University Press, 1982. p. 245-251. Proceedings of the fifth International Symposium of the Association for Tropical Biology, Caracas, Venezuela, 1979.

AOKI, H.; SANTOS, J. R. Fatores ambientais dos cerrados e imagens orbitais. **Boletim Técnico Instituto Florestal**, São Paulo, v. 31, p. 1-69, 1979.

AOKI, H.; SANTOS, J. R. Características dos estratos arbustivo e arbóreo do Distrito Federal. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 629-639, 1982.

ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. Fisionomia e organização da vegetação do Carrasco no Planalto da Ibiapaba, Estado do Ceará. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 1-13, 1999.

ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R.; SHEPHERD, G. J. Variações estruturais e florísticas do Carrasco no Planalto da Ibiapaba, Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 4, p. 663-678, 1999.

ARAÚJO, F. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N.; FIGUEIREDO, M. A. Organização comunitária do componente lenhosos de três áreas de Carrasco em Novo Oriente, CE. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 85-95, 1998.

ARAÚJO, G. M.; BARBOSA, A. A. A.; ARANTES, A. A.; AMARAL, A. F. Composição florística de veredas no Município de Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 475-493, 2002.

ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M. A comparison of the nutritional status of two forest communities on mesotrophic and dystrophic soils in Central Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, p. 1075-1089, 1989.

ARAÚJO-NETO, M. D. **Solo, água e relevo dos campos de murundus na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal**. 1981. 112 f. Tese (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

ARAÚJO-NETO, M. D.; FURLEY, P. A.; HARIDASAN, M.; JOHNSON, C. E. The murundus of the Cerrado region of Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 2, p. 17-35, 1986.

ARENS, K. Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, n. 224 e Botânica, n. 15, p. 25-56, 1958a.

ARENS, K. O Cerrado como vegetação oligotrófica. **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, n. 224 e Botânica, n. 15, p. 59-77, 1958b.

ARENS, K. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências

minerais do solo. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 1962, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EDUSP, 1963. p. 285-303.

AUBRÉVILLE, A. As florestas do Brasil: estudo fitogeográfico e florestal. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, v. 11, n. 11, p. 201-232, 1959.

AUBRÉVILLE, A. **Étude écologique des principales formations végétales du Brésil**. Paris: Centre Technique Forestier Tropicale, 1961. 265 p.

AZEVEDO, L. G. Tipos de vegetação do Sul de Minas e Campos da Mantiqueira (Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 34, p. 225-234, 1962.

AZEVEDO, L. G. Tipos eco-fisionômicos da vegetação da região de Januária (MG). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 39-57, 1966. Suplemento.

BARBOSA, A. S. **Sistema biogeográfico do cerrado**: alguns elementos para sua caracterização. Goiânia: Ed. UCG, 1996. 44 p. il. (Contribuições, 3).

BATALHA, M. A. **Florística, espectro biológico e padrões fenológicos do cerrado sensu lato no Parque Nacional das Emas (GO) e o componente herbáceo-subarbustivo da flora do cerrado sensu lato**. 2001. 212 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Ecologia, Campinas.

BEARD, J. S. The savanna vegetation of northern tropical America. **Ecological Monographs**, Washington, DC, v. 23, p. 149-215, 1953.

BEARD, J. S. The classification of tropical American vegetation-types. **Ecology**, Arizona, v. 36, n. 1, p. 89-100, 1955.

BEHLING, H.; HOOGHIERMSTRA, H. Neotropical savanna environments in space and time: late Quaternary interhemispheric comparisons. In: MARKGRAF, V. (Ed.). **Interhemispheric climate linkages**, New York: Academic Press, 2001. p. 307-323.

BELTRÃO, J. D. de A. Uma nova teoria que tenta elucidar a origem do Cerrado. In: **CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA**, 20, 1969, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Sociedade Botânica do Brasil, 1969. p. 375-393.

BERTONI, J. E. A.; MARTINS, F. R. Composição florística de uma floresta ripária na reserva estadual de Porto Ferreira, SP. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 17-26, 1987.

- BIGARELLA, J. J.; ANDRADE-LIMA, D.; RIEHS, P. J. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 47, p. 411-464, 1975. Suplemento.
- BOURLIÈRE, F.; HADLEY, M. Present-day savannas: an overview. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world 13: Tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1983. p. 1-17.
- BRANDÃO, M.; CARVALHO, P. G. S.; BARUQUI, F. M. Veredas: uma abordagem integrada. **Daphne**, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, p. 5-8, 1991.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**: Folha SA 23 São Luiz e parte da folha SA 24 Fortaleza. Rio de Janeiro, 1973.
- CABRERA, A. L.; WILLINK, A. **Biogeografia de América Latina**. 2nd ed. Washington, DC: OEA, 1980.
- CAMINHOÁ, J. M. **Elementos de botanica geral e medica**. Rio de Janeiro: Typographia Nacional, 1877. v. 1, 1160 p.
- CAMPOS, G. de. Mappa florestal do Brasil, 1926. In: IMAÑA-ENCINAS, J. (Ed.). **Relíquias bibliográficas florestais**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2001. p. 45-181 (Comunicações técnicas florestais, v. 3, n. 1).
- CAMPOS, L. F. G. Mappa florestal do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 9, p. 9-27, 1943 (original de 1926).
- CARDOSO, G. L.; ARAÚJO, G. M.; SILVA, S. A. Estrutura e dinâmica de uma população de *Mauritia flexuosa* L. (Arecaceae) em Vereda na Estação Ecológica do Panga, MG. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 9, p. 34-48, 2002.
- CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A. Florística e fitossociologia da vegetação arbóreo-arbustiva de floresta ripária do baixo Paranaíba (Santa Vitória, Minas Gerais). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 311-320, 1999.
- CARVALHO, P. G. S. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 168, p. 54-56, 1991.
- CASTRO, A. A. J. F. **Comparação florístico-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí - São Paulo) de amostras de Cerrado**. 1994. 520 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. **Pesquisa em Foco**, São Luís, v. 7, n. 9, p. 147-178, 1999.
- CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R.; FERNANDES, A. G. The woody flora of cerrado vegetation in the state of Piauí, Northeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 55, n. 3, p. 455-472, 1998.
- CATHARINO, E. L. M. Florística de matas ciliares. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1., 1989, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 61-70.
- CLEMENTS, F. E.; SHELFORD, V. E. **Bio-ecology**. New York: John Wiley e Sons, 1939. 425 p.
- COLE, M. M. A savana brasileira. **Boletim Carioca de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 11, p. 5-52, 1958.
- COLE, M. M. Cerrado, Caatinga and Pantanal: the distribution and origin of the savanna vegetation of Brazil. **The Geographical Journal**, London, v. 136, n. 2, p. 168-179, 1960.
- COLE, M. M. **The savannas**: biogeography and geobotany. London: Academic Press, 1986. 438 p.
- COLINVAUX, P. Ice-age Amazon revisited. **Nature**, London, v. 340, p. 188-189, 1989.
- COLINVAUX, P. Pleistocene biogeography and diversity in tropical forests of South America. In: GOLDBLATT, P. (Ed.). **Biological relationships between Africa and South America**. New Haven: Yale University Press, 1993. p. 473-499.
- CONCEIÇÃO, A. A.; GIULIETTI, A. M. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 37-48, 2002.
- COSTA, L. P. The historical bridge between the Amazon and the Atlantic Forest of Brazil: a study of molecular phylogeography with small mammals. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 30, p. 71-86, 2003.

COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 17-23, 1978.

COUTINHO, L. M. As queimadas e seu papel ecológico. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 10, n. 44, p. 723, 1980.

COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, p. 130-138, 1992. Volume especial Eco-Brasil.

COUTINHO, L. M. **Aspectos do Cerrado**: domínio e bioma Disponível em: <[http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos\\_bioma.htm](http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_bioma.htm)>. Acesso em: 05 out. 2004.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

DANSEREAU, P. A distribuição e a estrutura das florestas brasileiras **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 61, p. 34-44, 1948.

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M. F.; FRANCO, G. A. D. C.; BRIDGEWATER, S; RATTER, J. A. The vegetation of priority areas for cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 60, n. 2, p. 217-241, 2003.

EITEN, G. Habitat flora of Fazendinha Campininha, São Paulo, Brazil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1962, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EDUSP, 1963. p. 179-231.

EITEN, G. Formas de vegetação. **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 68-89, 1968a.

EITEN, G. Vegetation forms. **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 1-67, 1968b.

EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, New York, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.

EITEN, G. An outline of the vegetation of South America. In: SYMPOSIA OF THE CONGRESS OF THE INTERNATIONAL PRIMATOLOGICAL SOCIETY, 5., 1974, Nagoya, Japan. **Proceedings...** Tokio: Japan Science Press, 1974. p. 529-545.

EITEN, G. Delimitação do conceito Cerrado. **Boletim de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 249, p. 131-140, 1976.

EITEN, G. Delimitação do conceito de Cerrado. **Arquivos do Jardim Botânico**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 125-134, 1977.

EITEN, G. A sketch of vegetation of Central Brazil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE BOTÂNICA, 2.; CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 29., 1978, Brasília/Goiânia. **Resumos dos trabalhos**. [Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 1978]. p. 1-37.

EITEN, G. Formas fisionômicas do Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 139-148, 1979.

EITEN, G. **Classificação da vegetação do Brasil**. Brasília: CNPq, 1983. 305 p. il.

EITEN, G. Natural brazilian vegetation types and their causes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, v. 64, p. 35-65, 1992. (Suplemento, 1).

EITEN, G. **Duas travessias na vegetação do Maranhão**. Brasília: UnB, 1994a. 76 p. il.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado In: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. 2. ed. Brasília: UnB: SEMATEC, 1994b. p. 17-73.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Embrapa Monitoramento por Satélite [home page]**. Disponível em: <<http://www.cobveget.cnpm.embrapa.br/resulta/mapa/vbrasil.jpg>>. Acesso em: 10 out. 2006.

FELFILI, J. M. Floristic composition and phytosociology of the gallery forest alongside the Gama stream in Brasília, DF, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 1-11, 1994.

FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C. Floristic composition, phytosociology and comparison of cerrado and gallery forests at Fazenda Água Limpa, Federal District, Brazil. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J. A.; RATTER, J. A. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman e Hall, 1992. p. 393-416.

- FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 9, p. 277-289, 1993.
- FELFILI, J. M.; FILGUEIRAS, T. S.; HARIDASAN, M.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; MENDONÇA, R. C.; REZENDE, A. V. Projeto biogeografia do bioma cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 75-166, 1994.
- FELFILI, J. M.; MENDONÇA, R. C.; WALTER, B. M. T.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; NÓBREGA, M. G. G.; FAGG, C. W.; SEVILHA, A. C.; SILVA, M. A. Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 2001. p. 195-263.
- FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Comparison of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 50, n. 4, p. 237-243, 1998.
- FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; MACHADO, J. W. B.; WALTER, B. M. T.; SILVA, P. E. N.; HAY, J. D. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado *sensu stricto* na Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 27-46, 1992.
- FERNANDES, A. Província das Caatingas ou Nordestina. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, n. 2, p. 299-310, 1999.
- FERNANDES, A. **Conexões florísticas do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2003. 134 p.
- FERNANDES, A.; BEZERRA, P. **Estudo fitogeográfico do Brasil**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990. 205 p.
- FERREIRA, A. B. de H. **Novo dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. 1838 p.
- FERRI, M. G. Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga: estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, n. 195 e Botânica, n. 12, p. 1-170, 1955.
- FERRI, M. G. Histórico dos trabalhos botânicos sobre o Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1962, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EDUSP, 1963. p. 19-55.
- FERRI, M. G. **Ecologia: temas e problemas brasileiros**. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 1974.
- FERRI, M. G. Os cerrados de Minas Gerais. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 27, n. 11, p. 1217-1220, 1975.
- FERRI, M. G. **Vegetação brasileira**. São Paulo: EDUSP; Belo Horizonte: Itatiaia, 1980. 157 p. (Reconquista do Brasil, 26).
- FERRI, M. G.; COUTINHO, L. M. Papel do factor nutricional na economia d'água de plantas do cerrado. **Revista de Biologia**, Lisboa, v. 1, n. 3/4, p. 313-324, 1958.
- FERRI, M. G.; MENEZES, N. L.; MONTEIRO, W. R. 1. ed. 4<sup>a</sup> reimpressão **Glossário ilustrado de botânica**. São Paulo: Nobel, 1988. 197 p. il.
- FIGUEIREDO, M. A.; LIMA-VERDE, L. W. Caatingas e Carrasco, comunidades xerófilas no nordeste do Brasil. In: ARAUJO, F. D.; PRENDERGAST, H. D. V.; MAYO, S. J. (Ed.). **Plantas do Nordeste**: Anais do I Workshop Geral. Royal Botanic Gardens, Kew, 1999. p. 104-112.
- FILGUEIRAS, T. Vegetação herbácea e arbustiva. In: RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Levantamento da biodiversidade do bioma Cerrado**: um estudo para promover sua conservação em Alto Paraíso de Goiás, GO. Brasília: WWF: Embrapa-CPAC, 1994. Relatório Técnico Final - WWF.
- FILGUEIRAS, T. Herbaceous plant communities. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 121-139.
- GEIGER, P. P. As Veredas e os Gerais da região do rio Preto na Bahia (estudo de geografia humana). **Boletim Carioca de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 18-31, 1950.
- GIULIETTI, A. M.; MENEZES, M. L.; PIRANI, J. R.; MEGURO, M.; WANDERLEY, M. G. L. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 9, p. 1-151, 1987.
- GLOSSÁRIO de ecologia. 2. ed. [S.l.]: ACIESP: CNPq: FINEP: FA-PESP, 1997. 351 p. (ACIESP, 103).

- GOELDI, E. A. Aspectos da natureza do Brasil. **Boletim do Museu Goeldi (Museu Paraense) de História Natural e Ethnographia**, Belém, v. 5, n. 2, p. 200-208, 1909.
- GOODLAND, R. A. A physiognomic analysis of the "Cerrado" vegetation of Central Brazil. **Journal of Ecology**, London, v. 59, p. 411-419, 1971.
- GOODLAND, R. A.; FERRI, M. G. **Ecologia do Cerrado**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979. 193 p. (Reconquista do Brasil, 52).
- GOODLAND, R. A.; POLLARD, R. The brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. **Journal of Ecology**, London, v. 61, p. 219-224, 1973.
- GOTTSBERGER, G.; MORAWETS, W. Floristic, structural and phytogeographical analysis of the savannas of Humaitá (Amazonas). **Flora**, Jena, v. 178, p. 41-71, 1986.
- GRISEBACH, A. **Die vegetation der erde nach ihrer klimatischen anardnung**. Leipzig: [s.n.], 1872.
- GUARIM, V. L. M. S.; MORAES, E. C. C.; PRANCE, G. T.; RATTER, J. A. Inventory of a mesotrophic *Callisthene* Cerradão in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 57, n. 3, p. 429-436, 2000.
- GUARINO, E. S. G.; WALTER, B. M. T. Fitossociologia de dois trechos inundáveis de Matas de Galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 431-442, 2005.
- GUIMARÃES, A. J. M. **Características do solo e da comunidade vegetal em área natural e antropizada de uma vereda na região de Uberlândia, MG**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais do Solo) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- GUIMARÃES, A. J. M.; ARAÚJO, G. M.; CORRÊA, G. F. Estrutura fitossociológica em área natural e antropizada de uma vereda em Uberlândia, MG. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 16, n. 3, p. 317-329, 2002.
- HAFFER, J. Speciation in Amazonian forest birds. **Science**, Washington, DC, v. 165, n. 3889, p. 131-137, 1969.
- HARLEY, R. M. Introdução. In: STANNARD, B. L. (Ed.). **Flora of the Pico das Almas**: chapada Diamantina, Bahia, Brazil. Richmond, Surrey: Royal Botanic Gardens Kew, 1995. p. 43-76.
- HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide of the palms of the Americas**. Princeton: Princeton University Press, 1995. 353 p.
- HERINGER, E. P.; PAULA, J. E. Contribuição ao conhecimento eco-dendrométrico de matas ripárias na região Centro-Oeste brasileira. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 33-42, 1989.
- HERINGER, E. P.; BARROSO, G. M.; RIZZO, J. A.; RIZZINI, C. T. A flora do Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1976. Brasília, DF. **Bases para utilização agropecuária**. São Paulo: EDUSP; Belo Horizonte: Itatiaia, 1977. p. 211-232 (Reconquista do Brasil, 38).
- HUECK, K. **As florestas da América do Sul**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília; São Paulo: Polígono, 1972. 466 p. il.
- IBGE. **Geografia do Brasil**: região Centro Oeste. Rio de Janeiro, 1989. v. 1, 267 p.
- IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 1993. Escala 1:5.000.000.
- IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 2004.
- IHERING, H. von A distribuição de campos e mattas no Brazil. **Revista do Museu Paulista**, São Paulo, v. 7, p. 125-178, 1907.
- IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R.; NAVÉ, A. G. Aspectos ecológicos de um trecho de floresta de brejo em Itatinga, SP: florística, fitossociologia e seletividade de espécies. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 139-153, 1997.
- IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R.; NAVÉ, A. G. Fitossociologia de um remanescente de floresta estacional semidecidual em Itatinga-SP, para fins de restauração em áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 43-57, 2002.
- JOLY, C. A.; AIDAR, M. P. M.; KLINK, C. A.; McGRATH, D. G.; MOREIRA, A. G.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. C.; OLIVEIRA, A. A.; POTT, A.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. Evolution of the brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 51, n. 5/6, p. 331-348, 1999.
- KEDDY, P. A. **Wetland ecology: principles and conservatioin**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 614 p.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the brazilian Cerrado. **Conservation Biology**. Malden, MA, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G.; SOLBRIG, O. T. Ecological impact of agricultural development in the cerrados. In: YOUNG, M. D.; SOLBRIG, O. T. (Ed.). **The world's savannas**: economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use. Paris: The Parthenon Publishing Group, 1993. p. 259-282. (Man and Biosphere Series, v. 12).

KUHLMANN, E. Vegetação campestre do Planalto Meridional brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 465-472, 1951.

KUHLMANN, E. Os tipos de vegetação do Brasil; elementos para uma classificação fisionômica. **Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Rio de Janeiro, v. 81, n. 1, p. 134-176, 1956.

KUHLMANN, E.; CORREIA, D. S. Nomenclatura fitogeográfica brasileira. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., 1981, Teresina. **Anais...** Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1982. p. 97-108.

LEDRU, M. P. Late quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. **Quaternary Research**, Washington, DC, v. 39, p. 90-98, 1993.

LEDRU, M. P. Late quaternary history and evolution of the Cerrados as revealed by palynological records. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University Press, 2002. p. 33-50.

LIMA, E. S.; FELFILI, J. M.; MARIMON, B. S.; SCARIOT, A. Diversidade estrutura e distribuição espacial de palmeiras em um cerrado *sensu stricto* no Brasil Central, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 361-370, 2003.

LOPES, A. S. **A survey of the fertility status of soils under "Cerrado" vegetation in Brazil**. 1975. 138 p. Thesis (M.Sc.) - North Carolina State University, Raleigh.

LOPES, A. S. **Solos sob cerrado**: características, propriedades, manejo. 2. ed. Piracicaba: POTAPOS, 1984. 162 p.

LÖFGREN, A. **Ensaio para uma distribuição dos vegetais nos diversos grupos florísticos no Estado de São Paulo**. São Paulo: [s.n.], 1896. p. 5-47.

Inclui "Índice das plantas do herbario da comissão geographica e geologica de São Paulo" e "Relação das plantas cultivadas no Jardim da Comissão".

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p. il.

LORENZI, H; SOUZA, H. M.; COSTA, J. T. M.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004. 432 p. il.

LUETZELBURG, P. von. **Estudo botânico do Nordéste**. Rio de Janeiro: Ministério de Viação e Obras Públicas, Inspectoria Federal de Obras contra as Seccas, 1922/1923a. v. 1, 108 p. (publicação 57, série I, A).

LUETZELBURG, P. von. **Estudo botânico do Nordéste**. Rio de Janeiro: Ministério de Viação e Obras Públicas, Inspectoria Federal de Obras Contra as Seccas, 1922/1923b. v. 2, 126 p. (publicação 57, série I, A).

LUETZELBURG, P. von. **Estudo botânico do Nordéste**. Rio de Janeiro: Ministério de Viação e Obras Públicas, Inspectoria Federal de Obras Contra as Seccas, 1922/1923c. v. 3, 285 p. (publicação 57, série I, A).

MAGALHÃES, G. M. Dados fitogeográficos do sudeste do Planalto Central (parte de Minas Gerais). In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DO BRASIL, 14., 1963, Manaus. **Anais...** Manaus: Sociedade Botânica do Brasil. 1964. p. 364-375.

MAGALHÃES, G. M. Sobre os cerrados de Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 59-70, 1966. Suplemento.

MAGNANINI, A. Aspectos fitogeográficos do Brasil: áreas e características no passado e no presente. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 681-690, 1961a.

MAGNANINI, A. Notas sobre vegetação-climax e seus aspectos no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p. 235-243, 1961b.

MANTOVANI, W. Conceituação e fatores condicionantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1., 1989, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.2-10.

MANTOVANI, W.; MARTINS, F. R. Florística do Cerrado na Reserva Biológica de Moji Guaçu, SP.

**Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 33-60, 1993.

**MARCHIORI, J. N. C. Fitogeografia do Rio Grande do Sul:** campos sulinos. Porto Alegre: Est Edições, 2004. 110 p. il.

MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M. Distribuição de diâmetros e alturas na floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub., na Reserva Indígena Areões, Água Boa-MT, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 143-150, 2000.

MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; HARIDASAN, M. Studies in monodominant forests in eastern Mato Grosso, Brazil: I. A forest of *Brosimum rubescens* Taub. **Edinburgh Journal of Botany**. Edinburgh, v. 58, n. 1, p. 123-137, 2001a.

MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; HARIDASAN, M. Studies in monodominant forests in eastern Mato Grosso, Brazil: II. A forest in the Areões Xavante Indian Reserve. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 58, n. 3, p. 483-497, 2001b.

MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; LIMA, E. S. Floristics and phytosociology of the gallery forest of the Bacaba Stream, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 59, n. 2, p. 303-318, 2002.

MARTINS, F. R. Métodos de estudos em Matas Ciliares. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46., 1995. Ribeirão Preto, SP. **Resumos...** Ribeirão Preto: USP: Sociedade Botânica do Brasil, 1995. p. 346.

MARTIUS, C. F. Ph. von; EICHLER, A. G.; URBAN, I. **Flora Brasiliensis**. v. 1, pars 1. MARTIUS, C. F. Ph. von Tabulae physiognomicae Brasiliae Regiones Iconibus Expressas Descripsit Deque Vegetatione Illius Terrae Uberius. 1840-1869. p. 1-110.

MARTIUS, C. F. Ph. von. A fisionomia do reino vegetal no Brasil. **Arquivos do Museu Paranaense**, Curitiba, v. 3, p. 239-271, 1943. Tradução de E. Niemeyer e C. Stellfeld de "Die physiognomie des planzenreiches in Brasilien". Sitz. Akad. Wiss. München 1824.

MÉIO, B. B.; FREITAS, C. V.; JATOBÁ, L.; SILVA, M. E. F.; RIBEIRO, J. F.; HENRIQUES, R. P. B. Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado *sensu stricto*. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 437-444, 2003.

MEIRA-NETO, J. A. A.; SOUZA, A. L.; SILVA, A. F.; PAULA, A. Estrutura de uma floresta estacional semidecidual submontana em área diretamente afetada pela usina hidrelétrica de Pilar, Ponte Nova, zona da mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 337-344, 1997.

MEIRELLES, M. L.; OLIVEIRA, R. C. de; RIBEIRO, J. F.; VIVALDI, L. J.; RODRIGUES, L. A.; SILVA, G. P. Utilização do método de interseção na linha em levantamento quantitativo no estrato herbáceo no Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 9, p. 60-68, 2002.

MEIRELLES, M. L.; GUIMARÃES, A. J. M.; OLIVEIRA, R. C. de; ARAÚJO, G. M. de; RIBEIRO, J.F. Impactos sobre o estrato herbáceo de áreas úmidas do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. de S.; CAMARGO, A. J. A. de (Ed.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 41-68.

MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (Ed.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. 1996. 187 p. Contém os anais do Simpósio Impacto de Queimadas sobre os ecossistemas e mudanças globais.

MIRANDA, I. S. Estrutura do estrato arbóreo do cerrado amazônico em Alter-do-Chão, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 143-150, 1993.

MIRANDA, I. S.; ABSY, M. L. Fisionomia das savanas de Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 30, n. 3, p. 423-440, 2000.

MIRANDA, I. S.; ABSY, M. L.; REBÉLO, G. H. Community structure of woody plants of Roraima Savannahs, Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 164, p. 109-123, 2002.

MOREIRA, A. G. Proteção contra o fogo e seu efeito na distribuição e composição de espécies de cinco fisionomias de Cerrado. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (Ed.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 1996. p. 112-121. Contém os anais do Simpósio Impacto de Queimadas sobre os ecossistemas e mudanças globais.

MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in central Brazil. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 27, p. 1021-1029, 2000.

- MUNHOZ, C. B. R **Padrões de distribuição sazonal e espacial das espécies do estrato herbáceo-subarbustivo em comunidades de campo limpo úmido e de campo sujo.** 2003. 273 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, Brasília.
- MUNHOZ, C. B. R.; PROENÇA, C. E. B. Composição florística do Município de Alto Paraíso de Goiás na Chapada dos Veadeiros. **Boletim do Herbário Ezequias Paulo Heringer**, Brasília, v. 3, p. 102-150. 1998.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p.
- NÓBREGA, M. G. G.; RAMOS, A. E.; SILVA-JÚNIOR, M. C. Composição florística e estrutura na mata de galeria do Cabeça-de-Veado no Jardim Botânico de Brasília, DF. **Boletim do Herbário Ezequias Paulo Heringer**, Brasília, v. 8, p. 44-65, 2001.
- NOGUEIRA-NETO, P. **Savanas neotropicais: uma proposta de taxonomia para os cerrados e outros geobiomas climáticos.** São Paulo: Tecnápis, 1991. 39 p.
- ODUM, E.P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p. il.
- OLIVEIRA, M. E. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CASTRO, A. A. J. F.; RODAL, M. J. N. Flora e fitossociologia de uma área de transição Carrasco-Caatinga de areia em Padre Marcos, Piauí. **Naturalia**, São Paulo, v. 22, p. 131-150, 1997.
- OLIVEIRA, P. E. Esfriamento glacial e expansão de florestas úmidas e frias no último máximo glacial da Amazônia. In: CAVALCANTI, T. B.; WALTER, B. M. T. (Ed.). **Tópicos atuais em botânica:** palestras convidadas do 51º Congresso Nacional de Botânica. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: Sociedade Botânica do Brasil, 2000. p. 396-398.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. **A vegetação de um campo de monchões: microrelevos associados a cupins na região de Cuiabá, MT.** 1988. 169 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. Composição florística e estrutura comunitária da floresta de galeria do córrego da Paciência, Cuiabá, MT. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 91-112, 1989.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. Floodplain "murundus" of Central Brazil: evidence for the termite-origin hypothesis. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 8, n. 1, p. 1-19, 1992a.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. The vegetation of Brazilian "murundus": the island-effect on the plant community. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 8, n. 4, p. 465-486, 1992b.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; ALMEIDA, R. J.; MELLO, J. M.; GAVILANES, M. L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 67-85, 1994a.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURI, N.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Tree species distribution along soil catenas in a riverside semideciduous forest in southeastern Brazil. **Flora**, Jena, v. 192, n. 1, p. 47-64, 1997.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURI, N.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Effects of canopy gaps, topography and soils on the distribution of woody species in a central brazilian deciduous dry forest. **Biotropica**, Washington, v. 30, n. 3, p. 362-375, 1998.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, Washington, DC, v. 32, n. 4, p. 793-810, 2000.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FURLEY, P. A. Monchão, cocuruto, murundu. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 61, p. 30-37, 1990.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MARTINS, F. R. Distribuição, caracterização e composição florística das formações vegetais na região da Salgadeira, na Chapada dos Guimarães (MT). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 207-223, 1986.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 52, n. 2, p. 141-194, 1995.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Padrões florísticos das matas ciliares da Região do Cerrado e a evolução das paisagens do Brasil Central durante o quaternário tardio. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (Ed.). **Matas Ciliares:**

- conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP: FAPESP, 2000. p. 73-89.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91-120.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T; RATTER, J. A.; SHEPHERD, G. J. Floristic composition and community structure of a brazilian gallery forest. **Flora**, Jena, v. 184, p. 103-117, 1990.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SHEPHERD, G. J.; MARTINS, F. R.; STUBBLEBINE, W. H. Environmental affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 5, p. 413-431, 1989.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A.; GAVILANES, M. L. Effects on the soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 10, n. 4, p. 483-508, 1994b.
- PASCHOAL, M. E. S.; CAVASSAN, O. A flora arbórea da mata de brejo do ribeirão do Pelintra, Agudos-SP. **Naturalia**, São Paulo, v. 24, p. 171-191, 1999.
- PAULA, J. E.; ENCINAS, J. I.; PEREIRA, B. A. S. Inventário de um hectare de mata ripária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 143-152, 1993.
- PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 27, n. 261-273, 2000.
- PENTEADO-ORELLANA, M. M. Microrelevos associados e térmitas no Cerrado. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 20, n. 39/40, p. 61-72, 1980.
- PEREIRA, B. A. S.; SILVA, M. A. Lista de nomes populares de plantas nativas da região geoeconômica de Brasília, DF. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro. v. 16, p. 71-100, 1995.
- PEREIRA, J. V. da C. Tipos e aspectos do Brasil: Buritizal. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 4, p. 871, 1942.
- PEREIRA, J. V. da C. Tipos e aspectos do Brasil: Gerais. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 4, p. 565-568, 1944.
- PINTO, J. R. R.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Perfil florístico e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 53-67, 1999.
- PIRANI, J. R.; MELLO-SILVA, R.; GIULIETTI, A. M. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais, Brasil. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 1-24, 2003.
- PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 324 p. il.
- PORTO, M. L. Os campos sulinos, sustentabilidade e manejo. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 119-138, 2002.
- POTT, A.; POTT, V. J.; SOUZA, T. W. **Plantas daninhas de pastagem na região dos Cerrados**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. 336 p. il.
- PRADO, D. E. What is the Gran Chaco vegetation in South America? I. A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. V. **Candollea**, Genève, v. 48, p. 145-172, 1993a.
- PRADO, D. E. What is the Gran Chaco vegetation in South America? II. A redefinition. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. VII. **Candollea**, Genève, v. 48, p. 615-629, 1993b.
- PRADO, D. E. Seasonally dry forests of tropical south america: from forgotten ecosystem to a new phytogeographic unit. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 57, n. 3, p. 437-461, 2000.
- PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 80, p. 902-927, 1993.
- PRADO, D. E.; GIBBS, P. E.; POTT, A.; POTT, V. J. The Chaco-Pantanal transition in southern Mato Grosso, Brazil. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J. A.; RATTER, J. A. (Ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman e Hall, 1992. p. 451-470.
- PRANCE, G. T. Phytogeographic support for the theory of Pleistocene forest refuges in the Amazon

Basin, based on evidence from distribution patterns in Caryocaraceae, Chrysobalanaceae, Dichapetalaceae and Lecythidaceae. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 3, n. 3, p. 5-28, 1973.

PRANCE, G. T. A review of the phytogeographic evidences for pleistocene climatic changes in the Neotropics. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 69, p. 594-624, 1982.

PROENÇA, C.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, A. P. **Flores e frutos do cerrado:** flowers and fruits of the cerrado. Brasília: Editora Universidade de Brasília; São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 2000. 226 p.

RATTER, J. A. Some notes on two types of cerradão occurring in north eastern Mato Grosso. In: FERRI, M. G. (Ed.). **Simpósio sobre o cerrado**, 3. São Paulo: Edgard Blücher Ltda.: EDUSP, 1971. p. 100-102.

RATTER, J. A. **Notes on the vegetation of Fazenda Água Limpa (Brasília, DF, Brazil).** Edinburgh: Royal Botanic Garden Edinburgh, 1980.

RATTER, J. A.; ASKEW, G. P.; MONTGOMERY, R. F.; GIFFORD, D. R. Observações adicionais sobre o cerradão de solos mesotróficos no Brasil Central. In: FERRI, M.G. (Ed.). **Simpósio sobre o cerrado**, 4. São Paulo: EDUSP, 1977. p. 306-316.

RATTER, J. A.; ASKEW, G. P.; MONTGOMERY, R. F.; GIFFORD, D. R. Observations on forests of some mesotrophic soils in central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 47-58, 1978.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; ATKINSON, R.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 53, n. 2, p. 153-180, 1996.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of floristic composition of the brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 60, n. 1, p. 57-109, 2003.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido amplo em 170 localidades do bioma Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 7, p. 5-112, 2001.

RATTER, J. A.; BRIDGWATER, S.; RIBEIRO, J. F.; DIAS, T. A. B.; SILVA, M. R. Estudo

preliminar da distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo bioma Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 5, p. 5-43, 2000.

RATTER, J. A.; DARGIE, T. C. D. An analysis of the floristic composition of 26 Cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 49, n. 2, p. 235-250, 1992.

RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, Oxford, v. 80, p. 223-230, 1997.

RATTER, J. A.; RICHARDS, P. W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D. R. Observations on vegetation of northeastern Mato Grosso. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, Series B. Biological Sciences, London, v. 226, n. 880, p. 449-492, 1973.

RAWITSCHER, F. The water economy of the vegetation of the 'campos cerrados' in southern Brazil. **Journal of Ecology**, London, v. 36, p. 237-268, 1948.

RAWITSCHER, F.; FERRI, M. G.; RACHID, M. Profundidade dos solos e vegetação em campo cerrados do Brasil meridional. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p. 267-296, 1943.

RIBEIRO, J. F.; ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M.; RATTER, J. A Flora de Cerradão em solos distróficos no Distrito Federal In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTANICA, 36., 1985, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: Sociedade Botânica do Brasil, 1985. p. 140.

RIBEIRO, J. F.; GONZALES, M. I.; OLIVEIRA, P. E. A. M.; MELO, J. T. de. Aspectos fenológicos de espécies nativas do Cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTANICA, 32., 1981, Teresina. **Anais...** Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1982a. p. 181-198.

RIBEIRO, J. F.; HARIDASAN, M. Comparação fitossociológica de um cerrado denso e um cerradão em solos distróficos no Distrito Federal. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTANICA, 35., 1984, Manaus. **Anais...** Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 1990. p. 342-353.

RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; MACÊDO, J.; SILVA, J. A. **Os principais tipos fitofisionômicos da região dos Cerrados.** Planaltina, DF: Embrapa-

CPAC, 1983. 28 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 21).

RIBEIRO, J. F.; SILVA, J. C. S.; AZEVEDO, L. G. Estrutura e composição florística em tipos fisionômicos dos Cerrados e sua interação com alguns parâmetros do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTANICA, 32., 1981, Teresina. **Anais...** Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1982b. p. 141-156.

RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado:** caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 899 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As matas de galeria no contexto do bioma Cerrado. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado:** caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 29-47.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza:** um livro-texto em ecologia básica. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. 470 p.

RIZZINI, C. T. A flora do Cerrado, análise florística das savanas Centrais. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1962, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EDUSP, 1963. p. 125-177.

RIZZINI, C. T. Contribuição ao conhecimento da estrutura do Cerrado. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 6, n. 22, p. 3-16, 1975.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil:** aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda., 1997. 747 p.

RIZZINI, C. T.; HERINGER, E. P. **Preliminares acerca das formações vegetais e do reflorestamento no Brasil Central.** Rio de Janeiro: Secretaria de Agricultura, 1962. 79 p.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 75-92, 2002.

RODRIGUES, J. B. **Sertum palmarum brasiliensium, ou relações des palmiers nouveaux du Brésil:decouverts, décrits et dessinés d'après nature.** Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 1989. Fac-símile de: Bruxelles: Imp. Typ. Veuve Monnom, 1903. 2 v.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (Ed.). **Matas Ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP: FAPESP, 2000. 320 p.

RODRIGUES, T. E. **Mineralogia e gêneses de uma seqüência de solos dos cerrados, no Distrito Federal.** 1977. 237 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROMARIZ, D. **Aspectos da vegetação do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1974. 60 p.

SALGADO-LABOURIAU, L. **História ecológica da terra.** São Paulo: Edgard Blücher, 1994. 307 p.

SAMPAIO, A. B.; NUNES, R. V.; WALTER B. M. T. Fitossociologia de uma Mata de galeria na Fazenda Sucupira do Cenargen, Brasília/DF. In: LEITE, L. L.; SAITO, C. H. (Ed.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado.** Brasília: UnB, 1997. p. 29-37. Trabalhos selecionados do 3º Congresso de Ecologia do Brasil, realizado em Brasília, de 6 a 11 de outubro de 1996.

SAMPAIO, A. B.; WALTER, B. M. T.; FELFILI, J. M. Diversidade e distribuição de espécies arbóreas em duas Matas de Galeria na micro-bacia do Riacho Fundo, Distrito Federal. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 197-214, 2000.

SAMPAIO, A. J. A flora brasileira sob o ponto de vista phytogeographico. **Annaes da Academia Brasileira de Ciencias**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, p. 113-125, 1929.

SAMPAIO, A. J. Phytogeographia do Brasil. **Boletim do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 4, p. 271-299, 1930.

SAMPAIO, A. J. **Fitogeografia do Brasil.** 3.ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1935. 372 p.

SANAIOTTI, T. M. Ecologia de paisagens: savanas amazônicas In: VAL, A. L.; FIGLIUOLO, R.; FELDBERG, E. (Ed.). **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia:** fatos e perspectivas. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1991. v. 1, p. 77-79.

SANAIOTTI, T. M.; BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A. A floristic study of the savanna vegetation of the State of Amapá, Brazil, and suggestions for its conservation. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Botânica, Belém, v. 13, n. 1, p. 3-29, 1997.

- SANTOS, L. B. dos. Estudo esquemático da vegetação do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 104, p. 848-854, 1951.
- SANTOS, L. B. dos. Floresta Galeria. In: IBGE. **Tipos e aspectos do Brasil**. 10. ed. Rio de Janeiro, 1975. p. 482-484.
- SARMIENTO, G. The savannas of Tropical America. In: BOURLIÉRE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world 13: tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1983. p. 245-288.
- SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C. Diversidade, estrutura e manejo de florestas deciduais e as estratégias para conservação. In: CAVALCANTI, T. B.; WALTER, B. M. T. [et al.] (Ed.). **Tópicos atuais em botânica**: palestras convidadas do 51º Congresso Nacional de Botânica. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: Sociedade Botânica do Brasil, 2000. p. 183-188.
- Scariot, A.; SEVILHA, A. C. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais deciduais no Cerrado. In: SCARIOT, A.: SOUSA-SILVAS, J. C.; FELFILI, J. M. (Ed.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. P. 121-139.
- SCHIAVINI, I. **Estrutura das comunidades arbóreas de mata de galeria da Estação Ecológica de Panga (Uberlândia, MG)**. 1992. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SENDULSKY, T.; BURMAN, A. G. *Paspalum* species of the Serra do Cipó (1): a contribution to the study of Brasilian Poaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-15, 1978.
- SILVA, A. F.; OLIVEIRA, R. V.; SANTOS, N. R. L.; PAULA, A. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecidua submontana da Fazenda São Geraldo, Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 311-319, 2003.
- SILVA, L. A.; SCARIOT, A. O. Composição florística, estrutura da comunidade arbórea em floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, bacia do rio Paraná). **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 305-313, 2003.
- SILVA, L. A.; SCARIOT, A. O. Composição e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramento calcário no Brasil Central. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 69-75, 2004a.
- SILVA, L. A.; SCARIOT, A. O. Comunidade arbórea de uma floresta estacional decídua sobre afloramento calcário na bacia do rio Paraná. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 61-67, 2004b.
- SILVA, M. A.; NOGUEIRA, P. E. Avaliação fitossociológica do estrato arbustivo-herbáceo em cerrado *stricto sensu* após incêndio acidental, no Distrito Federal, Brasil. **Boletim do Herbário Ezequias Paulo Heringer**, Brasília, v. 4, p. 65-78, 1999.
- SILVA, O. Á. da. **Ecologia evolutiva de um cerrado sensu stricto do Parque Nacional das Emas, Goiás**. 1996. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- SILVA-JÚNIOR, M. C. **Tree communities of the gallery forests of the IBGE Ecological Reserve, DF, Brazil**. 1995. 257 p. Thesis (Ph.D.) - University of Edinburgh, Edinburgh.
- SILVA-JÚNIOR., M. C.; NOGUEIRA, P. E.; FELFILI, J. M. Flora lenhosa das matas de galeria no Brasil Central. **Boletim do Herbário Ezequias Paulo Heringer**, Brasília, v. 2, p. 57-75, 1998.
- SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1., 1989, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. 335 p. Coordenado por L. M. Barbosa.
- SIMPÓSIO “MATA CILIAR”: ciência e tecnologia, Belo Horizonte, MG, 1999. Lavras: UFLA: FAEPE: CEMIG, 1999. 235 p. il. Coordenado por Antônio Claudio Davide.
- SPERA, S. T.; REATTO, A.; CORREIA, J. R.; GODOY, M. J. S.; SIMM, K. M. C. B.; MILHOMEM, A. S. Relação entre as características dos solos e a distribuição das fitofisionomias em uma bacia hidrográfica - II. Características fisico-hídricas. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14, 1999, Temuco, Chile. **CLACS 99 - Suelo-Ambiente-Vida**. Temuco: Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo, 1999. 14 p. CD-ROM.
- STANNARD, B. L. (Ed.). **Flora of the Pico das Almas**: chapada Diamantina, Bahia, Brazil. Richmond, Surrey: Royal Botanic Gardens Kew, 1995. 853 p.
- TAKEUCHI, M. A estrutura da vegetação na Amazônia II: as savanas do norte da Amazônia.

**Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**, Nova Série Botânica, Belém, v. 7, p. 1-14, 1960.

TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, Washington, DC, v. 16, p. 284-307, 1935.

TORRES, R. B.; MATTHES, L. A. F.; RODRIGUES, R. R. Florística e estrutura do componente arbóreo de mata de brejo em Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 189-194, 1994.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed Editora Ltda., 2006. 592 p. Original em inglês de 2003.

TROPPMAIR, H.; MACHADO, M. L. A. Variação da estrutura da mata de galeria na bacia do rio Corumbataí (SP) em relação à água do solo, do tipo de margem e do traçado do rio. **Biogeografia**, São Paulo, v. 8, p. 1-28, 1974.

UHLMANN, A.; GALVÃO, F.; SILVA, S. M. Análise da estrutura de duas unidades fitofisionômicas de savana (cerrado) no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 12, n. 3, p. 231-247, 1998.

VAN-DEN-BERG, E.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 231-253, 2000.

VELOSO, H. P. Fitofisionomia e algumas considerações sobre a vegetação do Centro-Oeste brasileiro. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 4, p. 813-852, 1948.

VELOSO, H. P. Os grandes clímacos do Brasil III: considerações gerais sobre a vegetação da região centro-oeste. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 2, p. 357-370, 1963.

VELOSO, H. P. Sistema fitogeográfico. In: IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1992. p. 9-38. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 1).

VILELA, E. de A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A. Fitossociologia da floresta ripária do baixo Rio Grande, Conquista, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 423-433, 1999.

VILELA, E. de A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A.; GAVILANES, M. L. Estrutura da comunidade arbustivo-arbórea de floresta estacional semidecidual em Itutinga, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 319-332, 1995.

WAIBEL, L. A vegetação e o uso da terra no planalto central. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 335-380, 1948a.

WAIBEL, L. Vegetation and land use in the planalto central of Brazil. **The Geographical Review**, Louisiana, v. 38, p. 529-554, 1948b.

WALTER, B. M. T. **Distribuição espacial de espécies perenes em uma mata de galeria inundável no Distrito Federal**: florística e fitossociologia. 1995. 200 f. Tese (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**: síntese terminológica e relações florísticas. 2006. 373 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília.

WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Fitossociologia de uma reserva ecológica de cerrado adjacente a plantios agrícolas. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados - **Anais/Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas - Proceedings**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. p. 242-248.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas**: tratado de ecologia global. São Paulo: Pedagógica e Universitária Ltda., 1986. 325 p.

WARMING, E. Lagoa Santa. In: WARMING, E.; FERRI, M. G. **Lagoa Santa**: a vegetação de cerrados brasileiros. São Paulo: EDUSP; Belo Horizonte: Itatiaia, 1973. p. 1-284. Original de 1892.

WHITTAKER, R. H. **Communities and ecosystems**. New York: MacMillan, 1975. 385 p. il.

ZAPPI, D. C.; LUCAS, E.; STANNARD, B. L.; LUGHADHA, E. N.; PIRANI, J. R.; QUEIROZ, L. P. de; ATKINS, S.; NICHOLAS-HIND, D. J.; GIULIETTI, A. M. HARLEY, R. M.; CARVALHO, A. M. de. Lista das plantas vasculares de Catolés, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 345-398, 2003.

## Capítulo 7

# **Padrões Fitogeográficos e sua Relação com Sistemas de Terra no Bioma Cerrado**

*Jeanine Maria Felfili  
Maria Cristina Felfili  
Paulo Ernane Nogueira  
Juan F. Silva Armas  
Mário R. Farinas  
Marcelo Nunes  
Manoel Cláudio da Silva Júnior  
Alba Valéria Rezende  
Christopher William Fagg*



## Introdução<sup>1</sup>

A heterogeneidade ambiental é um dos principais fatores que atuam na determinação e na manutenção da composição florística e na estrutura da vegetação (Oliveira Filho et al., 1989; Rodrigues et al., 1989). A resposta das espécies aos diversos fatores físicos e bióticos, assim como aos resultantes da interação entre esses fatores, evidencia que cada local tem características próprias e outras que são comuns a outros locais, passíveis de ser identificadas.

O bioma Cerrado exibe enorme heterogeneidade espacial (Dias, 1991), estendendo-se por mais de 20 graus de latitude, cujas altitudes variam desde o nível do mar até aproximadamente 2.000 m (Cochrane et al., 1985). Ocupa várias bacias hidrográficas (Amazonas, Tocantins, Paraná, Paraguai, São Francisco e Parnaíba) e exibe grande diversidade de solos (Capítulo 5 deste livro) e climas (Nimer, 1989).<sup>1</sup>

A flora do Cerrado está entre as mais ricas savanas do mundo, com mais de 10 mil espécies vasculares compiladas em listas florísticas (Capítulo 14 deste livro). Os principais tipos fisionômicos e composição florística da vegetação do Cerrado são descritos em diversos estudos (Goodland, 1971; Eiten, 1972, 1978, 1983, 1991; Mendonça et al., 1998). Eles se apresentam em gradientes com variação apreciável na fisionomia, na florística, na abundância e na diversidade de espécies (Goodland, 1971; Goodland e Ferri, 1979; Oliveira Filho et al., 1989; Felfili e Silva Júnior, 1992, 1993; Filgueiras et al., 1998; Ribeiro e Walter, 1998; Felfili et al., 1994, 1997, 2001). A ocorrência de diferentes comunidades é esperada em virtude das diferenças de solo e relevo (Silva Júnior et al., 1987; Ratter e Dargie, 1992; Silva, 2002).

Os índices de diversidade encontrados nas várias fitofisionomias do Cerrado são comparáveis àqueles encontrados em florestas tropicais úmidas, em levantamentos com intensidade amostral similar (Felfili, 1995, 2000). A diversidade alfa normalmente é elevada, com índices de Shannon na faixa de 3 nats.ind<sup>-1</sup> a 4 nats.ind<sup>-1</sup>

para amostras de 1 ha. Geralmente, o padrão de ocorrência das espécies é em mosaicos, com cerca de até 20 espécies dominantes, e as demais pouco abundantes ou raras, conforme levantamentos realizados por Silva Júnior et al. (1987), Felfili et al. (1994, 1997, 2001, 2004a), entre outros.

O bioma já foi reconhecido internacionalmente como um dos 25 *hot spots* para conservação (Mittermayer et al., 1999) em virtude da sua elevada diversidade biológica, ameaçada pela ocupação desordenada, que já converteu cerca de metade da vegetação natural (Klink et al., 1995; Hoffmann e Jackson, 2000). Esse processo tem levado a um contínuo empobrecimento da biodiversidade, à formação de áreas degradadas e ao declínio da diversidade biológica e da produtividade local, provocando, dessa forma, alterações microclimáticas (Hoffmann e Jackson, 2000). Considerando que as espécies de plantas têm distribuição restrita (Ratter e Dargie, 1992; Felfili et al., 1994, 1997, 2001, 2004a; Ratter et al., 2001, 2003), a magnitude da devastação da flora do Cerrado pode ser muito grande.

Diante do exposto, faz-se necessária uma estratégia baseada em características ambientais e bióticas que otimize as ações de conservação e manejo do bioma Cerrado. Um zoneamento desse bioma em áreas biológicas e fisicamente similares, cujos ecossistemas tenham um padrão de funcionamento similar, permitirá a criação de unidades de conservação representativas de grandes áreas, assim como estímulos ao extrativismo e ao manejo sustentável por meio de recomendações técnicas por zona ecológica.

Neste capítulo, relacionou-se a heterogeneidade fisiográfica com a heterogeneidade estrutural e florística do Cerrado *sensu stricto*. Nesse sentido, foi analisada a representatividade dos sistemas de terra (Cochrane et al., 1985) e das unidades ecológicas (Silva et al., 2006) para os padrões fitogeográficos do Cerrado *sensu stricto* localizados no Brasil Central.

A expectativa é a de definição de grandes áreas contínuas ou disjuntas, ao longo do bioma, com processos ecológicos e ofertas ambientais

<sup>1</sup> Revisor técnico: José Roberto R. Pinto.

similares, onde possam ser executados programas de conservação e manejo em larga escala.

## Sistemas de terra

Para grande parte do Brasil Central, Cochrane et al. (1985) caracterizaram e mapearam sistemas de terra seguindo a abordagem de Christian e Stewart (1953). Esses autores definiram o sistema de terra como uma área ou um conjunto de áreas com um padrão recorrente de clima, paisagem e solos. Os polígonos resultantes dos sistemas de terra foram classificados por análise de agrupamento, resultando nas unidades ecológicas propostas por Silva et al. (2006).

O Brasil Central foi dividido por Cochrane et al. (1985) em 70 sistemas de terras, pertencentes a 25 unidades fisiográficas. Os polígonos dessas unidades fisiográficas foram digitalizados, e as informações referentes a 41 variáveis por sistema de terra foram utilizadas para construir uma matriz que foi submetida à análise de *cluster*, resultando na classificação dos sistemas de terra em dois níveis (Silva et al., 2006). O primeiro grande grupo, caracterizado pela geomorfologia dominante e tipos de vegetação, caracterizou as unidades de paisagem. Divisões posteriores resultaram nas unidades ecológicas, definidas pela fisionomia da vegetação dominante e suas fenologia (sempre-verde ou estacional), pela topografia e pela drenagem (Silva et al., 2006). Essas podem apresentar-se disjuntas ao longo do bioma, considerando que apenas critérios físicos e bióticos foram utilizados na sua definição, não sendo efetuada nenhuma injunção política, uma vez que se buscou representar como os padrões determinantes da biota se agrupam ao longo do bioma. Critérios conservacionistas e outros podem ser objeto de discussões posteriores, como na delimitação das ecorregiões para o Cerrado, conforme proposta apresentada por Arruda, no Capítulo 8 deste livro.

Os sistemas de terra e as unidades ecológicas (Silva et al., 2006) não abrangiam a extensão total do Brasil Central, especialmente nos seus limites sul e nordeste. Neste trabalho, foram então efetuadas sobreposições de mapas temáticos correspondentes às principais variáveis da matriz, mapas de solo, declividade, altitude, geomorfologia,

drenagem, vegetação e de modelo digital do terreno em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), de modo que se pudesse incluir essas áreas no zoneamento.

Os limites do bioma Cerrado estão em conformidade com o IBGE (2004).

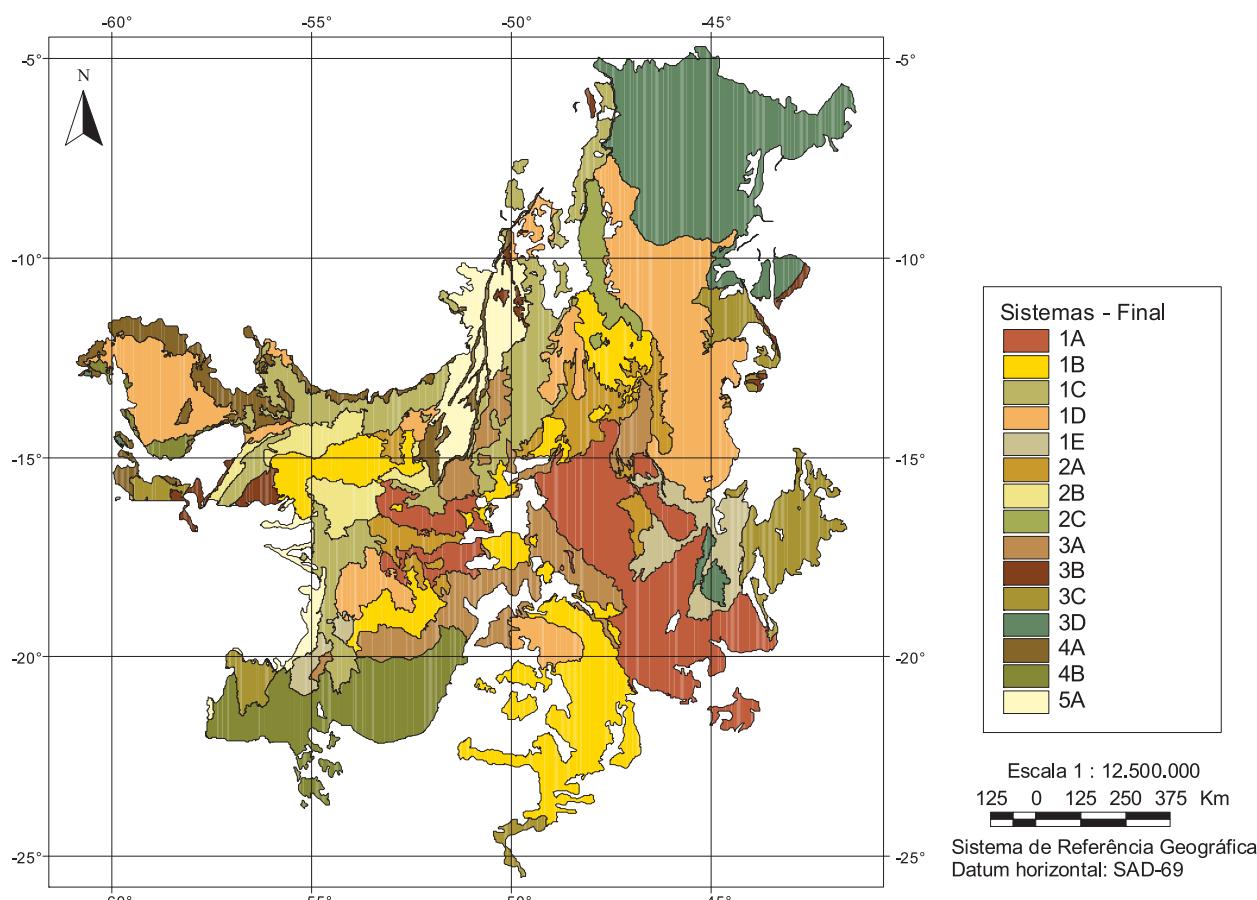
Os dados de vegetação provêm dos levantamentos realizados no âmbito dos projetos Biogeografia do Bioma Cerrado e Conservação e Manejo da Biodiversidade do Bioma Cerrado – CMBBC, em 22 áreas de Cerrado *sensu stricto* (Felfili e Silva Júnior, 1993; Felfili et al., 1994, 1997, 2001, 2004a), em cinco unidades fisiográficas do Brasil Central *sensu stricto*, Cochrane et al. (1985) (Fig. 1). São as seguintes: a) Pratinha (Chapada Pratinha), b) Veadeiros (Chapada dos Veadeiros ou Terras Altas do Tocantins), c) São Francisco (Espigão Mestre do São Francisco), d) Paraná (Vale do Paraná) e e) Xavantina (Complexo Xavantina). Essas cinco unidades fisiográficas abrangem onze sistemas de terra, entre os quais dois em Pratinha, três em Veadeiros, apenas um em São Francisco, dois em Paraná e três em Xavantina. Essas unidades fisiográficas estão inseridas nas unidades ecológicas 1A, 2A, 3A, 1D e 1C, respectivamente, conforme proposto por Silva et al. (2006) (Fig. 1 e 2).

## Vegetação

### Amostragem

Foram selecionadas seis áreas na Chapada Pratinha (as quatro primeiras situam-se nas Terras Altas, e as duas últimas, nas Terras Baixas dessa Chapada), cinco na Chapada dos Veadeiros, quatro no Vale do Paraná, quatro no Espigão Mestre do São Francisco e três no Complexo Xavantina, onde é feita, também, a correspondência das áreas com a classificação proposta por Silva et al. (2006) (Tabela 1).

Foram incluídas três unidades de conservação na Chapada Pratinha, todas no Distrito Federal, distantes cerca de 50 kmumas das outras e localizadas no mesmo sistema de terra, conforme o zoneamento elaborado por Cochrane et al. (1985). São as seguintes: Parque Nacional de Brasília, com 30.000 ha, e Estação Ecológica de Águas Emendadas, com 10.000 ha. Além dessas



**Fig. 1.** Principais unidades fisiográficas do Brasil Central. Vegetação estudada em: I. Chapada Pratinha (1. Superfície Pratinha (Terras Altas) e 2. Superfície Erodida Pratinha (Terras Baixas)), II. Chapada dos Veadeiros (3. Chapada do Tocantins), III. Vale do Paraná (24. Vale do Paraná), IV. Espigão Mestre do São Francisco (7. Espigão Mestre do São Francisco), V. Complexo Xavantina (14. Complexo Xavantina).  
Fonte: Adaptado de Cochrane et al. (1985) e de Felfili et al. (1994).

unidades de conservação, incorporaram o Parque Nacional de Chapada dos Veadeiros em Goiás, com 65.000 ha, e o Parque Nacional Grande Sertão Veredas, com 80.000 ha.

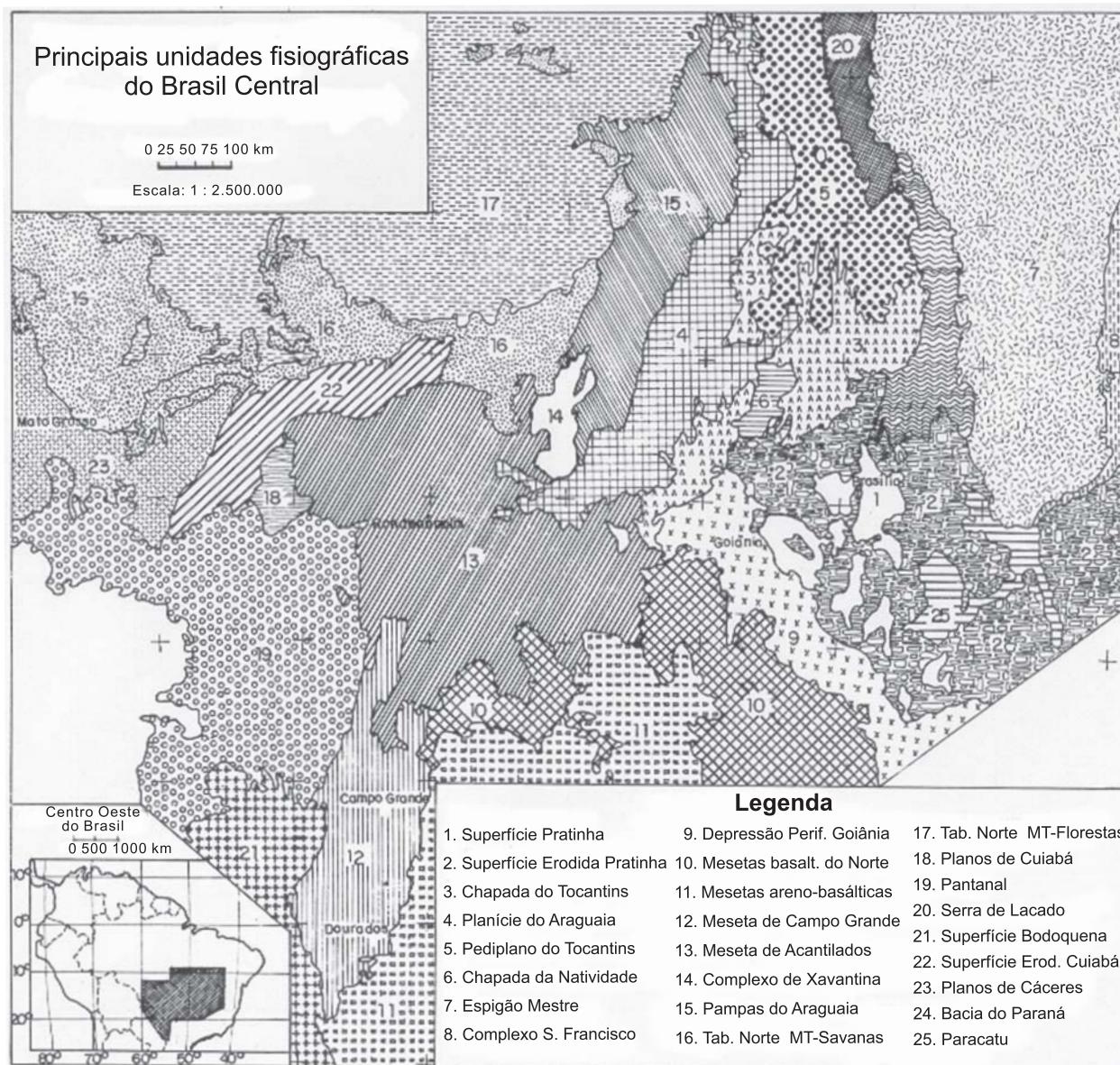
Foram conduzidas amostragens padronizadas da vegetação arbórea do Cerrado *sensu stricto*. Para as comparações foram feitas amostras de dez parcelas de 20 m x 50 m (1.000 m<sup>2</sup>) em cada uma das 22 áreas, perfazendo 220 parcelas amostradas aleatoriamente, num total de 22 ha inventariados. Nessas parcelas, foram registrados os diâmetros a partir de 5 cm, medidos a 0,30 m acima da superfície do solo, com a utilização de sutas graduadas, e as alturas totais foram medidas utilizando-se vara graduada.

Para delimitar as áreas amostrais, foram utilizadas as cartas do IBGE na escala 1:100.000. Depois da excursão exploratória para a verificação em campo, selecionaram-se as áreas com vegeta-

ção natural remanescente sem vestígios de interferência antrópica, classificadas como não-perturbadas. Procedeu-se a um sorteio para a alocação das parcelas (Phillip, 1994). Todo o material botânico coletado foi identificado por comparação no Herbário da Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico (IBGE), e as duplicatas foram enviadas para especialistas visando sua completa identificação taxonômica. O sistema de classificação taxonômica utilizado foi o de Cronquist, seguindo a metodologia adotada por Mendonça et al. (1998), (ver Volume 2 deste livro).

## Análise multivariada pelo Método Twinspan

Para realizar a análise multivariada, elaborou-se uma matriz com 291 espécies x 220 parcelas



**Fig. 2.** Unidades ecológicas definidas a partir dos sistemas de terra (Cochrane et al., 1985; Silva et al., 2006) e ampliadas para os limites do bioma Cerrado.

de 1.000 m<sup>2</sup> de Cerrado *sensu stricto*, tendo a densidade como variável de entrada. O método Twinspan (Hill, 1979) foi usado para a classificação dos dados, conforme rotina do programa PC-Ord. Da classificação originou-se uma lista de espécies preferenciais por agrupamento e outra lista de espécies não-preferenciais (Kent e Coker, 1992), consideradas generalistas.

A análise multivariada é um instrumento que trabalha com bases matemáticas (matrizes), utilizando-se, simultaneamente, muitas variáveis, e é empregada para a análise de gradientes, que pode ser direta ou indireta (Gauch, 1982). A ordenação e a classificação são métodos de análise

indireta. As técnicas de ordenação e de classificação organizam dados de comunidades baseadas exclusivamente na abundância de espécies, independentemente dos dados ambientais, sendo a interpretação ambiental uma etapa independente e subsequente ao processamento dos dados (Kent e Coker, 1992). Os eixos da ordenação definem gradientes da vegetação, que podem refletir gradientes ambientais. O resultado de uma ordenação é o arranjo de espécies e parcelas num espaço multidimensional, normalmente representado na forma bidimensional restrita, de modo que as entidades semelhantes ficam próximas e as diferentes ficam distantes (Felfili e

**Tabela 1.** Localização geográfica (latitude e longitude), altitude (m), precipitação média mensal (mm) e classificação dos solos nos locais de estudo por unidade fisiográfica, situadas no Brasil Central.

Unidade fisiográfica/Local de estudo e sistema de terra (Is) <sup>(1)</sup>	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Precipitação média (mm)	Classificação dos solos	Unidade ecológica <sup>(2)</sup>
<b>Chapada Pratinha</b>						
EE de Águas Emendadas (EEAE) – DF (Is 1 = Terras Altas da Pratinha)	15°31' a 15° 35'	47°32' a 47°37'	1.100	1.552	Latossolos	1A
APA Gama Cabeça-de-Veado (APA) – DF (Is 1 = Terras Altas da Pratinha)	15°52' a 15°59'	47°50' a 47°58'	1.100	1.552		
PARNA Brasília, Distrito Federal – PNB – DF (Is 1 = Terras Altas da Pratinha)	15°37' a 15°45'	47°54' a 47°59'	1.100	1.552		
Silvânia – GO (Is 1= Terras Altas da Pratinha)	16°30' a 16°50'	48°30' a 48°46'	1.050	1.552		
Paracatu – MG (Is 2 = Superfície erodida da Pratinha – Terras Baixas)	14°00' a 17°20'	46°45' a 47°07'	900	1.500		
Patrocínio/Ibiá / Pratinha – MG Pratinha (Is 2 = Superfície erodida da Pratinha – Terras Baixas)	18°47' a 19°45'	46°25' a 47°09'	950	1.500		
<b>Chapada dos Veadeiros</b>						
Vila Propício – GO (Is 1 = Terras Altas do Tocantins Bc 16A)	15°16' a 15°22'	48°40' a 49°04'	750 a 1.100	1.200 a 1.800	Latossolos Neossolos Cambissolos	2 A
Alto Paraíso de Goiás – GO (Is 1 = Terras Altas do Tocantins Bc 16A)	14°00' a 14°10'	47°20' a 47°58'	1.200	1.500 a 1.750		
PARNA Chapada dos Veadeiros – GO (Is 2 = Peneplano Altos do Tocantins)	13°50' a 14°12'	47°24' a 47°58'	620 a 1.650	1.500		
Serra da Mesa, Minaçu – GO (Is 3 = Terras Altas do Tocantins – Bc 18A)	13°35' a 13°50'	48°10' a 48°22'	450 a 1.110	1.500		

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Unidade fisiográfica/Local de estudo e Sistema de Terra (Is) <sup>(1)</sup>	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Precipitação média (mm)	Classificação dos solos	Unidade ecológica <sup>(2)</sup>
Serra Negra, Minaçu – GO (Is 3 = Terras Altas do Tocantins – Bc 18A)	14°59' a 14°02'	48°10' a 48°22'	450 a 1.110	1.500		
<b>Vale do Paraná</b>						3A
Alvorada do Norte/Simolândia/ Buritinópolis – GO (Is 18 = Terras Altas da Natividade)	14°23' a 14°31'	46°27' a 46°34'	450 a 750	1.300	Latossolos Neossolos Cambissolos	
Iaciara-Guarani de Goiás/Posse – GO (Is 110 = Platôs erodidos do Espigão Mestre)	14°01' a 14°15'	46°05' a 46°11'	650	1.300		
Campinos Belos/São Domingos – GO (Is 110 = Platôs erodidos do Espigão Mestre)	13°02' a 13°35'	46°19' a 46°38'	650	1.300		
Damianópolis/Mambai – GO (Is 110 = Platôs erodidos do Espigão Mestre)	14°26' a 14°36'	46°05' a 46°14'	650	1.300		
<b>Chapada do Espigão Mestre do São Francisco</b>						1D
Correntina – BA (Is 1 = Platôs arenosos do Espigão Mestre)	13°28'	44°46'	586	1.086	Latossolos Neossolos	
São Desidério – BA (Is 1 = Platôs arenosos do Espigão Mestre)	12°35' à 12°46'	45°34' a 45°48'	695 a 775	1.121		
Parna Grande Sertão Veredas/Formoso – MG (Is 1 = Platôs arenosos do Espigão Mestre)	15°10' a 15°21'	45°45' a 46°00'	635 a 850	1.185		
Formosa do Rio Preto – BA (Is 1 = Platôs arenosos do Espigão Mestre)	11°06' a 11°12'	45°18' a 45°35'	550	1.006		
<b>Complexo Xavantina</b>						1C, 1D
Nova Xavantina – MT (Is 33 = Complexo Xavantina)	14°45' a 15°45'	52°00' a 52°15'	450 a 500	1.600	Latossolos Cambissolos	
Canarana – MT (Is 28 = Complexo Xavantina)	13°15' a 14°00'	51°50' a 53°10'	375 a 400	1.600		
Água Boa – MT (Is 31 = Complexo Xavantina)	13° 50' a 14°30'	52°00' a 52°45'	450 a 500	1.600		

EE = Estação Ecológica; EEEAE = Estação Ecológica de Águas Emendadas; APA = Área de Proteção Ambiental; Parna = Parque Nacional.  
<sup>(1)</sup> Cochrane et al., 1985. <sup>(2)</sup> Silva et al., 2006.

Fonte: Brasil, 1981, 1982; Cochrane et al., 1985; Mato Grosso, 1995.

Rezende, 2003). O resultado da classificação é a alocação de espécies e parcelas a classes (Gauch, 1982; Greigh-Smith, 1983).

Os agrupamentos oriundos da classificação são considerados fortes estatisticamente (sugerem divisões fortes ou grupos de parcelas com vegetação distinta na amostra) se os autovalores forem superiores a 0,3 (Hill, 1979).

No método Twinspan, quando se utiliza a densidade por parcela, são estabelecidos níveis de corte que criam “falsas espécies” em virtude do número de indivíduos encontrados em cada parcela, representando cada falsa espécie, dentro de uma mesma espécie, um intervalo de densidade (Felfili e Venturoli, 2000). Esses intervalos facilitam a interpretação quantitativa, pois se admite que há, em virtude das variações ambientais entre parcelas, diferenças nos potenciais de competição das espécies, que resultam em grandes variações nas densidades de suas populações (Nunes et al., 2002). Parcelas nas quais as espécies ocorrem no mesmo intervalo de densidade são mais similares entre si do que na comparação entre parcelas nas quais as espécies ocorrem em diferentes intervalos (Felfili e Rezende, 2003).

## Diversidade beta

A diversidade beta (Margurran, 1988) foi analisada como o inverso da similaridade (Felfili et al., 2004a), ou seja, se duas áreas de Cerrado *sensu stricto* apresentarem elevada similaridade entre si, a diversidade beta será baixa e vice-versa (Felfili e Felfili, 2001). Desse modo, a similaridade florística e estrutural entre as parcelas foi avaliada pelo índice de Czekanowski (Kent e Coker, 1992). A comparação é baseada nas densidades das espécies registradas nas comunidades (quantitativa) e varia de zero (completa dissimilaridade) a 1% ou 100% (total similaridade) (Kent e Coker, 1992). Na utilização desse índice, presume-se que a alta similaridade entre as áreas denota sua semelhança ecológica.

A análise dos resultados da classificação por TWINSPLAN e da diversidade beta foi utilizada para verificar, por análise indireta de gradientes (Kent e Coker, 1992), se os agrupamentos florísticos corroboram os agrupamentos em sistemas

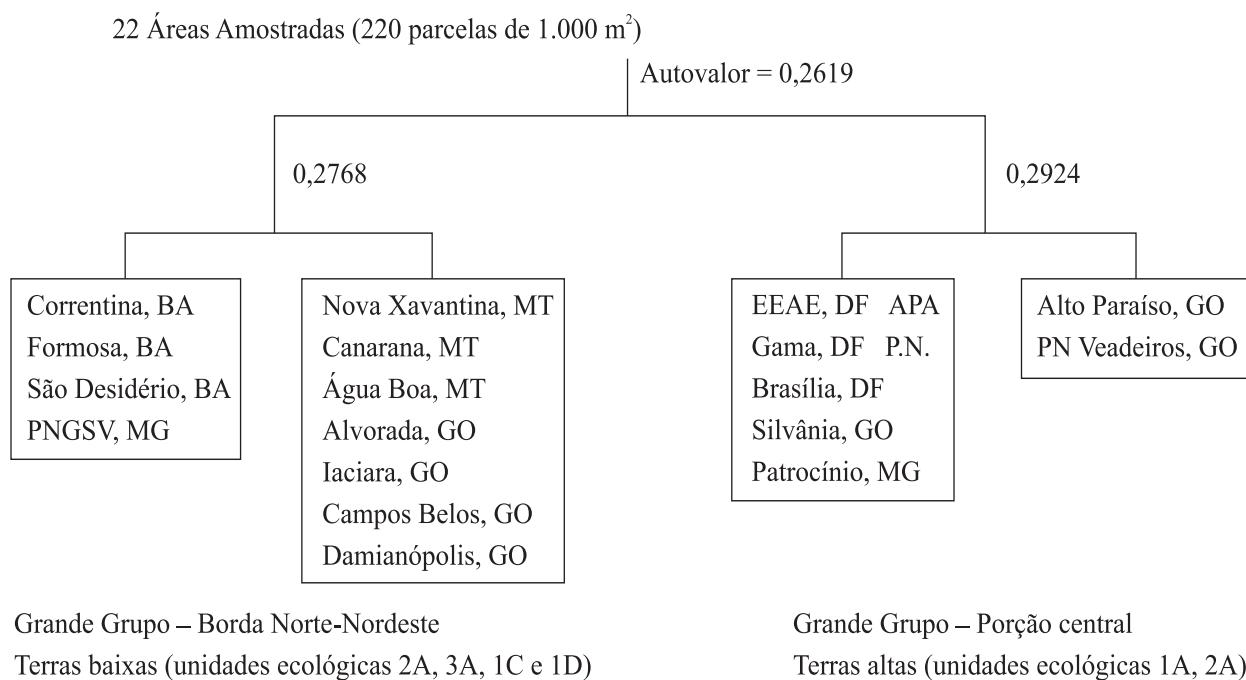
de terra, unidades fisiográficas e unidades de paisagens.

## Similaridade florística e estrutural

A classificação das áreas conforme a similaridade florística pela técnica de Twinspan (Fig. 3) gerou divisões com autovalores de 0,2619 próximas do limite considerado como forte, segundo Gauch (1982), para dados de amostragem de vegetação, ou seja, o Cerrado *sensu stricto* de modo geral representa um contínuo vegetacional com mosaicos que variam gradativamente ao longo do gradiente longitudinal (Felfili e Silva Júnior, 1993), assim como já foi observado para o Cerrado *sensu lato* no bioma (Ratter e Dargie, 1992). Grande parte das parcelas foi agrupada por localidade, por sistema de terra, por unidade fisiográfica e por unidade ecológica. Apenas as terras baixas da Chapada Pratinha e dois sistemas de terra da Chapada dos Veadeiros (onde ficam o Parque Nacional e Alto Paraíso) apresentaram parcelas mais dispersas nos agrupamentos gerados pela classificação.

Na primeira divisão da classificação (Fig. 3), foram gerados dois grandes grupos. Um deles contém todas as parcelas das terras altas da Chapada Pratinha (UE 1 A), oito parcelas do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e sete parcelas de Alto Paraíso, ambos da Chapada dos Veadeiros (2 A). Do outro lado da divisão, ficaram agrupadas todas as parcelas do Espigão Mestre do São Francisco (1 D), do Complexo Xavantina (1 D e 1 C) e do Vale do Paraná (1 D e 3 A), assim como todas as parcelas de Paracatu e seis parcelas de Patrocínio, ambos na Chapada Pratinha, e a grande maioria das parcelas da Chapada dos Veadeiros (Vila Propício, Serra da Mesa, Serra Negra, quatro parcelas de Alto Paraíso e duas do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros).

Na segunda divisão (autovalor, 0,2768), ficaram agrupadas, de um lado, as parcelas do Espigão Mestre do São Francisco e as parcelas da Chapada dos Veadeiros localizadas na Serra da Mesa e Serra Negra, e, do outro lado, todas as parcelas do Complexo Xavantina, do Vale do Paraná e as demais parcelas da Chapada dos Veadeiros.



**Fig. 3.** Classificação por Twinspan de 22 áreas, totalizando 220 parcelas no Cerrado *sensu stricto* do Brasil Central.

PN = Parque Nacional, APA = Área de Proteção Ambiental, PNGSV = Parque Nacional Grande Sertão Veredas, EEAE = Estação Ecológica Águas Emendadas.

Na terceira divisão (autovalor 0,2924), ficaram agrupadas, de um lado, todas as parcelas da Chapada Pratinha, menos Patrocínio, com seis, outras seis parcelas de Alto Paraíso e oito do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, ambos na Chapada dos Veadeiros.

Na classificação final (Fig. 3), todas as parcelas amostradas na porção norte e na nordeste do bioma com altitudes abaixo de 1.000 m foram agrupadas em contraposição às parcelas da porção central com altitudes superiores.

Considerando um limite de 50% para classificar a similaridade entre duas parcelas como alta, pelo índice de Czekanowski (Kent e Coker, 1992; Felfili e Venturoli, 2000), verificaram que essa similaridade é baixa entre a maioria delas. Parcelas na mesma localidade tendem a apresentar similaridade mais elevada do que parcelas entre localidades distintas, havendo conformidade com as divisões em sistemas de terra, unidades fisiográficas e unidades ecológicas, propostas por Cochrane et al. (1985) e Silva et al. (2006). Mesmo que a similaridade entre espécies seja alta em áreas próximas, a distribuição do número de indivíduos por espécies é bastante variável

(Felfili e Silva Júnior, 1993), ou seja, a diversidade beta é mais elevada mesmo entre áreas próximas de Cerrado *sensu stricto*, (Felfili e Felfili, 2001), quando se considera a densidade das espécies. Como o índice de Czekanowski considera tanto a presença de espécies quanto sua densidade, seus valores foram baixos para a maioria das comparações (Felfili, 2003). No manejo, deve-se levar em conta que a densidade é muito variável mesmo entre áreas próximas. Na mesma localidade, uma espécie abundante em uma parcela será rara em outra e vice-versa.

Os resultados demonstram que, apesar da elevada heterogeneidade da vegetação de Cerrado *sensu stricto*, é possível detectar padrões fitogeográficos relacionados às características do meio ambiente, reforçando as conclusões de alguns autores que têm demonstrado a existência de padrões fitogeográficos consistentes para esse tipo de vegetação (Felfili e Silva Júnior, 1993; Felfili et al., 1994, 1997, 2001, 2004a) e para o Cerrado *sensu lato* (Ratter e Dargie 1992; Castro, 1994; Ratter et al., 2001, 2003). Os trabalhos de Felfili e colaboradores tiveram como base para amostragem, os sistemas de terra definidos por

Cochrane et al. (1985) e já apontam para uma relação estreita entre similaridade florística e estrutural e os sistemas de terra. Amostras dentro de um mesmo sistema têm sido mais similares do que entre sistemas. Neste capítulo, foi possível verificar que existe também uma relação da vegetação com agrupamentos maiores, tais como as unidades fisiográficas de Cochrane et al. (1985) e as unidades ecológicas de Silva et al. (2006). Análises que englobem maior número de unidades amostrais, assim como para outras fisionomias e estratos da vegetação, poderão confirmar essas tendências em escala global.

## Subsídios para manejo e conservação do Cerrado

De acordo com Ratter et al. (2001), os padrões fitogeográficos do Cerrado podem ser observados com base na distribuição de suas espécies lenhosas. Esses padrões podem ser reflexos da ocorrência e da densidade de espécies com distribuição ampla. Ou seja, há um grupo de espécies generalistas que ocorre amplamente, mas, em âmbito local, um grande número de espécies de ocorrência mais restrita compõe a flora (Felfili et al., 2004a).

Para cada uma das divisões, a classificação de Twinspan fornece espécies preferenciais de cada grupo e seus níveis de densidade (Felfili e Resende, 2003). Os níveis mais elevados de densidade das espécies preferenciais de ambos os grupos estão principalmente na faixa de dois a dez indivíduos por hectare. Intervalo este que poderá ser utilizado como critério nos planos de manejo de múltiplas espécies do Cerrado *sensu stricto* (Felfili et al., 2004b) considerando que o manejo da vegetação do Cerrado deve levar em conta a diversidade de espécies, assim como os usos múltiplos que delas se pode fazer. A sustentabilidade será decorrente da utilização de várias espécies para diferentes fins.

Basicamente, a primeira divisão do Twinspan (Fig. 3) sugere a possibilidade de serem adotadas duas grandes zonas para conservação e manejo da vegetação do bioma Cerrado, baseadas na florística e na estrutura do Cerrado *sensu stricto*: Porção Central – Terras Altas e Borda Norte-Nordeste – e Terras Baixas.

Como as espécies preferenciais de cada grupo apresentam ampla distribuição, sugere-se que elas podem ser consideradas prioritárias para o manejo do Cerrado *sensu stricto* em cada um dos grupos encontrados. Entre as espécies preferenciais do grupo Porção Central – Terras Altas (Tabela 2), destacam-se, com densidade de 10 ind.ha<sup>-1</sup> a 20 ind.ha<sup>-1</sup> *Kielmeyera coriacea* (Spreng.) Mart. e *Ouratea hexasperma* (St. Hil.) Bail. e as espécies com densidade de 5 a 10 ind.ha<sup>-1</sup>, *Caryocar brasiliense* Camb., *Chamaecrista clausenii* (Bent.) I. & B., *Roupala montana* Aubl., *Sclerolobium paniculatum* Vog. e *Styrax ferrugineum* Ness & Mart. e do grupo Borda Norte-Nordeste – Terras Baixas (Tabela 2), *Curatella americana* L. cuja densidade é de 5 ind.ha<sup>-1</sup> a 10 ind.ha<sup>-1</sup>, *Astronium fraxinifolium* Schott., *Eugenia dysenterica* DC., *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Haine e *Psidium myrsinoides* Berg. com densidade de 2 ind.ha<sup>-1</sup> a 5 ind.ha<sup>-1</sup>. As espécies generalistas (Tabela 3) detectadas por Twinspan podem ser consideradas para manejo regional do Cerrado *sensu stricto*, uma vez que elas ocorreram com distribuição ampla em ambos os grupos, destacando-se, dentre elas: *Qualea grandiflora* Mart. e *Qualea parviflora* Mart., que ocorreram em todos os níveis de densidade, e as espécies *Kielmeyera coriacea* (Spreng.) Mart. e *Pouteria ramiflora* Mart. (Radlk.), com densidade de 5 ind.ha<sup>-1</sup> a 10 ind.ha<sup>-1</sup>. Dentre as espécies frutíferas e medicinais lenhosas, destacam-se como generalistas: *Annona crassiflora* Mart., *Byrsonima coccobifolia* H. B. & K., *Byrsonima crassa* Nied., *Caryocar brasiliense* Camb., *Dimorphandra mollis* Benth., *Eugenia dysenterica* DC., *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Haine e *Pterodon pubescens* (Benth.) Benth. Destaca-se, ainda na porção central, o *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Cov., espécie medicinal muito usada pelas comunidades do Brasil Central.

Ratter e Dargie (1992) compararam diversos trabalhos publicados sobre a vegetação do Cerrado *sensu stricto*, e listaram as espécies arbóreas mais características em 98 áreas no Brasil Central, mostrando que, das 534 espécies encontradas, apenas 26 ocorreram em pelo menos 50 % das áreas, e que entre elas se encontravam as espécies generalistas que se destacaram neste estudo.

**Tabela 2.** Espécies preferenciais dos grupos: Brasil Central (Terras Altas (A) e Borda Norte-Nordeste) e Terras Baixas (B), classificadas por Twinspan, e seus níveis de densidade.

Espécies preferenciais	Níveis de densidade (ind./ha) <sup>(1)</sup>			
	0 a 2	2 a 5	5 a 10	10 a 20
<i>Anacardium occidentale</i> L.	B			
<i>Andira panniculata</i> Benth.	B			
<i>Annona coriacea</i> Mart.	B			
<i>Aspidosperma macrocarpum</i> Mart.	A			
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott.	B	B		
<i>Austroplenckia populnea</i> (Reissek) Lundell.	A			
<i>Blepharocalix suaveolens</i> (Berg.) Bur.	A			
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	A		A	
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.				A
<i>Chamaecrista clauseni</i> (Benth.) I. & B.	A	A	A	
<i>Curatella americana</i> L.	B	B	B	
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	A	A		
<i>Eremantus glomerulatus</i> Lees.	A	A		
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	B			
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc) Schott. & Endl.	A	A		
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	A	A		
<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. ex D.C.			B	
<i>Guapira noxia</i> (Neto) Lundell	A	A		
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes var. <i>speciosa</i>	A			
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss.	A	A		
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.			B	
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng.) Mart.				A
<i>Kielmeyera speciosa</i> St. Hill.	A	A		
<i>Machaerium acutifolium</i> Vog.	B			
<i>Magonia pubescens</i> St. Hil.	B			
<i>Miconia ferruginata</i> DC.	A	A		
<i>Miconia pohliana</i> Cogn.	A			
<i>Ouratea hexasperma</i> (St. Hil.) Baill.		A	A	A
<i>Palicurea rigida</i> Kunth.	A	A		
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Lees) Baker.	A	A		
<i>Psidium myrsinoides</i> Berg.	B	B		
<i>Rapanea guianensis</i> (Aubl.)	A			
<i>Roupala montana</i> Aubl.	A	A		A
<i>Salacia crassiflora</i> (Mart. ex Shult.) G. Don	A	A		
<i>Salvertia convallariaeodora</i> St. Hil.	B			
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schl.) Schl.	A	A		
<i>Sclerolobium aureum</i> (Tub.) Benth.	B			
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Benth.	A	A		A
<i>Stryphnodendron adstringens</i> Mart.	A	A		
<i>Strychnos pseudoquina</i> St. Hil.	A			
<i>Styrax ferrugineum</i> Nees & Mart.	A	A		A
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	B			
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	B			
<i>Vochysia elliptica</i> (Spreng.) Mart.	A			
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl.	A	A		

<sup>(1)</sup> ind./ha = número de indivíduos por hectare.

**Tabela 3.** Espécies generalistas, que ocorrem em ambos os grupos: Brasil Central (Terras Altas e Borda Norte-Nordeste) e Terras Baixas, nos respectivos níveis de densidade.

Espécies generalistas	Níveis de densidade (ind./ha) <sup>(1)</sup>			
	0 a 2	2 a 5	5 a 10	10 a 20
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vog.) Yakovl.	x			
<i>Annona crassifolia</i> Mart.	x	x		
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	x	x		
<i>Bowdichia virgilioides</i> H. B. & K.	x	x		
<i>Byrsonima coccocolobifolia</i> (Spreng.) H. B. & K.	x	x		
<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	x	x		
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	x	x		
<i>Connarus suberosum</i>	x	x		
<i>Davilla elliptica</i> St. Hill.	x	x		
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	x	x		
<i>Erythroxylum deciduum</i> St. Hill.	x			
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St. Hill.	x	x		
<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. ex D.C.	x			
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.	x			
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng.) Mart.	x	x	x	
<i>Lafoensia pacari</i> St. Hil.	x	x		
<i>Machaerium opacum</i> Vog.	x			
<i>Ouratea hexasperma</i> (St. Hil.) Baill.	x			
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	x	x	x	
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	x			
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	x	x	x	x
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	x	x		
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	x	x	x	x
<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore	x			
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham) Standl.	x			
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	x	x		

<sup>(1)</sup> ind./ha = número de indivíduos por hectare.

Estudos posteriores vêm confirmando essa tendência (Ratter et al., 2001, 2003). Ou seja, de modo geral, o Cerrado *sensu stricto* representa um contínuo vegetacional com mosaicos que variam gradativamente ao longo do gradiente geográfico, visto que, no caso do presente estudo, grande parte das parcelas agrupou-se por localidade, por sistema de terra, por unidade fisiográfica e por unidade ecológica. Portanto, os sistemas de terra, as unidades fisiográficas e as unidades ecológicas podem ser usadas, nas suas escalas, para o planejamento de ações de conservação e manejo da biodiversidade do bioma Cerrado.

Os padrões de diversidade beta sugerem que o manejo do Cerrado *sensu stricto* deve ser efetuado para múltiplas espécies, já que, mesmo as espécies dominantes ocorrem em densidades relativamente baixas no local. Sugerem também

que as estratégias para a conservação da biodiversidade devem comportar as unidades de conservação de grande porte, complementadas por unidades menores ao longo das unidades ecológicas, de modo que abranjam as populações de espécies generalistas, assim como as restritas ao local, que podem estar excluídas das grandes unidades de conservação, ou terem nelas apenas uma pequena representação das suas populações.

## Agradecimentos

Os autores deste capítulo agradecem a todos aqueles que contribuíram, ao longo do tempo, para a formação do acervo de dados aqui utilizados, em especial a Anderson Sevilha, Beatriz Marimon, Edson Cardoso, José Imaña Encinas, Newton Rodrigues e Roberta Mendonça. E também às seguintes instituições: CNPq, FNMA,

DFID-UK, pelo apoio financeiro dado ao grupo de pesquisa; The Nature Conservance (TNC), pelo apoio na confecção do mapa de unidades de paisagem aqui apresentado; e Conservação Internacional (CI), pela concessão de bolsa para a sistematização da matriz de dados. Os agradecimentos são extensivos às demais instituições e aos pesquisadores parceiros, especialmente IBGE-RECOR, Embrapa Cerrados e Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

## Referências

- ALLABY, M. **The concise Oxford dictionary of Botany**. Oxford: Oxford University Press, 1992.
- ARRUDA, M. B. **Estudo de representatividade ecológica com base na biogeografia de biomas e ecorregiões continentais do Brasil: o caso do Bioma Cerrado**. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radambrasil. **Folha SE. 22 Goiás**. Rio de Janeiro, 1981. (Levantamento de Recursos Naturais, 25).
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radambrasil. **Folha SE. 23 Goiânia**. Rio de Janeiro, 1982. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).
- CASTRO, A. A. J. F. **Comparação florística-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí-São Paulo) de amostras de cerrado**. 1994. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CHRISTIAN, C. S.; STEWART, S. A. **Survey of Katherine-Darwin region 1946**. Australia: CSIRO, 1953. (Land Research Series, I).
- COCHRANE, T. T.; SANCHEZ, L. G.; AZEVEDO, L. G.; PORRAS, J. A.; GARVER, C. L. **Land in tropical America**. Cali: CIAT: Embrapa-CPAC, 1985. 3 v.
- DIAS, B. F. S. Cerrados: uma caracterização. In: ALTERNATIVAS de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis. Brasília: Fundação Pró-Natureza, 1991. p. 5-23.
- EITEN, G. **Classificação da vegetação do Brasil**. Brasília: CNPq, 1983.
- EITEN, G. Delimitation of the cerrado concept. **Vegetatio**, Dordrecht, v. 36, n. 3, p. 169-178, 1978.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, New York, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado, caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1991. p. 9-65.
- FELFILI, J. M. Diversidade florística das áreas nucleares da reserva da biosfera do Cerrado – fase I. In: UNESCO (Paris, França). **Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço: uma avaliação multitemporal da perda da cobertura vegetal no DF e da diversidade florística das áreas nucleares da reserva da biosfera do Cerrado**. Brasília, 2000. p. 29-74.
- FELFILI, J. M. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil. **Vegetatio**, Dordrecht, v. 117, p. 1-15, 1995.
- FELFILI, J. M.; FELFILI, M. C. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto* da Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 243-254, 2001.
- FELFILI, J. M.; FILGUEIRAS, T. S.; HARIDASAN, M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MENDONÇA, R.; RESENDE, A. V. Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 2, p. 75-166, 1994.
- FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2003. (Comunicações Técnicas Florestais, v. 5, n. 1).
- FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; BORGES FILHO, H. C.; VALE, A. T. Potencial econômico da biodiversidade do cerrado: estádio atual e possibilidades de manejo dos recursos da flora. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004b. p. 177-220.
- FELFILI, J. M.; SEVILHA, A C.; SILVA JÚNIOR, M. C. Comparação entre as unidades fisiográficas Chapada Pratinha, Veadeiros e Espigão Mestre. In: FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. **Projeto biogeografia do Bioma Cerrado**: estudo

- fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2001. p. 80-102.
- FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 9, n. 3, p. 227-289, 1993.
- FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. Floristic composition, phytosociology and comparaison of cerrado and gallery forests at Fazenda Água Limpa, Federal District, Brazil. In: FULEY, P. A.; PROCTOR, J. A. (Ed.). **Nature and dynamics of Forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 393-415.
- FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, P. E. N.; WALTER, B. M. T.; SILVA, M. A.; IMAÑA-ENCINAS, J. Comparação do cerrado (*sensu stricto*) nas Chapadas Pratinha e dos Veadeiros. In: LEITE, L. L.; SATO, C. H. **Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado**. Brasília: Universidade de Brasília, 1997. p. 6-11.
- FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; SEVILHA, A. C.; FAGG, C. W.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 175, p. 37-46, 2004a.
- FELFILI, J. M.; VENTUROLI, F. **Tópicos em análise de vegetação**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2000. (Comunicações Técnicas Florestais v. 2, n. 2).
- FELFILI, M. C. **Parâmetros florísticos e estruturais para nortear o manejo do cerrado sensu stricto**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília.
- FILGUEIRAS, T. S.; FELFILI, J. M.; SILVA, M. C.; NOGUEIRA, P. E. Floristic and structural comparison of cerrado *sensu stricto* vegetation in Central Brasil. In: DALLMEIER, F.; COMISKEY, J. A. (Ed.). **Measuring and monitoring forest biological diversity**. Midsomer Norton: [s.n.], 1998. p. 633-647.
- GAUCH, H. G. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- GOODLAND, R. A. A physiognomic analysis of the "cerrado" vegetation of Central Brazil. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 59, p. 411-419, 1971.
- GOODLAND, R. A.; FERRI, M. G. **Ecologia do Cerrado**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979.
- GREIGH-SMITH, P. **Quantitative plant ecology**. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Blackwell, 1983.
- HILL, M. O. **TWINSPAN**: a Fortran program for arranging multivariate data in a ordered two-way table by classification of individuals and attributes. Ithaca: Cornell University, 1979.
- HOFMANN, W. A.; JACKSON, R. B. Vegetation-climate feedbacks in the conversion of tropical savanna to grassland. **Journal of Climate**, Boston, v. 13, p. 1593-1602, 2000.
- IBGE. **Mapa de biomas**. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 5 ago. 2005.
- IBGE. **Zoneamento geoambiental e agroecológico do Estado de Goiás Região Nordeste**. Goiânia, 1990.
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis**: a practical approach. London: Belhaven Press, 1992.
- KLINK, C. A.; MACEDO, R. H.; MUELLER, C. C. **De grão em grão, o Cerrado perde espaço**. Brasília: World Wildlife Fund-WWF, 1995.
- MARGURRAN, A. **Ecological diversity and its measurement**. London: Chapman & Hall, 1988.
- MATO GROSSO. **Mapa exploratório de solos – escala 1:500.000**. Cuiabá: Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral, 1995.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C. REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do cerrado In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 289-593.
- MITTERMEYER, R. A.; MYERS, N.; MITTERMEYER, C. G. **Hotspots earth's biologically richest and most endareged terrestrial ecoregions**. New York: CEMEX Conservation International, 1999.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Ambientais, 1989.

NUNES, R. V.; SILVA JÚNIOR, M. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T. Intervalo de classe para abundância, dominância e freqüência do componente arbóreo do Cerrado sentido restrito no Distrito Federal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 173-182, 2002.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; SHEPHERD, G. J.; MARTINS, F. R.; STUBBLEBINE, W. H. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in na área of cerrado in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 5, p. 413-431, 1989.

PHILLIP, J. A. **Measuring trees and forests**. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: CAB international, 1994.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 60, n. 1, p. 57-109, 2003.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido amplo em 170 localidades do bioma Cerrado. **Boletim do Herbário Ezequias Paulo Heringer**, Brasília, v. 7, p. 5-112, 2001.

RATTER, J. A.; DARGIE, T. C. D. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado áreas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 49, n. 2, p. 235-250, 1992.

REATTO, A. R.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. p. 47-166.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. p. 89-166

RODRIGUES, R. R.; MORELLATO, L. P. C.; JOLY, C. A.; LEITÃO FILHO, H. F. Estudo florístico e fitossociológico em um gradiente altitudinal de mata estacional mesófila semidecídua, na Serra do Japi, Jundiaí, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 12, p. 71-84, 1989.

SILVA, J. F.; FARÍÑAS, M. R.; FELFILI, J. M.; KLINK, C. A. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 536-548, 2006.

SILVA, P. E. N. **Florística, fitossociologia e nutrição mineral do cerrado sentido restrito no Complexo Xavantina-MT**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2002.

SILVA JÚNIOR, M. C.; BARROS, N. F.; CÂNDIDO, J. F. Relações entre parâmetros do solo e da vegetação de cerrado da Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba - MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 10, p. 125-137, 1987.

## Capítulo 8

# Ecorregiões, Unidades de Conservação e Representatividade Ecológica do Bioma Cerrado

*Moacir Bueno Arruda  
Carolyn E. B. Proença  
Sílvio Carlos Rodrigues  
Ricardo Nóbrega Campos  
Renata Corrêa Martins  
Éder de Souza Martins*



## Introdução<sup>1</sup>

Este capítulo apresenta a primeira proposta de divisão em ecorregiões do bioma Cerrado. As ecorregiões são consideradas referências para o desenvolvimento de políticas públicas para a conservação da natureza e para o planejamento biorregional (Dinerstein et al., 1995; Arruda, 2003).

Os organizadores do texto buscaram fornecer conceitos básicos, abordagens metodológicas e aplicação específica de ecorregiões do bioma Cerrado. Um dos resultados mais importantes a que se chegou neste trabalho, para o desenvolvimento de política de preservação e de corredores ecológicos, é a representatividade das unidades de conservação, que varia muito entre as ecorregiões propostas.

### Base conceitual

A filosofia e os princípios do manejo de ecossistemas estão rapidamente convergindo para abordagens que sugerem que, para se conseguir sustentabilidade e se conservar a biodiversidade, são necessárias mudanças dos programas de conservação, direcionando-se o manejo para a escala de ecossistemas. *Ecological Society of America* (Miller, 1997).

### Histórico

Entre as iniciativas pioneiras do homem na sua relação com a natureza estava o manejo de animais silvestres que lhe interessava abater ou domesticar. A mesma atitude de manejo se dava às plantas (alimentícias, medicinais e madeiráveis) segundo fatos relatados no Oriente e no Ocidente, desde os períodos pré-socráticos. A partir do século 13, foram criadas leis que oficializavam a proteção às florestas e à fauna nos países europeus. Foram criados também mecanismos legais para a proteção florestal, mas com um viés meramente econômico, pois, desde cedo, o uso

não-sustentado dos recursos naturais perturbou os interesses econômicos (Acot, 1990).

Desde o século 19, no Brasil, desenvolvem-se iniciativas e criam-se legislações voltadas à conservação da natureza. Em 1811, no Brasil Colonial, foi criado o Jardim Botânico para pesquisar a rica flora brasileira que encantara a Família Real e os naturalistas europeus. No seu tempo, André Rebouças foi um visionário, pois, já em 1876, defendia a criação de áreas protegidas, influenciado pela iniciativa dos norte-americanos. Esse sonho veio a concretizar-se somente em 1937, com a criação do Parque Nacional de Itatiaia (Arruda, 2000).

A conscientização e a mobilização da sociedade em relação a questões ambientais só passaram, porém, a ser consideradas em escalas regional e global a partir do século 20, nos anos 1970, após as grandes catástrofes ambientais e os efeitos globais da poluição e das mudanças climáticas. No campo da biodiversidade, vários países haviam iniciado ações macroecossistêmicas com abordagens de análise, planejamento e gestão de biomas e ecossistemas (*macroconservation*), cabendo citar iniciativas da Austrália, do Canadá, dos Estados Unidos e da ex-União Soviética (World Resources Institute, 1995).

A biodiversidade pode ser qualificada pela diversidade em ecossistemas, em espécies biológicas, em endemismos e em patrimônio genético. Pela sua dimensão continental, pela grande variação geomorfológica e climática, o Brasil abriga sete biomas e três ecótonos, com 79 ecorregiões já classificadas e incalculáveis ecossistemas. A diversidade biótica está diretamente associada à dimensão territorial, pois esta, proporcionalmente, pode abrigar uma maior variedade de habitats e propiciar o processo de especiação, que é potencializado nos ecossistemas tropicais.

O Brasil, como país de maior biodiversidade do planeta, foi o primeiro signatário da Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) e nomeado o primeiro país megabiodiverso, entre os 17 países que, juntos, reúnem pelo menos 70 % das espécies botânicas e animais do mundo.

<sup>1</sup> Este estudo foi baseado nos resultados da tese de doutorado em Ecologia, pela Universidade de Brasília (UnB), de Moacir Bueno Arruda, resultados estes que se tornaram possíveis graças à colaboração dos demais autores deste capítulo.

A biota terrestre brasileira possui a flora mais rica do mundo, com cerca de 56 mil espécies de plantas superiores, já descritas; e mais de 3 mil espécies de peixes de água doce; 517 espécies de anfíbios; 1.677 espécies de aves; 517 espécies de mamíferos; e cerca de 10 milhões de insetos estimados (Brasil, 1998; Conservation International, 2000b). O País abriga a maior rede hidrográfica do planeta e uma valorosa diversidade sociocultural (Ibama, 2002).

## Ecorregiões – a nova biogeografia de ecossistemas aplicada à conservação da natureza

Robert Bailey, pioneiro e reconhecido biogeógrafo enfatiza que:

Há muitas razões para reconhecer os ecossistemas em diversas escalas. Os ecossistemas estão abrigados ou localizados dentro de outro ecossistema. Os limites dos ecossistemas, todavia, não estão nunca fechados ou impermeáveis... Em consequência das ligações entre os sistemas, a modificação de um sistema pode afetar a operação dos ecossistemas adjacentes (Bailey, 1996).<sup>2</sup>

O principal estudo sobre ecorregiões realizado até o momento – *Una Evaluación del Estado de Conservación de las Eco-regiones Terrestres de América Latina y el Caribe* – classifica as províncias e os biomas em ecorregiões menores, baseado, principalmente, em critérios de diversidade biológica. O conceito de “ecorregião” adotado é assim enunciado:

“um conjunto de comunidades naturais, geograficamente distintas, que compartilham a maioria das suas espécies, dinâmicas e processos ecológicos, e condições ambientais similares, nas quais as interações ecológicas são críticas para sua sobrevivência em longo prazo” (Dinerstein et al., 1995).

O conceito de *hotspots* é também muito importante para a definição de estratégias para a conservação de ecossistemas. Os estudos indicam 25 *hotspots* mundiais, ou seja, ecossistemas mais ricos em biodiversidade e mais ameaçados na atualidade, estando os biomas Cerrado e Mata

Atlântica entre os principais, no Brasil (Conservation International, 2000b).

Países de dimensão continental adotam a classificação dos ecossistemas com escalas, critérios e nomenclaturas semelhantes. A hierarquia espacial dos ecossistemas, de acordo com as escalas geográficas, pode ser classificada em: macroecossistemas (p.e., um bioma), mesoecossistemas (p.e., uma ecorregião) e microecossistemas (p.e., um habitat). Sob o aspecto biogeográfico, adota-se a seguinte classificação: a) Estados Unidos – província, bioma, *landtype*, ecorregiões; b) Canadá – ecorregião, ecodistrito, ecossítio, etc.; c) Grã-Bretanha – zona de terra, região de terra, sistema de terra; d) Austrália – ecorregiões, sistema de terra; e) ex-União Soviética – província, zona, fácies (Bailey, 1996). A Colômbia também adotou as ecorregiões como unidade básica para o planejamento e a gestão da biodiversidade (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2000). A Costa Rica organizou o chamado Sistema Nacional de Áreas de Conservação (Sinac), composto por 11 áreas (regiões), que são a base para o planejamento e a gestão ambiental do país (Obando, 2002).

## Classificação biogeográfica no Brasil

A grande extensão territorial do Brasil se reflete na expressão da diversidade de espécies biológicas, em ecossistemas e em patrimônio antropológico. É notável a diferenciação das formas culturais de apropriação e de manejo dos recursos naturais pelas populações, conforme o ambiente onde se encontram; por exemplo, o extrativismo na Amazônia, a agropecuária no Cerrado e na Caatinga, a pecuária extensiva no Pantanal e a extração da madeira na Mata Atlântica (Arruda, 2000).

A história da fitogeografia brasileira principiou com a classificação de Martius, que utilizou os nomes de divindades gregas para a divisão botânica do Brasil (Martius, 1906). Os estudos que se sucederam acompanharam a proposta original de Martius, com algumas variações. Campos (1926) e Sampaio (1940) também

<sup>2</sup> Bailey produziu alguns trabalhos que se tornaram clássicos, tais como *Ecoregions of the United States* (1976) e *Ecosystem Geography* (1996).

propuseram classificações com base em estudos florísticos. Santos (1943) apresentou a primeira divisão fitogeográfica, exclusivamente fisionômica, acompanhada de terminologia regionalista, e passou a utilizar adequadamente o conceito de “formação”. Outros estudos de classificação fitogeográfica podem ser encontrados em Rizzini (1963), Eiten (1983) e Veloso (1991).

O geógrafo Aziz Ab'Saber, da Universidade de São Paulo (USP), com base em estudos de geociências, propôs uma divisão do Brasil em domínios morfoclimáticos e fitogeográficos, que passaram a ser reconhecidos como os atuais biomas brasileiros (Ab'Sáber, 1967, 1977). Segundo esse autor, observa-se que os contatos entre os biomas brasileiros geralmente são feitos por meio de faixas de transição, com mosaicos de vegetação, as quais são designadas atualmente como ecótonos (Arruda, 2003). Os ecótonos apresentam, pois, características mistas, e os critérios para a sua individualização dependem da abordagem adotada.

O Projeto Radambrasil, desenvolvido na década de 1970, formulou uma proposta intitulada Classificação Fisionômico-Ecológica das Formações Neotropicais, em que eram apresentadas as chamadas regiões fitoecológicas (Veloso e Góes-Filho, 1982).

O botânico George Eiten, da Universidade de Brasília (UnB), especialista em Cerrado, desenvolveu o trabalho *Classificação da vegetação brasileira*, com base em sua experiência de campo, no qual mescla os domínios dos biomas brasileiros com subdivisões regionalizadas, de forma muito detalhada (Eiten, 1983).

Outra contribuição importante é o *Guia de climas, paisagens e solos para agrônomos na Amazônia, o Pedemonte Andino, Brasil Central e Orenoco*, elaborado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat) e pela Embrapa Cerrados, que contém informações e mapas sobre os referidos temas, abrangendo parte do bioma Cerrado e parte do bioma Amazônia, com razoável nível de detalhamento (Cochrane et al., 1985).

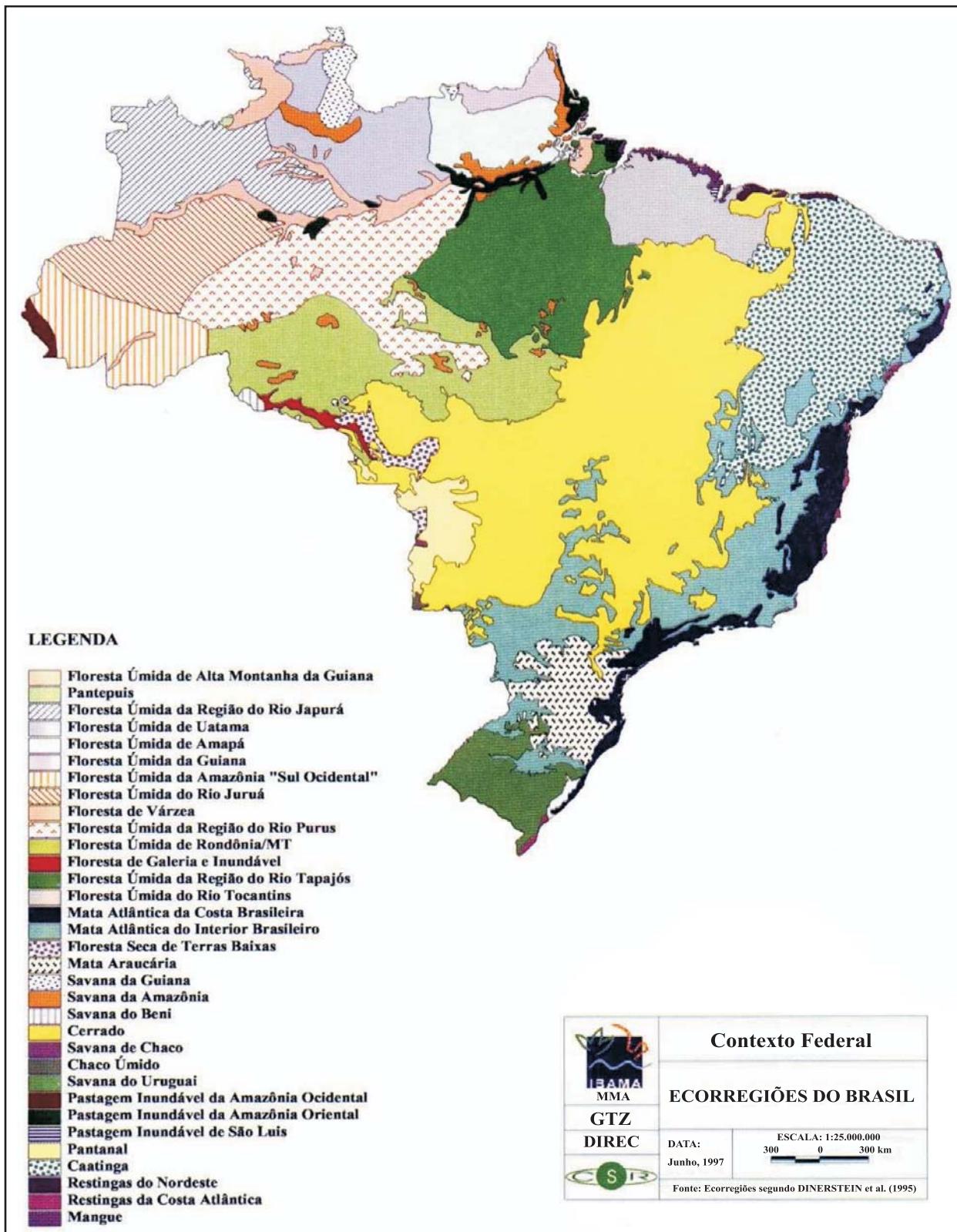
O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Ibama/Direc), o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e as principais Organizações Não-Governamentais (ONGs) conservacionistas atuantes no Brasil, tais como

World Wildlife Fund (WWF), The Nature Conservancy (TNC), Conservation International (CI) e Biodiversitas, em seminário realizado em dezembro de 1998, executaram a tarefa de aplicar, aos biomas brasileiros, a divisão em ecorregiões, com base na metodologia desenvolvida por Dinerstein et al. (1995) – *The Nature Conservancy* (1998, 2000) – e atualizada recentemente por Olson e Dinerstein (2002) (Fig. 1). Essas contribuições definiram os limites da região do bioma Cerrado contínuo, limites esses que foram empregados como base para o desenvolvimento da divisão em ecorregiões, as quais estão apresentadas neste capítulo.

O conceito de ecorregião evoluiu concomitantemente às novas soluções tecnológicas de conservação da biodiversidade, as quais estão se consolidando por contribuírem para o alcance das metas estratégicas de conservação. Nesse sentido, a adoção de ecorregião como unidade de referência apresenta vantagens, tais como: a) a ecorregião passa a ser a unidade de análise da paisagem; b) aplicada ao planejamento da conservação da biodiversidade, ela aborda as diferentes escalas biogeográficas com visão de longo prazo; c) toda a biota (varia de espécie até comunidade); e o habitat – são abrangidos pelo manejo da biodiversidade; d) ganham importância os processos evolutivos e ecossistêmicos na conservação da biodiversidade (Ferreira e Arruda, 2001).

## Representatividade ecológica e gestão integrada

O plano de intervenção direta na realidade local, com o objetivo de provocar mudanças rumo à sustentabilidade socioeconômica e a ambiental, é sem dúvida o mais complexo e o que exige maior investimento. É nesse plano que são desenvolvidos e aplicados os planos de ação, gestão e manejo, com a implementação de projetos e atividades cotidianas pela comunidade. O World Resources Institute (WRI) analisa a implementação da Convenção da Biodiversidade em diversos países no mundo, e evidencia as estratégias adotadas, abordando a conservação nas três escalas básicas: patrimônio genético, espécies biológicas e ecossistemas. O texto



**Fig. 1.** Ecorregiões do Brasil antes da proposta de divisão do bioma Cerrado, apresentada neste trabalho.  
Fonte: Dinerstein et al. (1995).

sugere também os passos básicos para explorar essas estratégias (World Resources Institute, 1995). Neste item, serão abordadas essas experiências, iniciando-se pelos estudos de representatividade ecológica e, em seguida, pelos projetos de gestão biorregional.

Os estudos de representatividade ecológica têm por objetivo verificar como estão representados e/ou protegidos as espécies biológicas, a vegetação, os habitats, os ecossistemas e as áreas protegidas no contexto de um sistema regional, nacional ou internacional de conservação da natureza, por meio de análises de paisagens e lacunas. A existência de uma base biogeográfica, como os biomas e as ecorregiões, é um pressuposto, para que se possam efetuar os cruzamentos de dados com temas de interesse, como áreas protegidas e fisionomias de vegetação.

A expansão dos sistemas nacionais de áreas protegidas obedeceu, ao longo da história, a critérios pertinentes à preservação de espécies biológicas, paisagens cênicas, áreas de interesse ecológico local e recreação. A grande ampliação ocorrida nos anos 1970 e 1980, especialmente nos países de grande dimensão territorial, mostrou que a distribuição das áreas protegidas era heterogênea e regionalmente desequilibrada, fato que foi esclarecido por meio dos estudos de representatividade ecológica com a análise de lacunas (*gap analysis*) (United States Geological Survey, 2003). A análise de lacunas consiste em “uma abordagem proativa para a proteção da biodiversidade. Ela busca identificar lacunas entre as áreas ricas em biodiversidade e as áreas que são manejadas para a conservação”, públicas ou privadas. Esse programa, desenvolvido nos 50 estados americanos, conta com dezenas de projetos e é focado na representatividade de espécies biológicas consideradas importantes quanto à diversidade, ao endemismo, à raridade e à ameaça (United States Geological Survey, 2003). A TNC participa desse programa, além de desenvolver outros projetos, aplicando uma classificação de categorias de estado de conservação da biodiversidade à ecorregião ou à área de estudo (The Nature Conservancy, 2000). Semelhante metodologia também é adotada pelo WWF (Dinerstein et al., 1995).

Análise de lacunas é um método para determinar a efetividade de programas de conservação de ecossistemas, comunidades e espécies, comparando-se as prioridades de conservação de biodiversidade com a rede de áreas protegidas. Essa comparação busca identificar lacunas na conservação de paisagens que podem ser preenchidas com a criação de novas áreas protegidas ou com projetos direcionados aos ecossistemas e às espécies-alvo (Burley, 1984, 1988).

A World Conservation Union elaborou um estudo de representatividade ecológica abrangente para os ecossistemas marinhos, intitulado *Um sistema global de representatividade ecológica por áreas protegidas marinhas*, o qual dividiu o planeta em 18 regiões biogeográficas marinhas. Os seminários regionais definiam as zonas representativas, a existência das áreas protegidas, as lacunas identificadas e as recomendações para cada região e para cada zona (World Conservation Union, 1995).

A Costa Rica, pequeno país da América Central, mas com grande tradição conservacionista, analisou a representatividade de suas zonas de vegetação e áreas de conservação pelo Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) (Garcia Viquez, 1996).

O World Conservation Monitoring Centre (WCMC) classificou o mundo em 155 zonas ecoflorísticas e analisou o nível de proteção de cada uma. Avaliou também os investimentos financeiros despendidos por país nas tarefas de inventários biológicos e alertou sobre as lacunas nos inventários e os baixos investimentos feitos em conservação (World Conservation Monitoring Centre, 1997).

O Centro de Sensoreamento Remoto (CSR) do Ibama fez um estudo detalhado, com o cadastramento das unidades de conservação, que abrangeu a caracterização das suas fisionomias vegetais e a análise estatística, com a distribuição por região e estado do Brasil (Bruck, 1995). O Ibama e o WWF-Brasil, a partir de 1998, desenvolveram análises preliminares para o estudo da representatividade ecológica dos biomas brasileiros e concluíram que, ao considerar as unidades federais de conservação e de proteção integral, o Brasil, além de ser um dos países com

a menor porcentagem de áreas especialmente protegidas, distribui mal essa rede entre seus biomas (Arruda, 2003).

O *Estudo de representatividade ecológica no bioma Amazônia* reconheceu 23 ecorregiões, com 70 tipos diferentes de vegetação primitiva e seis tipos de vegetação antropizadas (secundárias). Os resultados estatísticos demonstram a extrema desigualdade de proteção de paisagens das ecorregiões, por área protegida (Ferreira e Arruda, 2001). Outro estudo para a Amazônia, com base em zonas de vegetação, demonstrou que apenas um terço da diversidade de vegetação está protegida por alguma unidade de conservação (Fearnside e Ferraz, 1995).

Hoje foram desenvolvidos cerca de 20 projetos de corredores ecológicos no Brasil, estando a maioria deles coordenada pelo Ibama. O bioma Cerrado é o mais beneficiado com projetos de corredores ecológicos, que têm por objetivo garantir a integridade de ecossistemas inteiros por meio de gestão ecorregional, exatamente por ser um bioma altamente fragmentado.

Resumidamente, os estudos em escala ecossistêmica – tais como ecorregiões, representatividade ecológica, gestão integrada de ecossistemas, gestão biorregional, corredores ecológicos e zoneamento ambiental – têm revelado resultados alentadores para o planejamento e a implementação da conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Entretanto, considerando a dimensão continental e a diversidade ecológica do Brasil, ainda há muito a ser feito. O desafio é intensificar o desenvolvimento desses projetos, ampliando cada vez mais a escala de abrangência.

## Métodos utilizados na definição de ecorregiões e da representatividade ecológica

*Conscientes de que temos muito a aprender sobre o comportamento dos ecossistemas, a ciência é o modelo mais apropriado para o conhecimento e o manejo dos ecossistemas*

*Ecological Society of America  
Committee, 1996*

A região definida das ecorregiões e a sua representatividade ecológica abrangem a área *core* (central e contínua) do bioma Cerrado, conforme o mapa elaborado pelo Ibama e pelo WWF (Arruda, 2003), mas com algumas correções feitas por este estudo. Essa área tem 2.003.181,36 km<sup>2</sup> de superfície, que corresponde a 23,47 % do território nacional, abrangendo os estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Bahia, Piauí, Maranhão, Pará, São Paulo e Paraná. O Cerrado é o segundo maior bioma da América Latina e tem aproximadamente o tamanho da Europa Ocidental.

A área do estudo de representatividade ecológica por bioma terrestre é composta pelos sete biomas brasileiros: Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Pantanal, Caatinga, Campos Sulinos e Ecossistemas Costeiros. E por três ecótonos (transição): Cerrado-Amazônia, Cerrado-Caatinga e Caatinga-Amazônia, ou seja, todo o território nacional. O mapa dos biomas e dos ecótonos do Brasil foi elaborado pelo Ibama e pelo WWF, com base nos mapas já existentes (Arruda, 2003).

A escala cartográfica adotada para o estudo é de 1:2.500.000. Essa escala foi escolhida por ser a mais adequada por várias razões: pelo tamanho da área de estudo, pelos objetivos e pela disponibilidade de dados cartográficos e de informações georreferenciadas, bem como pela sua aplicabilidade aos estudos de representatividade ecológica.

## Definição das ecorregiões do bioma Cerrado

O mapa original das ecorregiões da América Latina elaborado pelo WWF/EUA é composto por ecorregiões delimitadas com base em critérios abióticos (geomorfologia, regiões interfluviais, altitude, relevo, geologia, solo, precipitação, ciclo de inundação, efeitos de maré). A esses fatores são associados a distribuição de fitofisionomias e de grupos bióticos indicadores, taxonomicamente bem conhecidos, tais como: táxons botânicos, mamíferos, aves, anfíbios, répteis e insetos (Dinerstein et al., 1995).

A definição de ecorregiões leva em consideração a representação dos principais ecossistemas

e habitats existentes da região, tomada como uma unidade biogeográfica de análise e planejamento para a conservação da biodiversidade, em todas as suas dimensões.

As ecorregiões brasileiras dos biomas Amazônia, Mata Atlântica, Pantanal e ecossistemas costeiros foram elaboradas pelo WWF/EUA, com base nos estudos e na colaboração de pesquisadores brasileiros (Dinerstein et al., 1995). Os biomas Cerrado, Caatinga e Campos Sulinos foram apresentados como uma única ecorregião. Não foram divididos em ecorregiões pelo WWF; primeiro, pela sua complexidade ecossistêmica, sendo considerados como mosaicos de paisagens; e segundo, pela falta de dados e informações suficientes para fazê-lo à época.

A base teórica da metodologia empregada neste estudo para a definição de ecorregiões do bioma Cerrado e a representatividade ecológica está fundamentada nas correntes técnico-científicas da atualidade, com as seguintes referências: a) *Ecorregiões terrestres da América Latina* (Dinerstein et al., 1995); b) *Biogeografia de ecorregiões* (Bailey, 1976, 1996); c) *A geografia de esperança* (The Nature Conservancy, 2000); e d) *A ecologia da paisagem*, de Simberloff (1998).

O último autor mostra as diversas abordagens de ecologia da paisagem, a saber:

- **Fatores controladores** – Consiste na seleção de alguns fatores-chave ecológicos reconhecidos por exercer uma forte influência sobre os processos ecossistêmicos e o manejo dos recursos naturais. Em virtude de cada escala espacial e temporal de análise macro, meso e microescala, estabeleceu-se uma hierarquia de importância dos fatores sobre os processos que permitirão uma classificação integrada de ecossistemas. Foram selecionados os seguintes fatores para a análise do bioma Cerrado: geomorfologia, geologia, solo, precipitação, flora, vegetação e fauna (Bailey, 1996).

- **Agrupamento multivariado** – Este método aplica o cruzamento arbitrário das células que são selecionadas pelos seus atributos, classificadas numericamente e tratadas num sistema de informações georreferenciadas;

por exemplo, uma unidade geoambiental, um táxon botânico, um gênero de borboletas.

- **Sobreposição de mapas** – Este método, comumente conhecido como *overlay*, parte da premissa de que fatores ecossistêmicos estabelecidos em mapas podem ser correlacionados, quando apresentarem limites semelhantes, definindo zonas, ecossistemas ou ecorregiões. Esse método depende de mapas concluídos, organizados em projeções, e escalas compatíveis.

- **Método Gestalt** – Está baseado no reconhecimento de regiões aparentemente homogêneas, cujos limites são desenhados com base em imagens de satélite, fotografias aéreas e constatações visuais de campo. Geralmente não considera fatores individuais, como clima, temperatura ou declividade, mas grandes conjuntos, como uma bacia hidrográfica, uma cadeia de montanhas, ou planaltos e planícies (Bailey, 1996; Griffith et al., 1998).

O estudo e a delimitação das ecorregiões do Cerrado constituem a principal base de referência biogeográfica para o desenvolvimento dos estudos comparativos de representatividade ecológica propostos, conforme estudos já realizados anteriormente – por exemplo, pela United States Geological Survey (2003) –, e, no Brasil, o estudo de representatividade ecológica do bioma Amazônia (Ferreira e Arruda, 2001).

## Geração, organização e análise de dados

Os dados são obtidos pelo uso de técnicas de análise espacial de dados cartográficos digitais. O processamento foi realizado por meio dos softwares de geoprocessamento Arcinfo e Arcview 3.1. – nas etapas de compilação do banco de dados e de cruzamentos espaciais – e do gerenciador de bancos de dados relacionais Access (Microsoft).

Os produtos referenciais utilizados são apresentados a seguir, com os respectivos metadados:

- *Mapa dos Biomas Brasileiros*, elaborado pelo Ibama e pelo WWF na escala 1:2.500.000.

- *Mapa de Ecorregiões do Brasil* (Ibama/WWF/TNC). Esse mapa foi elaborado a partir do *Mapa de Ecorregiões Terrestres da América Latina* (Dinerstein et al., 1995; Olson e Dinerstein, 2002), complementado com os mapas de *Ecorregiões dos Biomas Caatinga* (The Nature Conservancy, 2002) e *Cerrado*. A inclusão dos mapas resultantes dos estudos de ecorregiões dos biomas Cerrado (apresentado neste estudo) e Caatinga (The Nature Conservancy, 2002) exigiu a compatibilização de divergências na área do ecótono Cerrado- Caatinga, tarefa realizada pelos responsáveis pelos dois estudos.
- *Mapa dos Limites de Áreas Protegidas do Brasil e do Bioma Cerrado*, fornecido pelo Sistema de Informação de Unidades de Conservação (SIUC/Ibama). Esse banco de dados foi criado a partir da digitalização dos limites das UC, conforme descritos nos respectivos memoriais descritivos de criação, e complementados, quando necessário, por informações de campo levantadas pelos técnicos do Ibama e outras instituições. Não foram incluídas, para efeito estatístico, as unidades de conservação das categorias Área de Proteção Ambiental (APA) e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN). As RPPNs não possuem memorial descritivo, o que impossibilita o georreferenciamento e a quantificação. As APAs apresentam sobreposição com outras categorias de uso mais restritivo. Também foram excluídas as unidades localizadas em áreas oceânicas, por não estarem inseridas nas ecorregiões terrestres do Brasil. Para a conhecida sobreposição de unidades de conservação entre si e unidades de conservação com terras indígenas, para fim estatístico, adotou-se o critério de calcular as áreas conforme os memoriais descritivos constantes nos decretos. As áreas de somatória são contabilizadas uma vez somente, para evitar cálculo duplo.
- *Limites de Terras Indígenas* foram compilados a partir dos arquivos digitais fornecidos pela Fundação Nacional do Índio (Funai). Esses arquivos correspondem ao mapeamento estadual das terras indígenas, executado em diversas escalas, principalmente a de 1:1.000.000.
- *Mapa das Classes de Vegetação do IBGE*, realizado na escala 1:2.500.000.
- *Mapa Geológico do Cerrado*, escala 1:2.500.000, elaborado pela Embrapa Cerrados.
- *Mapa de Solos*, escala 1:5.000.000, elaborado pela Embrapa.
- *Mapa de Clima do Brasil*, escala 1:5.000.000, em meio digital, elaborado pelo IBGE.
- *Mapa de Bacias e Sub-bacias Hidrográficas do Brasil*, escala 1:2.500.000, elaborado pela Aneel.
- *Mapa de Sistema de Terra*, de Cochrane et al. (1985) (Ciat/Embrapa), escala 1:5.000.000, posteriormente digitalizado pela Embrapa, em 1985.
- *Mapa de Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Cerrado e Pantanal*, digital, escala 1:5.000.000, MMA.
- *Mapa Digital de Geomorfologia do Bioma Cerrado*, elaborado com a abrangência do bioma, a unificação e a atualização dos sistemas de classificação e de legenda (Rodrigues, 2002).
- *Mapa de Distribuição Florística do Bioma Cerrado*, digital, elaborado na escala 1:2.500.000. Foram utilizados táxons indicadores, que consistem num subconjunto de táxons biológicos, como representantes da flora e/ou da fauna de um bioma ou o habitat, para tornar exequível o inventário de uma área tão ampla e com imensa diversidade biológica. O método implica registrar a presença ou a ausência do(s) táxon(s) selecionados em unidades geográficas de igual tamanho. Foram selecionados 11 táxons botânicos (três famílias e oito gêneros) considerados a priori, como um conjunto representativo da biodiversidade do Cerrado, nas suas manifestações de forma de vida (hábito), grau de evolução e preferências ecológicas. Esses táxons são as famílias botânicas Bromeliaceae, Loranthaceae e Viscaceae e os gêneros *Cyrtopodium* (Orchidaceae), *Habenaria* (Orchidaceae), *Jacaranda* (Bignoniaceae), *Miconia* (Melastomataceae), *Mimosa* (Legumi-

nosae), *Tabebuia* (Bignoniaceae), *Solanum* (Solanaceae) e *Vernonia* (Asteraceae). Foram realizadas doze expedições de coleta, entre 1996 e 2001, em regiões com poucas coletas, entre elas, a Expedição Científica e Conservacionista ao Jalapão, expedição essa que, além de ter feito coletas científicas em diversos temas, justificou a criação da maior UC do Cerrado, a Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins (Arruda e Von Behr, 2002).

## Representatividade ecológica

Os estudos de representatividade ecológica são excelentes instrumentos para avaliar os programas de conservação da biodiversidade, mas empregam métodos técnico-científicos consistentes em volume de dados e informações de diversos campos e temas, sistematizados e georreferenciados, para permitirem as análises espaciais, numéricas e estatísticas. A qualidade dos resultados depende da qualidade das informações referenciais (Burley, 1984, 1988; United States Geological Survey, 2003).

Os estudos de representatividade ecológica do bioma Cerrado e dos biomas brasileiros foram elaborados basicamente com os mesmos métodos e recursos; os dados foram quantificados e espacializados a partir de dados cartográficos digitais. O processamento foi feito pelos programas Arcview 3.1., Arcinfo, Access e Excel. Os mapas temáticos utilizados neste estudo foram os mesmos preparados para a delimitação das ecorregiões.

O cruzamento entre os temas é feito pela função de união de temas vetoriais (função *union*) presente no software Arcinfo. Para evitar a perda de dados, o processo utiliza precisão numérica dupla. O resultado dos cruzamentos dá-se num único arquivo, no formato *coverage*, que contém uma tabela cruzada. Após os cruzamentos, calculam-se as áreas sobrepostas por meio da alteração da projeção geográfica original para a projeção Sinusoidal (Meridiano Central -54) e para a unidade de medida, em metros quadrados. Essa projeção foi escolhida por preservar as áreas das feições (temas) cruzadas. As tabelas cruzadas

são exportadas para o formato dBase. Por meio do software para bancos de dados Access e Excel, a tabela dBase é processada, extraíndo-se os dados de interesse (Ferreira e Arruda, 2001).

Para concluir a abordagem metodológica, é necessário mencionar os aspectos relativos às fragilidades existentes nos métodos utilizados neste estudo. A disponibilidade de inventários biológicos no Brasil é um dos empecilhos para estudos que pressupõem tais dados. Entretanto, os dados botânicos organizados em táxons mostraram-se suficientes para as generalizações. Pesquisadores e conservacionistas responsáveis pelo desenvolvimento dos métodos de ecorregiões solicitaram um estudo *ad hoc*, para analisar a similaridade da vegetação de algumas ecorregiões nos EUA, tendo o estudo revelado que quanto mais generalista a classificação da vegetação, menor é o padrão de congruência por ecorregião. Wright et al. (1998) chegaram a questionar a efetividade de ecorregião para os estudos de representatividade ecológica. Sem dúvida, demandas de abordagens numa escala de subsistemas e habitats exigirão uma análise mais refinada (Natusever, 2002).

A inclusão de dados de fauna para a definição das ecorregiões do bioma Cerrado foi inicialmente analisada; todavia, são parcos os dados biogeográficos sobre os diversos grupos taxonômicos de fauna, e, na maioria das vezes, com circunscrição local, sem abrangência biomática. A maioria dos estudos para a definição de ecorregiões desenvolvida anteriormente toma, principalmente, a vegetação como base de dados, além dos parâmetros físicos (Dinerstein et al., 1995).

## Ecorregiões e representatividade ecológica no bioma Cerrado

*There is an urgent need, greater than the need to explore space, comparable to the exigencies of medical science, to prepare a map of biological diversity, especially in the tropical countries where the crisis is most severe. Time is running short to get this project started.*

*E. O. Wilson, Orion, Summer 1988*

## Ecorregiões do bioma Cerrado e suas áreas protegidas

O estudo para a definição das ecorregiões do bioma Cerrado revelou a existência de 22 ecorregiões, cujos mapas, tabelas, caracterização sintética e detalhamento ecorregional são apresentados a seguir. Essa caracterização está composta pelos principais elementos necessários à identificação de cada ecorregião, contendo os elementos de todos os temas e mapas (Tabelas 1, 2 e 3; Fig. 2).

Em termos gerais, os resultados e a análise mostram que o bioma Cerrado apresenta uma grande diversidade de ambientes físicos, cuja compartimentação geomorfológica inicial indica a existência de 43 ambientes, os quais, com a aplicação do cruzamento com outros dados, foram reduzidos a 29, que, por sua vez, ao serem cruzados com os dados florísticos, chegaram a 22 ecorregiões do bioma (Fig. 2). Os estudos da flora, com base nos táxons indicadores, mostraram ser possível chegar a um mapa biogeográfico do

Cerrado regionalizado, com base na metodologia de ecorregiões, a qual permite visualizar mais claramente a diversidade ecossistêmica do bioma e seu estado de representatividade, por áreas especialmente protegidas, identificar as lacunas existentes e sugerir políticas públicas específicas.

## Análise da representatividade ecológica do bioma Cerrado, por áreas protegidas

O bioma Cerrado está representado por 82 unidades de conservação de proteção integral, que correspondem a 2,48 % do bioma, cujo tamanho médio é de 606 km<sup>2</sup>. Tem também 16 unidades de conservação de uso sustentável, que equivalem a 0,03 % do bioma, com tamanho médio de 40 km<sup>2</sup>. O total de 98 UCPI e UCUS equivale a 2,51 % do Cerrado (Tabelas 1 e 2). Tanto os índices de áreas protegidas quanto o tamanho médio de UC estão abaixo das médias brasileiras (3,52 %) e mundial (10 %) e não dão garantia de

**Tabela 1.** Área das ecorregiões do bioma Cerrado e sua representatividade por Unidade de Conservação e de Proteção Integral: federal e estadual.

Ecorregião	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual do bioma	Unidade de Conservação e de Proteção Integral (UCPI)					
			Federal (F)		Estadual (E)		F + E	
			(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)
Alto Parnaíba	184.100,08	9,19	2.619,26	1,42	4.250,09	2,31	6.869,35	3,73
Araguaia Tocantins	244.579,04	12,21	5.560,89	2,27	1.353,56	0,55	6.914,44	2,83
Bananal	78.917,31	3,94	5.515,25	6,99	952,51	1,21	6.467,76	8,20
Bico do Papagaio	47.142,34	2,35	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
Chapadão do São Francisco	121.480,54	6,06	6.116,66	5,04	1.234,06	1,64	8.106,57	6,67
Chiquitania	62.754,95	3,13	0,00	0,00	1.989,91	3,17	1.989,91	3,17
Complexo Bodoquena	39.528,17	1,97	772,33	1,95	0,00	0,00	772,33	1,95
Depressão Cuiabana	54.522,22	2,72	162,63	0,30	88,76	0,16	251,40	0,46
Depressão do Parnaguá	58.899,93	2,94	4.659,47	7,91	0,00	0,00	4.659,47	7,91
Grão-Mogol	3.896,62	0,19	0,00	0,00	33,69	0,86	33,69	0,86
Jequitinhonha	35.195,53	1,76	238,38	0,68	445,47	1,27	683,85	1,94
Paracatu	98.761,00	4,93	855,38	0,87	787,81	0,80	1.643,19	1,66
Paraná Guimarães	377.902,04	18,87	1.658,41	0,44	134,25	0,03	1.790,00	0,47
Paranaíba	13.932,15	0,70	0,00	0,00	245,51	1,76	245,51	1,76
Paranapanema Grande	143.017,76	7,14	0,00	0,00	284,97	0,20	284,87	0,20
Parecis	152.295,97	7,60	2.166,95	1,42	0,00	0,00	2.166,95	1,42
Planalto Central Goiano	157.160,76	7,85	2.685,90	1,71	300,80	0,19	2.986,70	1,90
Província Serrana	12.019,17	0,60	134,78	1,12	1.520,87	12,65	1.655,65	13,78
São Francisco-Velhas	83.373,63	4,16	389,27	0,47	299,04	0,36	688,32	0,83
Serra da Canastra	12.101,45	0,60	1.862,29	15,39	0,00	0,00	1.862,29	15,39
Serra do Cipó	897,00	0,04	51,07	5,69	138,97	15,49	190,04	21,19
Vão do Paraná	20.684,62	1,03	12,04	0,06	179,69	0,87	191,73	0,93
<b>Total</b>	<b>2.003.181,36</b>	<b>100,00</b>	<b>35.460,95</b>	<b>1,77</b>	<b>14.239,98</b>	<b>0,71</b>	<b>49.700,93</b>	<b>2,48</b>

Áreas em km<sup>2</sup> calculadas no software Arcview na projeção Sinusoidal e Meridiano Central -54°.

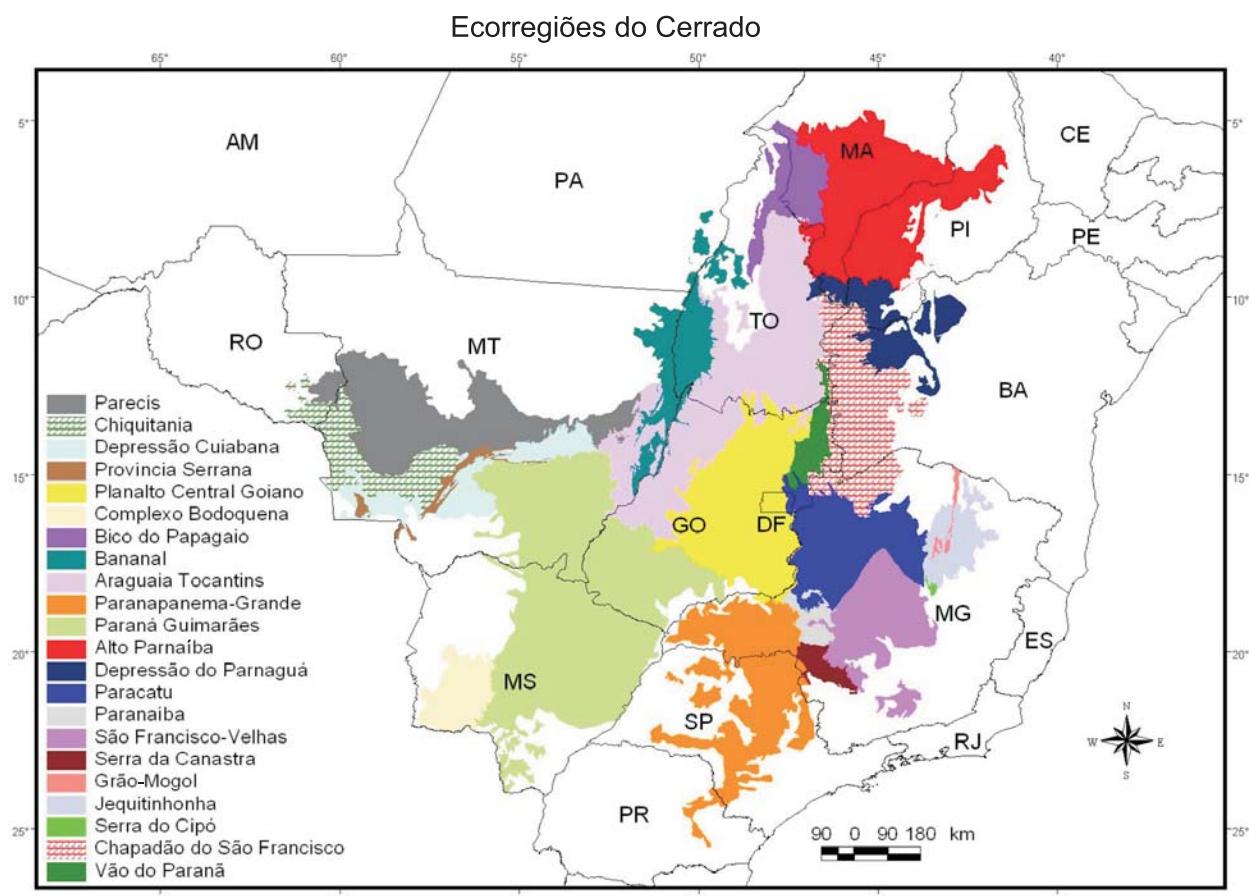
**Tabela 2.** Área das ecorregiões do bioma Cerrado e sua representatividade por Unidade de Conservação de Uso Sustentável (federal, estadual e de terras indígenas) e Unidade de Conservação e Proteção Integral (UCPI).

Ecorregião	Área (km <sup>2</sup> )	Unidade de Conservação de Uso Sustentável (UCUS)						Ecorregião	UCPI + UCUS (km <sup>2</sup> )	% (km <sup>2</sup> )	Ecorregião	UC + TI (km <sup>2</sup> )	% Ecorregião						
		Federal (F)		Estadual (E)		Terras indígenas													
		% (km <sup>2</sup> )	Ecorregião	% (km <sup>2</sup> )	Ecorregião	% (km <sup>2</sup> )	Ecorregião												
Alto Parnaíba	184.100,08	0,00	0,00	0,00	0,00	6,005	3,50	0,00	0,00	6,869,35	3,73	13.319,40	7,23						
Araguaia Tocantins	244.579,04	0,00	0,00	22,12	0,01	7.997,14	3,27	22,12	0,01	6.936,56	2,84	14.933,70	6,11						
Bananal	78.917,31	0,00	0,00	100,33	0,13	15.579,73	19,74	100,33	0,13	6.568,09	8,32	22.147,82	28,06						
Bico do Papagaio	47.142,34	201,52	0,43	0,00	0,00	1.172,62	2,49	201,52	0,43	201,54	0,43	1.374,16	2,91						
Chapadão do São Francisco	121.480,54	128,40	0,11	0,00	0,00	224,76	0,19	128,40	0,11	7.479,12	6,78	8.459,73	6,96						
Chiquitania	62.754,95	0,00	0,00	0,00	0,00	6.012,36	9,58	0,00	0,00	1.989,91	3,17	8.002,27	12,75						
Complexo Bodocóquena	39.528,17	0,00	0,00	0,00	0,00	2.125,36	5,38	0,00	0,00	772,33	1,95	2.897,69	7,33						
Depressão Cuiabana	54.522,22	0,00	0,00	0,00	0,00	2.790,14	5,12	0,00	0,00	251,40	0,46	3.041,53	5,58						
Depressão do Paranaúá	58.899,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.659,47	7,91	4.659,47	7,91						
Grão-Mogol	3.896,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,69	0,86	33,69	0,86						
Jequitinhonha	35.195,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	683,85	1,94	683,85	1,94						
Paracatu	98.761,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.643,19	1,66	1.643,19	1,66						
Paraná Guimarães	377.902,04	0,00	0,00	0,00	0,00	3.237,15	0,86	0,00	0,00	1.792,66	0,47	5.017,15	1,33						
Paranáiba	13.932,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	245,51	1,76	245,51	1,76						
Parapanema Grande	143.017,76	39,45	0,03	0,00	0,00	29,16	0,02	39,45	0,03	324,32	0,23	353,49	0,25						
Parecis	152.295,97	0,00	0,00	0,00	0,00	36.056,96	23,68	0,00	0,00	2.166,95	1,42	38.223,91	25,10						
Planalto Central Goiano	157.160,76	114,33	0,07	44,36	0,03	17,00	0,01	158,69	0,10	3.145,39	2,00	3.162,39	2,01						
Província Serrana	12.019,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.655,65	13,78	1.655,65	13,78						
São Francisco-Velhas	83.373,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	688,32	0,83	688,32	0,83						
Serra da Canastra	12.101,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.862,29	15,39	1.862,29	15,39						
Serra do Cipó	897,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	190,04	21,19	190,04	21,19						
Vão do Paraná	20.684,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	191,73	0,93	191,73	0,93						
<b>Total</b>	<b>2.003.181,36</b>	<b>483,70</b>	<b>0,02</b>	<b>166,81</b>	<b>0,01</b>	<b>81.692,42</b>	<b>4,08</b>	<b>650,51</b>	<b>0,03</b>	<b>50.351,44</b>	<b>2,51</b>	<b>129.859,27</b>	<b>6,48</b>						

Áreas em km<sup>2</sup> calculadas no software Arcview, na projeção Sinusoidal e Meridiano Central -54°.

**Tabela 3.** Ecorregiões do bioma Cerrado e suas características geológicas (material de origem), geomorfológicas (relevo) e pedológicas (solos).

Ecorregião	Material de origem	Relevo	Solos
Alto Parnaíba	Clásticas – Mesozóico	Superfícies tabulares estruturais sob sedimentação, cuestas	Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, Neossolo Quartzarenítico, Cambissolo, Neossolo Litólico
Araguaia-Tocantins	Clásticas – Pré-Cambriano e Fanerozóico	Superfície de aplainamento com topos convexos e tabulares amplos	Latossolos, Argissolos, Nitossolo Vermelho Pétrico, Neossolo Litólico
Bananal	Clásticas – Terciário e Quaternário	Depressões associadas a planícies com canais anastomosados	Nitossolo Vermelho, Gleissolo, Neossolo Quartzarenítico
Bico do Papagaio	Clásticas e ácidas – várias idades	Topos planos amplos e convexos, residuais em serras	Latossolos, Nitossolo Vermelho Pétrico, Cambissolo, Neossolo Quartzarenítico
Chapadão do São Francisco	Clásticas e calcários – Mesozóico e Neoproterozoíco	Topos planos extensos e patamares cársticos	Latossolos textura média, Neossolo Quartzarenítico, Gleissolo, Nitossolo, Cambissolo
Chiquitania	Clásticas – Fanerozóico	Formas tabulares e planícies amplas	Neossolo Quartzarenítico, Gleissolo
Complexo Bodoquena	Clásticas e calcários – Pré-Cambriano e Mesozóico	Serras, topos tabulares e depressões amplas	Neossolos, Argissolos, Nitossolo
Depressão Cuiabana	Clásticas – Proterozoíco	Topos tabulares e depressões com pavimentos detriticos	Neossolo Litólico, Neossolo Quartzarenítico, Argissolo
Depressão do Parnaguá	Clásticas e básicas – Mesozóico	Depressão interplanáltica	Neossolo Quartzarenítico, Latossolos textura média, Neossolo Litólico
Grão-Mogol	Clásticas – Pré-Cambriano	Serras em faixas de dobramentos	Argissolos, Neossolo Litólico, Cambissolo
Jequitinhonha	Clásticas – Pré-Cambriano	Planaltos em estruturas complexas	Latossolos, Neossolo Litólico, Argissolos
Paracatu	Clásticas e calcários – Neoproterozoíco	Relevo serrano apalaheano, vales aplaínados e rebaixados	Latossolos, Neossolo Quartzarenítico, Cambissolo, Neossolo Litólico
Paraná Guimaraes	Clásticas e básicas – Mesozóico	Planaltos em estrutura sedimentar concordante	Latossolos, Neossolos
Paranáíba	Clásticas – Mesozóico e Neoproterozoíco	Planaltos dissecados e superfícies amplas convexas, canyon	Latossolos, Argissolos, Cambissolo
Parapanamema Grande	Clásticas e básicas – Mesozóico	Patamares em degraus e superfície de aplainamento em rochas básicas	Latossolos, Argissolos, Neossolo Quartzarenítico
Parecis	Clásticas – Fanerozóico	Superfície de aplainamento e escarpas erosivas	Latossolo Vermelho, Neossolo Quartzarenítico, Argissolo
Planalto Central Goiano	Clásticas, ácidas e básicas – Pré-Cambriano	Superfícies de aplainamento parcialmente dissecadas	Latossolos, Cambissolo, Argissolos, Neossolo Lítólico
Província Serrana	Clásticas e calcários – Neoproterozoíco	Relevo serrano controlado por dobras e falhas	Neossolo Lítólico, Cambissolo, Nitossolo
São Francisco–Velhas	Clásticas e calcários	Superfícies tabulares cobertas por sedimentos arenosos	Cambissolos, Neossolo Quartzarenítico, Nitossolo Vermelho Pétrico
Serra da Canastra	Clásticas – Neoproterozoíco	Planaltos, cristas e áreas dissecadas elevadas	Neossolo Lítólico, Neossolo Quartzarenítico, Cambissolo
Serra do Cipó	Clásticas e ácidas – Neoproterozoíco	Serras alongadas e residuais de aplainamento	Argissolos, Neossolo Litólico, Cambissolo
Vão do Paraná	Clásticas e calcários – Neoproterozoíco	Superfície de aplainamento intermontana com planos sucessivos	Nitossolo Vermelho Pétrico, Neossolo Lítólico, Cambissolo, Gleissolo



**Fig. 2.** Mapa das ecorregiões do bioma Cerrado.

sustentabilidade à biodiversidade na atual conjuntura do Cerrado.

O conjunto de áreas naturais protegidas, composto por unidades de conservação de proteção integral, de uso sustentável, federais e estaduais, além das terras indígenas, somam uma superfície de 129.895 km<sup>2</sup> – 6,48 % da área do bioma Cerrado. As terras indígenas totalizam 81.692 km<sup>2</sup>, 4,08 % da área do bioma Cerrado (Tabela 2). As TI do bioma Cerrado, por já terem sido alcançadas pela fronteira agropecuária, estão bem mais degradadas que aquelas da Amazônia, o que reduz a contribuição à conservação da biodiversidade.

As UCPI estaduais somam 14.239 km<sup>2</sup>, 0,71 % do Cerrado (Tabela 1). As UCs estaduais são menores e o nível de implementação é bem inferior ao das federais.

Certamente, essa é uma realidade preocupante, pois o esforço para estabelecer um sistema de áreas protegidas para o bioma Cerrado iniciou-se com a criação dos Parques Nacionais do

Araguaia, em 31 de dezembro de 1959, de Emas, em 11 de janeiro de 1961, da Chapada dos Veadeiros, em 11 de janeiro de 1961, de Brasília, em 29 de novembro de 1961, e da Canastra, em 3 de abril de 1972. Tendo-se conseguido somente 3,52 % de áreas protegidas ao longo desses quase 45 anos de esforço, doravante as dificuldades serão muito maiores, pois restam poucas áreas em bom estado de conservação, além do que o preço da terra está muito mais valorizado.

### Análise de representatividade ecológica das ecorregiões do bioma Cerrado, por áreas protegidas

O estabelecimento de ecorregiões como sub-representações de um ecossistema maior – neste caso o bioma Cerrado – tem por objetivo a sua aplicação nas ações de conservação da biodiversidade. Em virtude das atividades socioeconômicas, seria impossível e indesejável congelar essas atividades para se manter a total integridade dos

ecossistemas. Por isso, desenvolveu-se a estratégia conservacionista mundial de criar uma rede de áreas protegidas, com o objetivo de preservar amostras representativas da diversidade dos ecossistemas. Entretanto, o estabelecimento dessas áreas protegidas tem que representar uma área suficiente para a diversidade ecossistêmica existente e possibilitar a gestão biorregional.

Os percentuais de áreas de UCPI por ecorregião do Cerrado variam de 0,0 % (Bico do Papagaio) a 21,19 % (Serra do Cipó). Tomando por base os índices de média nacional de representatividade por UCPI, a média mundial e a meta mínima nacional e internacional pactuada, com base na Tabela 1, chega-se à seguinte análise:

- a) Quinze ecorregiões do Cerrado estão abaixo da média nacional.
- b) Dezesseis ecorregiões do Cerrado estão abaixo da média mundial.
- c) Somente três ecorregiões do Cerrado alcançam a meta nacional e a internacional de conservação, que é 10 % do território, em UCPI.

Objetivamente, a área total das ecorregiões do território do Cerrado que atingem a meta mínima nacional e internacional de 10% protegidas por UC é de somente 1,25% do bioma. Esse resultado é alarmante e requer divulgação e articulação da sociedade para convencer os poderes instituídos a tomarem medidas para alterar esse quadro. Emergencialmente, deveria se fazer cumprir ao menos o Código Florestal, que garante uma proteção mínima de 20 % das propriedades rurais do Cerrado, em regime de uso sustentável, sem desmatamento raso.

Os dados mostram que as maiores ecorregiões do bioma Cerrado apresentam baixos ou nulos índices de áreas protegidas, p.e., a ecorregião de Paraná-Guimarães (0,47 %), do Planalto Central Goiano (1,90 %), do Paranapanema-Grande (0,20 %), de Parecis (1,42 %), do Araguaia-Tocantins (2,83 %), do Bico do Papagaio (0,0 %) (Tabelas 1 e 2). Esses dados revelam um aspecto muito negativo, pois a baixa representatividade de grandes extensões significa que poucas expressões fisionômicas dos mosaicos que compõem cada ecorregião estão sendo preservadas.

Tomada como exemplo, a ecorregião Paraná Guimarães (18,87% do Cerrado), que ocupa extensões nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso (Fig. 2). Em virtude da grande abrangência espacial dessas áreas planálticas, uma grande sucessão de formações geológicas aflora em diferentes posições geográficas e de altitude. A predominância de afloramentos pertence aos sedimentos mais recentes, pertencentes aos grupos Bauru e São Bento e à cobertura detrito laterítica. Essa diversidade geomorfológica e de materiais de origem influenciaram a evolução da flora conforme estudos de biogeografia e geobotânica comparativos, realizados em diversos tipos de savanas, por Cole (1982). Floristicamente, essa ecorregião apresenta quatro complexos vegetacionais: 3B2 associado às rochas clásticas, e 3A2 associado às rochas básicas, que são dominantes, e dois complexos vegetacionais raros, 3A3 associado às rochas ácidas e geograficamente próxima ao Pantanal, e 3A1, onde existe uma significativa mancha de mata seca, que evidencia a diversidade biológica dentro da diversidade de ecorregiões. Então, caberiam algumas medidas de conservação para alcançar um estágio mais equilibrado, ou seja: aumentar o índice de áreas protegidas para o mínimo de 10 %; e realizar estudos mais refinados por ecorregião, para verificar se a diversidade paisagística dentro de cada ecorregião está mais ou menos preservada, com base nos índices atuais e nos desejáveis (10 %).

As pequenas ecorregiões do bioma Cerrado foram propostas por conterem características físicas e bióticas singulares ou únicas, conforme sua descrição. Quanto menor for um ecossistema, ou uma ecorregião, maior deverá ser seu índice de proteção, para garantia da viabilidade genética de suas populações biológicas. As ecorregiões com superfície inferior a 1 % do bioma são: Serra do Cipó, Grão-Mogol e Serra da Canastra. Elas são objeto de diversas pesquisas e projetos de conservação em Minas Gerais e foram consideradas de “importância biológica extrema” pela Fundação Biodiversitas – em estudo conjunto com o Instituto Estadual de Floresta e Conservation International –, por apresentarem altos índices de endemismo e elementos da fauna. Essas

ecorregiões possuem acima de 13 % de áreas protegidas; apesar desses bons índices de conservação, ainda é necessário averiguar se já são suficientes para se garantir a representatividade de todos os ecossistemas e populações biológicas ali existentes (Tabela 1). Nesse grupo de pequenas ecorregiões, apenas o Grão-Mogol apresenta um índice muito baixo de cobertura, por UCPI (0,86 %), que é conhecido pelos seus campos rupestres de altitude, com biota muito rica e 358 espécies botânicas ameaçadas de extinção. Esse fato exigirá muito esforço do setor público ambientalista para que sejam criadas novas áreas protegidas (Fundação Biodiversitas, 1998).

O tamanho médio das UCPI do bioma Cerrado é de 606 km<sup>2</sup>, o tamanho médio das UCPIs federais é de 1.611 km<sup>2</sup>, e as UCPIs estaduais têm o tamanho médio de 237 km<sup>2</sup> (Tabela 1). Em biomas altamente fragmentados como o Cerrado, há interesse, por parte dos conservacionistas, em determinar o tamanho mínimo de uma área protegida para garantir minimamente a viabilidade genética das populações biológicas. O tamanho ideal de uma área protegida deve ser aquele que garanta o processo evolutivo das espécies biológicas em geral, considerando os grandes táxons e filos, especiando, interagindo e ocupando ecossistematicamente os habitats. Considerando-se os territórios domiciliares dos grandes felinos neotropicais, fala-se na demanda de 100.000 ha a 200.000 ha de área vital necessária a cada indivíduo. Terborgh (1975) considera que são necessários ao menos 300.000 ha para que uma UC garanta uma efetiva preservação de ecossistemas tropicais. Ao contrário da Amazônia, o Cerrado possui poucas UCs com grande extensão. Só recentemente foram criadas três UCPIs de considerável tamanho, a saber: os Parques Nacionais do Alto Parnaíba, com 716.000 ha; o da Serra das Confusões, com 502.000 ha; a Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins, com 706.000 ha; e o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, que foi ampliado para 240.000 ha. Esses fatos – quanto alvissareiros, pois favorecerão a pesquisa científica – não correspondem inteiramente às expectativas, pois permanece a necessidade de uma melhor distribuição de novas UCs para garantia de uma representatividade ecológica mais equânime.

Embora as UCs estaduais sejam menores, estão distribuídas pelas 12 unidades federativas do Cerrado, podendo desempenhar um papel importante no processo de recuperação de paisagens fragmentadas, por meio de gestão integrada de ecossistemas, onde se busca reconectar os ecossistemas por meio de corredores ecológicos formando-se mosaicos de paisagem. O bioma Cerrado é o bioma mais contemplado com projetos de corredores ecológicos que objetivam garantir a integridade de ecossistemas inteiros por meio da gestão biorregional, exatamente por ser um bioma muito fragmentado.

Os corredores em implementação no Cerrado são: Corredor Ecológico (C.E.) Araguaia-Bananal (Ibama), C.E. Cerrado-Pantanal (CI), C.E. Paraná-Pirineus (Ibama/Jica), C.E. Jalapão-Mangabeiras e Guaporé-Itenez-Mamoré – Brasil/Bolívia. Os corredores ecológicos Araguaia-Bananal (cerca de 100.000 km<sup>2</sup>) e Guaporé-Itenez-Mamoré (cerca de 200.000 km<sup>2</sup>). Esses projetos têm por objetivo manter e/ou retomar a conectividade entre as áreas protegidas e os fragmentos remanescentes, garantindo-se o livre fluxo gênico interpopulacional (Arruda, 2001).

A continuidade da expansão do SNUC é essencial para garantir um processo de conservação a longo prazo; todavia, a gestão integrada de corredores ecológicos e mosaicos de paisagens pode garantir a viabilidade das atuais áreas protegidas e assegurar a conservação de paisagens que futuramente poderão ser incluídas no SNUC.

## Descrição das ecorregiões do bioma Cerrado

A seguir são descritas as características gerais de cada ecorregião.

### Ecorregião Alto Parnaíba

Esta ecorregião possui uma área de 184.100 km<sup>2</sup>, equivalente a 9,18 % do bioma Cerrado. Compreende superfícies tabulares estruturais submetidas a processos de pedimentação. Também há chapadas areníticas com a presença de cuestas, geralmente delimitadas por rebordos erosivos, que muitas vezes encontram-

se fortemente dissecadas ou dissimuladas por pedimentos. Amplos vales interplanálticos cortam a superfície dessa unidade, muitas vezes recobertos por rampas pedimentanas. As altitudes variam de 600 m, nos topos dos interflúvios principais, até 200 m, nos fundos de vale mais dissecados. A rede de drenagem compreende a bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, tendo como principais afluentes os rios Itapecuru, Gurguéia, Paranaíba e das Balsas, com uma série de tributários perenes ou temporários.

As rochas predominantes são arenitos da Formação Samambaia, que ocupam as posições interfluviais e os topos dos planaltos, enquanto os fundos de vale apresentam afloramentos dos arenitos e folhelhos da Formação Piauí, folhelhos e siltitos da Formação Longá, e arenitos, siltitos e folhelhos da Formação Pedra de Fogo.

Os solos dessa unidade também se encontram associados com as posições topomorfológicas, sendo que, nos interflúvios e nos topos do planalto, ocorrem Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média, enquanto, nos fundos de vale e nas rampas pedimentadas, predominam os Neossolos Quartzarênicos, o Neossolo Litólico e solos concrecionários.

Floristicamente, é caracterizada exclusivamente pelo complexo vegetacional 2A, que ocorreu também na Ecorregião Chapadão do São Francisco, porém apenas duas quadrículas tiveram coletas suficientes para entrar na análise. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas para a ecorregião em geral (mais de duas coletas) foram: *Habenaria obtusa*; *Miconia albicans*, *M. ferruginata*, *Mimosa caesalpinifolia*, *M. exalbescens*, *M. pellita*, *M. piptoptera*, *M. poculata*, *M. polycephala*, *M. sericantha*, *M. somnians*, *M. ursina*, *M. verrucosa*; Loranthaceae: *Oryctanthus florulentus*, *Psittacanthus collum-cygni*; *Solanum crinitum*; *Tabebuia aurea*, *T. ochracea*; e *Vernonia brasiliiana*.

**Raridade Distribucional e Endemismo –** O IRD variou de 0,063 a 0,106 (IRD médio = 0,084). Ocupa a 9<sup>a</sup> posição de IRD médio encontrado, indicando que, de modo geral, as espécies têm uma distribuição razoavelmente ampla no bioma. Foi registrada a presença de

uma única espécie endêmica de Bromeliaceae, *Bromelia eitenorum*. Várias espécies dos táxons indicadores são regionais, restritas a essa ecorregião: *Dyckia duckei*, *Jacaranda pulcherrima*, *Habenaria sprucei*, *Mimosa exalbescens*, *M. misera*, *M. modesta* e *M. poculata* *Oryctanthus florulentus*, ocorrendo a maioria dessas espécies na zona de transição (ecótono), o que indica afinidade da Ecorregião Alto Parnaíba com a Caatinga.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica por UCPI de 3,73 % e nenhuma UCUS. Unidades de conservação presentes: P. N. da Serra das Confusões, P. N. das Nascentes do Rio Parnaíba, P. E. do Mirador, E. E. de Urupuí – Una.

### Ecorregião Araguaia Tocantins

Esta ecorregião possui uma área de 244.598,1 km<sup>2</sup>, equivalente a 12,20 % do Cerrado. Pertence à unidade geomorfológica regional “superfície de aplanamentos”, correspondendo a uma extensa área com cimento regional em sentido norte. Os padrões de relevo dominantes são as formas de topo convexo medianamente extensas e formas de topos tabulares amplas a medianamente extensas, com ocorrência de relevos residuais em forma de pequenas serras. Em sua porção norte, assume característica monoclinal, truncando sedimentos da Bacia do Parnaíba. As altimetrias variam de 150 m a 500 m. Os principais rios que cortam a unidade são o Araguaia e o Tocantins, com uma grande quantidade de afluentes.

Na Bacia do Araguaia, afloram rochas das formações Diamantino, Complexo Goiano, Grupo Araxá, Formação Ponta Grossa, Formação Furnas. Na Bacia do Rio Tocantins, afloram rochas do Grupo Tocantins e do Complexo Goiano.

Os solos predominantes são os do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, concrecionários e, localmente, Neossolo Litólico; ainda ocorre Neossolo Quartzarênico, sendo recoberto por vegetação de transição Cerrado/Floresta.

Floristicamente, é caracterizada por dois complexos vegetacionais comuns no bioma Cerrado: 3A2 no norte da Ecorregião e 3B2 no sul. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas na ecorregião em geral (mais de quatro coletas) foram: *Cyrtopodium blanchetii*, *C. eugenii*; *Habenaria anisitsii*, *H. cryptophila*, *H. obtusa*, *H. pratensis*; *Jacaranda brasiliiana*, *J. mutabilis*, *J. rufa*; *Mimosa brachycarpa*, *M. clausenii*, *M. distans*, *M. foliolosa*, *M. gracilis*, *M. hirsutissima*, *M. laticifera*, *M. nuda*, *M. polyccephala*, *M. pseudoradula*, *M. skinnerii*, *M. somnians*, *M. xanthocentra*, *M. xavantina*; *Phoradendron crassifolium*, *P. bathyoryctum*, *Psittacanthus biternatus*, *P. robustus*; *Tabebuia aurea*, *T. impetiginosa*, *T. ochrace* e *T. roseo-alba*.

Raridade Distribucional e Edemismo – O IRD variou de 0,026 a 0,087 por quadrícula (IRD médio = 0,068). Esse IRD médio ocupa a 17<sup>a</sup> posição entre as 22 ecorregiões do bioma. Indica que, em média, as 161 espécies presentes têm uma distribuição ampla no bioma Cerrado. No entanto, foram registradas, entre os táxons indicadores, nove espécies endêmicas e nove espécies não-endêmicas exclusivas dessa ecorregião no bioma Cerrado, que tendem a aumentar o IRD. As espécies endêmicas são: *Mimosa cyclophylla*, *Mimosa densa*, *Mimosa hypnoides*, *Mimosa longepedunculata*, *Mimosa manidea*, *Mimosa rheiptera*, *M. somnambulans*, *Mimosa vestita* e *Vernonia echinocephala*. São espécies restritas não-endêmicas: *Dyckia racemosa*, *Habenaria gourlieana*, *Miconia pileata*, *Phoradendron jenmani*, *P. multifoveolatum*, *Phthirusa thelonoeura*, *Struthanthus uruguayensis*, *S. vulgaris* e *Vernonia eriolepis*.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica por UCPI de: 2,83 % e 0,01 % por UCUS. UCs presentes: P.N. da Chapada dos Veadeiros, P.N. das Nascentes do Rio Parnaíba, E. E. Serra Geral do Tocantins, P. E. do Cantão, P. E. do Jalapão, Floresta Estadual (F. E.) do Araguaia e A.R.I.E. Águas de São João.

## Ecorregião Bananal

Esta ecorregião possui uma área de 78.917,3 km<sup>2</sup>, equivalente a 3,93 % do bioma

Cerrado. Está classificada como parte do grupo geomorfológico regional “flúvio-lacustre quaternário”, juntamente com o Pantanal. Essa ecorregião é uma unidade composta por áreas de acumulação inundáveis, associada a antigos sistemas de leques aluviais, onde o processo de inundação tem origem pluvial e a inundação fluvial acontece por uma indefinição da drenagem formada sobre interflúvios muito baixos. Trata-se de uma área na qual predomina uma superfície muito plana e são recentes os processos de sedimentação, originados por inundações periódicas provocadas por uma drenagem anastomosada. Essa unidade é elaborada em sedimentos arenoso-argilosos inconsolidados quaternários. As declividades quase nulas, associadas a solos argilosos relativamente compactados, desenvolvidos sobre um pavimento de concreções ferruginosas impermeável, e a uma rede de drenagem pouco hierarquizada, propiciam a ocorrência de inundações, reforçando o caráter de áreas de acumulação inundáveis, estando nivelada entre 200 m e 220 m de altitude. O sentido de drenagem é norte/sul, com padrão dendrítico. As principais planícies fluviais estão associadas aos rios Araguaia, Cristalino e das Mortes.

Predominam Nitossolo Vermelho e Neossolo Quatzarênico junto às lagoas. Já a Formação Bananal é composta por areias e argilas inconsolidadas quaternárias. O principal tipo de vegetação é a Mata de Galeria e o contato savana/floresta que acompanha os cursos dos rios.

Floristicamente, é caracterizada por dois complexos vegetacionais comuns: 3A2 e 3B2. Porém, na maioria das quadrículas, o nível de coleta foi abaixo do patamar mínimo estabelecido para análise. Todas as espécies dos táxons indicadores coletadas para a ecorregião estão listadas a seguir: Bromeliaceae: *Aechmea bromeliifolia*; *Habenaria candolleana*, *H. juruenensis*, *H. macilenta*, *H. orchiocalcar*, *H. pratensis*; *Jacaranda brasiliiana*, *J. rufa*; *Miconia albicans*, *M. chamissois*, *M. chrysophylla*, *M. elegans*, *M. macrothyrsa*, *M. prasina*, *M. stenostachya*, *Mimosa adenocarpa*, *M. brachycarpa*, *M. debilis*, *M. gracilis*, *M. interrupta*, *M. pellita*, *M. skinneri*, *M. somnians*, *M. xanthocentra*; Viscaceae: *Phoradendron affine*, *P. piauhyanum*, *P. quadrangulare*; Loranthaceae: *Psittacanthus*

*cordatus*, *Tripodanthus acutifolius*; e *Tabebuia aurea*, *T. ochracea*.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD variou de 0,021 a 0,067 (IRD médio = 0,040 = Baixo). Esse IRD médio ocupa a 21<sup>a</sup> posição entre as 22 ecorregiões do bioma, o que indica que as 31 espécies presentes na ecorregião do Bananal são amplamente distribuídas no bioma Cerrado. Não foram registradas espécies restritas nem endêmicas nessa ecorregião, mas vale lembrar que ela ocupa uma grande área e é, para todos os efeitos, botanicamente desconhecida.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica, por UCPI, de 8,20 % e 0,13 %, por UCUS. UC presentes: P. N. do Araguaia, P. E. do Araguaia, P. E. do Cantão e F. E. do Araguaia. A presença de TI em quase 20 % do território pode representar um potencial para o manejo da conservação da biodiversidade. Essa depressão inundável é um corredor ecológico, cuja importância foi reconhecida por representar um dos maiores centros de endemismo da América do Sul, em estudo de mariposas feito por Brown Júnior (1979).

### Ecorregião Bico do Papagaio

Está inserida no contexto das “superfícies de aplanamento regionais”. Essa ecorregião compreende um relevo monoclinal esculpindo os sedimentos da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Ocorre uma área de transição entre os relevos deprimidos da Bacia do Rio Tocantins e os interflúvios da Bacia do Parnaíba. Predominam formas de topo convexo do tipo medianamente extenso e formas de topos tabulares amplos a medianamente extensos, com ocorrência de relevos residuais em forma de pequenas serras.

As altitudes dos relevos mais elevados variam de 150 m e 500 m, conformando uma ampla superfície inclinada para norte, sendo drenada por afluentes do Rio Tocantins. Nessa porção do bioma, afloram rochas do Complexo Goiano, do Grupo Tocantins, das Formações Samambaia e da Pedra de Fogo.

Os solos predominantes são os do tipo Latosolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, solos concretionários e, localmente,

Neossolo Litólico, e ainda a presença dos solos do tipo Neossolo Quartzarênico.

Floristicamente, é caracterizada por dois complexos vegetacionais: 3A2, que é um tipo comum, e 3A4, exclusivo da ecorregião. Necesita de urgentes estudos botânicos para seu melhor conhecimento. A seguir são apresentadas todas as 27 espécies dos táxons indicadores já coletados: Bromeliaceae: *Encholirium spectabilis*, *Pitcairnia hatschbachii*, *P. flammnea*, *P. torresiana*; *Habenaria orchiocalcar*, *H. schwackei*, *H. trifida*, *H. aff. lasioglossa*, *H. balansaei*, *H. petalodes*; *Jacaranda brasiliiana*, *J. simplicifolia*; *Miconia albicans*, *M. fallax*, *M. ferruginata*, *M. nervosa*, *M. heliotropoides*; *Mimosa pellita* (invasora), *M. somnians*, *M. skinneri*, *M. xanthocentra*, *M. ursina*; *Solanum americanum* (invasora); *Tabebuia aurea*, *T. ochracea*, *T. roseo-alba*; e *Vernonia coriacea*.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD variou de 0,059 a 0,111 (IRD médio = 0,08 = mediano). Esse IRD médio ocupa a 13<sup>a</sup> posição entre as 22 ecorregiões do bioma, fato que indica que a maioria das espécies tem uma distribuição razoavelmente ampla no Cerrado. Foi registrada a presença de uma única espécie endêmica e restrita, a Bromeliaceae *Pitcairnia torresiana*, bem como da espécie *Pitcairnia hatschbachii*, muito rara no bioma Cerrado. Como o esforço de coleta é escasso, é possível que ambas as espécies sejam regionais.

Essa ecorregião apresenta um baixíssimo índice de representatividade ecológica por UCPI, 0,00 % e 0,43 % por UCUS. UCs presentes: P. E. Serra dos Martírios/Andorinhas, R. EX. Mata Grande e R. EX. Ciríaco. A ecorregião está em rota de desaparecimento biológico por estar em área de grande ameaça e não possuir um padrão mínimo de conservação, por área protegida.

### Ecorregião Chapadão do São Francisco

Esta ecorregião possui uma área de 121.480,5 km<sup>2</sup>, que corresponde a 6,06 % do bioma Cerrado. Compreende um planalto, com predomínio de extensas áreas, com topos tabulares, extensos chapadões e fraca densidade

de drenagem. A declividade dos terrenos é muito baixa, geralmente inferior a 5 %, sendo essas formas elaboradas sobre rochas sedimentares. Nas bordas do planalto e em posições topograficamente inferiores ao nível das chapadas, ocorrem patamares associados a rochas calcárias do Grupo Bambuí. As altitudes variam de 500 m a 1.000 m. Compreende as bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Tocantins e Sapão, sendo mais desenvolvida na primeira, enquanto, nas duas últimas, conformam áreas de nascente em relevos de patamares. Aspectos interessantes da rede de drenagem dessa unidade é seu padrão paralelo, que indica um forte controle estrutural dado pelas rochas sobrejacentes.

As rochas do Grupo Bambuí, fracamente afetadas por dobras de pequena amplitude, são sobrepostas por sedimentos da Formação Urucuia. Os materiais superficiais com características areno-argilosas conformam um bom substrato para a evolução de perfis de solo latossólico, predominando Latossolo Vermelho-Amarelo e os Neossolo Quartzarênico. Solos hidromórficos ocorrem em áreas de chapadas, associados a processos de indefinição de drenagem em setores com declividade baixa, com formações de lagoas temporárias ou veredas. Apesar da grande extensão norte-sul e da variabilidade climática existente, predomina as vegetações de Cerrado e Campo Cerrado.

Floristicamente, é caracterizada por dois complexos vegetacionais: 2A, que ocorre em cinco quadrículas, e 2B, registrado em duas quadrículas apenas. O complexo vegetacional 2B está restrito a essa ecorregião, e o complexo 2A, compartilhado com a ecorregião vizinha Parnaíba, sendo estas duas ecorregiões bastante similar floristicamente. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas para a ecorregião em geral (mais de três coletas) foram: *Habenaria longicauda*, *H. obtusa*, *Habenaria aff. repens*; *Jacaranda brasiliiana*, *J. praetermissa*, *J. simplicifolia*; Loranthaceae: *Psittacanthus collum-cygni*, *Struthanthus flexicaulis*; *Miconia albicans*, *M. chamissois*; *Mimosa burchelli*, *M. coruscocaesia*, *M. dichroa*, *M. hirsutissima*, *M. hypoglaucia*, *M. piptoptera*, *M. polycephala*, *M. pteridifolia*, *M. sericantha*, *M. somnians*, *M. tenuiflora*, *M. xanthocentra*; *Solanum ameri-*

*canum* (invasora); *Tabebuia aurea*; *Vernonia aurea*, *Vernonia ligulaefolia*, *Vernonia monocephala*; e Viscaceae: *Phoradendron crassifolium*.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD variou de 0,059 a 0,111 (IRD médio = 0,073 = mediano). Esse IRD médio ocupa a 15<sup>a</sup> posição entre as 22 ecorregiões do bioma, indicando que, em média, as espécies têm uma distribuição razoavelmente ampla no Cerrado. Alguns valores mais altos, como 0,91, 0,92 e 0,111, provavelmente se devem à presença de espécies regionais ou de transição com a Caatinga, como *Vernonia chalybaea*, ou de distribuição localizada, como *Jacaranda praetermissa*, que ocorreu apenas nessa ecorregião e na Depressão do Parnaguá. *Mimosa burchelli* e *Mimosa coruscocaesia* não são restritas, embora endêmicas. Foram registradas três espécies endêmicas e cinco espécies regionais restritas ao Chapadão do S. Francisco: Bromeliaceae, a saber: *Encholirium patens*; *Mimosa burchelli*, *M. coruscocaesia*. As espécies regionais restritas foram: Loranthaceae: *Psittacanthus corynocephalus*, *Phoradendron triplinervium*, *Mimosa apodocarpa*, *Mimosa guaranitica* e *Vernonia chalybaea*.

Essa ecorregião apresenta uma representatividade ecológica de 6,67 % por UCPI e 0,11 % por UCUS. Unidades de conservação presentes: P. N. Cavernas do Peruaçu, P. N. das Nascentes do Rio Parnaíba, P. N. Grande Sertão Veredas, P. E. de Terra Ronca, P. E. do Jalapão, P. E. Serra das Araras, P. E. Veredas do Peruaçu, E. E. Serra Geral do Tocantins, Refúgio de Vida Silvestre (R.V.S.) das Veredas do Oeste Baiano e F. N. de Cristópolis.

## Ecorregião Chiquitania

Esta ecorregião, também conhecida pelo nome de Bosque Chiquitano, ocupa uma área maior na Bolívia. Possui uma superfície de 62.754 km<sup>2</sup>, 3,13 % do bioma Cerrado. Compreende uma grande variedade de relevos, variando entre áreas planálticas pouco elevadas, posicionados conformando amplos interflúvios na posição central da ecorregião e depressões quaternárias localizadas a leste e a oeste, preenchidas por sedimentos recentes, associados a leques aluviais

e a canais fluviais de maior porte. As altitudes variam de 200 m a 600 m. São identificadas duas fisionomias distintas na paisagem, em virtude da litologia e da organização da drenagem. Na extremidade norte, junto às bordas das escarpas do Planalto dos Parecis, as áreas deprimidas constituem uma faixa mais delgada. O relevo esculpido em rochas da Formação Diamantino é dissecado em formas tabulares médias a amplas, com fraca incisão da rede hidrográfica. Nas áreas elaboradas sobre os sedimentos das formações Guaporé e Pantanal, ocorrem relevos com formas tabulares amplas e com baixo desnível entre topo e fundo de vale. A drenagem é comandada a oeste pelo alto curso do Rio Guaporé e seus afluentes, que formam amplas planícies fluviais. Ao leste, os principais rios são Sepotuba, Bugres e Paraguai.

O nível de coleta botânica foi insuficiente para entrar na análise de agrupamento. As 16 espécies dos táxons indicadores já coletadas para essa ecorregião foram: *Cyrtopodium latifolium*, *C. saintlegerianum*; *Jacaranda cuspidifolia*, *J. rufa*; *Habenaria heptadactyla*, *H. mitomorpha*, *H. nuda*, *H. pratensis*, *H. trifida*; Loranthaceae: *Psittacanthus robustus*; *Mimosa interrupta*; *Miconia dispar*; *Solanum paniculatum*; *Tabebuia aurea*, *T. ochracea* e *T. serratifolia*.

**Raridade Distribucional e Endemismo** – Foi registrada a presença de uma espécie com distribuição restrita a essa ecorregião: *Miconia dispar*. Não foram registradas espécies endêmicas, mas vale lembrar que ela é praticamente desconhecida botanicamente.

A Chiquitania foi definida como a segunda ecorregião do bioma Cerrado desde o estudo de Dinsterstein et al. (1995). Sua vegetação é associada ao Chaco Úmido e a alguns ecossistemas com influência andina. Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica, por UCPI, de 3,17 % e 0,00 % por UCUS. UC presentes: P. E. de Corumbiara e P. E. Serra de Ricardo Franco. A presença de TI é relevante, com cerca de 10 % do seu território.

### Ecorregião Complexo Bodoquena

Esta ecorregião possui uma área de 39.528,2 km<sup>2</sup>, que corresponde a 1,97 % do

bioma Cerrado. Está inserida na unidade geomorfológica regional “superfícies de aplanamento”. Compreende um relevo serrano, com topos convexos e forte índice de dissecação do relevo, onde o embasamento da faixa de dobramentos Paraguai-Araguaia aflora, formando a região da Serra da Bodoquena, circundada por relevos rebaixados da Depressão do Paraguai. Nas áreas elaboradas sobre os sedimentos da Formação Pantanal, ocorrem relevos com formas tabulares amplas e com baixo desnível entre topo e fundo de vale. A altimetria está nivelada entre 120 m e 300 m. A rede de drenagem pertence à Bacia do Rio Paraguai.

Nessa área, ocorrem rochas do Grupo Corumbá e do Complexo Rio Apa (gnaisses, micaxistas e quartzitos). A Formação Bocaina apresenta rochas calcárias, bem como dolomitos e mármores, configurando relevos cársticos, a exemplo da região de Bonito.

A distribuição dos solos acompanha o relevo e o embasamento rochoso, com presença de Nitossolo Vermelho, Neossolos Litólicos e Cambissolos, e Podzólico Vermelho-Amarelo eutróficos e distróficos. Esses solos são colonizados principalmente por vegetação de florestas estacionais, e, em menor escala, pelo contato floresta/savana.

Floristicamente, essa ecorregião é caracterizada por dois complexos vegetacionais: 3A1 e 3A2. O complexo vegetacional 3A2 é um dos mais comuns no bioma, ocupando grandes áreas de quatro ecorregiões, além do Complexo da Bodoquena; o complexo 3A1 é um tanto raro, ocorrendo somente em três quadrículas, porém cada qual em uma ecorregião diferente; as outras duas localizam-se no Paranapanema Grande e em Paracatu. As espécies dos táxons indicadores já coletadas para a ecorregião foram: Bromeliaceae: *Aechmea bromeliifolia*, *Ananas ananasoides*, *Bromelia antiacantha*, *B. interior*, *Deuterocohnia meziana*, *Dyckia leptostachya*, *Fosterella hatschbachii*, *F. penduliflora*, *Pseudananas sagenarius*, *Tillandsia geminiflora*; *Jacaranda cuspidifolia*, *J. puberula*; Loranthaceae: *Phoradendron piperoides*; *Mimosa hirsutissima*, *M. lanuginosa*, *M. sensitiva*; *Solanum asperolatum*, *S. granulos-leprosum*, *S. lycocarpum*,

*S. palinacanthum*, *S. paniculatum*; *Tabebuia aurea*, *T. heptaphylla*, *T. impetiginosa*, *T. roseoalba*; e *Vernonia brasiliiana*, *V. ferruginea*.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD variou de 0,04 a 0,087 (IRD médio = 0,0635 = mediano). Esse IRD médio ocupa a 18<sup>a</sup> posição entre as 22 ecorregiões do bioma. Isso indica que, de modo geral, as 30 espécies dos táxons indicadores presentes têm uma distribuição ampla no bioma. Não foram registradas espécies restritas à ecorregião, nem endêmicas.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica por UCPI de 1,95 % e 0,00 % por UCUS. UC presentes: P. N. da Serra da Bodoquena.

### Ecorregião Depressão Cuiabana

Esta ecorregião possui uma área de 54.522 km<sup>2</sup>, equivalente a 2,72 % do bioma Cerrado. Pertence ao grupo geomorfológico das “superfícies de aplanamento”. Essa unidade refere-se à área topograficamente rebaixada, com altitudes entre 200 m e 450 m, delimitada pela Província Serrana de norte a oeste, pela Chapada dos Guimarães e pelo Planalto Setentrional da Bacia do Paraná a leste e pelo Pantanal ao sul. Characteriza-se como uma superfície em rampa inclinada, com caimento de norte para sul. O modelado do relevo é bastante variado em razão da litologia e da estrutura geológica. As formas de topos tabulares medianamente extensos são predominantes nessa unidade, tendo-se secundariamente formas aguçadas e convexas. A drenagem na Depressão Cuiabana reflete forte influência dos lineamentos estruturais das rochas do Grupo Cuiabá. Tais evidências são notadas nos rios Cuiabá e Manso, cujos cursos apresentam inflexões abruptas de direção.

Nessa área, ocorre, de modo generalizado, um pavimento detritico constituído por blocos angulosos de rochas compostas de quartzo e quartzito. Na Bacia do Rio Guaporé, essa unidade morfoes-cultural topograficamente baixa caracteriza-se como uma superfície aplanada e conservada, formada por sedimentos inconsolidados, cujas altitudes variam de 200 m e 250 m. Esse pavimento originou Neossolos Litólico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolos Quartzarênicos.

Essa ecorregião é formada por três áreas fragmentadas. Apenas o fragmento central de uma quadrícula foi analisado, visto que os outros dois fragmentos praticamente não apresentaram coletas. O fragmento central da ecorregião analisado revelou que, floristicamente, ela é caracterizada pelo complexo vegetacional 3B2, que é um tipo comum, que ocorre em grandes áreas de outras ecorregiões, a saber: Bacia do Paraná, Paranapanema Grande, Planalto Central e sul do Araguaia. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas para a ecorregião em geral (mais de duas coletas) foram: *Bromelia balansae*; *Cyrtopodium fowliei*, *C. poecilum*, *C. saintegerianum*, *C. triste*; *Dyckia saxatilis*; *Habenaria amambayensis*, *Habenaria heptadactyla*, *Habenaria obtusa*, *Habenaria pratensis*; *Jacaranda cuspidifolia*, *J. rufa*; *Mimosa debilis*, *M. somnians*; *Solanum sisymbriifolium*; e *Tabebuia aurea*, *T. insignis*.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD 0,083 (mediano). Esse IRD médio ocupa a 12<sup>a</sup> posição entre as 22 ecorregiões do bioma, indicando que a maioria das 34 espécies nela presentes têm uma distribuição razoavelmente ampla no Cerrado. A espécie *Bromelia sylvicola* é restrita a essa ecorregião. Não foram registradas espécies endêmicas na ecorregião.

Essa ecorregião apresenta um baixíssimo índice de representatividade ecológica por UCPI, de 0,46 % e 0,00 % por UCUS. UC presentes: P. E. Serra de Santa Bárbara, E. E. Serra das Araras e Reserva Ecológica Culuene.

### Ecorregião Depressão do Parnaguá

Esta ecorregião tem uma área de 58.899,9 km<sup>2</sup>, equivalente a 2,94 % do bioma Cerrado. Pertence ao grupo Depressões Interplanálticas. Essa unidade de relevo encontra-se em posição interplanáltica, desenvolvendo-se entre o Planalto Sedimentar da Bacia do São Francisco e o Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão. Compreende um conjunto de relevo tabular de origem estrutural, composto por uma superfície rebaixada, delimitada por frentes de cuestas e rebordos erosivos. A altimetria varia entre 400 m e 500 m. A rede de drenagem, composta pelos

rios Gurguéia, Balsas e Parnaíba, conforma uma série de passagens epigênicas, para a entrada no Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão.

As rochas predominantes são arenitos da Formação Samambaia, que ocupam as posições interfluviais e os topos dos planaltos, com a presença de basaltos da Formação Orozimbo na região de nascentes do Rio Parnaíba. Nos fundos de vale que cortam a superfície da depressão, ocorrem afloramentos dos arenitos e folhelhos da Formação Piauí, folhelhos e siltitos da Formação Longá e arenitos, siltitos e folhelhos da Formação Pedra de Fogo. Nenhuma das quadrículas dessa ecorregião alcançou nível de coleta suficiente para entrar na análise de UPGMA. Listam-se, a seguir, todas as espécies dos táxons indicadores já coletados na ecorregião do Parnaguá: *Habenaria balansaei*; *Jacaranda brasiliiana*, *J. praetermissa*, *J. simplicifolia*, *J. ulei*, *Miconia ciliata*, *M. ferruginata* *Mimosa acutistipula*, *Mimosa dichroa*, *Mimosa invisa*, *Mimosa pteridifolia*, *Mimosa somnians*, *Mimosa tenuiflora*, *Mimosa verrucosa*, *Mimosa xanthocentra*. Loranthaceae: *Phthirusa ovata*, *Phthirusa stelis*, *Struthanthus flexicaulis* *Tabebuia aurea*, *Tabebuia impetiginosa*, *Tabebuia ochracea* e *Vernonia cuiabensis*.

**Raridade Distribucional e Endemismo –** O IRD variou de 0,063 a 0,111 (IRD médio = 0,083). Ocupa a 11<sup>a</sup> posição de IRD médio encontrado entre as 22 ecorregiões, indicando que, de modo geral, as espécies têm uma distribuição razoavelmente ampla no bioma Cerrado. Não foram registradas espécies endêmicas nessa ecorregião, mas a espécie *Mimosa acutistipula* foi a espécie regional restrita a ela.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica por UCPI de 7,91 % e 0,00 % por UCUS. UC presentes: P. N. das Nascentes do Rio Parnaíba. Uma única UC, com mais de 700.000 ha, criada recentemente, mostra que é possível criar novas e grandes UCs no Cerrado, com grande impacto sobre os índices de proteção.

### Ecorregião Grão-Mogol

Esta ecorregião tem área de 3.896 km<sup>2</sup>, equivalente a 0,19 % do bioma Cerrado. Pertence

ao grupo “serras em faixas de dobramento”. Sua estrutura é formada essencialmente por dissecação em rochas do Supergrupo Espinhaço, as quais compõem a Serra do Espinhaço, localizada na parte leste do bioma Cerrado, prolongando-se longitudinalmente, confrontando-se ao sul com o Quadrilátero Ferrífero e, em direção norte, estendendo-se pelo interior da Bahia, pelo domínio da Caatinga. Em virtude de seu prolongamento longitudinal norte/sul, a serra representa um divisor de águas entre as bacias dos rios São Francisco e Jequitinhonha e ainda divide as bacias dos rios Jequitinhonha e Doce, e abrange a região da Bacia do Rio Pardo. A altimetria varia entre 1.000 m e 1.300 m, alcançando 1.450 m em sua porção sul. Sua estrutura é formada essencialmente por dissecação em rochas do Supergrupo Espinhaço e restos de antigas superfícies aplanaadas. Observa-se ainda uma sucessão de escarpas escalonadas, associadas a linhas de falhas. Há importantes aquíferos na unidade geomorfológica, os quais se originam de fraturas, resultando em um grande número de nascentes, entre as quais, a do Rio Jequitinhonha.

As rochas predominantes são compostas por quartzitos, micaxistas e conglomerados do Supergrupo Espinhaço. Os solos predominantes são do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo, com grande ocorrência de Neossolo Litólico, em especial nas áreas mais dissecadas e escarpas, bem como de Cambissolo.

**Raridade Distribucional e Endemismo –** O IRD para as Ecorregiões Grão-Mogol/Jequitinhonha variou de 0,072 a 0,125 (IRD médio = 0,09 = mediano). Embora ainda esteja na faixa do mediano, ocupa a 7<sup>a</sup> posição de IRD médio encontrado, informando que as espécies dos táxons indicadores que ocorrem em Grão-Mogol têm uma distribuição pouco expressiva no bioma. Três espécies não-endêmicas restritas à ecorregião foram identificadas: *Bilbergia iridifolia*, *Orthophytum compactum* e *Pitcairnia bradei*; enquanto sete são endêmicas, todas elas pertencentes à família Bromeliaceae, a saber: *Dyckia granmogolensis*, *Encholirium irwini*, *Hohenbergia leopoldo-horstii*, *Orthophytum humile*, *Orthophytum mello-barretoi*, *Tillandsia graomogolensis* e *Tillandsia kurt-horstii*. *Orthophytum mello-barretoi*. Embora endêmicas, essas espécies não são restritas à ecorregião.

A ecorregião Grão-Mogol está inserida nas mesmas quadrículas que compõem a ecorregião Jequitinhonha, não sendo possível separar os resultados das duas na análise de UPGMA. Floristicamente, as duas quadrículas que alcançaram nível suficiente de coletas, e que compõem as ecorregiões Grão-Mogol/Jequitinhonha, são caracterizadas por dois complexos vegetacionais. A quadrícula ao norte apresentou o complexo vegetacional 3C2, que é um tipo raro, compartilhado apenas por essa ecorregião e por duas quadrículas contíguas a ela na ecorregião Paracatu. A quadrícula ao sul apresentou o complexo vegetacional 1A, compartilhado com quadrículas isoladas da Serra da Canastra, com o São Francisco-Velhas e com o Paranaíba. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas, apenas para a ecorregião Grão-Mogol (mais de duas coletas), foram: Bromeliaceae: *Aechmea bromeliifolia*, *Dyckia oligantha*, *Encholirium irwinii*, *Orthophytum humile*, *Pitcairnia bradei*, *Tillandsia recurvata*, *Tillandsia streptocarpa*, *Tillandsia usneoides*; *Habenaria trifida*; e Loranthaceae: *Phthirusa ovata*.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica por UCPI de 0,86 % e nenhuma UCUS. Unidade de conservação presente: P. E. Grão-Mogol. Essa ecorregião, além de minúscula, possui baixíssima representatividade, ou seja, está em risco.

### Ecorregião Jequitinhonha

Esta ecorregião tem área de 35.195,5 km<sup>2</sup>, equivalente a 1,75 % do Cerrado. Pertence ao grupo “planaltos em estruturas complexas”. A ecorregião está contida em sua maior parte no Médio Vale do Rio Jequitinhonha até as proximidades da confluência do Rio São Miguel, na localidade de Jequitinhonha. É composto por relevos do tipo chapada, apresentando, portanto, áreas de aplainamento limitadas por rebordos erosivos e áreas deprimidas que acompanham o Vale do Rio Jequitinhonha. As altitudes variam de 900 m a 1.000 m, podendo, nas regiões localizadas a oeste e a sudeste da ecorregião, atingir até 1.200 m. Essas áreas alternam-se com zonas dissecadas, que acompanham os rios principais e seus afluentes, nos quais predomi-

nam vertentes ravinadas e vales encaixados, cristas, colinas e pontões com rochas aflorantes. A Bacia do Rio Pardo também faz parte da ecorregião do Jequitinhonha, caracterizada por apresentar relevo plano, com superfície de aplainamento preservada, proveniente do período Terciário. Nessa área, predominam altitudes entre 900 m e 1.070 m.

As rochas são compostas por micaxistos, filitos, diamictitos e metaconglomerados do Grupo Macaúbas e gnaisses do embasamento cristalino e ainda cobertura detritica.

Os solos estão diretamente relacionados com as posições topográficas; assim, os Latossolos surgem nas superfícies tabulares de cimeira, enquanto o Neossolo Litólico e o Argissolo abrangem as áreas colinosas e amorreadas.

Floristicamente, as duas quadrículas que alcançaram nível suficiente de coletas e que compõem as ecorregiões Grão-Mogol/Jequitinhonha são caracterizadas por dois complexos vegetacionais. A quadrícula ao norte apresentou o complexo vegetacional 3C2, que é um tipo raro, compartilhado apenas por essa ecorregião e por duas quadrículas contíguas a ela, na Ecorregião Paracatu. A quadrícula ao sul apresentou o complexo vegetacional 1A. O complexo 1A também ocorre em duas outras quadrículas, sendo uma delas no local onde se encontram as ecorregiões Paranaíba, Serra da Canastra e Paranapanema Grande, e a outra, onde se encontram as ecorregiões Serra da Canastra e São Francisco–Velhas. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas, apenas para a ecorregião Jequitinhonha (mais de duas coletas) foram: *Cyrtopodium aliciae*, *C. eugenii*; *Dyckia oligantha*; *Habenaria caldensis*, *H. aff. setacea* 1; *Jacaranda caroba*, *J. paucifoliolata*; *Miconia albicans*, *M. ferruginata*; *Mimosa antrorsa*, *Mimosa aurivillus*, *Mimosa filipes*, *Mimosa gemmulata*, *Mimosa hirsutissima*, *Mimosa minarum*, *Mimosa pithecollobium*, *Mimosa somnians*; Loranthaceae: *Psittacanthus robustus*, *Struthanthus flexicaulis*, *Struthanthus* sp.; *Tabebuia ochracea*; e Viscaceae: *Phoradendron crassifolium*.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD para as ecorregiões Grão-Mogol/Jequitinhonha

variou de 0,072 a 0,125 (IRD médio = 0,09 = mediano), ocupando a 6<sup>a</sup> posição entre as 22 ecorregiões. Entre as 58 espécies dos táxons indicadores registradas no Jequitinhonha, há três espécies endêmicas: *Encholirium reflexum*, *Mimosa parviceps* e *Tabebuia bureavii*. Três outras espécies são regionais, restritas à essa ecorregião, no bioma Cerrado: *Cyrtopodium aliciae*, *Mimosa minarum* e *Miconia ramboi*.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade por UCPI de 1,94 % e nenhuma UCUS. Unidades de conservação presentes: P. N. das Sempre-Vivas, P. E. Biribiri, P. E. Grão-Mogol, P. E. Rio Preto e E.E Acauã.

### Ecorregião Paracatu

Esta ecorregião tem área de 98.761,0 km<sup>2</sup>, equivalente a 4,92 % do bioma Cerrado. Compreende um relevo serrano do tipo apalacheano, compreendendo cristas alongadas, com vales aplanados e rebaixados. Os topos e os interflúvios mais altos encontram-se truncados por superfície de erosão, configurando muitas vezes sistemas de relevos tabulares alongados. Em virtude da presença de anticlinais e sinclinais, ambas truncadas por processos erosivos, a variação de altitude é grande, com topos próximos a 1.000 m a 1.200 m, enquanto os fundos de vale atingem 600 m. Também ocorrem superfícies tabulares, do tipo chapadas, com coberturas sedimentares em sua maior parte arenosas, as quais têm, como contorno, rebordos erosivos bem marcados. Distinguem-se dois tipos de níveis de relevos tabulares: o primeiro, variando de altitudes de 800 m a 1.000 m; o segundo, de 600 m a 800 m. Os principais rios que cortam essas áreas são afluentes do Rio São Francisco, destacando-se os rios Paracatu, o Preto e o Maranhão.

As rochas que apóiam essas formas de relevo pertencem ao Grupo Bambuí, ao Grupo Canastra e ao Grupo Araxá, sendo compostas por quartzitos recobertos por sedimentos cenozóicos na superfície de aplanamento que recobre os topos tabulares, enquanto, nas depressões, ocorrem litologias cársticas.

O material superficial é predominantemente arenoso, dando origem a Latossolo Vermelho-

Amarelo e a Neossolo Quartzarênico nos topos, além de a Cambissolo e a Neossolo Litólico nas vertentes íngremes. Floristicamente, essa ecorregião é caracterizada por três complexos vegetacionais: 3C1, que ocorreu em três quadrículas; 3C2, que ocorreu em duas quadrículas; e pequenas áreas dessa ecorregião que pertencem aos complexos vegetacionais 2A, 3D2 e 3A1. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas para a ecorregião em geral (de cinco coletas) foram: Bromeliaceae: *Aechmea phanerophlebia*, *Billbergia vittata*, *Dyckia oligantha*, *Tillandsia recurvata*, *T. streptocarpa*; *Cyrtopodium cardiochilum*; *Habenaria obtusa*; *Jacaranda brasiliiana*, *J. paucifoliata*; *Miconia albicans*, *M. ferruginata*; *Mimosa albolanata*, *M. clausenii*, *M. debilis*, *M. decorticans*, *M. distans*, *M. falcipinna*, *M. foliolosa*, *M. gracilis*, *M. hirsutissima*, *M. lanuginosa*, *M. laticifera*, *M. nuda*, *M. pellita*, *M. pseudoradula*, *M. pteridifolia*, *M. radula*, *M. sensitiva*, *M. setosa*, *M. somnians*, *M. xanthocentra*, *M. velloziana*; Loranthaceae: *Phoradendron bathyoryctum*, *Psittacanthus robustus*, *Struthanthus flexicaulis*; Solanum lycocarpum, *S. paniculatum*; *Tabebuia aurea*, *T. ochracea*; e *Vernonia bardanoides*, *V. buddleiaefolia*.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD variou de 0,051 a 0,167 (IRD médio = 0,088 = mediano). Embora ainda esteja na faixa do mediano, ocupa a 8<sup>a</sup> posição de IRD médio encontrado, indicando que, em média, as 198 espécies não são tão amplamente distribuídas no bioma Cerrado, tendo, sem dúvida, a presença das espécies endêmicas abaixado o IRD. Foi registrada a presença de 17 espécies endêmicas nessa ecorregião: *Dyckia goiana*, *Habenaria aff. aphylla*, *Mimosa accedens*, *M. auriberbis*, *M. accroconica*, *M. cylindracea*, *M. decorticans*, *M. densa*, *M. echinocaula*, *M. heringerii*, *M. lanuginosa*, *M. lithoreas*, *M. nycteridis*, *M. procurrens*, *M. rava* (possivelmente), *M. rufipila* (possivelmente) e *Phoradendron pinheirensense*. Ocorreu também *M. speciosissima*, espécie de distribuição regional. Endêmicas não-restritas foram: *Habenaria aff. aphylla*, *Mimosa accedens*, *M. cylindracea*, *M. decorticans*, *M. densa*, *M. echinocaula*, *M. heringerii*, *M. lanuginosa*, *M. procurrens* e *M. rufipila*.

Restritas a essa ecorregião foram: *Billbergia distachia*, *Vriesea procera*, *Cyrtopodium cipoense*, *Psittacanthus acinarius*; *Vernonia cordigera*; e *Vernonia soderstromii*.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica por UCPI de 1,66 % e 0,00 % por UCUS. Unidades de conservação presentes: P. N. das Sempre-Vivas, E. E. de Águas Emendadas, R. B. Sagarana/Barra, R. B. Sagarana/Logradouro, R. B. Sagarana/Mata Seca, R. B. Sagarana/Moinho, A.S.P.E. Córrego Espanha e Ribeirão S. Isabel, e A.S.P.E. Gruta Lapa Nova.

### Ecorregião Paraná Guimarães

Esta ecorregião tem área de 377.902 km<sup>2</sup>, equivalente a 18,87 % do bioma Cerrado. Compõe parte da unidade geomorfológica “Planaltos em Estrutura Sedimentar Concordante”. A Bacia Sedimentar do Paraná está morfologicamente disposta em degraus ou patamares sucessivos, resultantes da atuação de processos erosivos sobre as camadas areníticas, alternadas com basalto. No interior do planalto, predominam as formas mistas de aplanação e dissecação fluvial, configurando amplas colinas, com baixa densidade de drenagem. São freqüentes também as formas tabulares do tipo mesa, associadas a processos de erosão diferencial ou a processos locais de falhamento e movimentação de blocos. O sistema hidrográfico da Bacia do Prata é comandado pelos rios Paraná e Paraguai. Os afluentes mais importantes são: Tietê, Grande, Paranaíba, Paranapanema, Pardo, Taquari, São Lourenço e Corumbá. As altitudes variam de 1.000 m nas bordas do planalto até 300 m na calha do Rio Paraná.

Essa extensa ecorregião ocupa áreas nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso, correspondendo às camadas sedimentares e aos derrames de rochas vulcânicas (basalto) da Bacia Sedimentar do Paraná. Em razão da grande abrangência espacial dessas áreas planálticas, uma grande sucessão de formações geológicas aflora em diferentes posições geográficas e de altitude. A predominância de afloramentos corresponde

a sedimentos mais recentes, pertencentes aos grupos Bauru, São Bento e à cobertura detrito laterítica.

A variabilidade de solos é muito grande em virtude da possibilidade de complexas relações entre fatores formadores de solo. Predominam aqueles com desenvolvimento de horizonte B latossólico, como o Latossolo Vermelho-Amarelo e o Latossolo Vermelho, associados a relevo mais suave; o Latossolo Vermelho ocorre associado ao afloramento de rochas basálticas. Solos menos profundos ou pouco desenvolvidos aparecem associados a condições de relevos mais acidentados ou em áreas com afloramento rochoso de termos fortemente arenosos.

Floristicamente, essa ecorregião apresenta quatro complexos vegetacionais, sendo dominada por dois dos mais comuns do bioma Cerrado: 3B2 associado às rochas clásticas, e 3A2 associado às rochas básicas. Apresenta ainda dois complexos vegetacionais raros: 3A3, associado à rochas ácidas e geograficamente próxima do Pantanal; e 3A1, onde existe uma significativa mancha de mata seca. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas para a ecorregião em geral (mais de quatro coletas), foram: Bromeliaceae: *Pitcairnia irwiniana*; *Cyrtopodium paludicolum*; *Habenaria glazioviana*; *Jacaranda brasiliiana*, *J. cuspidifolia*, *J. decurrens*, *J. mutabilis*, *J. rufa*; Loranthaceae: *Psittacanthus robustus*; *Miconia albicans*, *M. chamissois*, *M. fallax*, *M. ferruginata*, *M. stenostachya*; *Mimosa foliolosa*, *M. gemmulata*, *M. gracilis*, *M. hebecarpa*, *M. radula*, *M. setosa*, *M. somnians*, *M. xanthocentra*; *Solanum lycocarpum*, *Solanum* aff. *lycocarpum*, *S. palinacanthum*, *S. sisymbriifolium*; *Tabebuia aurea*, *T. impetiginosa*, *Tabebuia insignis*, *T. ochracea*, *T. serratifolia*; *Vernonia*: *V. echitifolia*, *V. ferruginea*; e Viscaceae: *horadendron crassifolium*.

Índice de Raridade Distribucional – Variou entre 0,027 e 0,097 (IRD médio = 0,062 = mediano). Esse IRD médio coloca essa ecorregião em 19º lugar, entre as 22 ecorregiões do bioma. Indica que, de modo geral, as 156 espécies dessa ecorregião têm uma distribuição ampla no bioma Cerrado, visto que a presença de 14 endêmicas age no sentido de abaixar o IRD

médio. Ocorreram ainda oito espécies não-endêmicas, restritas a essa ecorregião: *Miconia jucunda*, *Mimosa diptera*, *Phthisirusa abdita*, *Tillandsia limarum*, *Tillandsia polystachia*, *Vernonia arenaria*, *Vernonia chamaedrys* e *Vernonia rubricaulis*. As 14 espécies endêmicas, distribuídas por nove quadrículas, são listadas a seguir: Bromeliaceae: *Billbergia brachysiphon*, *B. kuhlmanni*, *Bromelia horstii*, *Dyckia coximensis*, *D. estevesii*, *D. microcalyx*, *D. pumila*, *Encholirium lymanianum*; *Habenaria hatschbachii*; Loranthaceae: *Struthanthus savannae*; *Mimosa brevipes*, *M. callithrix*, *M. setifera*; *Vernonia angulata*; e *H. hatschbachii*, embora endêmica, não foi restrita.

Essa ecorregião possui o índice de representatividade por UCPI de 0,47 % e nenhuma UCUS. As unidades de conservação presentes são: Parque Nacional (P. N.) da Chapada dos Guimarães, P. N. das Emas, Parque Estadual (P. E.) de Águas Quentes, R. Est. Lagoa de São Paulo (Tabela 2).

### Ecorregião Paranaíba

Esta ecorregião tem área de 13.932 km<sup>2</sup>, que equivale a 0,70 % do bioma Cerrado. Pertence ao grupo das “depressões interplanálticas”. Desenvolve-se na borda norte da Bacia Sedimentar do Paraná, ocupando os vales do Rio Paranaíba e seus afluentes. Na maioria do seu território, as rochas sedimentares foram erodidas e exumaram-se litologias pré-cambrianas subjacentes. Predominam nessa unidade as formas de aplainamento e as mistas de aplainamento e dissecação fluvial, configurando amplas superfícies, com colinas convexizadas e grande diversidade de entalhamento de drenagem. As altitudes médias variam de 400 m a 900 m, com a presença de relevos residuais com até 1.200 m de altitude. O embasamento é composto por rochas metamórficas do Grupo Araxá, com presença de micaxistas, xistos, filitos e eventualmente quartzitos. O Rio Araguari evidencia o controle estrutural pelas camadas da bacia sedimentar do Paraná, na *percée* que secciona a primeira frente de *cuesta* da borda do planalto, e pela seguinte dissecação, conformando um *canyon*, com até 400 m de desnível. No Baixo

Vale do Rio Paranaíba, ocorrem trechos com altitudes que variam entre 400 m e 600 m. Os solos predominantes são do tipo Latossolos, Argissolos e Cambissolos, com a presença de vegetação de Cerrado.

Floristicamente, é caracterizada por dois complexos vegetacionais raros, 3C1 e 1A. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas para a ecorregião em geral (mais de duas coletas) foram: *Habenaria brevidens*, *H. glaucophylla* var. *glaucophylla*, *H. guilleminii*, *H. obtusa*, *H. hamata*, *H. jaguariahyvae*, *H. petalodes*, *H. aff. secundiflora* 1; *Jacaranda caroba*, *J. decurrens*, *J. ulei*; *Miconia minutiflora*, *M. rubiginosa*; *Mimosa setosa*; Loranthaceae: *Phoradendron apiculiflorum*, *Phoradendron orbiculare*, *Psittacanthus robustus*; *Struthanthus flexicaulis*, *Struthanthus* sp. S, *Tripodanthus acutifolius*; *Solanum lycocarpum*, *S. palinacanthum*, *S. paniculatum*, *S. subumbellatum*; *Tabebuia aurea*, *T. serratifolia*; *Vernonia bardanoides*, *V. brasiliiana*, *V. buddleiifolia*, *V. megapotamica* e *V. psilophylla*.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD variou de 0,077 a 0,1 (IRD médio = 0,086), sendo este último valor compartilhado com a Serra da Canastra e a de Paranapanema Grande. Esse valor de IRD ocupa a 10<sup>a</sup> posição entre as 22 ecoregiões, indicando que, de modo geral, as espécies têm uma distribuição razoavelmente ampla no bioma Cerrado. Foi registrada a presença de uma espécie endêmica e restrita: *Phoradendron apiculiflorum*.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica por UCPI de 1,76 % e 0,00 % por UCUS. UC presentes: P.E. Córrego Confusão, A.S.P.E. Córrego Feio e Fundo.

### Ecorregião Paranapanema Grande

Esta ecorregião tem uma superfície de 143.017 km<sup>2</sup>, que corresponde a 7,14 % da área do bioma Cerrado. Compreende uma unidade que comporta duas morfologias básicas. A primeira é a disposição em degraus ou patamares sucessivos e depressões interplanálticas, que bordejam os planaltos da Bacia Sedimentar do Paraná, resultante da atuação de processos

erosivos sobre as camadas areníticas alternadas com basalto. A segunda compreende amplas superfícies aplanadas, com desenvolvimento de solos espessos de elevada fertilidade natural e predominantemente argilosos (Nitossolo Vermelho e Latossolo Vermelho). A altitude varia de 1.000 m, nas áreas de patamares, até 400 m, nas calhas dos principais afluentes do Rio Paraná. Compreende a rede de drenagem afluente do Rio Paraná, pela sua margem esquerda, com os rios Paranapanema, Tietê e Grande. Apresenta uma baixa densidade de drenagem, cujo padrão varia de dendrítico a subdendrítico.

Os solos predominantes são os do tipo Latossolo, dominando as variedades Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo, e, em menor escala, Neossolos Quatzarênico, associados ao afloramento dos pacotes arenosos interderrame.

Floristicamente, é heterogênea, reunindo cinco complexos vegetacionais: 3A1, 3A3, 3B2, 3C1 e 1A. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas na porção norte dessa ecorregião em geral (mais de quatro coletas) foram: Bromeliaceae: *Ananas ananassoides*; *Cyrtopodium hatschbachii*, *C. paludicolum*; *Habenaria glazioviana*, *H. guillemini*, *H. hexaptera*, *H. nuda* var. *pygmaea*, *H. obtusa*, *H. aff. secundiflora* 1; *Jacaranda cuspidifolia*, *J. decurrens*, *J. rufa*; *Miconia albicans*; Loranthaceae: *Psittacanthus robustus*; *Tabebuia aurea*, *Tabebuia ochracea*, *Tabebuia roseo-alba*; *Vernonia ferruginea*; e Viscaceae: *Phoradendron crassifolium*.

**Raridade Distribucional e Endemismo –** O IRD variou de 0,065 a 0,077 (IRD médio = 0,071 = mediano). Esse IRD médio ocupa a 16<sup>a</sup> posição entre as 22 ecorregiões do bioma. Indica que, em média, as espécies presentes têm uma distribuição razoavelmente ampla no bioma. Foi registrada a presença de uma única espécie endêmica, a Orchidaceae *Habenaria aff. cultellifolia*, e uma espécie não-endêmica, restrita à ecorregião: *Jacaranda micrantha*.

Essa ecorregião tem o índice de representatividade ecológica por UCPI de 0,20 % e 0,03 % por UCUS. As unidades de conservação presentes são: P. E. do Cerrado, P. E. das Furnas do Bom Jesus, P. E. de Paranapanema, P. E. de

Vassununga, P. E. de Vila Velha, P. E. do Guarteli, Estação Ecológica (E.E.) de Angatuba, E. E. Bauru, E. E. de Assis, E. E. de Ibicatu, E. E. de Itaberí, E. E. de Itapeva, E. E. de Jataí, E. E. Itirapina, E. E. Mogi Guapu, E. E. Paranapanema, E. E. Ribeirão preto, E. E. Santa Bárbara, E. E. Santa Maria, E. E. São Carlos, R. B. Barra, Reserva Biológica (R. B.) de Sertãozinho, R. B. Mogi-Guaçu, Floresta Nacional (F. N.) Capão Bonito, Área de Relevante Interesse Ecológico (A.R.I.E.) Mata de Santa Genebra e A.R.I.E. Matão de Cosmópolis.

### Ecorregião Parecis

Esta ecorregião tem área de 152.296,0 km<sup>2</sup>, correspondente a 7,60 % do Cerrado. Tem superfície aplanada, muito conservada, concordante com as estruturas geológicas subjacentes, quase totalmente delimitadas por escarpas erosivas. Configura-se como uma unidade contínua alongada no sentido leste/oeste. Apresenta homogeneidade das formas de relevo, predominantemente tabulares. A intensidade da dissecação do relevo, tanto a amplitude dos topos quanto o aprofundamento dos vales, varia de leste para oeste. A altitude do relevo em relação ao nível de base regional atinge até 800 m de altitude nos topos. A rede de drenagem possui um padrão predominantemente dendrítico, com ocorrência localizada de padrões subparalelos (rios Juruena, Juína, Papagaio e outros).

Em sua porção oriental, trata-se de um extenso planalto sedimentar, onde uma cobertura detritico-laterítica do Terciário-Quaternário, que recobre litologias permocarboníferas da Formação Aquidauana (arenitos, siltitos, folhelhos, diamictitos e conglomerados) e litologias devonianas da Formação Ponta Grossa (siltitos, folhelhos e arenitos ferruginosos), assentadas sobre rochas cambrianas da Formação Diamantino (arenitos, grauvacas, arcóseos, siltitos e folhelhos), da Formação Salto das Nuvens (arenitos) e da Formação Utariti (arenitos e conglomerados).

Os solos presentes variam conforme a litologia. Na superfície conservada de cimeira, onde ocorre o capeamento detritico Terciário-Quaternário, desenvolveram-se Latossolos Vermelhos, com

textura argilo-arenosa. Nas áreas onde afloram os arenitos da Formação Salto das Nuvens, é encontrado, predominantemente, Neossolo Quartzarênico. Argissolos surgem nas bordas das chapadas e nos relevos mais movimentados. Somente uma quadrícula entrou na análise que pertence ao complexo vegetacional 3B. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas para a ecorregião em geral (mais de duas coletas) foram: *Jacaranda copaia*; *Habenaria dusenii*; *Miconia albicans*, *M. ampla*, *M. chamissois*, *M. cuspidata*, *M. fallax*, *M. heliotropoides*, *M. oseudonervosa*, *M. tomentosa*; Loranthaceae: *Phthirusa pyrifolia*, *Psittacanthus binternatus*; *Miconia rubiginosa*, *M. splendens*; *Solanum lycocarpum*; *Tabebuia impetiginosa*, *T. insignis*, *T. serratifolia*; *Vernonia bardanoides*, *V. buddleifolia*, *V. desertorum*, *V. dura*, *V. graminifolia* e *V. onopordioides*.

**Raridade Distribucional e Endemismo –** A quadrícula Ribeirão Cascalheira, MT, apresentou um IRD de 0,111 (alto), mostrando que as 64 espécies de táxons indicadores que nela ocorrem ou não são amplamente distribuídas pelo bioma, ou surgem apenas em locais pouco coletados. Esse IRD médio ocupa a 3<sup>a</sup> posição entre as 22 ecorregiões do bioma. Foi registrada a presença de uma única espécie endêmica, *Miconia nambyquarae*; várias espécies desse táxon estão restritas a essa ecorregião, como: *Miconia aplostachya*, *M. lepidota* e *M. punctata*. Possivelmente, *M. ampla* também é restrita a essa ecorregião.

Essa ecorregião apresenta o índice de representatividade ecológica por UCPI de 1,42 % e nenhuma UCUS. Está presente somente a E. E. de Iquê. Possui uma enorme área de TI, equivalente a 25 % do seu território, que pode representar um potencial para o manejo da conservação da biodiversidade. Sempre que a ecorregião contiver uma UC ou parte de uma UC, e o seu nome citado, pode então o nome de uma mesma UC aparecer em uma ou mais ecorregiões.

### Ecorregião Planalto Central Goiano

Esta ecorregião tem uma área de 157.160,8 km<sup>2</sup>, que corresponde a 7,84 % do Cerrado.

Pertence ao Grupo Planalto em Estruturas Complexas. Compreende um amplo planalto com diferentes níveis topográficos e grande complexidade de morfologias, com ocorrência de superfícies aplanadas, áreas com diferentes níveis de dissecação e rebordos erosivos. Esses diferentes compartimentos apresentam características próprias, mas com formação comum, como o Planalto Tocantins-Paranaíba, o Planalto do Distrito Federal, o Planalto Rebaixado de Goiânia e as Depressões Intermontanas, as Chapadas do Alto Rio Maranhão e o Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí. A variação topográfica é bastante intensa, atingindo altitudes de 350 m nas calhas dos principais rios que drenam essa unidade, e alcançando, nas maiores elevações, altitudes de 1.200 m no compartimento denominado Planalto do Distrito Federal. As principais bacias de drenagem são as dos rios Paranaíba, Corumbá, Meia Ponte, Turvo, Maranhão e Tocantins.

As rochas predominantes pertencem ao Grupo Araxá (filitos, micaxistas, xistos, quartzitos), ao Grupo Bambuí (calcários, margas e argilitos), ao Grupo Canastra (quartzitos), ao Complexo Goiano (granulitos, gnaisses, granitos e xistos) e à cobertura detrito laterítica.

Por causa da variedade do relevo e dos materiais de origem, os tipos de solos que ocorrem nessa unidade também são grandes. Nos relevos aplanados ou com baixa dissecação, predominam os tipos latossólicos, com predomínio do Latossolo Vermelho-Amarelo e do Latossolo Vermelho. Solos com desenvolvimento parcial, como Cambissolo e Neossolo Litólico, assim como solos com horizontes B textural, ocorrem em áreas com relevo mais fortemente dissecado, onde os processos superficiais são mais agressivos, e em áreas com forte inclinação das vertentes. Outro fator que restringe a existência de perfis de solo mais desenvolvidos é o material de origem, a exemplo dos quartzitos do Grupo Araxá, sobre os quais se desenvolvem apenas solos rasos.

Floristicamente, é dominada por dois complexos vegetacionais: 3B2, que é um complexo comum, e 3D2, que é um complexo raro, compartilhado apenas com a ecorregião Vão do Paraná, sendo

que, na quadrícula onde se encontram as ecorregiões Planalto Central, Paracatu e Paranaíba, ocorreu o complexo 3C2. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas para a ecorregião em geral (mais de 30 coletas) foram: *Aechmea bromeliifolia*; *Cyrtopodium fowliei*, *C. eugenii*; *Habenaria graciliscapa*, *Habenaria guilleminii*, *Habenaria jruuenensis*, *Habenaria longipedicellata*, *Habenaria aff. mistacina*, *Habenaria obtusa*, *Habenaria aff. secundiflora* 1, *Habenaria trifida*; *Jacaranda caroba*, *J. ulei*; *Miconia albicans*; *Mimosa clausseni*, *M. foliolosa*, *M. gracilis*, *M. radula*, *M. setosa*, *M. somnians*; Loranthaceae: *Phthirusa ovata*, *Psittacanthus robustus*, *Struthanthus flexicaulis*; Solanum aff. *lycocarpum*, *S. lycocarpum*; *Tabebuia aurea*, *T. ochracea*; Vernonia aurea, *V. bardanoides*, *V. dura*, *V. eremophila*, *V. herbacea*, *V. rubriramea*; e Viscaceae: *Phoradendron crassifolium*.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD variou de 0,045 a 0,167 (IRD médio = 0,093). Esse valor relativamente alto ocupa a 5<sup>a</sup> posição entre as 22 ecorregiões. Provavelmente se deve parcialmente ao fato de que o intensivo esforço de coleta no Planalto Central tem resultado na coleta de espécies raras, ainda não detectadas nas outras ecorregiões, aliado à presença de muitas espécies endêmicas que, nessa ecorregião, já foram detectadas e descritas. Foi registrada a presença de 49 espécies endêmicas: *Bromelia goyazensis*, *B. irwinii*, *B. macedoi*, *B. reversacantha*, *Cryptanthus dianae*, *Dyckia aurea*, *D. braunii*, *D. dawsonii*, *D. eminens*, *D. lindevaldae*, *D. stenophylla*, *D. uleana*, *Encholirium piresiana*, *Habenaria aff. aphylla*, *H. aff. hydrophila*, *H. aff. sprucei*, *Habenaria sp. 3*, *Habenaria sp. 4*, *Habenaria sp. 7*, *Habenaria sp. 8*, *Habenaria sp. 9*, *Habenaria sp. 13*, *Jacaranda intricata*, *Mimosa acedens*, *M. capito*, *M. cyclophylla*, *M. cylindracea*, *M. decorticans*, *M. densa*, *M. dicerastes*, *M. dominarum*, *M. echinocaula*, *M. erriorhachys*, *M. flavocaesia*, *M. gatesiae*, *M. heringerii*, *M. humivagans*, *M. irwinii*, *M. laniceps*, *M. lanuginosa*, *M. longipedunculata*, *M. manidea*, *M. nitens*, *M. oedoclada*, *M. papposa*, *M. procurrens*, *M. prorepens*, *M. pseudofoliolosa*, *M. pumilio*, *M. regina*,

*M. rhodostegia*, *M. rufipila*, *M. setosissima*, *M. thermarum*, *M. ulei*, *M. vestita*, *M. virgula*, *Pepinia cristalinensis*, *P. ensifolia*, *Phoradendron minor*, *Strutanthus dichotrianthus*, *S. planaltinae*, *S. pusillifolius*, *Tillandsia barrosoae*, *Vernonia almedae*, *V. eitenii*, *V. heringeri*, *V. irwinii*, *V. pabstii* e *V. virgulata*.

Apresentou ainda as espécies restritas regionais: *Anannas bracteatum*, *Billbergia alfonsi-joannis*, *Bromelia reversacantha*, *Cryptanthus dianae*, *Dendrophthora tepuiana*, *Dyckia dawsonii*, *Dyckia machrisiana*, *Dyckia marnier-lapostollei*, *Dyckia odorata*, *Habenaria achalensis*, *H. araneiflora*, *H. aff. armata*, *H. distans*, *H. glaucophylla* var. *brevifolia*, *H. glaucophylla* var. *glaucophylla*, *H. aff. hamata*, *H. aff. montis-wilhelminae*, *H. aff. nasuta*, *H. nuda* var. *nuda*, *H. aff. parviflora*, *H. secundiflora*, *H. setacea*, *H. aff. warmingii*, *Habenaria sp. 1*, *Habenaria sp. 3*, *Habenaria sp. 4*, *Habenaria sp. 9*, *Habenaria sp. 13*, *Miconia myriantha*, *M. polyandra*, *M. trianaei*, *Mimosa cryptothamnos*, *M. dodecandra*, *M. eriorrhachis*, *M. furfuracea*, *M. pyrenaea*, *M. speciosissima*, *Oryctina scabrida*, *Pitcairnia irwiniana*, *P. ulei*, *Phoradendron fragile*, *P. hexastichum*, *P. racemosum*, *P. semivenosum*, *Phthirusa adunca*, *P. retroflexa*, *Psittacanthus sp.*, *Solanum alternato-pinnatum*, *Struthanthus maricensis*, *Tabebuia umbellata*, *Tillandsia linearis*, *T. lorentziana*, *Vernonia coulonii*, *V. discolor*, *V. farinosa*, *V. lithospermifolia*, *V. pannosa*, *V. remotiflora*, *V. salzmannii*, *V. secunda*, *V. simplex*, *V. venosissima* e *V. zucchiniana*.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade por UCPI de 1,90 % e 0,10 % por UCUS. Unidades de conservação presentes: P. N. da Chapada dos Veadeiros, P. N. de Brasília, P. E. Altamiro de Moura Pacheco, P. E. da Serra de Caldas Novas, P. E. de Paraná, P. E. dos Pirineus, P. E. Telma Ortegal, E. E. de Águas Emendadas, Reserva Ecológica (R. Ec.) do Gama, R. Ec. do Guará, R. Ec. do IBGE, R. Ec. do Lago Paranoá, Reserva Biológica (R. B.) da Contagem, A.S.P.E. Córrego Espanha e Ribeirão S. Izabel, F. N. de Brasília, A.R.I.E. Capetinga/Taquara, A.R.I.E. Cerradão, A.R.I.E. da Granja do Ipu, A.R.I.E. do Bosque, A.R.I.E. JK, A.R.I.E. Paranoá Sul e A.R.I.E. Riacho Fundo.

## Ecorregião Província Serrana

Esta ecorregião possui uma área de 12.019,17 km<sup>2</sup>, equivalente a 0,60 % do bioma Cerrado. Pertence ao Grupo Serras em Faixas de Dobramento. Esse sistema geomorfológico é facilmente identificado nos relevos de entorno por apresentar uma série de dobramentos, exibindo anticlinais e sinclinais estreitas e alongadas, em geral assimétricas. Os processos erosivos agiram sobre uma área tectonicamente complexa, que, além de dobramentos, apresentam falhamento, gerando formas como depressões em dorso de anticlinal e sinclinais alçadas, evidenciando processos de inversão do relevo. Na Bacia do Rio Guaporé ocorrem relevos serranos; a rede de drenagem apresenta apenas rios de pequeno porte, como: Sararé, Alegre e Verde, todos afluentes do Rio Guaporé. O padrão da rede de drenagem é fortemente controlado pelas estruturas geológicas, predominando padrões em treliça e paralelo.

Nessa ecorregião, ocorrem rochas do Alto Paraguai, Formações Puga, Araras, Raizama, Sepotuba e Diamantino, integrantes do Cinturão Orogênico Paraguai–Araguaia. A distribuição dos solos acompanha o relevo e o embasamento rochoso, com a presença de Nitossolo Vermelho, Neossolos Litólicos e Cambissolos.

A Província Serrana ocupa três pequenas áreas disjuntas do bioma Cerrado, floristicamente onde não há nível de coleta suficiente para análise. Floristicamente, as quadrículas onde se encontram não atingiram nível de coleta suficiente para análise. As espécies dos táxons indicadores coletadas na Província Serrana foram todas espécies amplamente distribuídas no bioma Cerrado – *Jacaranda decurrens*, *J. rufa*; *Mimosa pudica* e *M. xanthocentra* –, mas essa ecorregião pode ser considerada botanicamente desconhecida.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD variou de 0,036 na quadrícula mais ao sul a 0,075 na quadrícula mais ao norte (IRD médio = 0,055). Com esse valor, ocupa a 20<sup>a</sup> posição de IRD médio encontrado entre as 22 ecorregiões. No entanto, a porcentagem dessas quadrículas ocupada pela Província Serrana é muito pequena, e o número de coletas, irrisório. Não houve espécies restritas ou endêmicas.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica por UCPI de 13,78 % e 0,00 por UCUS. UC presentes: P. E. Serra de Santa Bárbara e E. E. Serra das Araras. Essa é outra ecorregião pequena e importante, que deverá ser contemplada com inventários biológicos e um alto índice de áreas protegidas.

## Ecorregião São Francisco–Velhas

Esta ecorregião possui uma área de 83.373 km<sup>2</sup>, correspondente a 4,16 % do bioma Cerrado. Constituída por superfícies tabulares do tipo chapadas, com coberturas sedimentares, em sua maior parte arenosa, as quais têm, como contornos, rebordos erosivos bem marcados. Distinguem-se dois tipos de níveis de relevos tabulares: o primeiro, cuja altitude varia entre 800 m e 1.000 m; e o segundo, que varia de 600 m a 800 m. As grandes áreas com estruturas rebaixadas apresentam altitudes predominantes em torno de 500 m. Nos contatos com os escarpamentos ocidentais da Serra do Espinhaço, destacam-se colinas e cristas, com vertentes ravinadas e vales encaixados. Os relevos cársticos ocorrem, em sua maior parte, à nordeste da depressão.

As rochas são compostas por siltitos, filitos, ardósias e calcários do Grupo Bambuí, com a presença de material detritico quaternário em posições interfluviais. Os solos predominantes são do tipo Cambissolo, Neossolo Quartzarenico e solos concrecionários. A rede de drenagem é composta por afluentes do Rio São Francisco, destacando-se os rios das Velhas e Paraopeba.

Floristicamente, é uma ecorregião heterogênea, caracterizada pelos complexos vegetacionais 3D1 na sua porção leste, 3C1 e 3C2 ao norte, na transição com a ecorregião Paracatu, 1A na transição com a Serra da Canastra e uma quadrícula de transição com afinidades com os complexos 1B e 3D. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas para a ecorregião em geral (mais de dez coletas) foram: Bromeliaceae: *Acanthostachys strobilacea*, *Aechmea bromeliifolia*, *Billbergia vittata*, *Dyckia macedoi*, *D. oligantha*, *D. saxatilis*, *D. sordida*, *D. ursina*, *Encholirium heloisae*, *E. subsecunda*,

*Tillandsia recurvata*, *T. stricta*, *T. tenuifolia*, *Vriesea atropurpurea*, *V. stricta*; *Habenaria caldensis*, *H. guilleminii*, *H. longipedicellata*, *H. magniscutata*, *H. petalodes*; *Jacaranda caroba*, *J. paucifoliata*, *J. racemosa*; Loranthaceae; *Psittacanthus robustus*, *Struthanthus flexicaulis*; *Tabebuia ochracea* e *T. vellosoi*.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD variou de 0,051 a 0,167 (IRD médio = 0,104). Ocupa a 4<sup>a</sup> posição de IRD médio encontrado, sendo provavelmente fortemente influenciado pelo grande número de espécies endêmicas ou restritas. Foi registrada a presença de 28 espécies endêmicas: *Bilbergia macrocalyx*, *Canistropsis selliana*, *Dyckia argentea*, *D. biflora*, *D. densiflora*, *D. rariflora*, *D. simulans*, *D. sordida*, *D. spinulosa*, *D. trichostachya*, *D. ursina*, *Encholirium heloisae*, *E. pedicellatum*, *E. sazimae*, *E. vogelii*, *Habenaria aff. cultellifolia*, *Habenaria mello-barretoi*, *Mimosa barretoi*, *M. macedoana*, *M. pogonophala*, *Orthophytum mello-barretoi*, *O. supthutii*, *Vriesea atropurpurea*, *V. citrina*, *V. nanuzae*, *V. segadas-viannae*, *V. simulans* e *V. stricta*. Foram registradas as espécies regionais *J. racemosa* e *T. vellosoi*, sendo a primeira espécie restrita a essa ecorregião. Foram encontradas ainda 45 espécies restritas a essa ecorregião (no bioma): *Acanthostachys strobilacea*, *Aechmea distichantha*, *A. lamarchei*, *A. nudicaulis*, *Cryptanthus schwackeanus*, *Cyrtopodium palmifrons*, *Dyckia lagoensis*, *Encholirium subsecundum*, *Habenaria aff. fastor*, *H. gustavi-edwallii*, *H. itacolumia*, *H. lasioglossa*, *H. leprieurii*, *H. melanopoda*, *H. montis-wilhelminae*, *H. aff. urbaniana*, *H. warmingii*, *Jacaranda mimosifolia*, *Miconia doriania*, *M. eichlerii*, *M. rimalis*, *Pitcairnia curvidens*, *P. decidua*, *Psittacanthus dichroos*, *Solanum bullatum*, *S. swartzianum*, *Struthanthus staphylinus*, *Tabebuia vellosoi*, *Tillandsia tricholepis*, *Vernonia hovaefolia*, *V. mariana*, *V. pedunculat*, *V. platensis*, *V. pungens*, *V. riedelii*, *Vriesea atropurpurea*, *V. crassa*, *V. guttata*, *V. pardalina*, *V. rodigasiana*, *V. sceptrum*, *V. vagans* e *Wittrockia gigantea*.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade por UCPI de 0,83 % e 0,00 % por UCUS. Unidades de conservação presentes:

P. N. da Serra da Canastra, P. N. da Serra do Cipó, E. E. de Pirapitinga, A. S. P. E. Bacia Vargem das Flores, A. S. P. E. Córrego Confusão e A. S. P. E. Ribeirão do Urubu.

### Ecorregião Serra da Canastra

Esta ecorregião possui uma área de 12.101 km<sup>2</sup>, correspondente a 0,60 % do bioma Cerrado. Pertence ao grupo Serras em Faixas de Dobraimento. Compreende um conjunto de planaltos, cristas e áreas dissecadas mais elevadas, elaboradas sobre as estruturas rochosas do Grupo Canastra, com altitudes entre 1.000 m e 1.450 m e predomínio das cotas acima de 1.300 m, pertencentes à Faixa de Dobramentos Brasília, abrangendo parte das nascentes dos rios São Francisco e Paranaíba, bem como importantes afluentes do Rio Grande. Essa unidade geomorfológica apresenta-se geralmente envolvida por altos e extensos escarpamentos, a maioria deles controlada por fraturas e falhas. Predominam formas de dissecação. A porção norte destaca-se morfológicamente pelos relevos de cristas, que ocorrem ao redor de grande intrusão alcalina de Tapira, pela escarpa alinhada com a Depressão Interplanáltica do Paranaíba e por extensa superfície tabular disposta na direção geral E-O, que se interrompe ao norte, também por uma escarpa controlada por falha. A porção sul é constituída por três blocos de relevo e alguns grupamentos de cristas. Nessas áreas, é maior o controle pelas estruturas dobradas e metamorfizadas do Grupo Canastra, na conformação do relevo, embora as linhas de antigos falhamentos tenham também nítida influência sobre a evolução geomorfológica, sobretudo no controle da drenagem que isola os blocos.

Ocorrem quartzitos e metapelitos do Grupo Canastra e do Grupo Araxá. Os solos são pouco desenvolvidos em virtude da grande dinâmica morfogenética desses relevos serranos, sendo compostos predominantemente por Neossolo Litólico e por Cambissolo. Nas áreas de topo convexizado, ocorrem afloramentos rochosos e campos de blocos rochosos.

Floristicamente, essa ecorregião é caracterizada apenas pelo complexo vegetacional 1A.

Todas as 21 espécies dos táxons indicadores já coletados na ecorregião são listadas a seguir: Bromeliaceae: *Bromelia serra*, *Dyckia tuberosa*, *Pseudananas sagenarius*, *Tillandsia recurvata*; *Habenaria depressifolia*, *H. petalodes*; *Jacaranda caroba*, *J. cuspidifolia*, *J. oxyphylla*, *J. rufa*; *Miconia ibaguensis*, *M. pepericarpa*, *M. stenostachya*, *M. theaezans*; Viscaceae: *Phoradendron crassifolium*; *Solanum* aff. *lycocarpum*, *S. paniculatum*, *S. subumbellatum*; Loranthaceae: *Struthanthus concinnus*; *Tabebuia serratifolia*; e *Vernonia onopordioides*.

**Raridade Distribucional e Endemismo –** O IRD variou de 0,077 a 0,083 (IRD médio = 0,079) e classifica esta ecorregião em 14º lugar entre as 22 ecorregiões do bioma, indicando distribuição razoavelmente ampla no bioma Cerrado e de suas 20 espécies de táxons indicadores. Embora a Serra da Canastra seja conhecida como local de ocorrência de espécies endêmicas em outros grupos vegetais, tais como alguns gêneros de Melastomataceae (Romero, 2000), foi registrada a presença de uma única espécie endêmica entre os táxons indicadores nessa ecorregião: *Miconia angelana*.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica por UCPI de 15,39 % e 0,00 % por UCUS. UC presentes: P. N. da Serra da Canastra. Por ser uma ecorregião pequena e de extrema importância (nascentes do Rio São Francisco), deverá ter índices de áreas protegidas bem mais elevados.

### Ecorregião Serra do Cipó

Esta ecorregião possui uma área de 897 km<sup>2</sup>, correspondente a 0,04 % do bioma. A morfologia dessa estrutura consiste essencialmente de formas de dissecação em cristas alongadas e restos de antigas superfícies aplainadas. Observa-se ainda uma sucessão de escarpas escalonadas, associadas a linhas de falha. A altimetria varia entre 1.000 m e 1.300 m, alcançando 1.450 m em sua porção sul. A rede de drenagem é composta por afluentes do Rio São Francisco, destacando-se como o de maior importância o trecho superior do Rio Cipó. A grande característica dos rios dessa unidade é a presença de altos gradientes, corredeira e cachoeiras.

Ocorrem quartzitos, micaxistas e metavulcânicas do Supergrupo Espinhaço. Os solos predominantes são do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo, com grande ocorrência de Neossolo Litólico, em especial nas áreas mais dissecadas e escarpas, bem como de Cambissolo.

Floristicamente, essa ecorregião é caracterizada por dois complexos vegetacionais: 1B e 3D1. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas para a ecorregião em geral foram: *Mimosa adamantina*, *M. adenocar*, *M. adenotricha*, *M. aurivillus*, *M. caliciade*, *M. calocephala*, *M. diplotrich*, *M. dolens*, *M. filipes*, *M. foliolosa*, *M. hirsutissima*, *M. leprosa*, *M. myriophyl*, *M. pithecolo*, *M. macedoana*, *M. maguirei*, *M. parviceps*, *M. setosa*, *M. stylosa* e *M. uniceps*.

**Raridade Distribucional e Endemismo –** O IRD variou de 0,143 a 0,155 (IRD médio = 0,149), o mais alto valor de IRD encontrado. Isso indica que as 20 espécies não têm distribuição ampla, e que a presença de 11 espécies endêmicas certamente agiu no sentido de aumentar o valor do IRD médio. As espécies endêmicas ocorrentes foram: *Encholirium reflexum*, *Mimosa adamantina*, *M. adenotricha*, *M. caliciade*, *M. calocephala*, *M. macedoana*, *M. maguirei*, *M. parviceps*, *M. stylosa*, *M. uniceps*, *Vriesea clausseni*. *D. spinulosa*, *M. acroconica*. *M. parviceps*, *M. adenotrich*. *Cryptanthus leopoldo-horstii*, *C. warasii*, *Dyckia biflora*, *D. macropoda*, *D. rariflora*, *Encholirium bradeanum*, *E. heloisae*, *E. magalhaes*, *E. pedicella*, *E. reflexum*, *E. scrutor*, *E. suzannae*, *Habenaria* sp. 10, *Mimosa adamantina*, *M. adenotricha*, *M. caliciade*, *M. calocephala*, *M. macedoana*, *M. maguirei*, *M. barretoi*, *M. bombycin*, *Phoradendron irwinii*, *Vernonia laxa*, *Vernonia lilacina*, *Vriesea diamantina* e *Vriesea monachorum*. Duas espécies apenas foram não-endêmicas restrita a essa ecorregião no bioma: *Mimosa myriophylla* e *M. setistipula*.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica por UCPI de 21,19 % e nenhuma por UCUS. Unidades de conservação presentes: P. N. das Sempre-Vivas, P. E. Biribiri e P. E. Rio Preto. Essa, que é a menor das ecorregiões do Cerrado, já possui uma boa

representatividade, mas, em virtude de sua dimensão e sua importância, deverá ser integralmente protegida.

As evidências mostram que as relações da flora e sua distribuição geográfico-espacial no bioma Cerrado são controladas pelo desenvolvimento da geomorfologia e pelos materiais de origem ali contidos, além dos fatores historicamente referenciados, tais como climáticos, edáficos e fogo, que corroboram hipótese anterior defendida por Cole (1982).

Os dados produzidos foram suficientes para testar as idéias e os objetivos propostos neste estudo, para essa escala de abordagem. Todavia, é possível e desejável o refinamento da caracterização biofísica numa escala local, o que levaria à definição e ao detalhamento dos ecossistemas e sua representatividade ecológica.

### Ecorregião Vão do Paraná

Esta ecorregião tem a área de 20.684,6 km<sup>2</sup>, que equivale a 1,03 % do bioma Cerrado. Pertence ao Grupo de Depressões Interplanálticas. Compreende a região intermontana localizada entre o Planalto Central Goiano, a oeste e ao sul, e o Planalto da Bacia Sedimentar do São Francisco, a leste. O relevo regional é composto por ampla superfície de aplanamento, composta por planos sucessivos, com presença de material argiloso arenoso nos interflúvios e material argiloso cinza nos setores mais baixos, associados a solos hidromórficos. A presença de material laterítico é constante, seja sob a forma de crostas ferruginosas maciças, seja sob a forma de pavimentos pisolíticos. Morros residuais são observados em razão da presença de rochas calcárias. Lagoas e depressões associadas ao sistema fluvial são observadas em diferentes pontos da depressão, sendo basicamente associadas a dois processos distintos: aquelas mais próximas aos canais fluviais são devidas aos processos de inundação sazonal, enquanto aquelas localizadas em posições interfluviais são predominantemente associadas à presença de rochas calcárias. Apresenta altitudes que variam entre 400 m e 600 m, sendo totalmente drenada pelos rios Paraná, Correntes, São Bartolomeu e Macacos e

seus afluentes, que muitas vezes apresentam leitos secos. Calcários e rochas associadas do Grupo Bambuí predominam na região.

Floristicamente, essa ecorregião é caracterizada pelo complexo vegetacional 3D2, que também ocorre nas quadrículas contíguas no Planalto Central Goiano e em Paracatu. As espécies dos táxons indicadores mais comumente coletadas para a ecorregião em geral (mais de cinco coletas) foram: *Habenaria aff. graciliscapa*, *H. hamata*, *Habenaria aff. humilis*, *H. magniscutata*, *H. schwackei*, *H. sprucei*, *H. trifida*, *H. nuda* var. *nuda*, *Habenaria* sp. 1, *Habenaria* sp. 2; *Mimosa clausenii*, *M. densa*, *M. foliolosa*, *M. gracilis*, *M. pseudoradula*, *M. radula*, *M. setosa*, *M. somnians*, *M. xanthocentra*; Loranthaceae: *Dendrophthora elliptica*, *Psittacanthus biternatus*; *Solanum lycocarpum*, *S. subumbellatum*; *Vernonia argyrophylla*, *V. bardanoides*, *V. buddleiaeifolia*, *V. eremophila*, *Vernonia megapotamica* e *Vernonia myrsinites*.

Raridade Distribucional e Endemismo – O IRD variou de 0,111 a 0,167 (IRD médio = 0,134). Ocupando a 2<sup>a</sup> posição de IRD médio encontrado, foi certamente influenciado pelo grande número de espécies restritas e endêmicas que nela ocorrem. Foi registrada a presença de 40 espécies endêmicas nessa ecorregião: *Dyckia pauciflora*, *Habenaria aff. lavrensis*, *Habenaria aff. sprucei*, *Habenaria* sp. 5, *Habenaria* sp. 6, *Habenaria* sp. 12, *Mimosa accedens*, *M. cryptothamnos*, *M. cyclophylla*, *M. densa*, *M. hypnoides*, *M. dominarum*, *M. echinocaula*, *M. flavocaesia*, *M. laniceps*, *M. lanuginosa*, *M. manidea*, *M. oedoclada*, *M. ulei*, *Struthanthus cerradensis*, *Vernonia echinocephala*, *V. eitenii*, *V. fonseciae*. Também foi registrada uma espécie regional não-restrita (*M. speciosissima*) e sete espécies restritas a essa ecorregião: *Cyrtopodium lissochiloides*, *Habenaria* sp. 6, *Habenaria* sp. 12, *Miconia flavescens*, *Mimosa ophthalmocentra*, *Phoradendron falcifrons* e *Vernonia grearii*.

Essa ecorregião apresenta um índice de representatividade ecológica por UCPI de 0,87 % e 0,00 % por UCUS. UC presentes: P. N. da Chapada dos Veadeiros e P. E. de Terra Ronca. Essa ecorregião é um longo corredor ecológico, constituído por matas estacionais altamente ameaçadas pela

agropecuária, e com um baixíssimo índice de conservação, por área protegida.

## Análise da diversidade e dimensões das ecorregiões do bioma Cerrado

Comparando a superfície e o número de ecorregiões dos demais biomas, o Cerrado é o mais diverso, pois ocupa uma área que é próxima à metade da Amazônia e tem quase o mesmo número de ecorregiões – 22 e 23 ecorregiões, respectivamente –, em estudos que foram elaborados com metodologias semelhantes (Ferreira e Arruda, 2001). A diversidade ecossistêmica é um indicador consistente de diversidade biológica para as escalas de espécies e genética. Se, por um lado, a diversidade é motivo de júbilo, por outro lado, é motivo de preocupação, pois a gestão certamente é mais complexa, custosa e demorada, porém exequível, com a aplicação da gestão integrada de ecossistemas.

O tamanho médio das ecorregiões do Cerrado é de 91.053 km<sup>2</sup>, variando de 377.902 km<sup>2</sup> (Paraná Guimarães), com 18,87 % da área do bioma, a maior delas, até a ecorregião Cipó, a menor, com 897 km<sup>2</sup>, correspondente a 0,04 % do bioma, a menor delas (Tabela 1, Fig. 1). O padrão de classes de tamanho de ecorregiões adotado neste estudo, que varia de 0 a 400.000 km<sup>2</sup>, conforme metodologia de Dinerstein et al. (1995), mostra que a maior parte das ecorregiões do Cerrado, 18, estão inseridas nas três classes entre 10.001 km<sup>2</sup> e 200.000 km<sup>2</sup>. Há somente duas ecorregiões com menos de 10.001 km<sup>2</sup> e duas ecorregiões com mais de 200.001 km<sup>2</sup> (Tabela 1). Essa superfície média das ecorregiões do Cerrado mostra que elas são suficientemente grandes para abrigarem processos ecossistêmicos semelhantes, numa escala segura, supondo-se que o nível de conservação das ecorregiões esteja em padrões ainda viáveis. No limite, as ecorregiões devem ter uma dimensão suficiente para garantir a viabilidade das populações biológicas, especialmente as de vertebrados, por exemplo, grandes mamíferos que demandam, como habitat, áreas geográficas extensas.

Há também equilíbrio de tamanho entre as ecorregiões, já que a distribuição entre as classes

com intervalos de 10.001 km<sup>2</sup> a 50.000 km<sup>2</sup>, 50.001 km<sup>2</sup> a 100.000 km<sup>2</sup> e 100.001 km<sup>2</sup> a 200.000 km<sup>2</sup> tem, respectivamente, sete, seis e cinco ecorregiões em cada classe, que equivalem a cerca de 80 % do número de ecorregiões (Tabela 1). Esse equilíbrio razoável entre as dimensões das ecorregiões é um elemento favorável nas ações que objetivam a equabilidade para a conservação de ecossistemas, por permitir uma melhor visualização dos problemas – por exemplo, a fragmentação –, bem como a harmonia nas soluções, já que a gestão de uma ecorregião está afeta a outras adjacentes.

Noutro extremo, atributos físicos importantes, como o complexo geomorfológico, espeleológico, ou um ecossistema com um alto índice de endemismo ou raridade, mesmo de pequena dimensão, podem justificar o reconhecimento de uma ecorregião. São os casos das ecorregiões Serra do Cipó, Serra da Canastra e Província Serrana, que têm áreas inferiores a 0,61 % do Cerrado (Tabela 1). Para o bioma Amazônia, também foram propostas algumas ecorregiões com pequenas dimensões, como Tepuís, com 0,02 % do bioma, por conter importantes ecossistemas de altitude.

Embora seja desejável que as ecorregiões tenham áreas contínuas, algumas vezes a descontinuidade espacial torna-se inevitável, com duas ou mais áreas isoladas, especialmente em áreas ecotonais. Isso ocorre com as ecorregiões do Chapadão do São Francisco e da Depressão Cuiabana, no Cerrado. A ecorregião de Tepuís, da Amazônia, também tem áreas descontínuas no Brasil, na Venezuela e na Guiana (Ferreira e Arruda, 2001). Ocorre descontinuidade também na Caatinga, com a ecorregião da Depressão Sertaneja Meridional (*The Nature Conservancy*, 2002); e também com a ecorregião de Páramo dos Andes, com fragmentos na Colômbia e no Equador (Dinerstein et al., 1995). Essas áreas de mistura de paisagens constituem ecossistemas importantes a exigir cuidados especiais, tanto pela raridade quanto pela dificuldade de limitação espacial para habitats.

Os resultados corroboram idéias e estudos que indicam a diversidade de paisagens, fitofisionomias e províncias zoogeográficas para o bioma

Cerrado. Daí a alusão ao termo “cerrados”, na literatura, indicar essa diversidade: “A Região dos Cerrados constitui-se num grande mosaico de paisagens naturais dominado por diferentes fisionomias de savanas estacionais sobre solos profundos e bem drenados das chapadas (os Cerrados) ... ‘Essas paisagens, diferenciam-se estruturalmente, podendo conter biotas distintas ou compartilhadas com outras paisagens em combinações únicas’” (Dias, 1992, p. 17).

Entretanto, a grande maioria dos trabalhos vai do extremo de estudos de fisionomias muito localizadas, e seus fatores condicionantes, a estudos que mostram poucas e grandes macrorregiões no bioma. Diversos autores analisam, discutem e divergem sobre os fatores que determinam as fisionomias locais ocorrentes no Cerrado, como Cerradão, Cerrado, Campo Limpo, entre outros. Numa pequena área com poucos hectares, podem ser encontradas quase todas essas fisionomias (Eiten, 1972; Rizzini, 1979; Ratter e Dargie, 1992; Castro e Martins, 1999; Felfili e Silva Júnior, 2001).

Noutro extremo, poucos estudos tentaram, de forma genérica, delimitar áreas com a identificação de padrões biogeográficos no Cerrado. Eiten (1972) analisa a ocorrência dos padrões fitogeográficos regionais com base em observações de campo, além de indicar algumas áreas de transição do bioma Cerrado com outros biomas, por exemplo, a transição com a Floresta Amazônica, ao nordeste de Mato Grosso, e a região do Xingu, também com o Pará e o Maranhão; transição com o bioma Caatinga; transição com a Mata Atlântica; transição com Campos do Sul; e transição com o Chaco. Da mesma forma, Azevedo e Caser (1980), apud Dias (1992), dividiram o Cerrado em cinco regiões climáticas: core ou nuclear, influência amazônica, influência nordestina, influência sulina/atlântica e influência sulina/continental.

Esses e outros estudos apresentam problemas semelhantes, já que não conseguem estabelecer um padrão de regionalização biogeográfica com critérios biomáticos e, tampouco, delimitar com precisão as áreas propostas, que se tornariam úteis às ações direcionadas à gestão ecossistêmica.

À luz da análise dos resultados e da literatura, torna-se conclusivo que a diversidade ecossistêmica do bioma Cerrado refletiu na definição das 22 ecorregiões, confirmando a hipótese da existência de alta diversidade paisagística do bioma, enfaticamente referenciada na literatura pela presença dos mosaicos de paisagens dos “cerrados”.

## **Dados complementares sobre a diversidade dos biomas, ecótonos e ecorregiões brasileiros, e sua representatividade ecológica, por áreas naturais protegidas**

Os principais resultados e dados obtidos neste estudo são referentes ao bioma Cerrado, mas foram geradas e organizadas novas informações referentes aos demais biomas, especialmente aqueles que fazem fronteiras com o Cerrado, para contextualizá-lo no universo dos biomas e dos ecótonos brasileiros, discutindo-se principalmente suas dimensões, sua diversidade de paisagens com base em ecorregiões identificadas e os reflexos dessas constatações sobre a conservação e o manejo do bioma. Em seguida, são discutidos os dados relativos à representatividade ecológica dos biomas e dos ecótonos, por áreas naturais protegidas, e as perspectivas de conservação e manejo diante da ocupação e do antropismo desses biomas e ecótonos.

Ao analisar a diversidade dos biomas e dos ecótonos brasileiros (sete biomas e três ecótonos): Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Pantanal, Caatinga, Campos Sulinos, Ecossistemas Costeiros; e os ecótonos: Amazônia–Cerrado, Cerrado–Caatinga e Caatinga–Amazônia, considerando-se suas dimensões e as diversidades físicas e bióticas, conclui-se que o Brasil é um país privilegiado quanto à riqueza de paisagens e aos ecossistemas que abriga. A definição das ecorregiões deste estudo contribuiu para a redelimitação precisa dos biomas e dos ecótonos brasileiros, por meio de mapa e do cálculo de áreas (Tabela 4 e 5). Em virtude de suas dimensões, o Brasil abriga biomas grandes e exclusivos, como o Cerrado, a Caatinga e a Mata Atlântica. Outros países da América Latina compartilham esses biomas.

**Tabela 4.** Representatividade ecológica de biomas e ecótonos do Brasil por Unidade de Conservação de Proteção Integral (UCPI).

Biomassas	Área (km <sup>2</sup> )	(%)	Ecorregiões		UCPI		
			N	Federal (F)	(km <sup>2</sup> )	(%)	Estadual (E)
Amazônia	3.689.016,07	43,23	23	178.578,37	4,84	34.281,17	0,93
Mata Atlântica	1.076.061,64	12,61	11	8.269,27	0,77	12.536,23	1,17
Cerrado	2.003.181,36	23,47	22	35.460,95	1,77	14.239,98	0,71
Pantanal	142.510,58	1,67	2	1.503,47	1,05	2,24	0,00
Caatinga	736.836,49	8,63	8	5.720,94	0,78	24,83	0,00
Campos Sulinos	171.385,51	2,01	1	510,27	0,30	0,00	0,00
Costeiro	51.404,98	0,60	9	3.263,76	6,35	108,38	0,21
Ecótonos Amazônia–Cerrado	406.055,78	4,76	1	56,79	0,01	2.338,34	0,58
Ecótonos Caatinga–Amazônia	144.584,32	1,69	1	77,92	0,05	16,88	0,01
Ecótonos Cerrado–Caatinga	113.179,64	1,33	1	3.837,33	3,39	39,46	0,03
<b>Total</b>	<b>8.534.216,37</b>	<b>100,00</b>	<b>79</b>	<b>237.279,07</b>	<b>2,78</b>	<b>63.587,52</b>	<b>0,75</b>

Biomassas	Área (km <sup>2</sup> )	(%)	UCPI		Nº UCPI	Área média UCPI (km <sup>2</sup> )
			F + E	(km <sup>2</sup> )		
Amazônia	3.689.016,07	43,23	212.182,33	5,75	53	4.003,44
Mata Atlântica	1.076.061,64	12,61	20.736,70	1,93	174	119,18
Cerrado	2.003.181,36	23,47	49.700,93	2,48	82	606,11
Pantanal	142.510,58	1,67	1.505,72	1,06	3	501,91
Caatinga	736.836,49	8,63	5.745,77	0,78	14	410,41
Campos Sulinos	171.385,51	2,01	510,26	0,30	2	255,13
Costeiro	51.404,98	0,60	3.372,14	6,56	24	140,51
Ecótonos Amazônia–Cerrado	406.055,78	4,76	2.395,13	0,59	4	598,78
Ecótonos Caatinga–Amazônia	144.584,32	1,69	94,77	0,07	4	23,69
Ecótonos Cerrado–Caatinga	113.179,64	1,33	3.876,79	3,43	5	775,36
<b>Total</b>	<b>8.534.216,37</b>	<b>100,00</b>	<b>300.120,54</b>	<b>3,52</b>	<b>317</b>	<b>946,75</b>

Nota: Áreas em km<sup>2</sup> calculadas no software Arcview, na projeção Sinusoidal e Meridiano Central -54°.

A aplicação do conceito de bioma, consagrada no Brasil para designar as grandes paisagens e as províncias fitogeográficas, tornou-se necessária para demonstrar, além da dimensão espacial, a diversidade, em grande escala regional, dos sete biomas, acrescidos dos três ecótonos, entendidos como de transição (Cabrera e Willink, 1973; Dinerstein et al., 1995).

É notório que, quanto maior a extensão de um bioma, maior o número de habitats e espécies que pode abrigar. As evidentes semelhanças ecológicas e paisagísticas no âmbito de um bioma mostram também as diferentes formas de as sociedades locais se relacionarem com o meio e com a apropriação dos seus recursos naturais. As características dos ecossistemas influenciam significativamente o *modus vivendi* das comunidades, determinando boa parte das relações de trabalho e produção, bem como o perfil antropológico e cultural. Atualmente, todos os biomas e

ecótonos brasileiros estão sob risco, com exceção da Amazônia. Somente a extensão e a diversidade não garantem a integridade biótica; são necessárias medidas de manejo em todas as escalas de conservação para garantir a integridade desse patrimônio, diante do antropismo.

Ao analisar o conjunto de ecorregiões dos biomas brasileiros – Amazônia (23), Mata Atlântica (11), Cerrado (22) e Caatinga (8) (Dinerstein et al., 1995; Ferreira e Arruda, 2001) –, constata-se que há uma proporcionalidade entre o tamanho dos biomas e o número de suas ecorregiões (Tabela 3). Isso também corrobora as teorias que afirmam que a Mata Atlântica, a Amazônia e o Cerrado são formados por grandes mosaicos de habitats, com diferentes histórias evolutivas, resultando numa grande distribuição de ecossistemas (Cochrane et al., 1985; Fearnside e Ferraz, 1995; Brasil, 2002). Esse fato torna complexa a seleção de áreas prioritárias para a

**Tabela 5.** Representatividade ecológica de biomas e ecótonos do Brasil por áreas naturais protegidas.

Biomass e ecótonos	Uso Sustentável						Terras Indígenas (km <sup>2</sup> )	(%)		
	Federal		Estadual							
	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)					
Amazônia	43,23	226.495,04	6,14	58.334,13	1,58	605.766,42	16,42			
Mata Atlântica	12,61	266,77	0,02	34,24	0,00	1.886,31	0,18			
Cerrado	23,47	483,70	0,02	166,81	0,01	81.692,55	4,08			
Pantanal	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	3.469,87	2,43			
Caatinga	8,63	845,03	0,11	0,00	0,00	1.111,88	0,15			
Campos Sulinos	2,01	15,04	0,01	0,00	0,00	14,93	0,01			
Costeiro	0,60	873,24	1,70	1,90	0,00	49,02	0,10			
Ecótonos Amazônia–Cerrado	4,76	1.194,84	0,29	0,00	0,00	53.813,61	13,25			
Ecótonos Caatinga–Amazônia	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	2.782,98	1,92			
Ecótonos Cerrado–Caatinga	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	265,98	0,24			
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>230.173,66</b>	<b>2,70</b>	<b>58.537,08</b>	<b>0,69</b>	<b>750.853,55</b>	<b>8,80</b>			
Biomass e ecótonos	UCUS F + E		UCPI + UCUS		UC + TI		Nº UCUS	Área média UCUS (km <sup>2</sup> )		
	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)				
Amazônia	284.677,71	7,72	485.285,23	13,15	968.712,47	26,26	95	2.996,61		
Mata Atlântica	301,02	0,03	21.039,89	1,96	22.800,79	2,12	23	13,09		
Cerrado	650,51	0,03	50.351,44	2,51	129.859,54	6,48	16	40,66		
Pantanal	0,00	0,00	1.505,72	1,06	4.975,59	3,49	0	0,00		
Caatinga	845,03	0,11	6.537,46	0,89	7.647,88	1,04	6	140,84		
Campos Sulinos	15,25	0,01	525,51	0,31	540,44	0,32	1	15,25		
Costeiro	875,13	1,70	4.247,27	8,26	4.261,87	8,29	12	72,93		
Ecótonos Amazônia–Cerrado	1.194,84	0,29	3.589,97	0,88	57.403,58	14,14	3	398,28		
Ecótonos Caatinga–Amazônia	0,00	0,00	94,80	0,07	2.877,78	1,99	0	0,00		
Ecótonos Cerrado–Caatinga	0,00	0,00	3.876,79	3,43	4.142,68	3,66	0	0,00		
<b>Total</b>	<b>288.559,49</b>	<b>3,38</b>	<b>577.054,08</b>	<b>6,76</b>	<b>1.203.222,62</b>	<b>14,10</b>	<b>142</b>	<b>2.032,11</b>		

Nota: Áreas em km<sup>2</sup> calculadas no software Arcview, na projeção Sinusoidal e Meridiano Central -54°.

conservação da biodiversidade no bioma Cerrado, de forma que se possa garantir uma boa representatividade da maioria dos habitats existentes, a qual pode ser facilitada com o aporte das ecorregiões.

Os biomas brasileiros totalizam 79 ecorregiões (Tabela 4). Esse número é muito significativo, pois representa cerca de 1/3 das ecorregiões da América Latina, conforme estudos de Dinerstein et al. (1995), que já haviam identificado 152 ecorregiões, chegando atualmente a 222. Essa notável diversidade de paisagens e de ecossistemas do Brasil deverá evoluir com o detalhamento dos biomas Pantanal e Campos Sulinos, o que aumenta, proporcionalmente a responsabilidade do Brasil de conservar e recuperar esse patrimônio natural, do qual depende todo o planeta. É inadiável, pois, a articulação sul-americana para a concretização de um sistema de conservação integrado com base nas ecorregiões, tomadas como unidades de planejamento.

As ecorregiões brasileiras variam muito em tamanho, oscilando de 0,02 km<sup>2</sup> a 736.836 km<sup>2</sup>. O tamanho médio das ecorregiões é de cerca de 108 mil km<sup>2</sup> (Tabela 2), que representam uma extensão suficiente para garantir os processos ecossistêmicos e a livre evolução de grandes táxons biológicos, bem como pela possível disponibilidade de recantos a serem convertidos em áreas protegidas, com dimensões suficientes. Para que isso ocorra, cumpre adotar, com urgência, um sistema que tome as ecorregiões como unidade de planejamento. Assumindo-se o planejamento bio/ecoregional como metodologia de gestão, poder-se-á prever, corrigir e ordenar a ocupação territorial, implementar zoneamentos ambientais, bem como conservar novas áreas-núcleo e recuperar paulatinamente as áreas antropizadas, por meio do envolvimento da sociedade somado à educação ambiental, com vista a mudar o atual modelo socioeconômico para um modelo social sustentável.

De forma resumida, a análise dos dados obtidos permite agrupar os resultados em três categorias quanto aos índices de representatividade ecológica dos biomas e dos ecótonos brasileiros, por áreas de proteção integral: a) os biomas Amazônia e Costeiro possuem os melhores índices de conservação e representatividade, por UC, com aproximadamente 6 % (são necessárias medidas para incrementar a área e a distribuição equilibrada de novas UC); b) os biomas Mata Atlântica e Cerrado e o ecótono Cerrado–Caatinga estão em alto risco –com índices de proteção entre 2 % e 3,5 % –, exigindo, pois, mudanças de políticas e estratégias, principalmente para a reconectividade dos fragmentos e a recuperação das áreas antropizadas, por meio de corredores ecológicos, implantação do emprego de tecnologias sustentáveis e gestão integrada de ecossistemas; c) os biomas Caatinga, Pantanal e Campos Sulinos e os ecótonos Amazônia–Cerrado e Caatinga–Cerrado, com menos de 1 % de áreas conservadas por UC e sob alta pressão, correm risco imediato de extinção dos seus ecossistemas se não forem tomadas medidas emergenciais para neutralizar essa tendência.

Verifica-se também desequilíbrio de representatividade entre os biomas e os ecótonos ao se analisar a diversidade dos biomas, regionalizados em ecorregiões, unidades de paisagens distintas dentro de um mesmo bioma, revelando as lacunas de conservação a serem estudadas e solucionadas. Os estudos de representatividade ecológica feitos para o bioma Amazônia e, no presente estudo, para o bioma Cerrado documentam essas constatações. O esforço de conservação nas suas diversas escalas – genética, espécies e ecossistemas – deve levar em conta esses cenários de desequilíbrio de representatividade, priorizando as áreas mais ameaçadas e as menos protegidas.

Nesse sentido, o estudo de prioridades para a conservação da biodiversidade do Probio, para os biomas brasileiros, resume-se nos seguintes dizeres:

**Mudança de enfoque:** A conservação da diversidade genética, de espécies e de ecossistemas deve ser incorporada de forma explícita a todos os instrumentos de ordenamento territorial e de gestão ambiental, tais como corredores ecológicos,

*zoneamento ecológico-econômico, planos diretores de ordenamento territorial e gerenciamento de bacias hidrográficas. Nestes instrumentos de planejamento, devem ser incorporadas estratégias que conciliem a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos com os seus usos múltiplos* (Brasil, 2002).

O mesmo documento sugere a incorporação do conceito de *hotspots* pelas autoridades governamentais, isto é, o combate à fragmentação do Cerrado, bem como a implementação de corredores de biodiversidade. Ou seja, a adesão e a incorporação da visão sistêmica e da ecossistêmica na gestão da biodiversidade são vitais para os atuais e futuros anos (*op. cit.*).

O ecologista brasileiro Samuel Murgel Branco, ao abordar a importância da gestão integrada do meio ambiente numa ótica ecossistêmica, analisa os dois grandes paradigmas conceituais – a visão sistêmica e a visão reducionista – e cita uma frase de Aristóteles que sintetiza bem essa discussão: “Com as mesmas letras se pode compor uma tragédia e uma comédia” (Branco, 1999). A adoção da abordagem ecossistêmica para a conservação dos ecossistemas e da biodiversidade no Brasil é emblemática, e a chave para a decisão é: o futuro do patrimônio biótico brasileiro será ou uma tragédia ou um jubilo. Essa decisão deverá ser tomada pelo conjunto da sociedade brasileira, com equilíbrio e compromisso com as futuras gerações.

## Conclusão

À luz dos resultados, da análise e da discussão do presente estudo, avaliou-se, quantitativa e qualitativamente, a diversidade biológica brasileira, em especial o bioma Cerrado, na escala ecossistêmica. Esse enfoque é essencial, pois as prioridades para as ações de conservação da biodiversidade devem ser hierarquizadas de acordo com cada unidade biogeográfica – bioma, ecótono e ecorregião –, individualmente, porque, conforme foi discutido, cada uma delas representa, especificamente, processos históricos, evolutivos, ecológicos, bióticos, abióticos e antropológicos com identidade própria, e, como tal, devem ser tratados como únicos. As principais conclusões são apresentadas a seguir.

- A diversidade biológica brasileira ocorre de forma exuberante em todas as escalas de conservação, do patrimônio genético à variedade de espécies biológicas, até a diversidade de ecossistemas. A alta diversidade dos ecossistemas brasileiros está manifestada claramente na existência e na delimitação dos sete biomas, nas três regiões ecológicas e nas ecorregiões.
- A diversidade dos ecossistemas brasileiros, numa escala de sub-representação dos biomas, manifesta-se na identificação das 79 ecorregiões, até o presente momento, 1/3 das ecorregiões da América Latina. O detalhamento dos biomas Pantanal e Campos Sulinos, bem como o refinamento das ecorregiões já delimitadas, certamente levará a um incremento considerável no número atual de ecorregiões.
- Os biomas e os ecótonos brasileiros, com exceção da Amazônia, passam por alto grau de fragmentação, todos com mais de 90 % de antropização. A média nacional de representatividade dos biomas e dos ecótonos, por unidade de conservação de proteção integral, é de 3,52 %; portanto, abaixo da média mundial de 10 % e da meta internacional e nacional de 10 % do território preservado.
- A análise da distribuição da rede de unidades de conservação dos biomas brasileiros permite confirmar a hipótese de que elas estão distribuídas de forma desequilibrada, o que resulta em lacunas de representatividade em todos os biomas e ecótonos existentes, agravadas pelo isolamento e a desconectividade dos fragmentos.
- Torna-se evidente que a diversidade paisagística do bioma Cerrado refletiu-se na definição das 22 ecorregiões, confirmando a hipótese da existência de alta diversidade paisagística do bioma, enfaticamente referenciada pela presença dos mosaicos de paisagens dos “cerrados”.
- Constata-se, com segurança, que o bioma Cerrado encontra-se num avançado grau de antropização e de fragmentação de seus ecossistemas – mais de 80 % –, com uma descontrolada erosão genética e biológica em todos os seus recantos.
- A análise e a discussão dos dados permitem constatar que o conjunto de unidades de conservação, com 2,51 % da superfície do Cerrado, não é representativo das paisagens do bioma e, tampouco, garante a manutenção da diversidade biológica e a integridade dos ecossistemas, a longo prazo.
- O cruzamento dos dados das ecorregiões do Cerrado com as unidades de conservação demonstra a baixa representatividade ecológica, o desequilíbrio na distribuição e a consequente constatação de lacunas em todas as regiões do bioma.
- A julgar pelo alto incremento de antropização do Cerrado nas últimas décadas e pelo baixo crescimento da rede de áreas protegidas, a curto prazo deverá ser alcançado um nível de erosão genética e ecossistêmica insustentáveis, tanto qualitativa quanto temporalmente, caso não haja uma drástica intervenção da sociedade.
- As terras indígenas do Cerrado ocupam uma área equivalente a 4,08 % do seu território, e embora estejam em franco processo de decadência ambiental, ainda constituem uma promessa potencial de contribuição para o esforço nacional de conservação da biodiversidade.
- Finalmente, o setor ambientalista brasileiro – governamental e não-governamental – inevitavelmente terá que dar o próximo passo na direção da abordagem ecossistêmica biomática, com o objetivo de elaborar o plano de gestão integrada para cada bioma e cada ecôtono brasileiro, estabelecendo estratégias, metas e métodos a serem alcançados. Os estudos de prioridades para a conservação da biodiversidade, realizados por bioma, representaram um avanço importante, pois estabeleceram as prioridades, mas não consistem em planos de gestão construídos com os setores que terão a capacidade de implementá-los de forma participativa e com metas a longo prazo.

## Referências

- AB'SÁBER, A. N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. **Orientação**, São Paulo, v. 3, p. 45-48, 1967.
- AB'SÁBER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul, primeira aproximação. **Geomorfologia**, São Paulo, v. 52, p. 1-22, 1977.
- ACOT, P. **História da Ecologia**. Rio de Janeiro: Campus, 1990. 212 p.
- ARRUDA, M. B. **Conservação, ecologia humana e sustentabilidade na Caatinga**: estudo da região do Parque Nacional da Serra da Capivara. Brasília: Ibama, 1993. 96 p. (Série Meio Ambiente em Debate, 13).
- ARRUDA, M. B. Gestão integrada de ecossistemas: a conservação da biodiversidade expandida. In: SIMÓPSIO BRASILEIRO DE ECOSSISTEMAS, 5., **Anais...** 2000, Vitória. Vitória: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 2000. v. 1, p. 1-9.
- ARRUDA, M. B. (Org.). **Ecossistemas brasileiros**. Brasília: Ibama, 2001.
- ARRUDA, M. B. **Representatividade ecológica com base na biogeografia de biomas e ecorregiões continentais do Brasil**: o caso do Bioma cerrado. 178 p. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- ARRUDA, M. B.; VON BEHR, M. (Org.). **Expedição científica e conservacionista ao Jalapão**. Brasília: Ibama, 2002. 93 p.
- BAILEY, R. **Ecosystem geography**. New York: Springer, 1996. 204 p.
- BAILEY, R. **The ecoregions of the United States**. Ogden: USDA Forest Service, Intermountain Region, 1976. Map. Scale 1:7.500.000.
- BRANCO, S. M. **Ecossistêmica**: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1999. 202 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: Probio, 2002. 404 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Primeiro relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica**: Brasil. Brasília: MMA, 1998. 283 p.
- BROWN JÚNIOR, K. **Ecologia geográfica e evolução nas florestas neotropicais**. São Paulo: Departamento de Zoologia, Universidade de Campinas, 1979. 265 p.
- BRUCK, E. C. **Unidades de conservação no Brasil**: cadastramento e vegetação. Brasília: Ibama, 1995. 225 p.
- BURLEY, F. W. Monitoring biological diversity for setting priorities in conservation. In: WILSON, E. O.; PETER, F. M. (Ed.). **Biodiversity**. Washington, DC: National Academic Press, 1988. p. 227-230.
- BURLEY, F. W. Testing an ecosystem regionalization. **Journal of Environmental Management**, London, v. 7, p. 365-373, 1984.
- CABRERA, A. L.; WILLINK, A. **Biogeografía de América Latina**. Washington, DC: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, 1973. 117 p.
- CAMPOS, L. F. G. de. **Mapa florestal do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Ind. e Com., 1926. 147 p.
- CASTRO, A. J. F.; MARTINS, F. R. Cerrados do Brasil e do nordeste, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. **Pesquisa em Foco**, São Luis, v. 7, n. 9, p. 147-178, 1999.
- COCHRANE, T. T.; SANCHES, L. G.; AZEVEDO, L. G.; PORRAS, J. A.; GARVER, C. L. **Land in tropical America**: a guide to climate, landscapes, and soils for agronomists in Amazonian, the Andean Piedmont, Central Brazil and Orinoco. Cali: CIAT: Embrapa-CPAC, 1985. 3 v, 4 t.
- COLE, M. M. The influence of soils, geomorphology and geology on the distribution of plant communities in savanna ecosystems. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Ed.). **Ecology of tropical savannas**. Berlim: Springer-Verlag, 1982. p. 145-174. (Ecological Studies, 42).
- CONSERVATION INTERNATIONAL. **Designing sustainable landscapes**: the Brazilian Atlantic Forest. Washington, DC, 2000a. 29 p.
- CONSERVATION INTERNATIONAL. **Hotspots**: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecorregions. Washington, DC, 2000b. 430 p.

- DIAS, B. S. Alternativas de desenvolvimento dos cerrados:** manejo e conservação dos recursos naturais renováveis. Brasília: Fundação Pró-Natureza, 1992. 97 p.
- DINERSTEIN, E.; OLSON, D.; GRAHAM, D.; PRIMM, S; BOOKBINDER, M.; LEDEC, G. Una evaluación del estado de conservación de las eco-regiones terrestres de América Latina y el Caribe.** Washington, DC: WWF, 1995. 135 p.
- ECOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA.** The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. **Ecological Applications**, Tempe, v. 6, n. 3, p. 665-691, 1996.
- EITEN, G. Classificação da vegetação do Brasil.** Brasília: CNPq, 1983. 395 p.
- EITEN, G.** The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, New York, v. 38, p. 201-341, 1972.
- FEARNSIDE, P. M.; FERRAZ, J.** A conservation gap analysis of Brazil's Amazonian vegetation. **Conservation Biology**, Malden, v. 9, n. 5, p. 1134-1147, 1995.
- FELFILI, J. M.; SILVA JUNIOR, M. C.** **Biogeografia do bioma cerrado:** estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2001. 152 p.
- FERREIRA, L. V.; ARRUDA, M. B.** Identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade por meio da representatividade das unidades de conservação e tipos de vegetação nas ecorregiões da Amazônia Brasileira. In: **BIODIVERSIDADE na Amazônia Brasileira**. São Paulo: Estação Liberdade: Instituto Socioambiental, 2001. p. 268-289.
- FUNDACÃO BIODIVERSITAS. Biodiversidade em Minas Gerais:** um atlas para a sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1998. 92 p.
- GARCIA VIQUEZ, R.** **Propuesta técnica de ordenamiento territorial con fines de conservación de biodiversidad.** [S.I.]: Proyecto Corredor Biológico Mesoamericano, WCS. 1996. 113 p.
- GRIFFITH, J.; JUCKSCH, I.; DIAS, L. E.; CÂMARA, J. B.; ARRUDA, M. B.** Incorporação de decisões comunitárias sobre zoneamento usando a análise Gestalt da paisagem. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**, 1., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IAP, 1998. p. 119-136.
- IBAMA. Geo Brasil 2002:** perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília, 2002. 447 p.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Colombia megadiversa:** cinco anos explorando la riqueza de um país biodiverso. Santa Fé de Bogotá, 2000. 295 p.
- MARTIUS, C. F. P. von.** *Tábula geographica Brasiliie et terrarum adjacentium. Tabula geographica quinque provincias florae Brasiliensis illustrans.* In: *FLORA Brasiliensis. Monacchi et Lipsiae. [S.I.: s.n.], 1906.* v. 1, part. 1, fasc. 21.
- MILLER, K.** **Em busca de um novo equilíbrio:** diretrizes para aumentar as oportunidades de conservação da biodiversidade por meio do manejo biorregional. Brasília: Ibama, 1997. 94 p.
- NATUSERVE.** **Taller sobre clasificación de sistemas ecológicos secos y estacionales de tierras bajas de América del Sur.** Santa Cruz de la Sierra, 2002.
- OBANDO, V.** **Biodiversidad en Costa Rica:** estado del conocimiento y gestión. Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad, 2002. 250 p.
- OSLON, D. M.; DINERSTEIN, E.** The global 200: Priority ecoregions for global conservation. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v. 89, p. 199-224, 2002.
- RATTER, J. A.; DARGIE, T. C. D.** An analysis of the floristic composition of 26 Cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 49, p.235-250, 1992.
- RIZZINI, C. T.** Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 1-64, 1963.
- RIZZINI, C. T.** **Tratado de fitogeografia do Brasil aspectos sociológicos e florísticos.** São Paulo: Hucitec, 1979. v. 2, 374 p.
- RODRIGUES, S. C.** **Estudo de geomorfologia para a definição das ecorregiões do bioma Cerrado.** Brasília: Ibama: TNC, 2002.
- ROMERO, R.** **A família Melastomataceae no Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais.**

**Gerais, Brasil.** 2000. Dissertação (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SAMPAIO, A. J. Fitogeografia. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 59-78, 1940.

SANTOS, L. B. Aspectos gerais da vegetação do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 68-73, 1943.

SIMBERLOFF, D. S. Flagships, umbrellas, and keystones: is single species management pass in the landscape era. **Biological Conservation**, Oxford, v. 83, p. 247-257, 1998.

TERBORGH, J. Faunal equilibria and the design of wildlife reserves. In: GOLEY, F. G.; MEDINA, E. (Ed.). **Tropical ecological systems**. New York: Springer Verlag, 1975. p. 369-380.

THE NATURE CONSERVANCY. **Ecological processes and landscape patterns**: considerations for ecoregional planning. Washington, DC, 1998.

THE NATURE CONSERVANCY. **Ecorregiões**: proposta para o bioma Caatinga. Recife: The Nature Conservancy: Associação Plantas do Nordeste, 2002. 75 p.

THE NATURE CONSERVANCY. **Planejando uma geografia de esperança**: manual técnico para planejamento da conservação ecorregional. Washington, DC, 2000. v. 1 e 2, 250 p.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Gap Analysis Program – GAP**. United States Geological Survey - USGS, National Centre for Ecosystems Analysis - NCEA, Idaho, EUA. Disponível em: <www.gap.uidaho.edu>. Acesso em: jan. 2003.

Survey - USGS, National Centre for Ecosystems Analysis - NCEA, Idaho, EUA. Disponível em: <www.gap.uidaho.edu>. Acesso em: jan. 2003.

VELOSO, H. P. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 123 p.

VELOSO, H. P.; GÓES-FILHO, L. **Fitogeografia brasileira, classificação fisionômica ecológica da vegetação Neotropical**. Salvador: [s.n.], 1982. 80 p. (Boletim Técnico Projeto RADAMBRASIL, série Vegetação, n. 1).

WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. **Biodiversity conservation in the tropics**: gaps inhabitants and funding priorities. Cambridge, Grã-Bretanha, 1997. 170 p.

WORLD CONSERVATION UNION. **A global representativeness system of marine protected areas**: wider Caribbean, west Africa and south Atlantic. Washington, DC: World Conservation Union: World Bank: Great Barrier Reef Marine Park Authority, 1995. 93 p.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. **National biodiversity planning**. Washington, DC: World Resources International, The World Conservation Union, United Nations Environment Programme, 1995. 161 p.

WRIGHT, R. G.; MURRAY, M. P.; MERRILL, T. Ecoregions as a level of ecological analysis. **Biological Conservation**, Oxford, v. 86, p. 207-213, 1998.

## Capítulo 9

# **Fenologia e Biologia Reprodutiva das Espécies de Cerrado**

*Paulo Eugênio A. M. de Oliveira*



## Introdução<sup>1</sup>

A variação sazonal é uma característica básica do clima e da vegetação dos Cerrados. Observações sobre o período de floração e de troca de folhas de plantas de Cerrado e sua associação com as mudanças ambientais já são citadas em Warming (1908) e têm permeado, direta ou indiretamente, os estudos sobre esse tipo de vegetação. Este capítulo analisa os dados disponíveis sobre fenologia de plantas lenhosas de Cerrado e apresenta um modelo para explicar o comportamento fenológico e a reprodução dessas plantas.

### Fenologia e savanas tropicais

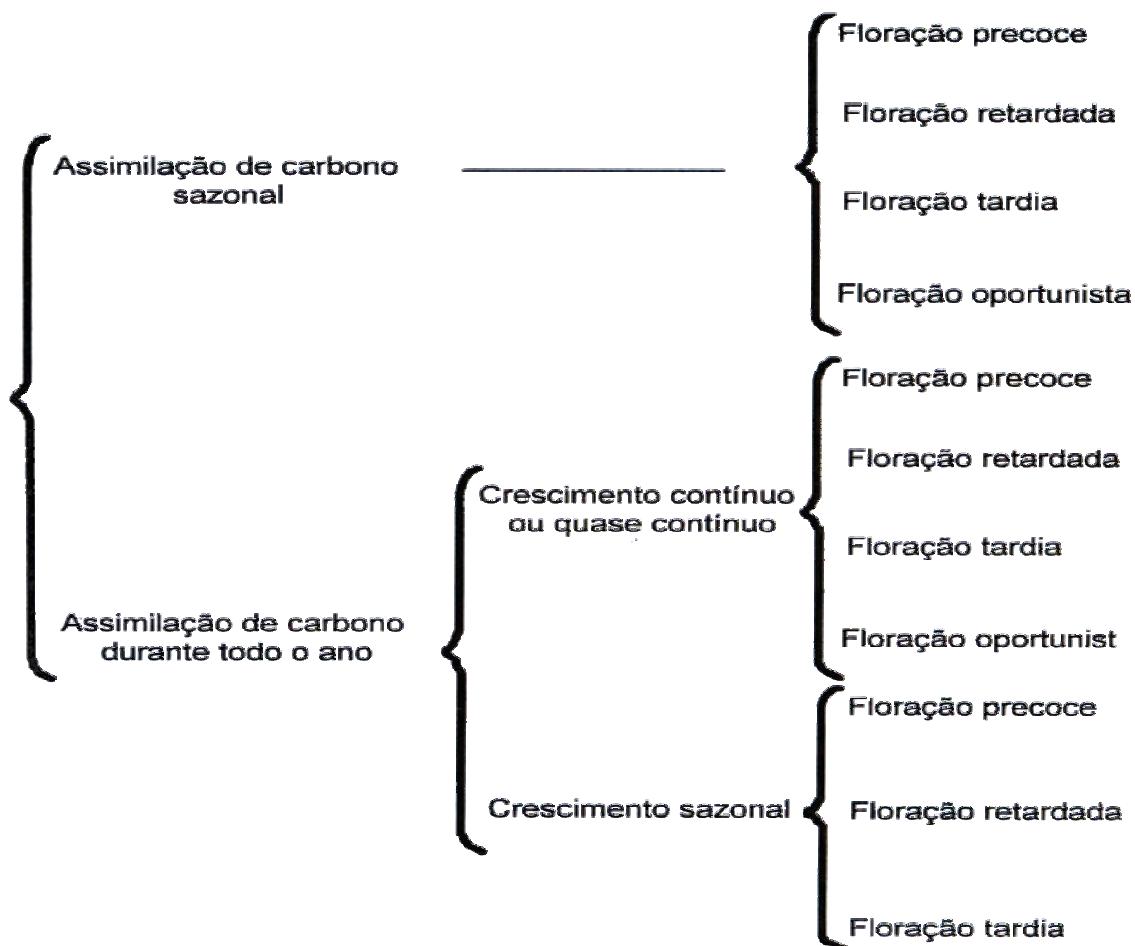
As últimas duas décadas (1980–2000) foram marcadas por um renovado interesse pelas variações fenológicas em plantas tropicais, na tentativa de relacionar as diferentes fases do ciclo de vida com o processo reprodutivo das plantas nessas comunidades, de forma a obter uma visão integrada dos fatores determinantes desses processos (Frankie et al., 1974a, 1974b; Silva, 1987; Newstrom et al., 1994). Nesse sentido, é útil o conceito de estratégia fenológica (Monasterio e Sarmiento, 1976; Sarmiento e Monasterio, 1983), pois permite entender a diversidade dos eventos fenológicos como forma alternativa de aperfeiçoar a reprodução e a sobrevivência das espécies. De acordo com esse conceito, a fenologia seria considerada fruto de um processo ativo de seleção em que estratégias variadas de alocação de recursos para as diversas fases do ciclo de vida propiciariam diferentes taxas de sucesso reprodutivo, e não um ajustamento fortuito das plantas às mudanças ambientais.

Usando esse enfoque, Monasterio e Sarmiento (1976) observaram que as mudanças sazonais não afetavam igualmente as várias formas de vida e de estratos da vegetação, mas era possível agrupá-los com base nas diferentes estratégias fenológicas das espécies das savanas venezuelanas. A reorganização e a ampliação desses grupos, baseadas principalmente na forma de assimilação de carbono, no crescimento e na floração, foram

usadas para descrever o comportamento fenológico das espécies de savanas neotropicais, incluindo o Cerrado brasileiro (Sarmiento e Monasterio, 1983). Quanto à assimilação de carbono, esses autores definiram dois grupos básicos (Fig. 1): um de plantas com assimilação sazonal de carbono; e outro de plantas com assimilação durante o ano inteiro. O primeiro grupo comporta as plantas anuais ou perenes com crescimento vegetativo apenas durante a estação chuvosa, passando a estação seca na forma de sementes ou de órgãos subterrâneos. O segundo grupo abrange plantas ativas durante todo o ano, as quais apresentam crescimento contínuo, produzindo folhas durante todo o ano ou com crescimento sazonal, isto é, em que as plantas concentram a produção de folhas e o crescimento durante um período reduzido do ano, geralmente no começo da estação chuvosa. Em cada grupo, a floração pode ocorrer no começo da estação chuvosa (precoce), ou mais para o final das chuvas (retardada), ou isoladamente, durante a estação seca (tardia). Entre as plantas de crescimento contínuo, ocorrem ainda algumas com floração também contínua; entre as anuais, há aquelas que também têm floração oportunista, ligada a acontecimentos fortuitos e localizados (Fig. 1).

Tal diversidade de estratégias fenológicas parece ser importante para a dinâmica e a estruturação das comunidades de savanas neotropicais. A floração precoce ou tardia está associada a determinadas formas de crescimento em gramíneas e ao mesmo tempo pode ser afetada diferentemente pela ocorrência de fogo (Almeida, 1995). Dessa maneira, mudanças na freqüência ou na época das queimadas poderiam alterar a estrutura e a composição florística de uma comunidade (Silva, 1987; Moreira, 2000; Hoffmann e Solbrig, 2003). Estudos fenológicos têm indicado diferenças básicas entre o comportamento do estrato herbáceo e subarbustivo e do estrato arbóreo na vegetação. Enquanto os eventos fenológicos das plantas herbáceas estão associados à estação chuvosa, as lenhosas, por sua vez, parecem ser mais independentes da sazonalidade, chegando algumas delas a florescer em plena estação seca (Sarmiento e Monasterio, 1983).

<sup>1</sup> Revisor técnico: Giselda Durigan.



**Fig. 1.** Estratégias fenológicas para plantas de savanas tropicais. Floração precoce, retardada, tardia ou oportunista são definidas de acordo com o início da estação chuvosa.  
Fonte: adaptado de Sarmiento e Monasterio (1983).

A despeito de todos os esforços empreendidos na última década, os dados fenológicos existentes sobre o Cerrado são, ainda, fragmentários. Espécies isoladas ou grupos de espécies têm sido estudados utilizando metodologias e enfoques diferentes. Estudos fenológicos envolveram fenodinâmica de espécies representativas (Barros e Caldas, 1980; Ribeiro et al., 1982; Bulhão e Figueiredo, 2002), efeito do fogo sobre a fenologia de floração e a dispersão (Coutinho, 1977, 1982), variação sazonal na deposição de folhas (Rizzo et al., 1971), crescimento cambial (Alvin e Silva, 1980) e outros aspectos ecofisiológicos (Franco, 2002). Dados fenológicos têm sido apresentados também em trabalhos de biologia reprodutiva (Gottsberger e Silberbauer-Gottsberger, 1983;

Oliveira e Sazima, 1990; Oliveira e Gibbs, 2000). Os estudos com enfoque comunitário são, porém, raros.

O trabalho de Mantovani e Martins (1988) continua sendo uma referência para o Cerrado de São Paulo. Esses autores observaram mensalmente a fenologia da flora de uma área de Cerrado e encontraram diferenças marcantes entre a fenologia da floração do estrato herbáceo e a do arbustivo-arbóreo, e na fenologia de frutificação de acordo com a forma de dispersão. Desde sua publicação, foram desenvolvidos outros trabalhos utilizando metodologia semelhante em outras áreas e fisionomias (Miranda, 1995; Batalha e Mantovani, 2000; Batalha e Martins, 2004), com

resultados fundamentalmente semelhantes. Além da dicotomia básica entre plantas herbáceas e arbustivo-arbóreas, esses estudos mostraram elevada diversidade de estratégias fenológicas não muito diferentes das previstas por Sarmiento e Monasterio (1983).

## Determinantes ambientais e diversidade fenológica

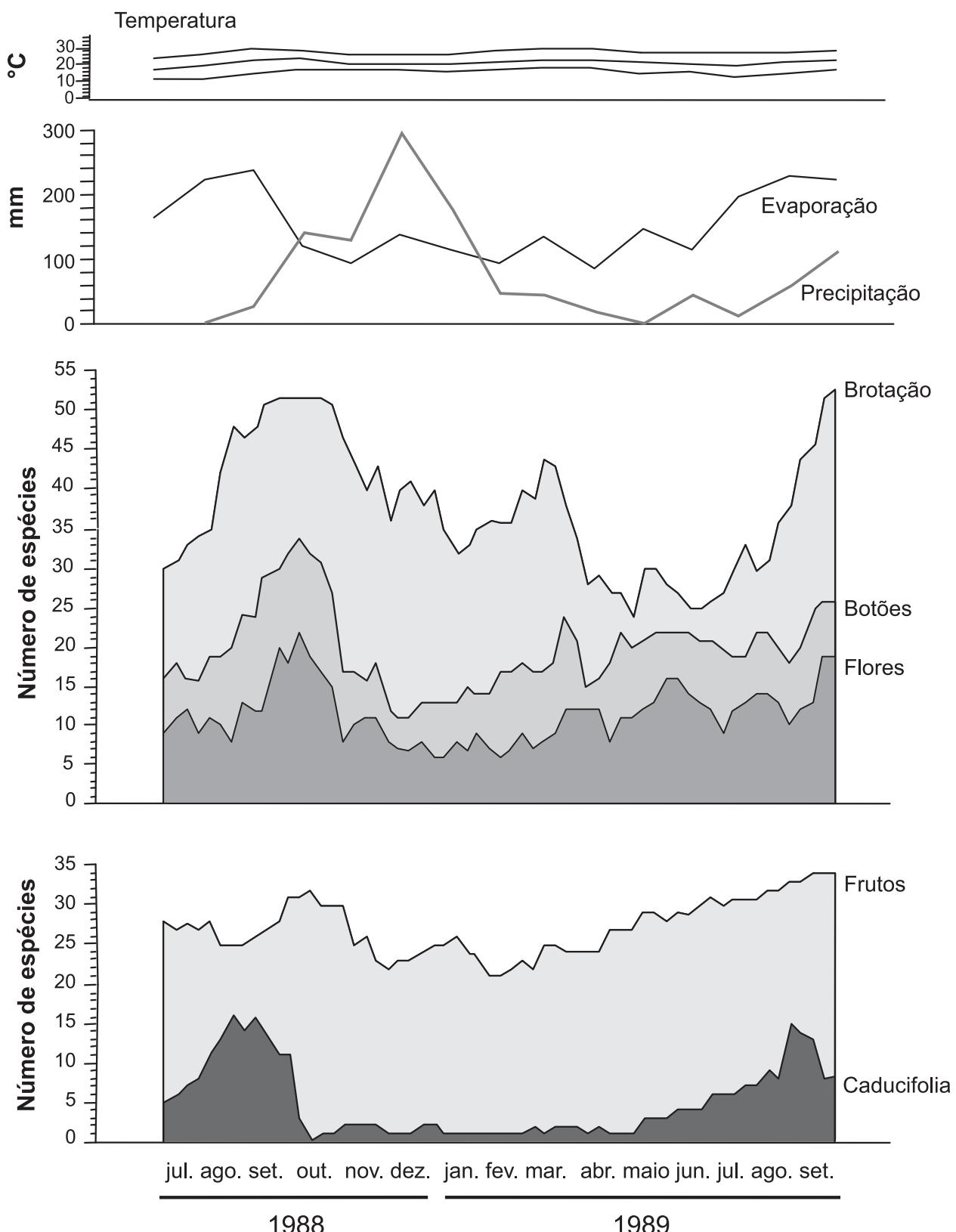
Como entender a diversidade de comportamentos fenológicos apontada por esses estudos? Analisando os dados disponíveis sobre a fenologia de espécies lenhosas do Cerrado, basicamente o que se destaca é que a sazonalidade não limita estritamente o comportamento fenológico (Sarmiento e Monasterio, 1983) e que os períodos de floração e de frutificação parecem estar distribuídos durante todo o ano (Sarmiento e Monasterio, 1983; Mantovani e Martins, 1988). Os dados fenológicos obtidos para plantas lenhosas de uma área de Cerrado no Jardim Botânico de Brasília (Oliveira, 1991) exemplificam o tipo de distribuição, que parece ser característico da vegetação (Fig. 2). É possível identificar picos das várias fenofases (eventos fenológicos como: brotação, floração, frutificação e caducifolia) sempre relacionados com o final da estação seca, mas, ao mesmo tempo, é possível encontrar espécies com determinada fenofase em qualquer época do ano nessas comunidades vegetais.

A premissa básica a ser discutida é que apenas o período de estabelecimento de plantas novas parece ser rigidamente determinado pelas condições ambientais e seria comum entre plantas lenhosas de Cerrado. As demais fenofases estariam ajustadas seqüencialmente a esse período de estabelecimento, e não determinadas diretamente pelas mudanças sazonais. Esse ajustamento seqüencial explicaria a diversidade de estratégias fenológicas e a importância funcional dessas distintas estratégias na composição desse tipo de vegetação. A discussão das características e dos padrões observados em cada fenofase é feita a seguir, enfatizando as relações de dependência com a estratégia comum de estabelecimento.

## Estabelecimento

O clima do Cerrado é caracterizado pela presença de uma estação seca bem definida, que pode durar até 6 meses (Fig. 2). Nessas condições, a camada superficial do solo tende a secar completamente até a profundidade de 2 m, mas as camadas mais profundas mantêm-se úmidas durante todo o ano (Rawitscher et al., 1943; Eiten, 1972; Franco, 2002). O resultado é que plantas lenhosas, com sistemas radiculares profundos, mantêm transpiração ativa e parecem não ser afetadas pela condição de seca (Rawitscher, 1948). Mesmo com certas variações, essa relativa independência da sazonalidade permite crescimento mais ou menos contínuo (Alvin e Silva, 1980; Jackson et al., 1999; Franco, 2002).

A seca periódica, entretanto, afeta severamente plantas herbáceas com sistemas radiculares menos profundos, restringindo o crescimento e provocando secamento da parte aérea. Essa biomassa seca funciona como combustível para as freqüentes queimadas. Plântulas resultantes de sementes seriam extremamente vulneráveis às condições de seca e, durante muito tempo, pensou-se que esses fatores limitariam a possibilidade de reprodução sexuada, favorecendo a reprodução vegetativa (Ferri, 1961; Rizzini e Heringer, 1962; Rizzini, 1965). Todavia, a partir dos trabalhos de Labouriau et al. (1963, 1964), mostrou-se que a reprodução sexuada e o estabelecimento de plântulas não só são viáveis e comuns, como também envolvem mecanismos muito bem adaptados às condições de Cerrado. Crescimento radicular rápido, de forma a atingir as camadas permanentemente úmidas do solo, ou desenvolvimento de órgãos de reserva, podem ser formas de garantir a sobrevivência (Labouriau et al., 1964; Handro, 1969; Paviani e Haridasan, 1988; Oliveira e Silva, 1993). A eficácia desses mecanismos está, porém, ligada à sincronização da germinação com o início da estação chuvosa. Essa sincronização, que maximizaria o período disponível para o estabelecimento (Frankie et al., 1974a), tem sido observada em plântulas de espécies lenhosas de Cerrado (Labouriau et al., 1964; Válio e Moraes, 1966; Sarmiento e Monasterio, 1983). Estudos comunitários mais gerais, talvez nos moldes de Garwood (1983),



**Fig. 2.** Climatograma e dados fenológicos de uma comunidade de plantas lenhosas do Cerrado no Jardim Botânico de Brasília. Os dados representam o total de espécies com pelo menos um indivíduo apresentando a fenofase.

Fonte: Oliveira (1991).

seriam importantes para confirmar esse tipo de sincronização entre as espécies de Cerrado.

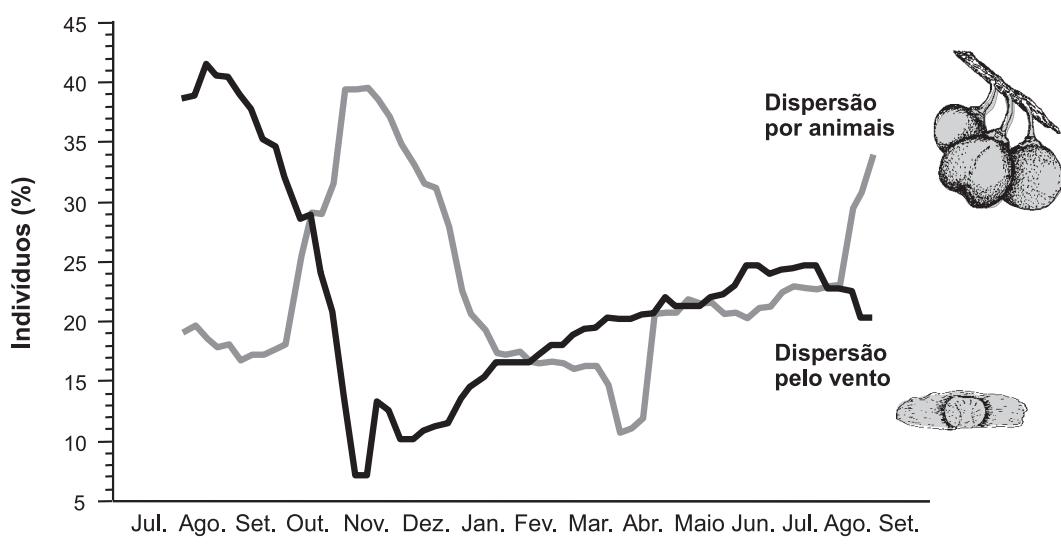
## Frutificação e dispersão

Com o período ótimo de estabelecimento restrito e sincronizado, como descrito acima, a dispersão de propágulos precisaria ser ajustada para coincidir com o período exatamente anterior ao início das chuvas. A dispersão pelo vento (anemocoria) coincide com o final da seca, mas a dispersão por animais (zoocoria) depende da atividade dos dispersores, que parece ser maior durante a estação chuvosa (Gottsberger e Silberbauer-Gottsberger, 1983). A análise da fenologia de frutificação das espécies arbóreas no Cerrado do Jardim Botânico de Brasília mostra padrões diferentes para espécies disseminadas pelo vento e para as dispersas por animais (Fig. 3). É interessante notar que plantas dispersas durante a estação seca parecem germinar prontamente, enquanto, entre as disseminadas durante a estação chuvosa, têm sido observados muitos casos de dormência. Uma compilação limitada de dados sobre a germinação de espécies de

Cerrado confirma essa constatação (Tabela 1), relacionando zoocoria, dispersão na estação chuvosa e ocorrência de dormência.

Existem, é certo, espécies zoocóricas dispersas no início das chuvas que não apresentam dormência significativa. *Eugenia dysenterica*, por exemplo, não só germina rapidamente como perde a viabilidade em 150 dias (Farias Neto et al., 1991). O mesmo parece acontecer com *Hancornia pubescens* (Parente et al., 1988). Somente uma avaliação mais geral indicaria a importância relativa de cada comportamento entre as espécies de Cerrado. Já existem dados suficientes sobre muitas espécies de Cerrado que podem ser aproveitados na produção de mudas (ver compilação em Salomão et al., 2003), mas nunca foram utilizados para a análise sugerida.

Essa associação, que parece contra-intuitiva, entre dormência e dispersão durante as chuvas, seria uma forma de ajustar a germinação dessas espécies com a estação chuvosa seguinte, maximizando, portanto, o período de estabelecimento (Frankie et al., 1974a). Garwood (1983) encontrou uma situação semelhante para as florestas da Costa Rica. A autora sugere, entretanto, que,



**Fig. 3.** Fenologia de frutificação em relação à forma de dispersão em uma comunidade de plantas lenhosas de Cerrado. Os dados são estimativas baseadas nos dados fenológicos, na densidade relativa das espécies e na porcentagem de indivíduos com frutos na área durante o período de estudo, de acordo com a forma de dispersão. Os períodos subsequentes aos picos de frutificação corresponderam a períodos de dispersão intensa.  
Fonte: Oliveira (1991).

**Tabela 1.** Forma de dispersão e período de frutificação de espécies lenhosas do Cerrado agrupadas pela presença ou pela ausência de dormência<sup>(1)</sup>.

Espécies	Dispersão	Frutificação	Referência
<b>Sem dormência</b>			
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spr.) Mart.	Anemocoria	Set./out.	Observação pessoal
<i>Kielmeyera speciosa</i> St. Hil.	Anemocoria	Set./out.	Observação pessoal
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott.	Anemocoria	Set./out.	Melo et al., 1979
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All. <sup>(2)</sup>	Anemocoria	Set./out.	Melo et al., 1979
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc) A. Robyns	Anemocoria	Set./out.	Melo et al., 1979
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc) Schott & Endl.	Anemocoria	Set./out.	Melo et al., 1979
<i>Pterodon pubescens</i> Benth.	Anemocoria	Set./out.	Melo et al., 1979
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Anemocoria	Set./out.	R.B. Henriques <sup>(3)</sup>
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl.	Anemocoria	Set./out.	J.W.B.Machado <sup>(3)</sup>
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Zoocoria	Ago./set.	J.C. Sousa-Silva <sup>(3)</sup>
<i>Zeyhera digitalis</i> (Vell.) Hoene	Anemocoria	Set.	Joly e Felippe, 1979b
<b>Com dormência</b>			
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers.	Zoocoria	Dez./jan.	Moreira, 1987
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Zoocoria	Fev./mar.	Rizzini, 1971
<i>Eugenia dysenterica</i> DC	Zoocoria	Nov./dez.	Rizzini, 1971
<i>Rapanea guianensis</i> Aubl.	Zoocoria	Out./jan.	Joly e Felippe, 1979a
<i>Salacia sylvestris</i> (Mart Steud.)	Zoocoria	-	Rizzini, 1975
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	Zoocoria	Dez./jan.	Carvalho et al., 1994
<i>Andira humilis</i> Mart ex Benth.	Zoocoria	-	Handro, 1969
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	Zoocoria	Set./dez.	Felippe e Silva, 1984

<sup>(1)</sup> Com algumas exceções, esses dados foram obtidos em condições de laboratório, com sementes de diferentes proveniências e com variados tempos de armazenamento, devendo, portanto, ser encarados com restrições.

<sup>(2)</sup> Sin. *Astronium urundeuva* (Fr. Allem.) Engl.

<sup>(3)</sup> Observação pessoal.

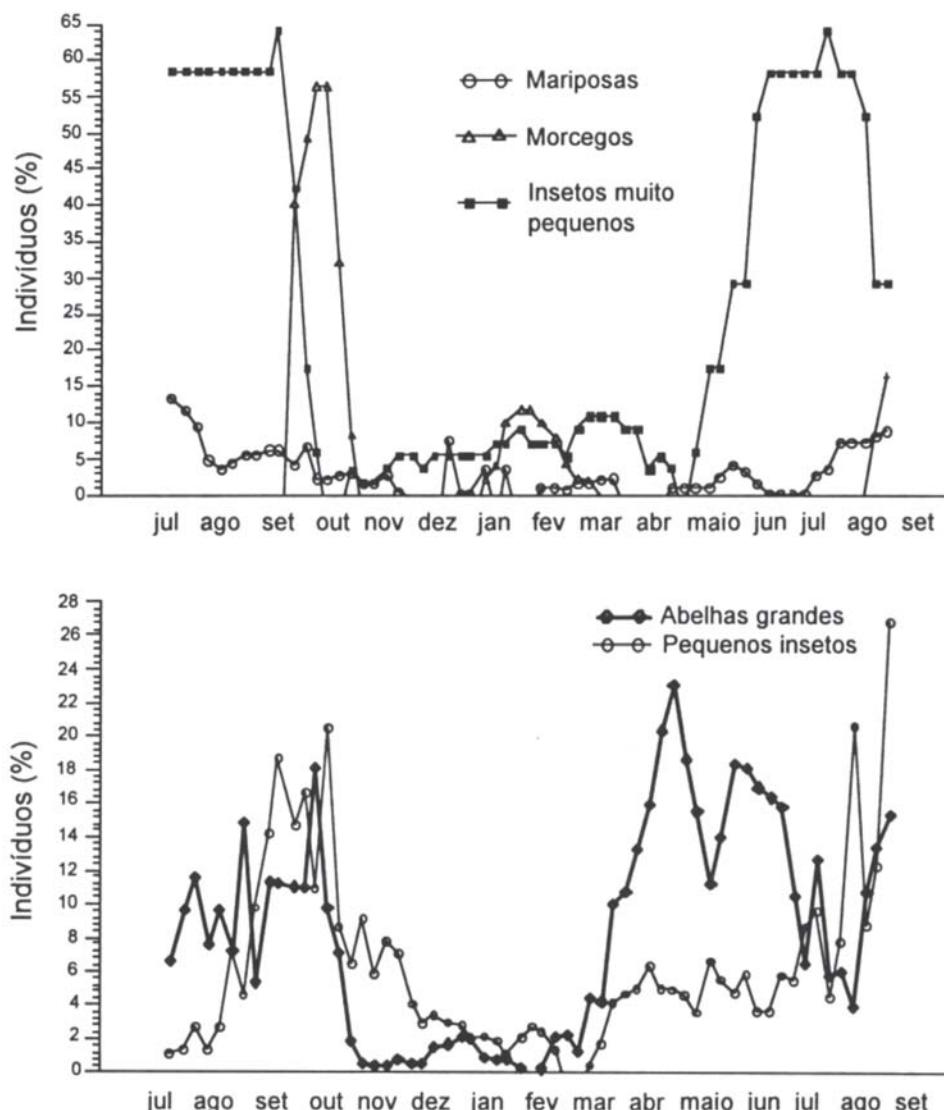
naquela comunidade, a presença de dormência e a sincronização da germinação com o início da estação chuvosa seriam maneiras de evitar a competição por luminosidade, uma vez que as copas das plantas adultas não teriam ainda sido recompostas.

## Floração

O ajustamento da fenologia de floração é menos definido do que o observado para frutificação e dispersão. Uma análise da fenologia de floração de espécies com diferentes sistemas de polinização (Fig. 4) mostra grande variação entre e dentro de um mesmo sistema de polinização, apesar de haver maior convergência da floração no final da época seca. Essa concentração parece estar associada à disponibilidade de grupos diferentes de polinizadores. Mudanças de pluviosidade, temperatura, fotoperíodo e ocorrência de fogo devem funcionar como

“gatilhos” ambientais, sinalizando a ocorrência de floração (como em Opler et al., 1976), mas não como determinantes estritos. Uma possível competição por polinizadores, como em *Qualea* e *Vochysia* (Oliveira, 1998) ou *Hymenaea* (Gibbs et al., 1999), restrições filogenéticas (Kochmer e Handel, 1986; mas veja Bulhão e Figueiredo, 2002) e mesmo variadas estratégias de alocação de recursos (Sarmiento e Monasterio, 1983; Oliveira e Sazima, 1990) talvez sejam mais importantes para o ajustamento do período de floração. As estratégias de floração precoce, retardada e tardia, citadas por Sarmiento e Monasterio (1983), parecem representar extremos de uma distribuição de espécies em floração ao longo de todo o ano (Mantovani e Martins, 1988; Oliveira e Gibbs, 2000).

A diversidade de fenologia de floração está relacionada a períodos ótimos de dispersão, conforme os períodos de desenvolvimento de frutos. Espécies disseminadas pelo vento, por



**Fig. 4.** Fenologia de floração em relação aos sistemas de polinização numa comunidade de plantas lenhosas de Cerrado. Os dados são estimativas semanais da porcentagem de indivíduos em floração dentro de cada grupo com um mesmo sistema de polinização. Insetos muito pequenos seriam micro-Hymenoptera, Lepidoptera, Thysanoptera e outros insetos menores que 5 mm. Insetos pequenos são abelhas pequenas (<12 mm), vespas e moscas. Abelhas grandes compreendem aquelas maiores que 12 mm, com língua longa.

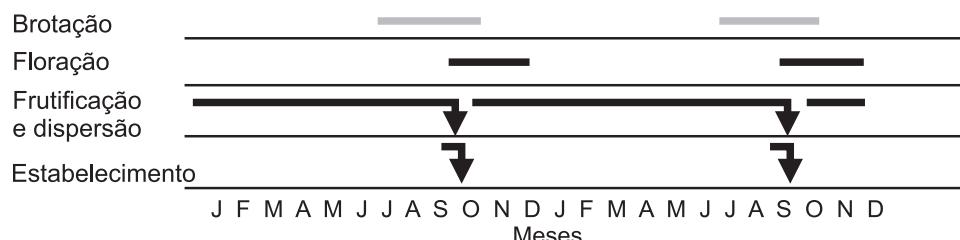
Fonte: Oliveira (1991).

exemplo, podem florescer e explorar polinizadores em diferentes épocas do ano, enquanto o tempo de desenvolvimento dos frutos permite que a dispersão dos propágulos possa ser ajustada para o final da estação seca, período em que essa forma de dispersão parece ser mais eficiente.

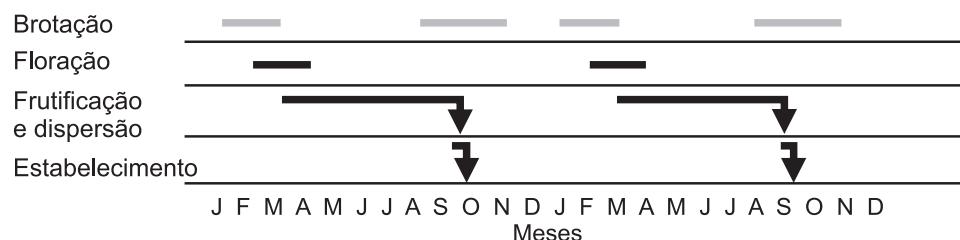
Espécies co-genéricas em *Kielmeyera* (Oliveira e Sazima, 1990) e *Vochysia* (Oliveira e Gibbs, 1994) têm morfologia floral e de frutos semelhantes, mas períodos de desenvolvimento

dos frutos que variam de poucos meses até 1 ano (Fig. 5). Esse tipo de ajustamento parece ocorrer também para espécie como *Emmotum nitens* (Fig. 6). Nessa espécie, frutos formados no final da estação chuvosa são dispersos zoocoricamente no começo ou durante a estação chuvosa seguinte. Esse tipo de ajustamento associado às restrições ao estabelecimento faz que, no caso de *E. nitens*, as novas plântulas germinem quase 2 anos após a floração (Moreira, 1987).

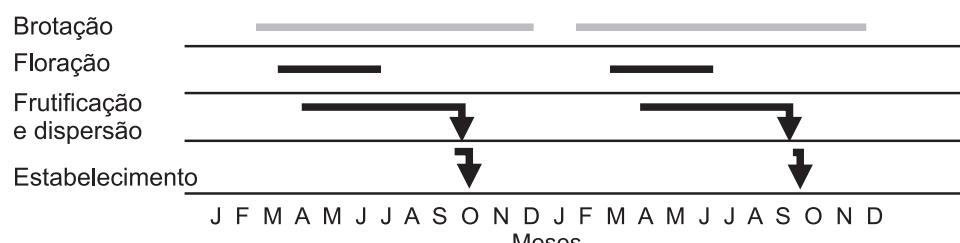
### *Kielmeyera coriacea*



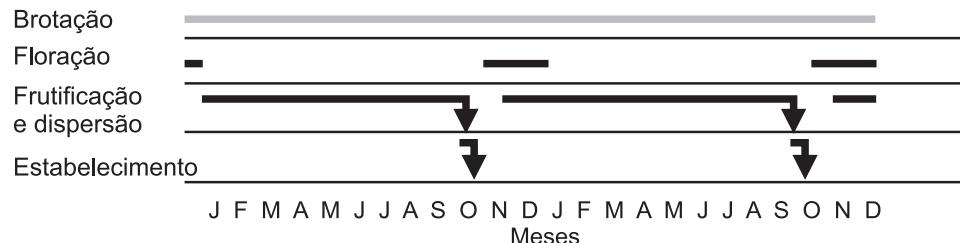
### *Kielmeyera speciosa*



### *Vochysia rufa*



### *Vochysia thyrsoides*



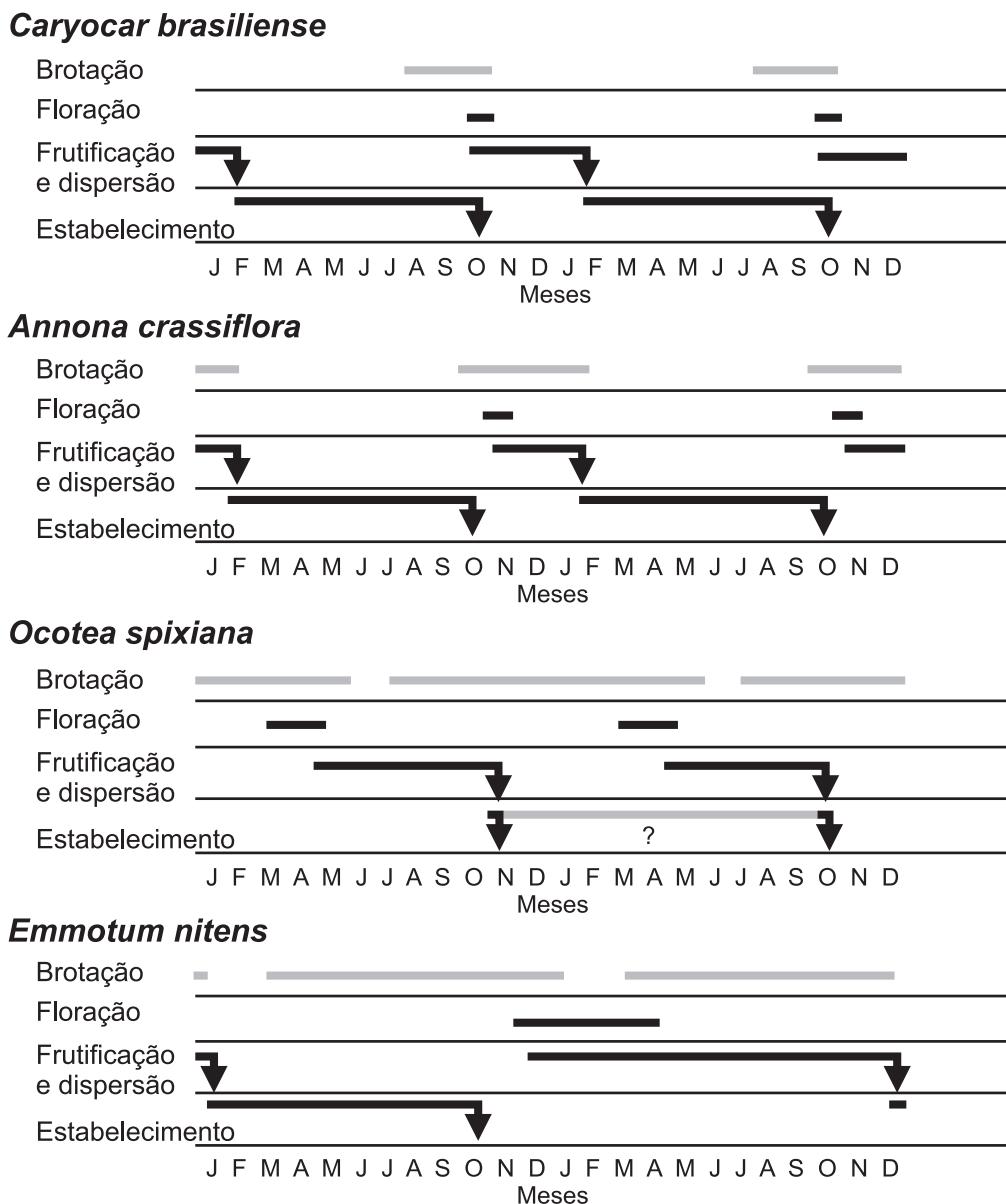
**Fig. 5.** Fenograma de espécies com dispersão anemocórica ocorrentes na área estudada no Jardim Botânico de Brasília, DF. As espécies co-genéricas de *Kielmeyera* e *Vochysia* têm os mesmos tipo de morfologia floral, sistema de polinização e dispersão anemocórica, entretanto, apresentam períodos de floração e de desenvolvimento de frutos diferentes. A época de dispersão coincide com o final da seca e o estabelecimento é subsequente. Não existe dormência.

## Brotação

Árvores e arbustos de Cerrado podem ter brotação continuada (ou prolongada), podendo ocorrer produção e troca de folhas em diferentes épocas do ano, ou brevidecíduas (Sarmiento e Monasterio, 1983). A troca de folhas concentrada no final da estação seca é precedida ou acompanhada por caducifolia (sincronização entre caducifolia e brotação, varia de espécie para

espécie, entre indivíduos da mesma espécie e entre distintos anos para um mesmo indivíduo). Algumas espécies podem ser utilizadas como exemplos extremos dessas estratégias (Fig. 7). Da relação entre o brotamento e o período de reprodução originar-se-iam as estratégias de floração descritas por Sarmiento e Monasterio (1983).

Entre as espécies brevidecíduas, o período de floração em relação à troca de folhas pode ser

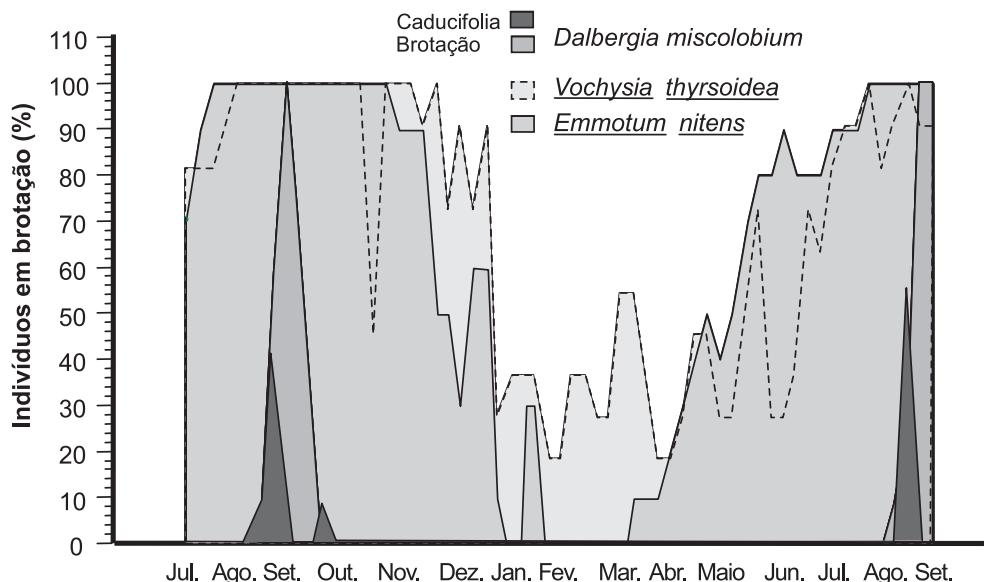


**Fig. 6.** Fenograma de espécies com dispersão zoocórica. Dispersando os frutos em plena estação chuvosa, essas espécies apresentam mecanismos de dormência. A dormência ajusta a germinação ao início da estação chuvosa seguinte. *Emmotum nitens* parece ter floração bianual e longos períodos de desenvolvimento dos frutos e de dormência. Espécies zoocóricas que dispersam os frutos no início da estação chuvosa, como *Ocotea spixiana*, poderiam ou não apresentar dormência.

Fonte: Oliveira (1991) e observações pessoais.

importante do ponto de vista dos recursos a serem alocados na reprodução. A floração precoce, acompanhando ou seguindo a troca de folhas, implica que o processo reprodutivo, especialmente a dispendiosa formação de frutos, possa ser mantido com o produto fotossintético sendo gerado naquele momento. A alocação dos recursos pode ser ajustada sincronicamente às variações ambientais. Já a floração retardada envolve deslocamento da floração e, consequentemente,

da reprodução para o final da estação seca. Em plantas anuais, esse tipo de atraso permite a acumulação de recursos durante o crescimento vegetativo, a qual é alocada depois, na reprodução (Rathcke e Lacey, 1985). Tal atraso em plantas perenes poderia permitir o ajustamento do esforço reprodutivo de acordo com os recursos acumulados na estação de crescimento anterior, evitando que os riscos de condições adversas de crescimento inviabilizem o investimento já



**Fig. 7.** Fenologia de brotação e caducifolia total de três espécies de Cerrado. Os dados representam a porcentagem semanal de indivíduos de cada espécie, observados com gemas ativas e folhas novas, ou com ausência total de folhas. *Dalbergia miscolobium* apresenta comportamento brevidecíduo característico com caducifolia total e renovação de folhas limitada a 2 semanas no ano, enquanto *Vochysia thyrsoides* e *Emmotum nitens* apresentam brotação mais ou menos constante durante o ano e nunca apresentam caducifolia total.

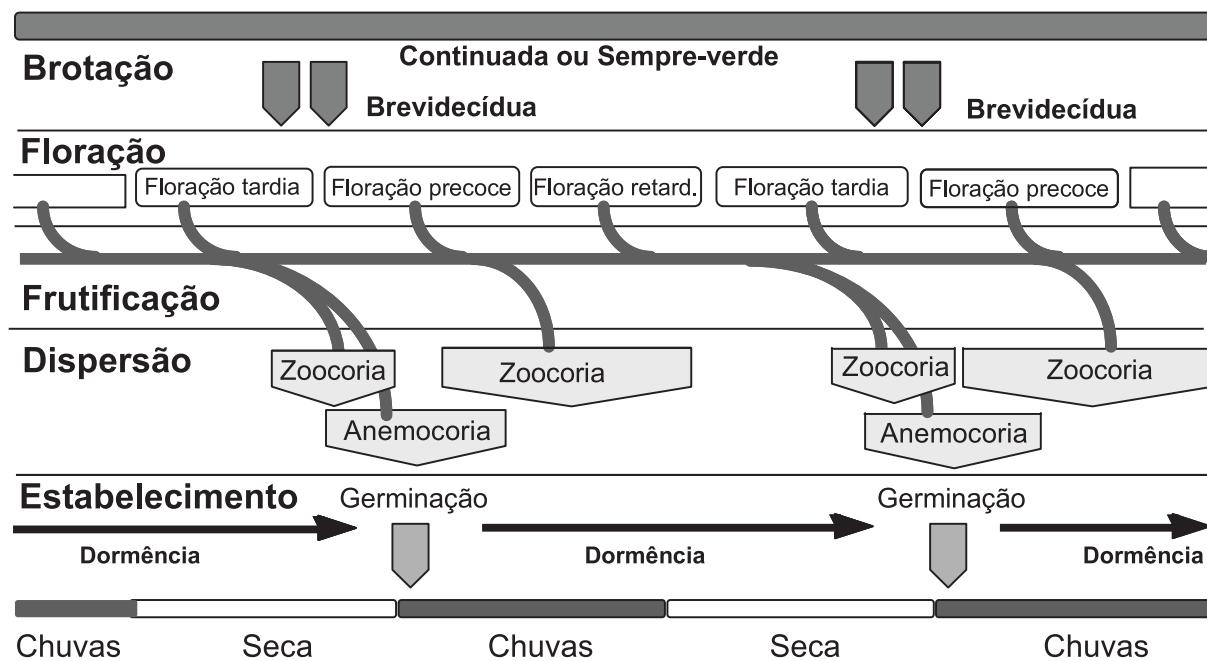
iniciado no período da floração e da frutificação. A relativa previsibilidade das condições ambientais para plantas lenhosas de Cerrado talvez explique a predominância de plantas lenhosas com floração precoce e associada ao crescimento vegetativo. Por sua vez, plantas herbáceas, com sistema radicular mais superficial, mesmo perenes, estariam expostas a flutuações no teor de água no solo e na disponibilidade de nutrientes (Franco, 2002), fatores que talvez explicassem a predominância de floração retardada nesse estrato, relatada em todos os estudos fenológicos comunitários em áreas de Cerrado.

Finalmente, a floração tardia ocorreria isoladamente, durante a estação seca. Nesse caso, as plantas florescem com folhas senescentes ou sem folhas, antes da brotação. Recorrendo à descrição de Sarmiento e Monasterio (1983), é difícil separar essas plantas das espécies com floração precoce, as quais, muitas vezes, começam a produzir flores ainda na estação seca. Entre plantas de floração tardia, há aquelas que florescem, desenvolvem e maturam os frutos na estação seca, e as folhas novas começam a brotar

após o período reprodutivo. Essas não formam um grupo amplo; talvez os exemplos mais notáveis sejam as espécies de *Tabebuia* (ipês). Os ipês florescem sem folhas, desenvolvem os frutos e dispersam as sementes antes da nova brotação (Barros, 1989, e observação pessoal), realizando todo o processo reprodutivo com recursos acumulados na estação de crescimento anterior ou talvez com fotossintatos das próprias estruturas reprodutivas.

## Modelo geral

O esquema na Fig. 8 resume os padrões fenológicos em cada fenofase e suas relações com o padrão comum de estabelecimento. As combinações entre essas fenofases compõem as estratégias fenológicas de cada espécie. A relativa independência fisiológica das plantas arbóreas de Cerrado em relação à sazonalidade ambiental e as opções de ajustamento seqüencial entre as fenofases favorecem grande diversidade de estratégias fenológicas para determinada espécie. Essa diversidade pode ser limitada por restrições



**Fig. 8.** Modelo descritivo dos eventos fenológicos entre plantas lenhosas de Cerrado. A ocorrência das fenofases em cada nível é mais ou menos independente e ajustada ao nível subsequente. A única fenofase com um período restrito de ocorrência e comum às espécies de Cerrado é o estabelecimento de plântulas no início da estação chuvosa.

morfológicas e filogenéticas que determinam, por exemplo, o tipo de fruto ou de polinizador. Ainda assim, as possibilidades de diferenciação fenológica parecem ser grandes mesmo entre espécies co-genéricas (Fig. 5).

### Fenologia e estrutura da comunidade

Diante dessa diversidade de estratégias fenológicas entre as plantas lenhosas de Cerrado, como atuariam os mecanismos de seleção sobre a freqüência com que ocorre cada estratégia? Essas estratégias não parecem ter um sucesso igual no mosaico de condições ambientais e fitofisionomias que constituem o Cerrado. A distribuição de espécies anemocóricas, por exemplo, não é independente das mudanças fisionômicas (Gottschberger e Silberbauer-Gottschberger, 1983; Oliveira e Moreira, 1992), de forma que períodos de dispersão e disponibilidade de frutos devem ser diferentes entre fisionomias, trazendo consequências para a organização da comunidade.

Plantas que têm comportamento de brotação continuado talvez sejam mais vulneráveis em

condições de fogo freqüente, mas, ao mesmo tempo, o sombreamento proporcionado por plantas como *Emmottum nitens* deve afetar a densidade local de plantas herbáceas, diminuindo, como consequência, a intensidade e a probabilidade de queimadas. Com frutificação durante a estação chuvosa e atraindo dispersores semelhantes, espécies zoocóricas tipicamente florestais, como *Emmottum nitens* e *Ocotea spixiana*, podem formar aglomerados mais densos e diferenciados em áreas de Cerrado. Dessa maneira, fenologia e forma de dispersão dessas espécies poderiam ser, juntamente com o regime de fogo e a disponibilidade de água (Furley e Ratter, 1988), fatores que influenciam a origem de Cerradões distróficos.

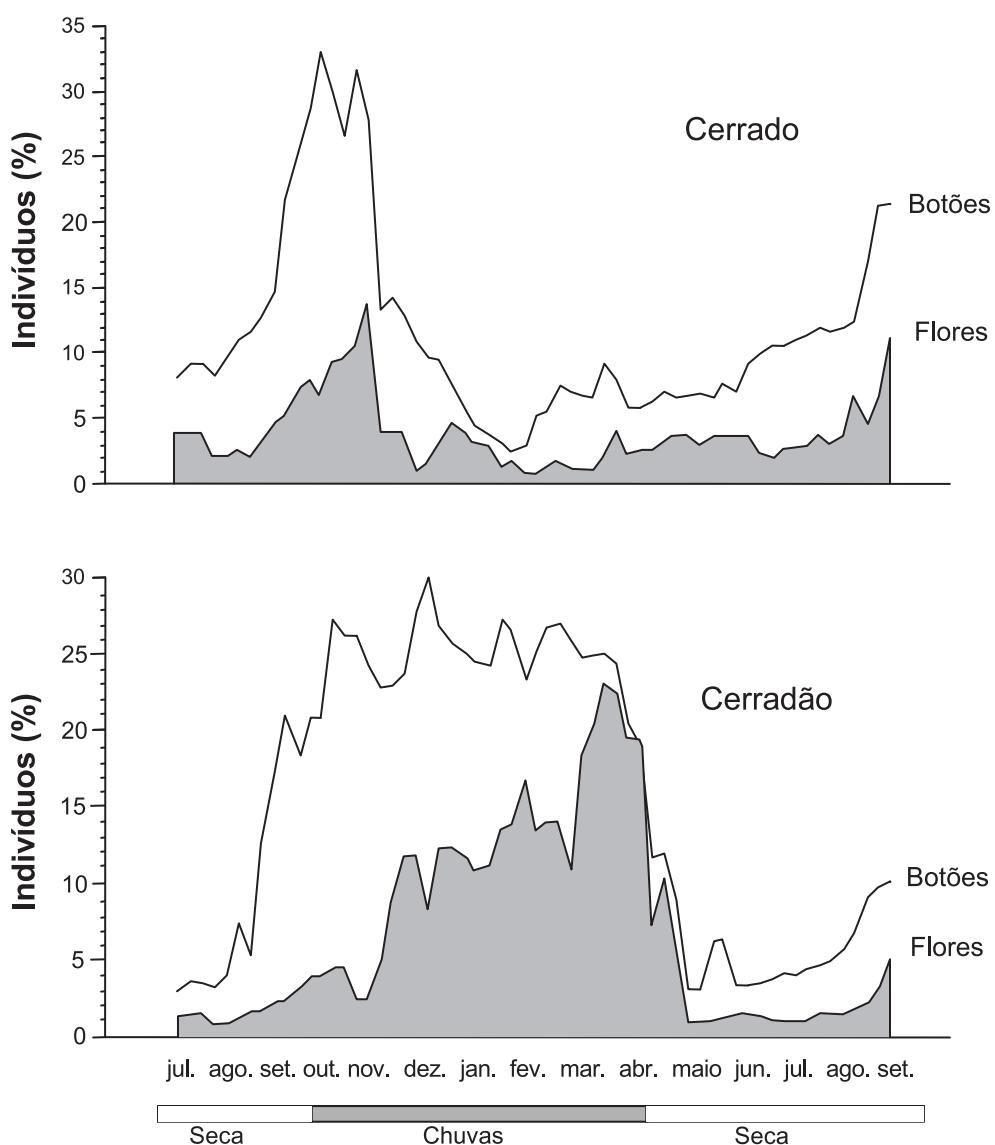
Por sua vez, mudanças na estrutura da comunidade que refletem a importância relativa das espécies ao longo dos gradientes fisionômicos poderiam modificar a freqüência de floração e a importância de cada sistema de polinização. Supondo-se o mesmo conjunto de espécies estudadas no Jardim Botânico de Brasília (Fig. 2), mas usando-se as densidades relativas, obtidas num estudo de gradiente em outra área de Cerrado do Distrito Federal (Ribeiro et al., 1985),

é possível observar como o padrão de indivíduos em floração poderia ser diferente entre áreas de Cerrado Ralo e Cerradão (Fig. 9). Espécies importantes na área de Cerradão florescem fora do pico, associado com o início das chuvas que é delineado para a área de Cerrado. Isso significa que diferenças fisionômicas podem implicar diferenças fenológicas e gerar mosaicos de oferta de recursos florais para polinizadores que devem ser levados em conta na definição de estratégias

de conservação da fauna e da flora da região (Oliveira e Gibbs, 2002).

## Conclusão

Dados fenológicos são básicos para entender a reprodução e a ecologia de plantas de modo geral e são particularmente importantes em ambientes tropicais onde as variações sazonais



**Fig. 9.** Fenologia e mudanças fitofisionômicas. Os dados básicos de fenologia de floração obtidos para um Cerrado no Jardim Botânico de Brasília foram multiplicados pela densidade relativa das espécies em um Cerrado Ralo e em um Cerradão do Distrito Federal (Ribeiro et al., 1985). Espécies não citadas nas listas foram consideradas tão raras quanto as espécies mais raras na área e atribuídas densidades relativas similares para efeito das estimativas do percentual de indivíduos com cada fenofase (Oliveira, 1991).

não são determinantes tão diretos dos processos fenológicos como o são em ambientes temperados. Em ambientes tropicais, a diversidade de estratégias fenológicas representa forma alternativa de sobrevivência, e os mecanismos que selecionam diferentes padrões podem ser determinados por interações ecológicas, relações filogenéticas e história das comunidades.

A diversidade de estratégias fenológicas entre as plantas lenhosas de Cerrado mostra que as variações sazonais não são determinantes exclusivos do processo reprodutivo. Essas estratégias são compostas de alternativas até certo ponto independentes em cada fenofase, e apenas o estabelecimento das plantas parece ser restrito a todas as espécies. O ajustamento das distintas épocas de floração, do tempo de desenvolvimento dos frutos e da dormência de sementes permite a germinação das espécies no período ótimo para o estabelecimento. Com base no modelo apresentado, é possível fazer previsões relacionando, por exemplo, a época de dispersão com a presença de dormência nas sementes que podem ser efetivamente testadas.

Finalmente, a diversidade fenológica – facultada por tais alternativas – é uma consequência da relativa previsibilidade ambiental no bioma. Ela parece ter uma função na manutenção das comunidades vegetais na medida em que proporciona uma distribuição espacial e temporal dos eventos reprodutivos, relaxando a competição e permitindo uma utilização mais eficiente de recursos nutricionais e também dos serviços de polinização e dispersão.

## Agradecimentos

O autor deste capítulo agradece a Adriana Moreira e a Carlos A. Klink (da Universidade de Brasília) pela discussão das idéias e pelas sugestões apresentadas ao texto original. A Peter E. Gibbs e a José Felipe Ribeiro, pelo estímulo dado na redação do manuscrito final. Aos revisores, pelas importantes modificações sugeridas. Os dados fenológicos originais são parte da tese de doutorado pela Universidade de St. Andrews (Escócia), onde o autor foi bolsista do CNPq (200219/87).

## Referências

- ALMEIDA, S. P. Grupos fenológicos da comunidade de gramíneas perenes de um Campo Cerrado no Distrito Federal, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 8, p. 1067-1073, ago. 1995.
- ALVIN, P. T.; SILVA, J. E. Comparação entre os cerrados e a região amazônica em termos agroecológicos. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília. **Cerrado: uso e manejo**. Brasília: Editerra, 1980. p. 143-160.
- BARROS, M. A. G. **Studies on pollination biology and breeding systems of some genera with sympatric species in the Brazilian Cerrados**. 1989. Thesis (Ph.D) - University of St. Andrews, St. Andrews.
- BARROS, M. A. G.; CALDAS, L. S. Acompanhamento de eventos fenológicos apresentados por cinco gêneros nativos do cerrado (Brasília, DF). **Brasil Florestal**, Brasília, v. 10, p. 7-14, 1980.
- BATALHA, M. A.; MANTOVANI, W. Reproductive phenological patterns of Cerrado plant species at the Pé-de-gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 60, p. 129-145, 2000.
- BATALHA, M. A.; MARTINS, F. R. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). **Australian Journal of Botany**, Victoria, v. 52, p. 149-161, 2004.
- BULHÃO, C. F.; FIGUEIREDO, P. S. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, p. 361-369, 2002.
- CARVALHO, C. G. S.; TORRES, R. A.; CARNEIRO, I. F.; BORGES, J. D. Efeitos de diferentes tratamentos na germinação do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 8, p. 109-120, 1994.
- COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. II. As queimadas e a dispersão em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo subarbustivo. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 5, p. 57-64, 1977.
- COUTINHO, L. M. Ecological effect of fire in Brazilian cerrado. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER,

- B. H. (Ed.). **Ecology of tropical savannas.** BerlIn: Springer-Verlag, 1982. p. 273-291.
- EITEN, G. Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, New York, v. 38, p. 201-341, 1972.
- FARIAS NETO, A. L. F.; FONSECA, C. E. L.; SILVA, J. A.; GOMIDE, C. C. C. Armazenamento de sementes de cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 2, p. 55-62, 1991.
- FELIPPE, G. M.; SILVA, J. C. S. Estudos de germinação em espécies do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 7, p. 157-163, 1984.
- FERRI, M. G. Aspects of the soil-water-plant relationships in connection with some Brazilian types of vegetation. In: SYMPOSIUM ON TROPICAL SOILS AND VEGETATION, 1959, Abdjan. **Proceedings...** Paris: UNESCO, 1961. p. 103-109.
- FRANCO, A. Ecophysiology of woody plants. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna.** Washington: Columbia University Press, 2002. p. 178-197.
- FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G.; OPLER, P. A. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands Costa Rica. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 62, p. 881-919, 1974a.
- FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G.; OPLER, P. A. Tropical plant phenology: applications for studies in community ecology. In: LIETH, H. (Ed.). **Phenology and seasonality modeling.** BerlIn: Springer-Verlag, 1974b. p. 287-296.
- FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 15, p. 97-108, 1988.
- GARWOOD, N. C. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panamá: a community study. **Ecological Monographs**, Tempe, v. 53, p. 159-181, 1983.
- GIBBS, P. E.; OLIVEIRA, P. E.; BIANCHI, M. Post-zygotic control of selfing in *Hymenaea stigonocarpa* (Leguminosae - Caesalpinoideae), a bat-pollinated tree of the Brazilian cerrados. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 160, n. 1, p. 72-78, 1999.
- GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. Dispersal and distribution in the cerrado vegetation of Brazil. **Sonderbänd. des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg**, v. 7, p. 15-352, 1983.
- HANDRO, W. Contribuição ao estudo da unidade de dispersão e da plântula de *Andira humilis* Mart. ex Benth. (Leguminosae- Lotoideae). **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade São Paulo**, n. 349 e **Botânica**, n. 27, p. 1-189, 1969.
- HOFFMANN, W. A.; SOLBRIG, O. T. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 180, p. 273-286, 2003.
- JACKSON, P. C.; MEINZER, F. C.; BUSTAMANTE, M.; GOLDSTEIN, G.; FRANCO, A.; RUNDEL, P. W.; CALDAS, L.; IGLER, E.; CAUSIN, F. Partitioning of soil water among tree species in a Brazilian cerrado ecosystem. **Tree Physiology**, Victoria, v. 19, p. 717-724, 1999.
- JOLY, C. A.; FELIPPE, G. M. Dormência das sementes de *Rapanea guianensis* Aubl. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 2, p. 1-6, 1979a.
- JOLY, C. A.; FELIPPE, G. M. Germinação e fenologia de *Zeyhera digitalis* (Vell.) Hoehne. **Hoehnea**, São Paulo, v. 8, p. 35-40, 1979b.
- KOCHMER, J. L.; HANDEL, S. N. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. **Ecological Monographs**, Tempe, v. 56, p. 303-325, 1986.
- LABOURIAU, L. G.; VALIO, I. M.; HERINGER, E. P. Sobre os sistemas reprodutivos de plantas dos cerrados. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 36, p. 449-464, 1964.
- LABOURIAU, L. G.; VÁLIO, I. M.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; HANDRO, W. Nota sobre a germinação de sementes de plantas de cerrados em condições naturais. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 227-237, 1963.
- MANTOVANI, W.; MARTINS, F. R. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva biológica de Mogi-Guaçu, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 11, p. 101-112, 1988.
- MEDINA, E.; HUBER, O. The role of biodiversity in the function of savanna ecosystems.

- In: SOLBRIG, O.; VAN EMDEN, H. M.; VAN OORDT, P. G. W. J. (Ed.). **Biodiversity and global change**. Paris: International Union of Biological Sciences, 1992. p. 139-158.
- MELO, J. T.; RIBEIRO, J. F.; LIMA, V. L. G. Germinação de sementes de algumas espécies arbóreas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 1, p. 8-12, 1979.
- MIRANDA, I. S. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de Alter-do-Chão, PA. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 18, p. 235-240, 1995.
- MONASTERIO, M.; SARMIENTO, G. Phenological strategies of plant species in tropical savanna and the semi-deciduous forest of the Venezuelan llanos. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 3, p. 325-356, 1976.
- MOREIRA, A. G. **Aspectos demográficos de *Emmotum nitens* (Benth.) Miers. (Icacinaceae) em um Cerradão distrófico no Distrito Federal**. 1987. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 27, p. 1021-1029, 2000.
- NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, Saint Louis, v. 26, p. 141-159, 1994.
- OLIVEIRA, P. E.; GIBBS, P. E. Pollination and breeding systems of six *Vochysia* species (Vochysiaceae) in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 10, p. 509-522, 1994.
- OLIVEIRA, P. E.; GIBBS, P. E. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. **Flora**, Jena, v. 195, p. 311-329, 2000.
- OLIVEIRA, P. E.; GIBBS, P. E. Pollination and reproductive biology in cerrado plant communities. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. Washington: Columbia University Press, 2002. p. 329-347.
- OLIVEIRA, P. E. Reproductive biology, evolution and taxonomy of the Vochysiaceae in Central Brazil. In: OWENS, S.; RUDALL, P. (Ed.). **Reproductive biology**: in systematics, conservation and economic botany. Richmond: Royal Botanic Gardens at Kew, 1998. p. 381-393.
- OLIVEIRA, P. E. **The Pollination and reproductive biology of a Cerrado woody community in Brazil**. 1991. Thesis (Ph.D) - University of St. Andrews, St. Andrews.
- OLIVEIRA, P. E.; MOREIRA, A. G. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 5, p. 163-174, 1992.
- OLIVEIRA, P. E.; SAZIMA, M. Pollination biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) from Brazilian cerrado vegetation. **Plant Systematics and Evolution**, New York, v. 172, p. 35-49, 1990.
- OLIVEIRA, P. E.; SILVA, J. C. S. Reproductive biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) in the cerrados of Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 9, p. 67-79, 1993.
- OPLER, P. A.; FRANKIE, G. W.; BAWA, K. S. Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 3, p. 231-236, 1976.
- PARENTE, T. V.; CARMONA, R.; MACHADO, J. W. B. Preservação do poder germinativo de sementes de mangaba (*Hancornia pubescens* Nees e Mart.) em diferentes meios de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 10, n. 3, p. 71-76, dez. 1988.
- PAVIANI, T. I.; HARIDASAN, M. Tuberosidade em *Vochysia thyrsoides* Pohl (Vochysiaceae). **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 40, p. 998-1003, 1988.
- RATHCKE, B.; LACEY, E. P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 16, p. 179-214, 1985.
- RAWITSCHER, F. The water economy of the vegetation of the "campos cerrados" in Southern Brazil. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 36, p. 237-268, 1948.
- RAWITSCHER, F.; FERRI, M. G.; RACHID, M. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 18, p. 267-294, 1943.
- RIBEIRO, J. F.; GONZALES, M. I.; OLIVEIRA, P. E. Aspectos fenológicos de espécies nativas de

cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., 1981. **Anais...** Teresina: SBB: UFPI, 1982. p. 181-198.

RIBEIRO, J. F.; SILVA, J. C. S.; BATMANIAN, G. J. Fitossociologia de tipos fisionômicos de cerrado em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 8, p. 131-142, 1985.

RIZZINI, C. T. Aspectos ecológicos da regeneração em algumas plantas do cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. **[Anais...]** São Paulo: E. Blücher: USP, 1971. p. 61-64.

RIZZINI, C. T. Dormência em *Salacia sylvestris* (Mart.) Steud (Hippocrateaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 35, p. 339-347, 1975.

RIZZINI, C. T. Experimental studies on seedling development of cerrado woody plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v. 52, p. 410-426, 1965.

RIZZINI, C. T.; HERINGER, H. P. **Preliminares acerca das formações vegetais e reflorestamento no Brasil Central**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1962. 79 p.

RIZZO, J. A.; CENTENO, A. J.; SANTOS-LOUSA, J.; FILGUEIRAS, T. S. Levantamento de dados em áreas de cerrado e da floresta caducifólia tropical do

planalto centro-oeste. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo: E. Blücher: USP, 1971. p. 103-109.

SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J. C.; DAVIDE, A. C.; SONZÁLES, S.; TORRES, R. A. A.; WETZEL, M. M. V. S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do Cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2003. 96 p.

SARMIENTO, G.; MONASTERIO, M. Life forms and phenology. In: BOULIERE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world: tropical savannas**. Amsterdan: Elsevier, 1983. p. 79-108.

SILVA, J. F. Responses of savannas to stress and disturbance: species dynamics. In: WALKER, B. H. (Ed.). **Determinants of tropical savannas**. Paris: IUBS, 1987. p. 141-156.

VÁLIO, I. F.; MORAIS, V. Sobre o sistema reprodutivo de plantas dos cerrados - II. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 219-224, 1966.

WARMING, E. **Lagoa Santa**: contribuição para a Geografia Phytobiologica. Tradução de Alberto Loefgren. Belo Horizonte: Imprensa Oficial do Estado de Minas Gerais, 1908. 282 p. Trad. de Et Bidrad til den Biologiske Plantgeographi. Kjobenhavn, 1882.

## Capítulo 10

# **Biología Reproductiva de Plantas Herbáceo-Arbustivas de uma Área de Campo Sujo de Cerrado**

*Ana Angélica Almeida Barbosa  
Marlies Sazima*



## Introdução<sup>1,2</sup>

A biologia reprodutiva é de grande aplicação prática nas áreas da agricultura, da genética e da conservação (Dafni, 1992; Aizen e Feinsinger, 1994; Buchman e Nabhan, 1996; Corbet, 1997; 2000). Os conhecimentos gerados por aquela ciência permitem identificar os parâmetros básicos sobre a vegetação e a fauna, especialmente as comunidades de polinizadores e de dispersores. Esses parâmetros estabelecem os critérios para a escolha de áreas para conservação e para zoneamento ambiental, em virtude da influência negativa crescente da destruição e da fragmentação dos habitats no declínio de polinizadores e da biodiversidade, com forte impacto sobre a estabilidade dos sistemas de produção agrícola (Allen-Wardell et al., 1998).

Nas duas últimas décadas, começou-se a questionar, analisar e indicar as utilidades que dados sobre a biologia reprodutiva de espécies de Cerrado poderiam trazer para o estabelecimento de políticas adequadas a sua conservação (Oliveira, 1994, 1998; Barbosa, 1997; Borges, 2000), considerando-se a acelerada perda de sua biodiversidade, decorrente do impacto da ocupação humana. Estima-se que atualmente existam apenas 25 % de áreas naturais do Cerrado (Mantovani e Pereira Jr., 1998), o que impõe a necessidade desse tipo de estudo. Apesar de sua peculiar aparência árida, especialmente na estação seca, o bioma Cerrado apresenta grande diversidade quanto aos aspectos da biologia reprodutiva, em comparação às demais formações vegetais florestais, tanto na biologia floral quanto nos sistemas de reprodução e de polinização.

No entanto, a maior parte dos conhecimentos sobre polinização e reprodução de plantas de Cerrado refere-se a árvores e arbustos (componente lenhoso), sendo as plantas herbáceas pouco estudadas. Os estudos têm deixado claro que, sob vários aspectos, os elementos lenhosos e os herbáceos têm comportamentos distintos, a exemplo de respostas à ação do fogo, de estratégias fenológicas e de sistemas reprodutivos.

Além do mais, as plantas herbáceas apresentam uma diversidade muito maior que as plantas lenhosas e definem a fisionomia das formações mais abertas de Cerrado (Mendonça et al., 1998). Elas desempenham ainda um papel fundamental na ecologia da região, considerando que suas características fenológicas e a produtividade primária são responsáveis pelas queimadas periódicas que influenciam todo o ecossistema.

No Cerrado, há uma forte sazonalidade nas atividades fenológicas das espécies, tanto nas atividades vegetativas quanto nas reprodutivas. Essa sazonalidade já havia sido observada por Warming (1908), em suas descrições sobre a vegetação de Cerrado, em Lagoa Santa, MG, tendo atribuído esse comportamento a uma resposta às condições climáticas da região, que apresenta duas estações bem definidas: a seca e a chuvosa.

Os estudos fenológicos realizados no componente lenhoso e no herbáceo-subarbustivo têm revelado algumas tendências específicas das atividades reprodutivas das espécies quanto ao seu período de ocorrência e de intensidade nos dois componentes. No primeiro caso, a floração ocorre com maiores freqüência e intensidade no final da seca, ou seja, próximo ao início da época chuvosa (Oliveira, 1998; Oliveira e Gibbs, 2000), enquanto o pico dessa atividade no componente herbáceo-subarbustivo ocorre no meio da estação (Barbosa, 1997). Esse comportamento costuma ser atribuído à restrição hídrica para o componente herbáceo na época mais seca.

A restrição hídrica, associada às características do sistema radicular relativamente mais superficial das plantas nesse estrato, criam um acúmulo de biomassa seca, que é o combustível para as queimadas periódicas que caracterizam esses ambientes e têm sido intensificadas com o avanço da ocupação humana. As queimadas parecem ter um impacto distinto também para o estrato herbáceo, já que sincroniza crescimento vegetativo a eventos reprodutivos de várias espécies e disponibiliza grandes quantidades de nutrientes que podem ser utilizados rapidamente pelas plantas herbáceas com sistemas radiculares concentrados nas camadas superficiais do solo (Franco, 2002).

<sup>1</sup> Revisores técnicos: Isabel Cristina Machado e Paulo Eugênio Oliveira.

<sup>2</sup> Este artigo é parte da tese de doutorado de Ana Angélica Almeida Barbosa, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas.

As diferenças na oferta de recursos florais em mosaico no tempo e no espaço, ao longo de todo o ano, no bioma Cerrado, podem ainda funcionar como uma estratégia para a manutenção da fauna de polinizadores e de dispersores para garantir o fluxo gênico (Oliveira, 1998).

Este capítulo discute as características dos sistemas de polinização, da biologia floral e da reprodução de plantas herbáceo-subarbustivas de Cerrado, tomando como base uma área de Campo Sujo de Cerrado, onde há predomínio de plantas desse componente, comparando esses aspectos com os do componente lenhoso de outras fisionomias que compõem o mosaico vegetacional do bioma Cerrado, e com outros ecossistemas florestais tropicais.

O Campo Sujo estudado situa-se na Estação Ecológica do Panga, localizada entre os paralelos 19°9'20" e 19°11'10"S e os meridianos 48°23'20" e 48°24'35"W, a cerca de 40 km do centro de Uberlândia, MG, a uma altitude média de 800 m. A região apresenta, segundo a classificação de Köppen, o clima do tipo Aw megatérmico (Rosa et al., 1991).

Os dados relativos aos aspectos da biologia reprodutiva aqui apresentados são referentes a até 204 espécies estudadas em Uberlândia (Barbosa, 1997), pertencentes a 47 famílias, das quais 7 são monocotiledôneas, as quais estão relacionadas no Anexo 1, no final deste capítulo.

## Sistemas de polinização

Os sistemas de polinização costumam ser denominados de acordo com o grupo do polinizador. Assim, melitofilia diz respeito a espécies polinizadas por abelhas, ornitofilia por aves, anemofilia pelo vento, e assim por diante (Faegri e Van Der Pijl, 1979). Na área estudada, os sistemas de polinização abrangeram seis tipos de agentes bióticos (morcegos, aves, abelhas, vespas, besouros e moscas) e um abiótico (vento). Com relação à anemofilia, a porcentagem de espécies no Campo Sujo é superior à das demais áreas (Tabela 1), pelo fato de ser uma das formas fisionômicas mais abertas de Cerrado, com numerosas espécies de gramíneas e ciperáceas.

A diversidade dos demais sistemas de polinização no Campo Sujo é comparável à de outros ambientes tropicais (Tabela 1). Assim, entre as espécies zoófilas, a proporção das polinizadas por morcegos e beija-flores foi similar à de outras áreas de Cerrado e um pouco inferior à da área de Mata Pluvial, mas bem menor que a de Caatinga. É conhecida a preferência dos beija-flores por flores de cor vermelha ou alaranjada (Faegri e Van Der Pijl, 1979). No Campo Sujo, além das flores de cores bem vistosas, as de cores amarela (*Zeyhera digitalis*) e azul (*Stachytarpheta gesnerioides*) foram polinizadas por essas aves. No Cerrado de São Paulo, *S. gesnerioides* é polinizada principalmente por borboletas (Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1988), e também por outras espécies do gênero que ocorrem na Restinga (Ormond et al., 1993). No entanto, no Campo Sujo, borboletas visitam esporadicamente essa espécie, sendo consideradas como polinizadoras secundárias.

No Campo Sujo, predominaram espécies polinizadas por abelhas (49,6 %) assim como nos demais ambientes (Tabela 1). Essa proporção foi variável entre os tipos de vegetação, sendo a do Campo Sujo superior à dos Cerrados do Distrito Federal (32 %) e de Mato Grosso (39,4 %), semelhante à das áreas de Caatinga (43,1 %), Arbustal (43,7 %) e Mata Pluvial (47,5 %), mas inferior à da Restinga (59,8 %) e à do Cerrado de São Paulo (65,2 %). Esse fato indica heterogeneidade entre as áreas de Cerrado, em termos florísticos, fitossociológicos e fenológicos (Barbosa, 1997) e, consequentemente, também em termos de biologia de polinização. As flores do Campo Sujo polinizadas por abelhas apresentaram variedade de cor, tamanho e forma (Anexo 1). Embora encontrem-se flores e espécies de abelhas ao longo de todo o ano, a densidade e a riqueza de espécies de abelhas diminuem nos períodos secos, quando os recursos florais são menos abundantes (Cure et al., 1990; Carvalho e Bego, 1995). Algumas famílias de plantas, como as Malpighiaceae, possuem espécies cujas flores são polinizadas exclusivamente por abelhas especializadas na coleta de óleo, e outras (Caesalpiniacae, Ochnaceae, Cochlospermaceae), cujas flores possuem anteras poricidas e são polinizadas por abelhas que vibram (Buchman, 1983).

**Tabela 1.** Porcentagem dos sistemas de polinização na área de Campo Sujo e de outras fisionomias de Cerrado e tipos de vegetação.

Sistema de polinização	1. Campo Sujo Brasil/MG	2. Cerrado Brasil/DF	3. Cerrado <sup>(3)</sup> Brasil/SP	4. Cerrado Brasil/MT	5. Caatinga Brasil/PE	6. Restinga Brasil/RJ	7. "Arbustal" Venezuela	8. Mata Pluvial Costa Rica
Anemofilia	18,8	0	14,0	5,5	2	8,6	10,9	2,8
Quiropterofilia	1,5	3,0	2,0	9,2	13,1	3,3	-	3,5
Ornitofilia	3,0	2,0	2,0	1,8	1,5	8,0	12,7	4,9
Entomofilia	76,7	95,0	82,0	83,5	69,9	80,1	76,4	88,8
Polinizadores								
Abelha pequena	24,8	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>	12,6	<sup>(2)</sup>	9,1	16,0	
Abelha méd./grande	24,8	32,0	65,0 <sup>(6)</sup>	39,4	30,5	60,0 <sup>(6)</sup>	34,6	31,5
Vespa	10,5	-	0	-	1,3	-	10,9	4,9
Besouro	1,5	2,0	3,0	8,3	0,7	2,0	1,8	8,4
Borboleta	-	0	0	-	3,9	4,0	9,1	5,6
Mariposa	-	-	2,0	8,3	1,3	4,6	-	-
Esfingídeo	-	12,0	3,0	-	7,2	-	1,8	9,1
Outros	-	-	2,0	-	-	2,0	-	9,1
Dípteros	6,8	-	10,4	-	-	-	9,1	<sup>(2)</sup>
Div. insetos pequenos	8,3	49,0	<sup>(2)</sup>	27,5 <sup>(7)</sup>	12,4	1,3	-	18,2
Oportunistas	-	-	-	-	-	6,0	-	-
Traças	-	-	-	-	-	-	-	0,70
Total de espécies	133 <sup>(1)</sup>	59	279	109	144 <sup>(4)</sup>	151 <sup>(5)</sup>	55	143 <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Abrange apenas as espécies com visitantes observados no campo; <sup>(2)</sup>outras categorias; <sup>(3)</sup>apenas os polinizadores exclusivos e principais; <sup>(4)</sup>espécies em mais de uma categoria e, portanto, o somatório excede o valor indicado; <sup>(5)</sup>apenas espécies de Restinga com informação, e, nos casos em que os autores indicaram mais de um grupo, foi considerado no cálculo apenas o visitante indicado pelos autores em primeiro lugar; <sup>(6)</sup>não separado por categoria de tamanho; <sup>(7)</sup>diversos insetos pequenos; <sup>a</sup>espécies consideradas em mais de uma categoria.

Fonte: 1. Barbosa (1997); 2. Oliveira e Gibbs (2000); 3. Silberbauer-Gottsbeger (1988); 4. Borges (2000); 5. Machado e Lopes (2003, 2004); 6. Ormond et al. (1991); 7. Ramirez (1989); 8. Bawa et al. (1985b).

A porcentagem de espécies polinizadas por vespas neste estudo foi idêntica à do Arbustal (10,5 % e 10,9 %, respectivamente) e bem superior aos 4,9 % da Mata Pluvial e aos 1,3 % da Caatinga. Ao contrário do Campo Sujo, não houve espécies exclusiva ou principalmente polinizadas por vespas no Cerrado do Distrito Federal, em Mato Grosso e em São Paulo, mas, neste último estado, esse grupo foi considerado polinizador adicional em cerca de 15 % das espécies. As vespas geralmente utilizam o ambiente das margens entre a Mata e o Cerrado como rota de alimentação ou nidificação (Raw, 1992), e a localização da área de Campo Sujo próxima a esse ecótono talvez explique a alta freqüência de vespas na área. As espécies polinizadas por vespas apresentaram, em geral, flores de tamanhos de pequeno a médio, individuais ou intermediárias.

Espécies polinizadas por besouros foram pouco freqüentes no Campo Sujo e ocorreram em porcentagens similares nos demais ambientes, exceto no Cerrado de Mato Grosso e na Mata Pluvial (Tabela 1). No Campo Sujo, a polinização por besouros acontece com freqüência na família Annonaceae, pelas espécies *Annona tomentosa* e *Duguetia furfuracea*.

Espécies polinizadas por borboletas e mariposas (lepidópteros) foram mais raras no Cerrado do que em qualquer das demais fisionomias referidas na Tabela 1. De um modo geral, houve uma tendência de aumento na importância dos lepidópteros, das formas mais abertas para as mais fechadas, variando entre 5 % e 12 % para o Cerrado, 12,4 % para a Caatinga, 10,3 % para o Arbustal e 21 % para a Mata (esta última, com freqüência relativamente maior). No Campo Sujo, esse grupo teve importância apenas como polinizadores ocasionais. Tal fato reforça a idéia de que a fauna antófila, isto é, que se alimenta de néctar e de outros recursos florais, está fortemente relacionada com a estrutura da vegetação, a diversidade e a composição florística (Ramirez e Brito, 1992), e também com as formas de vida (Ramirez, 2004).

As moscas (*Diptera*) foram relativamente importantes nas formas fisionômicas de Cerrado, onde ocorreram nas porcentagens de 6,8 % no Campo Sujo e de 10,4 % no Cerrado Fechado.

Este último grupo também se destacou no Arbustal, com 9,1 %. Em geral, visitaram flores de tamanho pequeno e de cores pálidas (esverdeada, creme, branca), com exceção da flor-do-papo-de-peru (*Aristolochia esperanzae*), que apresenta corola grande, de cor escura.

As áreas de Cerrado apresentaram muita variação em relação à porcentagem de espécies polinizadas por grupo de diversos insetos pequenos ou generalistas (Tabela 1). Assim, no Campo Sujo, as porcentagens foram baixas, mas foram relativamente altas no estrato lenhoso do Cerrado de Mato Grosso e no estrato arbóreo do Cerrado do Distrito Federal. Entretanto, o destaque para insetos generalistas no Distrito Federal, com porcentagem de 49 %, pode ser atribuído à inclusão das abelhas pequenas nesse grupo. A polinização por traças ocorreu somente na Mata Pluvial. O grupo composto por diversos insetos pequenos, compreendido por borboletas, mariposas, moscas, abelhas e vespas, visitou preferencialmente flores pequenas, organizadas em inflorescências densas, com várias flores abertas ao mesmo tempo.

De modo geral, os sistemas de polinização do Cerrado e das demais fisionomias mostram grande diversidade de polinizadores e refletem a heterogeneidade dos recursos florais, seja no que diz respeito à disponibilidade desses recursos ao longo do tempo, seja quanto à variedade de cores, formas, organização e tamanho das flores. No Campo Sujo, onde predomina o componente herbáceo-sublenhoso, há amplas interações, de planta com animal, semelhantes às do componente lenhoso de outras fisionomias de Cerrado (Borges, 2000; Oliveira e Gibbs, 2000) e de outros ambientes tropicais florestais (Bawa et al., 1985a). Essas interações são favorecidas pela grande diversidade das características da biologia de uma flora rica e heterogênea, na oferta de recursos para os visitantes florais (Barbosa, 1997).

## Biologia floral

A flor das angiospermas é um órgão estruturalmente complexo, e cada uma de suas partes tem um papel funcional nos eventos de reprodução sexual. Presume-se que a diversidade das características observadas nas flores das angiospermas – como cor, tamanho, forma, horário de antese,

duração, simetria, organização, tipos de odor e de recurso floral, que constituem objetos de estudo da biologia floral – pode estar relacionada às adaptações aos diferentes tipos de polinizadores. A diversidade pode servir ainda como indicadores de ambientes ricos em espécie, onde as interações são forças importantes na manutenção da biodiversidade e na estruturação dessas comunidades (Heithaus, 1974, 1979; Regal, 1982; Pleasant, 1983; Bawa, 1990; Ramirez e Brito, 1992). As restritas informações sobre essas características em espécies do Cerrado dificultam a compreensão da organização das comunidades e dos tipos de interações existentes no bioma, em particular na polinização.

Os dados sobre os aspectos da biologia floral aqui apresentados também são referentes a até 204 espécies estudadas em Uberlândia, MG (Barbosa, 1997), que estão relacionadas no Anexo 1. Predominaram características florais típicas de plantas de ambientes abertos, corroborando, em muitos aspectos, os dados de estudos em âmbito comunitário realizados em outras formações vegetais, como em Restinga, Caatinga e Arbustal (Tabela 2). Essas características são discutidas a seguir:

**Cor:** a cor é uma característica de importância fundamental, uma vez que funciona como atrativo primário no processo de estimulação da visita para determinado grupo de polinizadores. A variação no espectro de cores florais e o seu significado para a ecologia de polinização em âmbito comunitário têm sido estudados há muito tempo, desde o trabalho de Muller (1881) na Europa (*apud* Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1998), que atribuiu a predominância de algumas cores, em detrimento de outras, ao gradiente de altitude.

Na área de estudo, foram registradas 12 cores florais, cujas freqüências entre as espécies ( $n = 179$ ) são mostradas na Fig. 1.

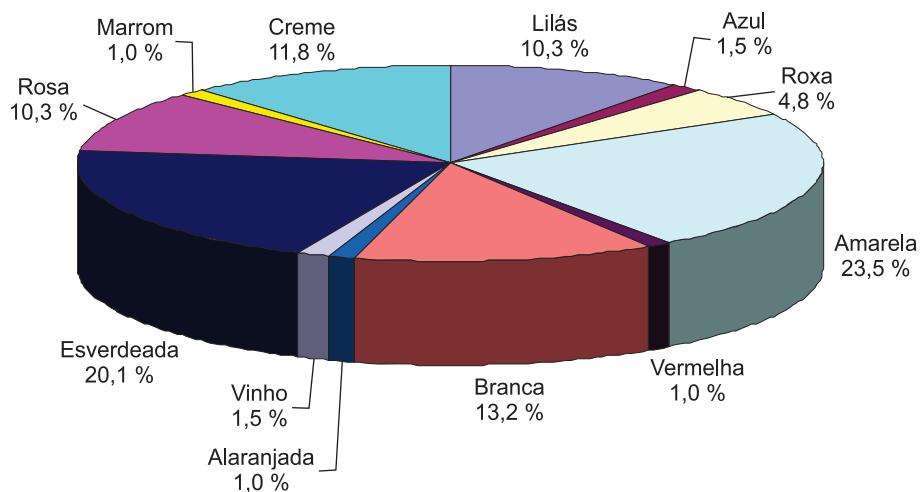
Houve predomínio de espécies com flores de cor clara, com seqüência decrescente, a exemplo das cores amarela, esverdeada, branca e creme, compreendendo 68,6 % do total de espécies (Fig. 1). A predominância de cores claras, com a seqüência das cores mais freqüentes similar à deste estudo, tem sido relatada em outras formações fisionômicas de Cerrado. Em outras formações vegetais “abertas”, como a Restinga e o Morichal (ou Buritizal), a predominância de espécies com flores de cor clara é semelhante à do Cerrado (Tabela 2).

**Tabela 2.** Porcentagem de cores florais das espécies de plantas do Campo Sujo comparada com outros tipos de vegetação.

Cores florais	1. Campo Sujo Uberlândia (MG)	2. Cerrado Botucatu (SP)	3. “Arbustal” Güiana venezuelana	4. Restinga Maricá (RJ)	5. Caatinga (PE)
Amarela	26,8	23,2	10,9	9,2	25,0
Esverdeada	11,2	8,3	12,7	14,9	15,0 <sup>(3)</sup>
Branca	14,5	27,4	40,0	38,3	22,2
Creme	10,6	17,8	3,6	12,0	<sup>(4)</sup>
Lilás	11,7	-	-	-	17,9 <sup>(5)</sup>
Roxa	5,6	-	18,2	-	<sup>(5)</sup>
Vermelha <sup>(3)</sup>	15,1	4,1	14,5	9,2	11,4
Azul	1,7	2,5	-	-	<sup>(5)</sup>
Vinho	1,7	-	-	-	-
Violeta-azulada	-	3,0	-	12,8	<sup>(5)</sup>
Violeta-avermelhada	-	13,7	-	3,5	-
Marrom	1,1	-	-	-	-
Total	179 <sup>(1)</sup>	241	55	141 <sup>(2)</sup>	140

<sup>(1)</sup>Inclui as espécies cujos visitantes não foram identificados no campo; <sup>(2)</sup>apenas as espécies que produzem néctar; <sup>(3)</sup>inclui as cores alaranjada e rosa; <sup>(4)</sup>inclui as cores bege e creme; <sup>(5)</sup>as cores violeta e azul são incluídas em lilás. Deste estudo (Campo Sujo) constam todas as espécies cuja polinização foi inferida e/ou confirmada.

Fonte: 1. Barbosa (1997); 2. Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger (1988); 3. Ramirez et al. (1990); 4. Ormond et al. (1993); 5. Machado e Lopes (2003, 2004).

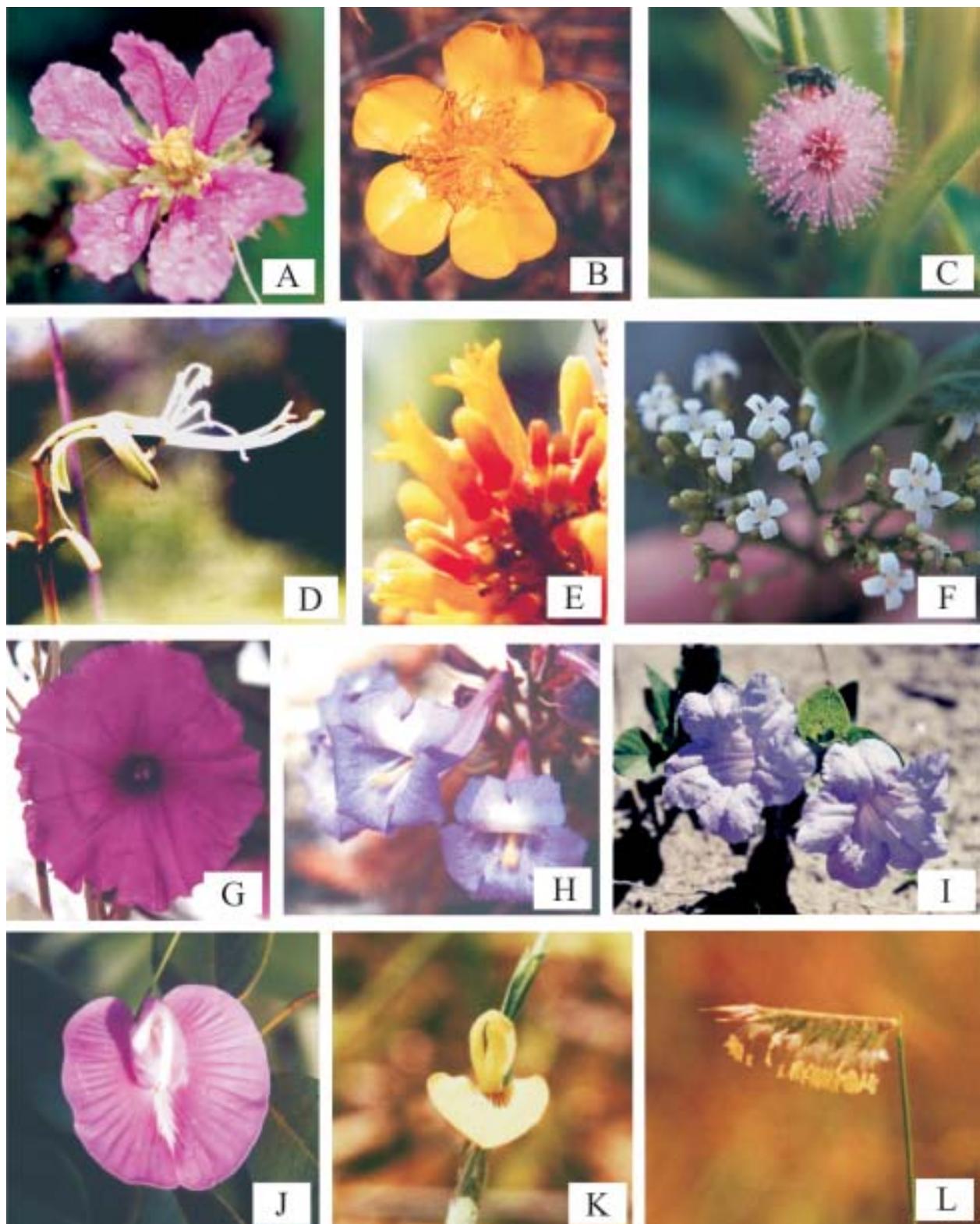


**Fig. 1.** Freqüência (%) das cores florais entre as espécies dos estratos herbáceo, subarbustivo e arbustivo de Campo Sujo, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

Flores claras são polinizadas por visitantes não especializados (Kevan, 1983), isto é, por animais chamados generalistas, pois utilizam várias espécies de flores para obter seus recursos (néctar, pólen, óleo, resina, etc.). Entretanto, há exceções no Campo Sujo, como nas espécies com flores amarelas e anteras poricidas, que restringem o tipo de visitante não à cor, mas ao tipo de antera, ou, ainda, no caso das malpigiáceas, cujas flores são claras e produzem óleo em glândulas chamadas de elaióforos, em que é preciso que os polinizadores tenham estruturas especiais para coletar esse óleo. Na Caatinga, por seu turno, o predomínio de flores claras ocorreu no grupo de espécies esfingófilas e quiropterófilas, e as mais vistosas foram associadas à melitofilia e à ornitofilia (Machado e Lopes, 2003).

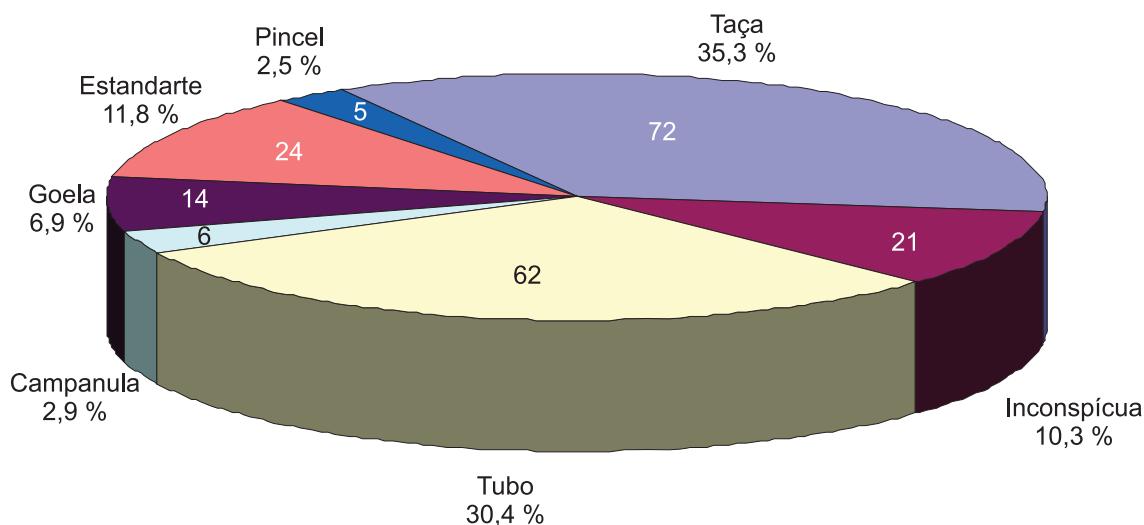
Na área de Campo Sujo estudada, o número de espécies polinizadas por animais (zoófilas) foi de 179 (87,8 % do total), das quais 48 possuem flores amarelas e apenas três, flores azuis. Em outra área de Cerrado, o número de espécies zoófilas foi de 241 (86 % do total), das quais 56 possuíam flores amarelas, e seis, azuis (Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1988). Portanto, espécies com flores azuis em áreas de Cerrado ocorrem em baixa freqüência, o que pode estar relacionado ao tipo de composição florística. A composição da flora é um aspecto importante, considerando que determinados grupos de plantas mais avançados (Asteridae e Liliidae) apresentam maior freqüência de espécies com flores azuis (Gottlieb e Gottsberger, 1980).

**Tipos florais:** é outra característica floral importante associada à capacidade sensorial dos polinizadores, que podem distinguir e memorizar certos tipos florais (Leppik, 1968). Na área de estudo, foram registrados, entre as espécies analisadas ( $N = 204$ ), três tipos florais: 1) planos ou abertos, com um total de 77 espécies, correspondentes a 37,8 % (taça – Fig. 2A e 2B; pincel – Fig. 2C e 2D); 2) fechados, com 106 espécies, correspondentes a 52,0 % (tubo – Fig. 2E e 2F); (campânula – Fig. 2G); (goela – Fig. 2H e 2I); (estandarte – Fig. 2J e 2K) e inconsúpicio (Fig. 2L). Ver também Fig. 3. Em outra área de Cerrado, 50,6 % de espécies possuem tipos fechados, e 49,4 %, planos (Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1988), proporções semelhantes às do Campo Sujo. Portanto, tipos florais fechados predominam nessas áreas de Cerrado, tendência essa semelhante à da Caatinga (43,1 %). Dependendo da forma floral e da complexidade da estrutura da corola, o acesso dos visitantes aos recursos florais (néctar, pólen, óleo, etc.) pode ser restrito a determinados polinizadores. Seu comportamento de visita é adequado a certo tipo de forma floral, enquanto outros visitantes são excluídos. No terceiro tipo, estão as chamadas flores inconsúpicias (Fig. 2L), que são pequenas e pouco vistosas, como as flores de gramíneas. Uma quantidade expressiva de espécies (21) do Campo Sujo, que representa 10,3 %, possui flores inconsúpicias (Fig. 2L; Fig. 3).



Fotos: Ana Angelica Almeida Barbosa

**Fig. 2.** Tipos florais: **Plano:** taça (A, B), pincel ((inflorescência) (C); flor individual (D)); **Fechado:** tubo (E, F); campânula (G), goela (H, I), estandarte (J, K); **Inconspícuo:** (L) espécies na seqüência da esquerda para a direita: *Diplusodon virgatus* (Lythraceae); *Cochlospermum regium* (Cochlospermaceae); *Mimosa sensitiva* (Mimosaceae); *Bauhinia holophylla* (Caesalpiniaceae); *Palicourea rigida*, *Declieuxia fruticosa* (Rubiaceae), *Ipomoea procurrens* (Convolvulaceae), *Jacaranda decurrens* (Bignoniaceae), *Ruellia* sp. (Acanthaceae), *Clitoria guianensis*, *Zornia diphyllea* (Fabaceae), *Echinolaena inflexa* (Poaceae).



**Fig. 3.** Freqüência (%) dos tipos florais em espécies dos estratos herbáceo, subarbustivo e arbustivos de Campo Sujo, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

Nas espécies do Campo Sujo, houve estreita relação entre flores planas e cores claras, relação que também ocorreu em outra área de Cerrado (sentido restrito) em Botucatu (Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1988).

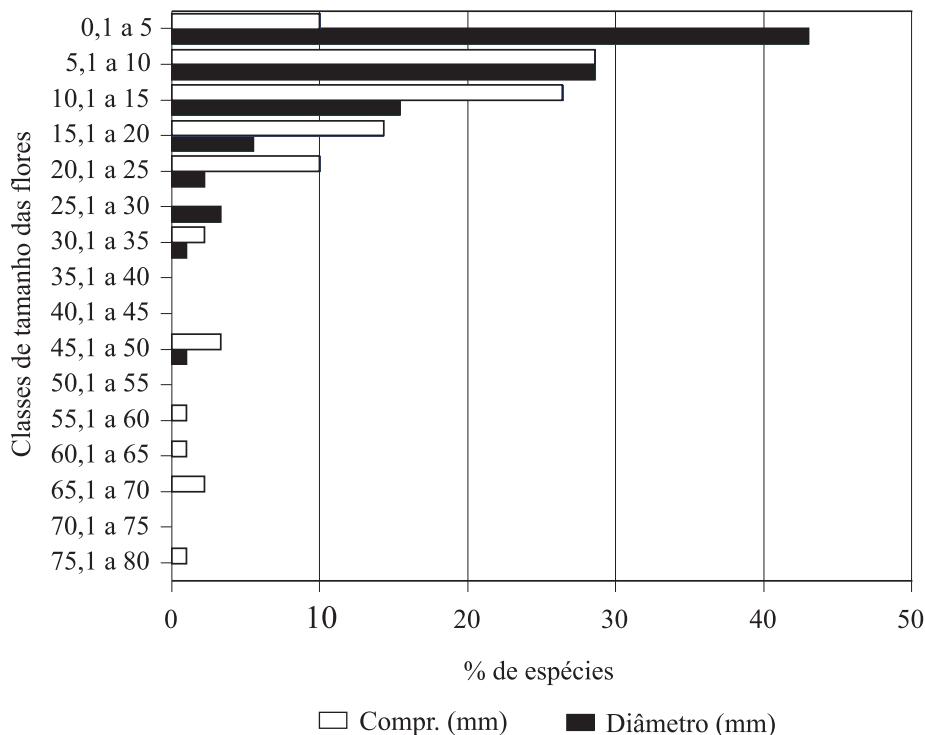
**Tamanho das flores e unidade de polinização:** a análise do tamanho das flores foi feita para uma amostra das plantas de Campo Sujo ( $n = 91$ ). Predominaram flores pequenas: com diâmetro, na maioria, entre 0,1 mm e 5,0 mm, e comprimento entre 5,1 mm e 15,0 mm (Fig. 4). Portanto, as flores estudadas geralmente são mais alongadas. Para o componente lenhoso da fisionomia de Cerrado (no sentido restrito), também predominaram flores pequenas, com exceção das polinizadas por morcegos, beija-flores e besouros (Borges, 2000).

O tamanho das flores é um atributo importante, pois pode restringir o tipo de agente polinizador em relação à sua capacidade de efetuar visitas legítimas. O tamanho das flores e o dos polinizadores permitem estabelecer algumas relações de interdependência entre ambos, havendo até mesmo a hipótese da divisão de recursos de acordo com o tamanho da flor e o comprimento da língua do visitante (Pyke, 1982).

Uma unidade de polinização pode ser definida segundo critérios de Ramirez et al. (1990), levando-se em conta a organização da flor na inflorescência e o comportamento do agente

polinizador/visitante. Distinguem-se os seguintes tipos de polinização: a) individual (quando a unidade de atração é a própria flor, que é visitada individualmente); b) coletivo (quando várias flores de uma mesma inflorescência são simultaneamente contactadas pelo agente polinizador/visitante); e c) intermediário (quando ocorrem os dois tipos anteriores, dependendo do tamanho e do comportamento do agente polinizador/visitante). Assim, nas flores individuais ou solitárias, geralmente de cores escuras e com maior quantidade de recurso floral, os polinizadores tendem a visitar poucas unidades por planta em cada visita. O comportamento do polinizador interflorescente é importante para o sucesso reprodutivo da espécie, uma vez que, desse comportamento, depende o grau de fluxo gênico da espécie.

No Campo Sujo, 58 % das espécies apresentaram flores individuais, 21 % coletivas e 21 % intermediárias. O tipo individual ocorreu em flores de todas as cores, mas predominou em flores amarelas (32 %), esverdeadas (19,5 %) e róseas (14 %). Nas espécies de flores alaranjadas, azuis ou marrons, ocorreram apenas flores individuais. O tipo de arranjo das flores parece estar associado ao tamanho: o tipo individual ocorre geralmente nas espécies com flores maiores, enquanto os tipos coletivo e intermediário ocorrem naquelas com flores menores.



**Fig. 4.** Classes de tamanho das flores de uma subamostra de espécies dos estratos herbáceo, subarbustivo e arbustivo de Campo Sujo, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

A organização floral pode também caracterizar os tipos de sistemas de polinização de uma comunidade, acrescentada a outras características florais, como cor, seqüência de antese e tamanho (Ramirez, 1989). Assim, no Campo Sujo, as espécies com flores de cores predominantemente claras (branca, creme, esverdeada, lilás ou rósea), pequenas e reunidas em inflorescências com várias flores abrindo a cada dia, geralmente estiveram associadas a polinizadores de tamanho pequeno ou médio, que gastam muito tempo na exploração do recurso floral. A esse grupo pertencem, em geral, espécies das famílias Asteraceae, Lamiaceae, Rubiaceae e Verbenaceae. Entretanto, algumas espécies dessas famílias com flores agrupadas em inflorescências densas do tipo capítulo ou similares, encontradas principalmente nas famílias Asteraceae, Lamiaceae e Rubiaceae, atraíram visitantes de tamanho relativamente maior em comparação ao tamanho dos visitantes de outras espécies com flores individuais. Exemplos de flores pequenas polinizadas por agentes de tamanho grande estão entre espécies de Asteraceae (*Bidens gardneri*, *Vernonia* spp.), Rubiaceae (*Alibertia obtusa*) e Lamiaceae (*Peltodon tomentosus*).

Por sua vez, as espécies com flores de tamanho médio a grande, de cor amarela ou rosa, arranjadas individualmente ou de forma coletiva, com muitas flores disponíveis por dia por indivíduo, geralmente estiveram associadas a polinizadores específicos, que visitam várias flores por planta, em pequeno intervalo de tempo. Nesse grupo, estão as espécies das famílias Caesalpiniaceae, Cochlospermaceae, Malpighiaceae, algumas Myrtaceae (*Myrcia* spp.) e Ochnaceae.

**Orientação da flor e simetria:** esse tipo de característica floral diz respeito à posição da flor ou da inflorescência na planta e fornece informações sobre o tipo de visitante e o modo de visita. Na comunidade estudada, as flores de cerca de 60 % das espécies estão em posição ereta (abertura da flor voltada para cima), 38 % em posição horizontal e 2 % em posição vertical ou pendente. Com essas informações, é possível inferir os grupos de polinizadores que atuam na comunidade. Por exemplo, flores pendentes favorecem o acesso de agentes polinizadores, como beija-flores, morcegos e mariposas, que têm habilidade de visitar, em pleno vôo, a flor. Já as flores em posição ereta favorecem polinizadores que pousam, como abelhas, borboletas e moscas.

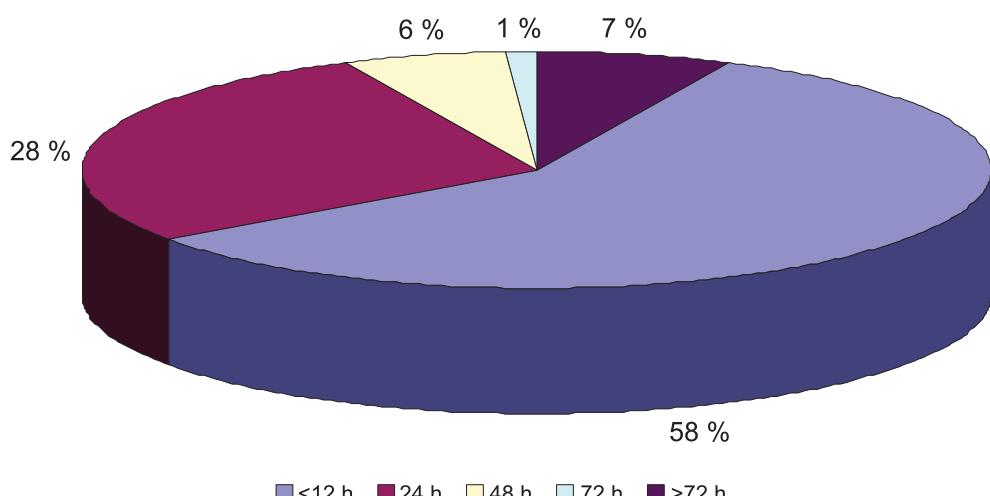
A maioria das espécies apresentou flores com simetria radial (actinomorfas – 64 %, por exemplo Fig. 2G) e as demais com simetria bilateral (zigomorfas – 36 %, por exemplo, Fig. 2H). Essas proporções foram similares às registradas para as espécies da Caatinga. Flores com simetria radial podem admitir vários tipos de visitantes, ao contrário das espécies de simetria bilateral e das que apresentam complexidade floral acentuada, como espécies da família Orchidaceae, Aristolochiaceae e Fabaceae.

**Horário de abertura e duração da flor:** a abertura das flores pode ser diurna ou noturna, atributo esse que pode restringir o acesso dos visitantes às flores. No Campo Sujo, a maioria das espécies apresentou antese diurna (97 %). Apenas em 1 % das espécies, as flores abrem em horários irregulares ao longo do dia ou da noite, e 2 % apresentam antese noturna.

A duração da flor refere-se ao período de vida útil da flor, isto é, abrange o período desde a abertura do botão até o final de suas funções (murchação da flor). A duração da flor é uma característica inerente a cada espécie e varia de acordo com o tipo de habitat, clima, síndrome de polinização e sistema reprodutivo, característica essa que tem sido interpretada como decorrência de três fatores: genético, ecofisiológico, classe de polinizadores (Primack, 1985) e como estratégia de alocação de recursos (Ashman e Schoen, 1994). Embora

seja difícil estabelecer o fator determinante da longevidade floral, o tipo de ambiente parece ser o mais importante (Primack, 1985; Ramirez e Brito, 1992) e pode ter implicações quanto ao padrão de atividade do visitante. Em geral, espécies tropicais em ambiente de mata apresentam flores que duram apenas um dia (Primack, 1985), enquanto espécies de ambientes frios e úmidos têm duração mais longa (Dobkin, 1987; Ramirez e Brito, 1992).

No Campo Sujo, a longevidade das flores foi bem variável (Fig. 5), porém, predominaram espécies com duração curta (até um dia – 58 %), semelhante às espécies do componente lenhoso do Cerrado (no sentido restrito) de Mato Grosso (Borges, 2000). Em 7 % das espécies, a duração da flor foi menor que um dia, incluindo espécies das famílias Caesalpiniaceae (uma espécie), Convolvulaceae, Commelinaceae, Dilleniaceae, Malvaceae e Oxalidaceae, Iridaceae (três espécies) e Fabaceae (quatro espécies). Esses dados confirmam a idéia de Primack (1985) de que nos trópicos as flores teriam menor duração em decorrência de fatores ligados à minimização de predação e do tempo entre a floração e a frutificação, além da taxa metabólica mais acelerada. Entre esses argumentos, o mais adequado é o do encurtamento da fase de floração para a de frutificação, com maturação rápida e liberação das sementes para aproveitar a mesma estação úmida e possibilitar o estabelecimento da plântula.



**Fig. 5.** Duração das flores de espécie dos estratos herbáceo, subarbustivo e arbustivo de Campo Sujo, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

Poucas espécies com flores inconspícuas, possivelmente polinizadas pelo vento (anemófilas), como *Brosimum gaudichaudii*, *Sapium glandulatum* e *Sebastiania serrulata*, apresentaram duração superior a 72 horas; as espécies com flores mais duráveis pertenceram à família Orchidaceae.

**Odor da flor:** é uma característica importante que atua na atração dos polinizadores, a longa ou a curta distância. Algumas vezes é bastante específico de determinado grupo de animais (Robacker et al., 1988). Na área de estudo, não foi detectado odor na maioria das espécies (76,5 %), embora, na comunidade, tenha predominado a polinização por abelhas, um grupo com sensibilidade olfativa acurada (Kevan e Baker, 1983). A fragrância floral nem sempre é claramente perceptível ao olfato humano, geralmente sendo necessários testes específicos para detectar as glândulas de odor (osmóforos). A predominância de espécies cujas flores não apresentam odor detectável ao olfato humano também ocorre na Restinga, outra comunidade predominantemente melítófila (espécies polinizadas por abelhas), mas onde apenas 12,2 % das espécies exalam odor forte perceptível (Ormond et al., 1993).

**Recursos florais:** os principais tipos de recursos florais utilizados pelos animais que visitam flores são: néctar, pólen, óleo, fragrâncias, gomas, partes florais e resinas. Esses recursos são básicos para a manutenção da fauna de visitantes florais.

Em alguns casos, a flor funciona como local de reprodução ou abrigo ao polinizador.

No Campo Sujo, predominaram espécies que produzem néctar (Tabela 3). As características do néctar variaram bastante, sendo o volume mais alto (600 µL) em *Bauhinia holophylla* (Caesalpiniaceae) e o mais baixo (0,4 µL) em *Rourea induita* (Connaraceae), enquanto a concentração de equivalentes de sacarose é mais alta (> 50 %) em *Alibertia obtusa* (Rubiaceae) e *Bidens gardneri* (Asteraceae) e mais baixa (13 %) em *Jacaranda decurrens* (Bignoniaceae). A freqüência de espécies por tipo de recompensa floral no Campo Sujo comparada à de outros ambientes (Tabela 3) indica que o recurso néctar também ocorreu com maior freqüência em todos os tipos de ambiente, sendo essa uma característica comum às comunidades associadas à variada classe de visitantes antófilos (Kevan e Baker, 1983).

Comparando-se a freqüência de cada tipo de recurso entre as comunidades, verifica-se que os valores percentuais do Campo Sujo foram similares aos do Cerrado de São Paulo (SP) (Tabela 3). Ademais, as comunidades apresentaram semelhanças com relação ao recurso pólen, estando a porcentagem mais alta na área de Arbustal. O recurso óleo ocorre em quase todas as comunidades de Cerrado, e também na Caatinga e na Restinga, ao contrário do recurso resina, que não foi registrado em nenhuma das comuni-

**Tabela 3.** Porcentagem dos recursos florais nas fisionomias de vegetação de Cerrado e de outros ecossistemas.

Recursos florais	Tipos de vegetação						
	1. Campo Sujo (MG)	2. Cerrado <sup>(1)</sup> (DF)	3. Cerrado (SP)	4. Cerrado <sup>(2)</sup> (MT)	5. Caatinga (PE)	6. Restinga (RJ)	7. "Arbustal" Venezuela
Néctar	46,6	70,2	45,9	60,5	71,5	64,3	36,4
Néctar + pólen	17,6	5,3	17,6	-	2,8	0,63	23,6
Pólen	15,7	19,3	16,5	22,0	15,3	16,0	25,4
Óleo	5,9	3,5	3,6	-	9,0	7,0	-
Óleo + pólen	-	-	-	7,4	-	-	-
Resina + pólen	-	-	-	-	1,4 <sup>(4)</sup>	2,5	3,6
Partes florais	-	-	2,1	-	-	-	-
Pólen + partes florais	-	1,7	-	6,4	-	-	-
Sem recurso	14,2	-	14,3	2,75	-	7,6	11,0
Sem informação	-	-	-	0,92	-	1,9	-
Total	204	57	279	109	144	157 <sup>(3)</sup>	55

<sup>(1)</sup>Apenas árvores; <sup>(2)</sup>árvores e arbustos; <sup>(3)</sup>apenas espécies exclusivas da Restinga; <sup>(4)</sup>apenas resina.

Fonte: **1.** Barbosa (1997); **2.** Oliveira e Gibbs (2000); **3.** Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger (1988); **4.** Borges (2000); **5.** Machado e Lopes (2003); **6.** Ormond et al., 1993; **7.** Ramirez (1989).

dades de Cerrado, mas ocorreu em pequena porcentagem na Restinga, na Caatinga e no Arbustal. Na Restinga e na Caatinga, as porcentagens de flores nectaríferas e oleíferas foram maiores do que no Campo Sujo (Tabela 3). Comparando-se o Campo Sujo com o Cerrado do Distrito Federal e o de Mato Grosso, verifica-se aumento na porcentagem de flores que produzem exclusivamente néctar (nectaríferas). Essa tendência pode estar relacionada à inclusão de espécies com as formas de vida arbórea e arbustiva nessas áreas. Por sua vez, observa-se uma tendência contrária no caso do recurso néctar mais pólen (Tabela 3).

Entre as 204 espécies estudadas, 179 espécies foram polinizadas por animais e apresentaram recursos florais, mas, em 2,2 %, não foram observados os agentes visitantes nem recursos, ou foram classificadas como anemófilas.

## Sistemas sexuais

A expressão do sistema sexual das plantas consiste no arranjo espacial e no isolamento temporal dos órgãos masculinos e femininos, e pode ser determinada pela análise da presença e da funcionalidade de ambos na flor e na planta. As flores são divididas em hermafroditas (monóclinas) e unisexuais (díclinas), e as espécies são classificadas como hermafroditas (plantas com flores monóclinas), monóicas (plantas com flores díclinas em um mesmo indivíduo) e dióicas (plantas com flores díclinas em indivíduos separados).

A separação entre as funções masculinas e as femininas nas flores tem sido considerada um

mecanismo das espécies para evitar a autopolinização. É de fundamental importância em termos de biologia da polinização, pois determina o grau de dependência das plantas em relação aos agentes polinizadores. Essa dependência é total no caso de espécies dióicas. Em espécies monóicas e hermafroditas, essa dependência também é alta, mas, neste caso, depende do sistema de compatibilidade e da simultaneidade quanto ao tempo de maturação e da localização espacial dos órgãos sexuais na flor, fatores determinantes da necessidade de vetores para efetuar a polinização.

No Campo Sujo, a porcentagem de espécies hermafroditas foi ligeiramente superior à dos demais ambientes; a de espécies monóicas foi muito semelhante à do Cerrado do Distrito Federal, mas superou à do Cerrado de Mato Grosso, e foi inferior à de São Paulo, enquanto a porcentagem de espécies dióicas foi similar à de outras comunidades mais abertas, como Buritizal na Venezuela e Caatinga (Tabela 4).

A proporção de dióica parece ser mais alta em plantas de porte arbóreo, como no Cerrado do Distrito Federal e no de Mato Grosso, onde ocorre em 15 % e 16 % das árvores, respectivamente. Fato semelhante foi registrado por Bawa e Opler (1975) em espécies arbóreas de Mata na Costa Rica, e por Croat (1979) em espécies arbóreas do Panamá. Proporção bem menor de dióica ocorre no Cerrado de São Paulo (5 %) que, além de espécies arbóreas, comporta as arbustivas. Na Restinga, a proporção de dióica é de 10,2 %, considerando-se apenas as espécies não-arbóreas. Em plantas herbáceas, parece prevalecer um índice de dióica relativamente baixo comparado com as arbóreas, como ocorre no Buritizal e no Campo Sujo, onde predominam espécies de porte

**Tabela 4.** Porcentagem de sistemas sexuais nas espécies de Campo Sujo e de outras comunidades.

Sistema sexual	1. Campo Sujo (MG)	2. Cerrado (DF)	3. Cerrado (SP)	4. Cerrado (MT)	5. Caatinga (PE)	6. Restinga (RJ)	7. Buritizal Venezuela	8. Flora do Panamá
Hermafrodita	89,7	78	85,5	77,7	83,4	75,6	77,4	76
Monóica	6,9	7	9,4	5,4	14,5	14,2	19,5	11
Dióica	3,4	15	5,1	16,2	2,1	10,2	3,1	9,0
Polígama	-	-	-	0,77	-	-	-	4,0
Total de espécies	204	59	138	130 <sup>(1)</sup>	142 <sup>(2)</sup>	225	128	1216

<sup>(1)</sup>Cálculo sem considerar uma espécie sem informação, nem os subtipos de monóica e dióica; <sup>(2)</sup>número de espécies aproximado; não foram considerados aqui os subtipos de monóica.

Fonte: **1.** Barbosa (1997); **2.** Oliveira e Gibbs (2000); **3.** Saraiva et al. (1996); **4.** Borges (2000); **5.** Machado e Lopes (2003); **6.** Ormond et al. (1991); **7.** Ramirez e Brito (1990); **8.** Croat (1979).

herbáceo. Esse aspecto também foi registrado por Croat (1979) em espécies herbáceas do Panamá.

Com relação às características da biologia floral, em geral, as espécies monóicas ou dióicas apresentaram flores pequenas e reunidas em inflorescências densas. No caso da espécie dióica *Alibertia obtusa*, as flores femininas (pistiladas) são individuais e maiores que as flores masculinas (estaminadas), que são pequenas e ocorrem em inflorescências. Diferença de tamanho entre flores estaminadas e pistiladas é mencionada por Croat (1979) em outras espécies dióicas. Em *Alibertia obtusa* há, ainda, diferença no tipo do recurso floral; as flores pistiladas produzem néctar concentrado e as flores estaminadas possuem pólen em abundância, mas o néctar é pouco e diluído.

Espécies dióicas apresentam flores pequenas e não especializadas e estão associadas a polinizadores generalistas e de pequeno tamanho (Bawa e Opler, 1975). Contudo, na área de estudo, as espécies dióicas nem sempre estiveram associadas a polinizadores pequenos. Por exemplo, *Alibertia obtusa* foi polinizada por espécies de abelhas de tamanho médio a grande; *Protium ovatum*, por vespas de tamanho médio a pequeno; e somente as espécies de *Baccharis* foram polinizadas por insetos generalistas, como abelhas pequenas, vespas e moscas.

As espécies monóicas foram, em geral, anemófilas, mas, em alguns casos, também foram visitadas por vespas de tamanho médio a grande (*Croton* spp. – Euphorbiaceae), por abelhas de tamanho pequeno a médio (*Butia* sp. – Arecaceae) e, ainda, por diversos insetos generalistas (*Icthiotere cunabi* – Asteraceae).

## Sistema reprodutivo

O sistema reprodutivo no sentido amplo comprehende todos os aspectos que afetam as contribuições genéticas para a próxima geração de indivíduos em uma espécie. Seu conhecimento é essencial para avaliar o grau de dependência do processo de polinização e para entender os mecanismos de fluxo gênico entre as populações. Os sistemas reprodutivos das plantas podem ser

divididos em: autógamos (autocompatíveis), alógamos (inteiramente auto-incompatíveis) e facultativamente autocompatíveis.

O nível de ocorrência de autopolinização pode depender de fatores como longevidade floral, grau de dependência e oportunidade de utilização do recurso polinizador, sincronia de floração intra e interpopulações e, ainda, de outros fatores morfológicos, fisiológicos, ecológicos e ambientais (Lloyd e Schoen, 1992). Em estudos de biologia floral, o sistema reprodutivo é abordado freqüentemente, uma vez que esse tipo de dado fornece informação para o conhecimento básico da estrutura genética das plantas, suas estratégias reprodutivas e seu grau de dependência em relação ao recurso polinizador.

A determinação do sistema reprodutivo foi feita em uma subamostra de 87 espécies, incluindo-se mais sete espécies dióicas, o que corresponde a 46 % do total de espécies da área ( $n = 204$ ). Os dados foram obtidos pelos experimentos de polinização manual em flores ensacadas em estágio de botão referentes à autopolinização espontânea e manual, à polinização cruzada, à apomixia e ao controle. O número de indivíduos bem como o número de flores utilizados em cada teste de polinização controlada variaram de espécie para espécie, de 3 a 20 indivíduos e de 2 a 800 flores por tratamento. Essa amplitude deveu-se à disponibilidade de flores em cada espécie amostrada. Na área de estudo, predominaram espécies autocompatíveis (Tabela 5). Sem incluir as sete espécies dióicas que são obrigatoriamente xenogâmicas, a proporção de espécies autocompatíveis entre as outras 87 espécies hermafroditas ou monóicas é de 67,8 %, sendo apenas 32,2 % auto-incompatíveis. Esses resultados concordam com os obtidos com plantas do estrato rasteiro de outros tipos de vegetação, em que ocorre forte tendência de autocompatibilidade (Kress, 1983; Ramirez e Brito, 1990), enquanto, para espécies arbóreas, ocorre o inverso (Bawa, 1974; Zapata e Arroyo, 1978; Sobrevilla e Arroyo, 1982; Bawa et al., 1985b; Bullock, 1985; Oliveira e Gibbs, 2000).

Comparando a freqüência dos sistemas reprodutivos entre as espécies de Campo Sujo (onde predominam espécies do estrato rasteiro) e as de

**Tabela 5.** Porcentagem dos sistemas sexuais e reprodutivos das espécies de Campo Sujo e de outras comunidades tropicais.

Sistemas sexuais e reprodutivos	1. Campo sujo <sup>(1)</sup>	2. Cerrado <sup>(2)</sup>	3. Buritzal (Llanos) <sup>(3)</sup>	4. Mata seca <sup>(2)</sup>	5. Mata secundária <sup>(3)</sup>	6. Mata nebular <sup>(3)</sup>	7. Mata nebular <sup>(4)</sup>	8. Mata seca <sup>(3)</sup>	9. Mata pluvial <sup>(3)</sup>
Dióica	3,4	15,0	3,1	22,0	22,8	30,5	3,4	17,0	17,0
Monóica	6,9	7,0	19,5	10,0	13,6	?	48,3	13,0	12,0
Hermafrodita	89,7	80,0	77,4	68,0	63,6	84,0 <sup>(9)</sup>	48,3	70,0	70,0
AI	32,0	69,0	30,7	54,0	54,4	38,0	26,1	76,0	51,0
AC	68,0	11,0	69,2 <sup>(8)</sup>	14,0	22,6	59,3	73,9	24,0	49,0
Xenogamia <sup>(5)</sup>	35,4	84,0	34,0	76,0	77,2	53,0	29,5	73,0	68,0
Total geral	204	55	128	130	?	75	29	708	507
Spp. amostradas <sup>(6)</sup>	87 <sup>(7)</sup>	55	26	34	22	25	23	33	57

<sup>(1)</sup> Inclui ervas, subarbustos e arbustos; <sup>(2)</sup> só árvores; <sup>(3)</sup> todas as formas de vida; <sup>(4)</sup> somente ervas do sub-bosque; <sup>(5)</sup> exceto trepadeiras; <sup>(6)</sup> xenogamia = % espécies AI + % espécies dióicas; <sup>(7)</sup> “n” utilizado para o cálculo de % de spp. AI (auto-incompatíveis) e spp. AC (autocompatíveis); <sup>(8)</sup> inclui 84 espécies hermafroditas + 3 espécies monóicas; <sup>(9)</sup> inclui monóicas.

Fonte: 1. Barbosa (1997); 2. Oliveira e Gibbs (2000); 3. Ramirez e Brito (1990); 4. Bawa (1974); 5. Ruiz e Arroyo (1978); 6. Sobrevilla e Arroyo (1982); 7. Ramirez e Seres (1994); 8. Bullock (1985); 9. Kress e Beach (1994).

Cerrado (no sentido restrito) no Distrito Federal, verifica-se que o índice de xenogamia neste último, onde foram incluídas apenas espécies arbóreas, foi quase 2,5 vezes maior (Tabela 5). Situação semelhante foi registrada em outros ambientes de Mata (Bawa, 1974; Zapata e Arroyo, 1978; Bawa et al., 1985b; Bullock, 1985; Kress e Beach, 1994), excetuando-se a Mata Nebular (Sobrevilla e Arroyo, 1982), onde, como no Campo Sujo, ocorreu maior percentual de espécies autocompatíveis, mas que ainda assim apresentou alto índice de xenogamia em virtude da alta proporção de espécies dióicas (Tabela 5).

O percentual de espécies auto-incompatíveis no Campo Sujo foi baixo, sendo superior apenas ao das espécies herbáceas do sub-bosque da Mata Nebular na Venezuela e ao das espécies da vegetação dos Llanos venezuelanos, fato associado, em parte, ao hábito herbáceo (Kress, 1983; McDade, 1985; Ramirez e Brito, 1990; Ramirez e Seres, 1994).

Os dados mostram que a vegetação de Cerrado é variável quanto à necessidade da atuação de agentes polinizadores, podendo apresentar tanto um dos índices mais baixos de xenogamia (35,4 % Campo Sujo) quanto um dos mais altos (84 % Cerrado do Distrito Federal) (Tabela 5).

Existem várias opiniões sobre as vantagens e as desvantagens evolutivas da autocompatibili-

dade. Entre as vantagens, destaca-se o fato de que plantas autógamas ou *inbreeders* podem ser colonizadoras ou pioneiros em ambientes isolados ou em ilhas (Ramirez e Seres, 1994), e que garantem a polinização com alta produção de sementes (Bawa, 1974). Além dessas vantagens, some-se a redução do custo reprodutivo com um menor investimento na produção de flores do que com as espécies auto-incompatíveis (Bawa, 1974; Jain, 1976). Entre as desvantagens, ressalta-se a redução na variabilidade genética. Os dados reprodutivos da comunidade de Campo Sujo foram bem similares aos da Mata Nebular e aos dos Llanos, especialmente quanto à proporção de espécies autocompatíveis. Contrastaram, porém, com os de outras fisionomias da mesma vegetação em locais diferentes. As semelhanças podem, provavelmente, ser atribuídas não apenas às formas de vida das espécies incluídas ou abordadas nesses estudos, como também a certa imprevisibilidade nas condições climáticas adequadas para a polinização.

## Conclusões

As características reprodutivas do bioma Cerrado são extremamente complexas, com ampla variação nas estratégias reprodutivas, quer quanto aos sistemas reprodutivos e de polinização, quer quanto ao comportamento fenológico,

quando se comparam suas várias fitofisionomias em uma mesma região e/ou localidades diversas.

Alguns aspectos relevantes sobre a comunidade de Campo Sujo, somados aos conhecimentos de outras comunidades de Cerrado – em nível de espécies, de grupos de espécies ou de comunidades – reforçam a importância da biologia reprodutiva como suporte ao estabelecimento de políticas de conservação básica desse bioma. Confirmam, por exemplo, que nesse bioma os recursos para polinizadores e dispersores estão distribuídos espacialmente em mosaicos, entre os gradientes fisionômicos. Esses recursos apresentam variação temporal quando são considerados os elementos dos vários estratos de diferentes fisionomias, o que possibilita a manutenção da comunidade de polinizadores ao longo do ano, cujos agentes são especialmente importantes para o estrato lenhoso, para garantir a reprodução sexuada, alógama. Situação similar ocorre com a oferta, para a comunidade em geral, de frutos e dispersores. A manutenção de áreas abertas adjacentes às áreas mais fechadas tem como consequência imediata a manutenção da fauna dependente desses recursos e da própria estrutura da vegetação, que garantem o equilíbrio ecológico no bioma.

Para a manutenção do equilíbrio desse ecossistema, é necessário que áreas contíguas de diferentes tipos de fisionomias sejam mantidas, a exemplo dos corredores ecológicos com vegetação nativa para a preservação de áreas sujeitas ao efeito da fragmentação. Esses corredores permitem o deslocamento de espécies e garantem sua preservação, bem como a manutenção da rede de interações e da estabilidade da produção agrícola que, em alguns casos, depende da manutenção e da biodiversidade de polinizadores.

Finalmente, o estudo confirma que, no campo da biologia reprodutiva, o Cerrado é um bioma tão complexo e rico quanto é o das Florestas, e deve ser considerado como uma das prioridades nas políticas públicas de conservação, sob pena de tornarmos irreversível o funcionamento das redes de interação, caso não sejam redesenhas as políticas de ocupação e de expansão agropecuária no seu domínio. Há que se refletir sobre os riscos, os custos e os limites da continuidade

dessa expansão agrícola e da pecuária para a manutenção dos processos ecológicos essenciais nesse bioma, e para que sua utilização sustentável seja possível.

## Agradecimentos

Os autores deste capítulo agradecem a Sueli Matiko Sano (da Embrapa), pelo incentivo à elaboração deste trabalho; a Paulo Eugênio Oliveira (da Universidade Federal de Uberlândia) e a Isabel Cristina Machado (da Universidade Federal de Pernambuco), pelas críticas e sugestões feitas; e ao Programa PICD (Capes) e ao CNPq, pelo auxílio financeiro.

## Referências

- AIZEN, M. A.; FEINSINGER, P. Habitat fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina. *Ecology*, Washington, DC, v. 75, p. 330-351, 1994.
- ALLEN-WARDELL, G.; BERNHARD, P.; BITNER, R.; BURQUEZ, A.; BUCHMAN, S. L.; CANE, J.; COX, P. A.; DALTON, V.; FEINSINGER, P.; INGRAM, M.; INOUYE, D.; JONES, E. C.; KENNEDY, K.; KEVAN, P.; KOPOWITZ, H.; MEDELLÍN, R.; MEDLIN-MORAES, S.; NABHAN, G. P.; PAVLIK, B.; TEPEDINO, V.; TORCHIO, P.; WALKER, S. The potential consequences of pollinators declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology*, Malden, v. 12, p. 8-17, 1998.
- ASHMAN, T. -L.; SCHOEN, J. How long should flowers live? *Nature*, London, v. 371, p. 788-791, 1994.
- BARBOSA, A. A. A. **Biologia reprodutiva de uma comunidade de Campo Sujo, Uberlândia, MG.** 1997. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BAWA, K. S. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution*, Lawrence, v. 28, p. 85-92, 1974.
- BAWA, K. S.; OPLER, P. A. Dioecism in tropical forest trees. *Evolution*, Lawrence, v. 29, p. 167-179, 1975.

- BAWA, K. S.; BULLOCK, S. H.; PERRY, D. R.; COVILLE, R. E.; GRAYUM, M. H. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination Systems. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 72, n. 3, p. 346-356, 1985a.
- BAWA, K. S.; PERRY, D. R.; BEACH, J. H. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 72, n. 3, p. 331-345, 1985b.
- BAWA, K. S. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 21, p. 399-422, 1990.
- BORGES, H. B. N. **Biologia reprodutiva e conservação do estrato lenhoso numa comunidade do Cerrado**. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BUCHMAN, S. L. Buzz pollination in angiosperms. In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. (Ed.). **Handbook of experimental pollination biology**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983. p. 73-113.
- BUCHMAN, S. L.; NABHAN, G. P. **The forgotten pollinators**. Washington, DC: Island Press, 1996. 292 p.
- BULLOCK, S. H. Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest in Mexico. **Biotropica**, Saint Louis, v. 17, n. 4, p. 287-301, 1985.
- CARVALHO, A. M.; BEGO, L. R. Seasonality of dominant species of bees in the Panga Ecological Reserve, Cerrado, Uberlândia/MG. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 329-337, 1995.
- CORBET, S. A. Conserving compartments in pollination webs. **Conservation Biology**, Malden, v. 14, n. 5, p. 1229-1231, 2000.
- CORBET, S. A. Role of pollinators in species preservation, conservation, ecosystem stability and genetic diversity. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 437, p. 219-229, 1997.
- CROAT, T. B. The sexuality of the Barro Colorado Island flora (Panama). **Phytologia**, Huntsville, v. 42, n. 4, p. 319-348, 1979.
- CURE, J. R.; BASTOS, G. S.; OLIVEIRA, M. J. F.; SOUZA, O. F. Influência do tamanho da amostra na estimativa da riqueza em espécies em levantamentos de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 7, n. 1/2, p. 101-110, 1990.
- DAFNI, A. **Pollination ecology: A practical approach**. New York: Oxford University Press, 1992.
- DOBKIN, D. S. Synchronous flower abscission in plants pollinated by hermit hummingbirds and the evolution of one-day flowers. **Biotropica**, Saint Louis, v. 19, n. 1, p. 90-93, 1987.
- FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. New York: Pergamon Press, 1979.
- FRANCO, A. C. Ecophysiology of woody plants. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna**. Irvington: Columbia University Press, 2002. p. 178-197.
- GOTTSBERGER, G.; GOTTLIEB, O. R. Blue flowers and phylogeny. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 3, p. 79-83, 1980.
- HEITHAUS, E. R. Community structure of neotropical flower visiting bees and wasps: diversity and phenology. **Ecology**, Washington, DC, v. 60, p. 190-202, 1979.
- HEITHAUS, E. R. The role of plant-pollinators interactions in determining community structure. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v. 61, p. 675-691, 1974.
- JAIN, S. K. The evolution of inbreeding in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 7, p. 469-495, 1976.
- KEVAN, P. G. Floral colors through the insects eye: what they are and what they mean. In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. (Ed.). **Handbook of experimental pollination biology**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983. p. 3-49.
- KEVAN, P. G.; BAKER, H. G. Insects as flowers visitors and pollinators. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 28, p. 407-453, 1983.
- KRESS, W. J. Self-incompatibility in Central American *Heliconia*. **Evolution**, Lawrence, v. 37, p. 735-744, 1983.
- KRESS, W. J.; BEACH, J. H. Flowering plant reproductive systems. In: MCDADE, L. A.; BAWA, K. S.; HESPENHEIDE, H. A.; HARTORN, G. S. (Ed.). **La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest**. Chicago: University of Chicago Press, 1994. p. 161-182.

- LEPPIK, E. E. Directional trend of floral evolution. *Acta Biotheoretica*, Dordrecht, v. 18, p. 87-102, 1968.
- LLOYD, D. G.; SCHOEN, D. J. Self- and cross-fertilization in plants. I. Functional dimensions. *International Journal of Plant Sciences*, Chicago, v. 153, n. 3, p. 358-369, 1992.
- MACHADO, I. C.; LOPES, A. V. Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em Caatinga. In: LEAL, R. I.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. (Ed.). *Ecologia e conservação da Caatinga*. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. p. 515-563.
- MACHADO, I. C.; LOPES, A. V. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. *Annals of Botany*, London, v. 94, n. 3, p. 365-376, 2004.
- MANTOVANI, J. E.; PEREIRA JR., A. Estimativa da integridade da cobertura vegetal de cerrado através de dados TM/Landsat. In: AÇÕES prioritárias para a conservação do Cerrado e Pantanal. Brasília, DF: UnB: GEF: MMA: CNPq, 1998. p. 308-312. Relatório Técnico.
- McDADE, L. A. Breeding systems of Central American *Aphelandra* (Acanthaceae). *American Journal of Botany*, Columbus, v. 72, p. 1515-1521, 1985.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JR., M. C. Flora vascular do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 287-556.
- OLIVEIRA, P. E. Aspectos da reprodução de plantas de cerrado e conservação. *Boletim do Herbário Ezequias Paulo Heringer*, Brasília, v. 1, p. 34-45, 1994.
- OLIVEIRA, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 169-192.
- OLIVEIRA, P. E.; GIBBS, P. E. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora*, Jena, v. 195, p. 311-329, 2000.
- ORMOND, W. T.; PINHEIRO, M. C. B.; LIMA, H. A.; CORREIA, M. C. R.; CASTRO, A. C. Sexualidade das plantas da restinga de Maricá, RJ. *Boletim do Museu Nacional*, Nova Série, Botânica, Rio de Janeiro, v. 87, p. 1-24, 1991.
- ORMOND, W. T.; PINHEIRO, M. C. B.; LIMA, H. A.; CORREIA, M. C. R.; PIMENTA, M. L. Estudo das recompensas florais das plantas da restinga de Maricá-Itaipuã, RJ. I. Nectaríferas. *Bradea*, Rio de Janeiro, v. 6, n. 21, p. 179-195, 1993.
- PLEASANT, J. M. Structure of plant and pollinator communities. In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. (Ed.). *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983. p. 375-393.
- PRIMACK, R. B. Longevity of individual flowers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Palo Alto, v. 16, p. 15-38, 1985.
- PYKE, G. H. Local geographic distributions of bumblebees near Crested Butte, Colorado: competition and community structure. *Ecology*, Washington, DC, v. 63, p. 555-573, 1982.
- RAMIREZ, N. Biología de polinización en una comunidad arbustiva tropical de la Alta Guayana Venezolana. *Biotropica*, Saint Louis, v. 21, n. 4, p. 319-330, 1989.
- RAMIREZ, N.; BRITO, Y. Pollination biology in a palm swamp community in the Venezuelan Central Plains. *Botanical Journal of the Linnean Society*, London, v. 110, p. 277-302, 1992.
- RAMIREZ, N.; BRITO, Y. Reproductive biology of a tropical palm swamp community in the Venezuelan Llanos. *American Journal of Botany*, Columbus, v. 77, n. 10, p. 1260-1271, 1990.
- RAMIREZ, N.; GIL, C.; HOKCHE, O.; SERES; A.; BRITO, Y. Biología floral de una comunidad arbustiva tropical en la Guayana Venezolana. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Saint Louis, v. 77, n. 2, p. 383-397, 1990.
- RAMIREZ, N. Pollination specialization and time of pollination on a tropical Venezuelan plain; variations in time and space. *Botanical Journal of the Linnean Society*, London, v. 145, p. 1-16, 2004.
- RAMIREZ, N.; SERES, A. Plant reproductive biology of herbaceous monocots in a Venezuelan tropical cloud forest. *Plant Systematics and Evolution*, New York, v. 190, p. 129-142, 1994.
- RAW, A. The forest-savanna boundary and habitat selection by Brazilian social wasps. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (Ed.). *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*. London: Chapman & Hall, 1992. p. 499-508.

REGAL, P. J. Pollination by wind and animals: ecology and geographic patterns. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 13, p. 497-524, 1982.

ROBACKER, D. C.; MEEUSE, B. J. D.; ERICKSON, E. H. Floral aroma. **BioScience**, Washington, DC, v. 38, p. 390-398, 1988.

ROSA, R.; LIMA, S. C.; ASSUNÇÃO, W. L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 3, n. 5/6, p. 92-208, 1991.

SARAIVA, L.; CESAR, O.; MONTEIRO, R. Breeding systems of shrubs and trees of a Brazilian savanna. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 39, p. 751-763, 1996.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; GOTTSBERGER, G. A polinização de plantas do cerrado. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 4, p. 651-663, 1988.

SOBREVILLA, C.; ARROYO, M. K. Breeding systems in a montane tropical cloud forest in Venezuela. **Plant Systematics and Evolution**, New York, v. 140, p. 19-37, 1982.

WARMING, E. **Lagoa Santa**: contribuição para a Geografia Phytopiologica. Tradução de Alberto Loefgren. Belo Horizonte: Imprensa Oficial do Estado de Minas Gerais, 1908. 282 p.

ZAPATA, T. R.; ARROYO, M. K. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. **Biotropica**, Saint Louis, v. 10, p. 221-230, 1978.

**Anexo 1.** Principais características da biologia floral das espécies do componente herbáceo-subarbustivo e arbustivo de um Campo Sujo na Estação Ecológica do Pangá, Uberlândia, MG. As espécies são listadas por ordem alfabética de família.

Família/Espécie	Cor	Forma	Simetria	Orient.	Odor	Antese	Recurso	Duração	Sexo	Sistema reprodutivo	Hábito	Polinizador	Unidade de polinização
Acanthaceae <i>Ruellia humilis</i> Pohl Ruellia sp.	Lilás Branca	C C	Z Z	Hor. Hor.	- -	d d	n n	24h 24h	H H	AC AC	e e	S/I S/I	I I
Amarantaceae <i>Gomphrena cf. prostrata</i> Mart. <i>Gomphrena virgata</i> Mart. <i>Pffafia gnaphalooides</i> (Mod.) Kuntze <i>Pffafia jubata</i> Mart.	Esverdeada Esverdeada Esverdeada Esverdeada	T T T T	A A A A	Er. Er. Er. Er.	- - - -	d d d d	p + n p + n p + n p + n	24h 24h 24h 24h	H H H H	S/I AC S/I S/I	sub sub e e	Abelha peq./média Abelha peq./média Abelha peq./média S/I	Int. Col. Int. Int.
Anacardiaceae <i>Anacardium humile</i> St. Hil.	Rósea	Ta	A	Er.	+	d	n	24h	D	-	sub	S/I	Int.
Annonaceae <i>Annona tomentosa</i> R. E. Fr. <i>Duguetia furfuracea</i> (St. Hil.) Benth & Hook	Creme Rósea	Ta Ta	A A	Pend. Pend.	+	n n	p p	48h 48h	H H	S/I AI	sub sub	Besouro Besouro	I I
Apiaceae <i>Eringium marginatum</i> Pohl.	Branca	T	A	Er.	-	d	n. obs.	24h	H	S/I	e	S/I	Int.
Apocynaceae <i>Mandevilla velutina</i> (Mart. ex Stadelm) R. E. Woods	Rósea	T	A	Er.	-	i	n	24h	H	AI	sub	Abelha grande/média	I
Arecaceae <i>Butia archeri</i> Glassman Butia sp.	Vinho Creme	Ta Ta	A A	Hor. Hor.	+	d d	p + n p + n	48h 48h	M M	S/I S/I	e e	Abelha peq./média, vento Abelha peq./média, vento	Int. Int.
Aristolochiaceae <i>Aristolochia cf. esperanzae</i> O. Ktze.	Marrom	T	Z	Hor.	+	d	p	48h	H	S/I	tr	Mosca	I
Asclepiadaceae <i>Oxypteralum capitatum</i> Mart. Asclepiadaceae 1	Esverdeada Esverdeada	Ta Ta	A A	Er. Er.	- -	d d	n n	48h 48h	H H	S/I S/I	e e	S/I S/I	I I
Asteraceae <i>Acanthospermum australe</i> (Loefl.) O. Kunze <i>Achyrocline cf. satureoides</i> (Lam.) A. DC.	Creme	T	A	Er.	-	d	n	24h p + n	H H	S/I S/I	e e	S/I Vespa, abelha	Col. Col.

Continua...

## Anexo 1. Continuação.

Família/Espécie	Cor	Forma	Simetria	Orient.	Odor	Antese	Recurso	Duração	Sexo	Sistema reprodutivo	Hábito	Polinizador	Unidade de polinização
<i>Aspilia foliacea</i> (Spr.) Baker	Branca	T	A	Er.	-	n	24h	H	S/I	e			S/I
<i>Aspilia platyphylla</i> (Baker) Blake	Amarela	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	e			S/I
<i>Aspilia</i> sp.	Amarela	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	e			Col.
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Esverdeada	T	A	Er.	+	d	24h	D	-	sub			Col.
<i>Baccharis</i> sp.1	Esverdeada	T	A	Er.	+	d	24h	D	-	sub			Col.
<i>Baccharis</i> sp.2	Creme	T	A	Er.	+	d	24h	D	-	sub			Col.
<i>Bidens gardneri</i> Baker	Amarela	T	A	Er.	+	d	24h	H	S/I	e			Col.
<i>Calea reticulata</i> Schultz	Amarela	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	e			Col.
<i>Conizas</i> sp.	Creme	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	e			Col.
<i>Emilia sonchifolia</i> DC.	Rósea	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	e			Col.
<i>Emilia</i> sp.	Branca	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	e			Col.
<i>Eremanthus sphaerocephalus</i> (DC.) Bak.	Roxa	T	A	Er.	-	d	24h	H	AC	sub			Col.
<i>Eremanthus</i> sp.1	Creme	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	arb	Vespa, abelha		Col.
<i>Eremanthus</i> sp.2	Creme	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	arb	Abelha grande/média		Col.
<i>Eupatorium barbascense</i> Hieron	Creme	T	A	Er.	-	p + n	24h	H	AC	sub	Mosca, abelha, vespa		Col.
<i>Eupatorium clematidium</i> Griseb	Lilás	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	sub	Abelha pequena/média, mosca		Col.
<i>Eupatorium pedale</i> Sch. Bip.	Creme	T	A	Er.	-	d	24h	H	AC	sub	Mosca, abelha, vespa		Col.
<i>Ichthyothere cunabi</i> Mart.	Branca	T	A	Er.	+	d	48h	M	AC	e	Abelha pequena/média		Col.
<i>Mikania</i> sp.	Creme	T	A	Er.	-	d	24h	H	AC	sub	S/I		Col.
<i>Pterocaulon rugosum</i> (Vahl) Malme	Creme	T	A	Er.	+	d	24h	D	-	sub	Mosca		Col.
<i>Tagetes</i> sp.	Esverdeada	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	e			S/I
<i>Trichogonia salviaefolia</i> Gardn.	Lilás	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	sub	Diversos insetos pequenos		Col.
<i>Sievia</i> sp.	Creme	T	A	Er.	+	d	48h	H	S/I	sub	S/I		Col.
<i>Vernonia bardanoides</i> Less.	Roxa	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	sub	Abelha pequena/média		Col.
<i>Vernonia brevípetiolata</i> Sch. Bip.	Roxa	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	sub	Abelha grande/média		Col.
<i>Vernonia budleiaefolia</i> Mart.	Lilás	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	sub	Abelha grande/média		Col.
<i>Vernonia ferruginea</i> Less.	Branca	T	A	Er.	+	d	24h	H	S/I	sub	Abelha grande/média		Col.
<i>Vernonia polyanthes</i> Less.	Esverdeada	T	A	Er.	+	d	24h	H	S/I	sub	Abelha grande/média		Col.
<i>Viguiera</i> sp.	Amarela	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	e			S/I
<i>Wedelia</i> sp.	Amarela	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	e			S/I
Asteraceae 1	Lilás	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	e			S/I
Asteraceae 2	Branca	T	A	Er.	-	d	24h	H	AC	sub	Diversos insetos pequenos		Col.
Asteraceae 3	Branca	T	A	Er.	-	d	24h	H	S/I	e			Col.
Asteraceae 4	Branca	T	A	Er.	-	d	n. obs.	24h	H	S/I	e		Col.
Asteraceae 5	Lilás	T	A	Er.	-	d	n	24h	H	S/I	e		Col.
Asteraceae 6	Amarela	T	A	Er.	-	d	n	24h	H	S/I	e		Col.
Asteraceae 7	Amarela	T	A	Er.	-	d	n	24h	H	S/I	e		Col.

Continua...

## Anexo 1. Continuação.

Família/Espécie	Cor	Forma	Simetria	Orient.	Odor	Antese	Recurso	Duração	Sexo	Sistema reprodutivo	Hábito	Polinizador	Unidade de polinização
Asteraceae 8	Amarela	T	A	Er.	-	d	n	24h	H	S/I	e	S/I	Col.
Asteraceae 9	Esverdeada	T	A	Er.	-	d	n	24h	H	S/I	e	S/I	Col.
Asteraceae 10	Branca	T	A	Er.	-	d	n	24h	H	S/I	e	S/I	Col.
Asteraceae 11	Creme	T	A	Er.	-	d	n	24h	H	S/I	e	S/I	Col.
<b>Bignoniaceae</b>													
<i>Jacaranda decurrens</i> Cham.	Roxa	G	Z	Hor.	+	d	n	48h	H	AI	sub	Abelha grande/média	I
<i>Jacaranda rufa</i> Manso	Roxa	G	Z	Hor.	+	d	n	48h	H	S/I	sub	Abelha S/I	I
<i>Memora</i> sp.	Amarela	T	Z	Hor.	-	d	n	48h	H	S/I	sub	Abelha grande/média	I
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	Amarela	G	Z	Hor.	-	d	n	48h	H	AI	sub	Beija-flor	I
<b>Burseraceae</b>													
<i>Priotium ovatum</i> Engl.	Vinho	Ta	A	Er.	+	d	n	48h	D	-	sub	Vespa, abelha	Int.
<b>Caesalpiniaceae</b>													
<i>Bauhinia brevipes</i> Vogel	Branca	P	Z	Hor.	+	n	p + n	24h	H	AI	sub	Morcego, Abelha, beija-flor	I
<i>Bauhinia holophylla</i> (Bong.) Steud.	Branca	P	Z	Hor.	+	n	p + n	24h	H	AI	sub	Morcego, Abelha, beija-flor	I
<i>Chamaecrista cathartica</i> (Mart.) I. & B.	Amarela	Ta	Z	Hor.	-	d	p	48h	H	S/I	sub	Abelha grande/média	I
<i>Chamaecrista desvauxii</i> (Collad.) Amarela	Ta	Z	Hor.	-	d	p	24h	H	AC	sub	Abelha grande/média	I	
<i>var molissima</i> I. & B.	Alaranjada	Ta	Z	Hor.	-	d	p	48h	H	AC	e	Abelha grande/média	I
<i>Chamaecrista fagonoides</i> (Vog.) I. & B.	Amarela	Ta	Z	Hor.	-	d	p	<12h	H	AC	e	Abelha grande/média	I
<i>Chamaecrista cf. pascuorum</i> (Benth.) I. & B.	Amarela	Ta	Z	Hor.	-	d	p	48h	H	AC	sub	Abelha grande/média	I
<i>Cassia</i> sp.5	Amarela	Ta	Z	Hor.	-	d	p	48h	H	S/I	sub	Abelha grande/média	I
<i>Senna rugosa</i> (G.Don.) I. & B.	Amarela	Ta	Z	Hor.	-	d	p	48h	H	S/I	sub	Abelha grande/média	I
<b>Cochlospermaceae</b>													
<i>Cochlospermum regium</i> (Mart.) Pilger	Amarela	Ta	A	Hor.	+	d	p	24h	H	AI	sub	Abelha grande/média	I
<b>Commelinaceae</b>													
<i>Commelinella elegans</i> Humb.	Azul	Ta	Z	Hor.	-	d	p + n	<12h	H	AC	e	Abelha pequ. a média	I
<b>Connaraceae</b>													
<i>Rourea induta</i> Planch.	Branca	Ta	A	Hor.	+	d	p + n	24h	H	AI	arb	Abelha pequ. a média	Int.
<b>Convolvulaceae</b>													
<i>Ipomoea procurrens</i> Meissn.	Lilás	C	A	Hor.	-	d	n	<12h	H	S/I	e	S/I	I
<i>Merremia tentaculata</i> (Choisy) Hallier	Branca	C	A	Er.	-	d	p + n	24h	H	S/I	e	S/I	I

Continua...

**Anexo 1.** Continuação.

Família/Espécie	Cor	Forma	Simetria	Orient.	Odor	Antese	Recurso	Duração	Sexo	Sistema reprodutivo	Hábito	Polinizador	Unidade de polinização
Cyperaceae													
<i>Bulbosyles</i> sp	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	I?
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	M	S/I	e	Vento	I
<i>Cyperus</i> sp.1	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	I
<i>Cyperus</i> sp.2	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	I
<i>Cyperus</i> sp.3	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	I
<i>Cyperus</i> sp.5	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	I
<i>Rhynchospora</i> sp.	Creme	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	I
Dilleniaceae													
<i>Davilla elliptica</i> St.Hil.	Amarela	Ta	A	Er.	+	d	p	<12h	H	AC	arb	Abelha peq./média	I
Erythroxylaceae													
<i>Erythroxylum campestre</i> St.Hil.	Creme	Ta	A	Er.	+	d	n	48h	H	AC	sub	Vespa, abelha	Int.
<i>Erythroxylum decadium</i> St. Hil.	Creme	Ta	A	Er.	+	d	n	24h	H	S/I	sub	Vespa, abelha	Int.
Euphorbiaceae													
<i>Acalypha</i> sp.	Esverdeada	Ta	A	Hor.	-	d	n. obs.	48h	M	S/I	e	Vento	I?
<i>Croton campestris</i> St.Hil.	Creme	Ta	A	Er.	-	d	p + n	72h	M	AC	sub	Vent, vespa	I
<i>Croton</i> sp.2	Creme	Ta	A	Er.	-	d	p + n	24h	M	AC	sub	Vent, vespa	I
<i>Croton</i> sp.3	Creme	Ta	A	Er.	-	d	p + n	24h	M	S/I	sub	Vent, vespa	I
<i>Manihot gracilis</i> Pohl.	Creme	Ta	A	Er.	-	d	p + n	24h	M	S/I	e	Vento	I
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax.	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	n. obs.	>72h	M	S/I	sub	Vento	I?
<i>Sebastiania serrulata</i> (Mart.) M. Arg.	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	n. obs.	>72h	M	AC	sub	Vento	I?
Euphorbiaceae 1	Creme	Ta	A	Er.	-	d	n. obs.	48h	M	S/I	e	S/I	I
Fabaceae													
<i>Aeschynomene paniculata</i> Willd. ex Vog.	Amarela	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AC	e	S/I	I
<i>Centrosema pascuorum</i> Mart. ex Benth.	Vinho	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AC	tr	Abelha grande/ média	I
<i>Clitoria guyanensis</i> (Aubl.) Benth.	Lilás	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AC	tr	Abelha grande/média	I
<i>Crotalaria cf. acutifolia</i> Windler	Lilás	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	S/I	e	Abelha grande/média	I
<i>Crotalaria brachystachya</i> Benth.	Amarela	E	Z	Hor.	-	d	n	48h	H	AC	sub	Abelha grande/média	I
<i>Crotalaria stipularia</i> Desv.	Amarela	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AC	e	Abelha grande/média	I
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	Roxa	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	S/I	e	S/I	I
<i>Eriosema benthamianum</i> Mart.	Amarela	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AC	sub	Abelha peq./média	I
<i>Eriosema irwini</i> Grear Jr.	Amarela	E	Z	Hor.	-	d	n	<12h	H	AC	sub	S/I	I
<i>Eriosema</i> sp.1	Amarela	E	Z	Hor.	-	d	n	<12h	H	S/I	e	S/I	I
<i>Eriosema</i> sp.2	Amarela	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AC	sub	S/I	I
<i>Galactia grewiaefolia</i> Benth.	Lilás	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AI	sub	S/I	I

Continua...

**Anexo 1.** Continuação.

Família/Espécie	Cor	Forma	Simetria	Orient.	Odor	Antes	Recurso	Duração	Sexo	Sistema reprodutivo	Hábito	Polinizador	Unidade de polinização
<i>Stilosanthes guianensis</i> Sw.	Amarela	E	Z	Hor.	+	d	p	<12h	H	AC	e	Abelha grande/média	1
<i>Stilosanthes gracilis</i> H. B. K.	Amarela	E	Z	Hor.	+	d	n	<12h	H	S/I	e	S/I	1
<i>Tephrosia adunca</i> Benth.	Roxa	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AI	e	S/I	1
<i>Zornia reticulata</i> Sm.	Amarela	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AC	e	Vespa	1
<i>Zornia virgata</i> Mouric.	Amarela	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AC	sub	Vespa	1
Fabaceae 1	Rósea	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	S/I	e	S/I	1
Fabaceae 2	Lilás	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	S/I	e	S/I	1
Fabaceae 3	Roxa	E	Z	Hor.	-	d	n	<12h	H	S/I	e	S/I	1
Fabaceae 5	Amarela	E	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AC	sub	S/I	1
Flacourtiaceae													
<i>Casearia syvestris</i> Sw.	Esverdeada	Ta	A	Er.	+	d	p + n	24h	H	AC	sub	Mosca, abelha pequ.	Int.
Gentianaceae													
<i>Dejanira nervosa</i> Cham. & Schlecht.	Rósea	Ta	A	Er.	+	d	p + n	48h	H	S/I	e	S/I	1
Hippocrateaceae													
<i>Peritassa campestris</i> (Camb.) A. C. Smith	Esverdeada	Ta	A	Er.	+	d	p	48h	H?	AI?	sub	S/I	Int.
<i>Salacia campestris</i> Camb.	Esverdeada	Ta	A	Er.	+	d	p	48h	H?	S/I	sub	Diversos insetos pequ.	Int.
Iridaceae													
<i>Cyparia paludosa</i> Aubl.	Azul	Ta	A	Er.	-	d	p + n	<12h	H	S/I	e	S/I	1
<i>Sisyrinchium luzula</i> Klaff.	Amarela	Ta	A	Er.	-	d	p	<12h	H	AI	e	Diversos insetos pequ.	1
<i>Sisyrinchium vaginatum</i> Spreng	Amarela	Ta	A	Er.	-	d	p	<12h	H	AC	e	Abelha pequ./média	1
Lamiaceae													
<i>Hyptis interrupta</i> Benth.	Lilás	G	Z	Hor.	+	d	n	24h	H	AC	sub	Vespa	Int.
<i>Hyptis nudicaulis</i> Benth.	Rósea	G	Z	Hor.	+	d	n	24h	H	AC	sub	Vespa	Int.
<i>Hyptis virgata</i> Benth.	Rósea	G	Z	Hor.	+	d	n	24h	H	S/I	e	Vespa	Int.
<i>Hyptis</i> sp.1	Rósea	G	Z	Hor.	+	d	n	24h	H	AC	sub	Vespa	Col.
<i>Hyptis</i> sp.2	Creme	G	Z	Hor.	+	d	n	24h	H	AC	sub	S/I	Int.
<i>Peltodon tomentosus</i> Pohl.	Esverdeada	G	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	AC	sub	Vespa	Int.
Lythraceae													
<i>Cuphea linarioides</i> Cham. & Schl.	Lilás	G	Z	Er.	-	d	n	72h	H	AI	e	Abelha pequ./média	1
<i>Cuphea</i> sp.	Lilás	G	Z	Er.	-	d	n obs.	72h	H	AI	e	Abelha pequ./média	1
<i>Diplusodon lanceolatus</i> Pohl.	Rósea	Ta	A	Hor.	-	d	p	48h	H	AC	sub	Abelha pequ./média	1
Malpighiaceae													
<i>Aspicarpa pulchella</i> (Griseb.) O'Dorr. E. Lourt.	Amarela	Ta	Z	Hor.	-	d	o + p	24h	H	S/I	sub	S/I	1

Continua...

## Anexo 1. Continuação.

Família/Espécie	Cor	Forma	Simetria	Orient.	Odor	Antese	Recurso	Duração	Sexo	Sistema reprodutivo	Hábito	Polinizador	Unidade de polinização
<i>Banisteriopsis angustifolia</i> (A. Juss.) Gates	Rósea	Ta	Z	Hor.	-	d	o + p	48h	H	AC	sub	Abelha grande/média	I
<i>Banisteriopsis campestris</i> (A. Juss.) Little	Rósea	Ta	Z	Hor.	-	d	o + p	48h	H	AC	sub	Abelha grande/média	I
<i>Banisteriopsis laevifolia</i> (A. Juss.) Gates	Amarela	Ta	Z	Hor.	-	d	o + p	48h	H	S/I	sub	Abelha grande/média	I
<i>Byrsinima gaultheroides</i> Griseb.	Rósea	Ta	Z	Hor.	-	d	o + p	48h	H	S/I	e	S/I	I
<i>Byrsinima intermedia</i> A. Juss.	Amarela	Ta	Z	Hor.	-	d	o + p	48h	H	AC	arb	Abelha grande/média	I
<i>Byrsinima</i> sp.1	Rósea	Ta	Z	Hor.	-	d	o + p	48h	H	S/I	e	S/I	I
<i>Camarea affinis</i> St. Hil.	Amarela	Ta	Z	Pend.	-	d	o	24h	H	AI?	e	S/I	I
<i>Galpinia brasiliensis</i> (L.) Juss.	Amarela	Ta	Z	Pend.	-	d	o	24h	H	AC	e	S/I	I
<i>Heteropteris byrsinimifolia</i> Adr. Juss.	Amarela	Ta	Z	Er.	-	d	o + p	72h	H	AC	sub	Abelha grande/média	I
<i>Heteropteris</i> sp.	Amarela	Ta	Z	Hor.	-	d	o + p	24h	H	AI	sub	Abelha grande/média	I
<i>Peixotia tomentosa</i> A. Juss.	Amarela	Ta	Z	Er.	-	d	o	72h	H	AC	sub	Abelha grande/média	I
Malvaceae													
<i>Pavonia</i> sp.	Rósea	Ta	A	Er.	-	d	p + n	24h	H	S/I	e	Abelha peq./média	I
<i>Peltaea heringeri</i> Krapov. & Crist.	Rósea	Ta	A	Er.	-	d	p + n	24h	H	AC	sub	Abelha peq./média	I
<i>Peltaea lasiantha</i> Krapov	Rósea	Ta	A	Er.	-	d	p + n	24h	H	S/I	e	Abelha peq./média	I
<i>Sida linifolia</i> Cav.	Rósea	Ta	A	Er.	-	d	p + n	<12h	H	S/I	sub	S/I	I
Menispermaceae													
<i>Cissampelos ovalifolia</i> R. & P.	Esverdeada	Ta	A	Er.	-	d	n. obs.	24h	D	-	e	Abelha peq./média	Int.
Mimosaceae													
<i>Mimosa</i> sp.1	Esverdeada	P	A	Er.	-	d	p	24h	H	AI	e	S/I	Col.
<i>Mimosa</i> sp.2	Esverdeada	P	A	Er.	-	d	p	24h	H	AC	e	S/I	Col.
<i>Mimosa</i> sp.3	Esverdeada	P	A	Er.	-	d	p	24h	H	AI	e	S/I	Col.
Moraceae													
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trec.	Esverdeada	Inc.	A?	Er.	-	d	n. obs.	>72h	M	S/I	arb	Vento	I?
Myrtaceae													
<i>Campomanesia aromatica</i> (Aubl.) Griseb.	Branca	Ta	A	Hor.	+	d	p	24h	H	AC	sub	Abelha peq./média	Int.
<i>Campomanesia pubescens</i> (A. P. DC.) Berg.	Branca	Ta	A	Hor.	+	d	p	24h	H	S/I	sub	Abelha peq./média	Int.
<i>Eugenia aurata</i> Berg.	Creme	Ta	A	Er.	-	d	p	24h	H	AC	arb	Abelha peq./média	Int.
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	Branca	Ta	A	Er.	-	d	p	24h	H	AC	sub	Abelha grande/média	Int.
<i>Eugenia puniceifolia</i> (h. B. K.) DC.	Branca	Ta	A	Hor.	+	d	p	24h	H	AC	sub	Abelha peq./média	Int.
<i>Myrcia cf. lasiopus</i> DC.	Branca	Ta	A	Hor.	+	d	p	24h	H	S/I	sub	Abelha peq./média	Int.

Continua..

## Anexo 1. Continuação.

Família/Espécie	Cor	Forma	Simetria	Orient.	Odor	Antese	Recurso	Duração	Sexo	Sistema reprodutivo	Hábito	Polinizador	Unidade de polinização
<i>Myrcia uverensis</i> Berg.	Branca	Ta	A	Hor.	+	d	p	24h	H	AC	sub	Abelha peq./média	Int.
<i>Myrcia</i> sp.1	Branca	Ta	A	Hor.	-	d	p	24h	H	AC	sub	Abelha peq./média	1
<i>Myrcia</i> sp.2	Branca	Ta	A	Hor.	-	d	p	24h	H	S/I	sub	S/I	1
<i>Psidium cf. grandifolium</i> Mart.	Branca	Ta	A	Hor.	+	d	p	24h	H	S/I	sub	Abelha peq./média	1
Ochnaceae													
<i>Ouratea nana</i> (St. Hil.) Engl.	Amarela	Ta	A	Hor.	+	d	p	24h	H	AI	sub	Abelha peq./média	I
Orchidaceae													
<i>Epistephium sclerophyllum</i> Lindl.	Rósea	E	Z	Hor.	-	d	n	72h	H	AC	e	S/I	1
<i>Habenaria hexaptera</i> Lindl.	Esverdeada	E	Z	Hor.	-	d	n	72h	H	AC	e	S/I	1
<i>Sthenorrhynchus lanceolatus</i>	Rósea	E	Z	Hor.	-	d	n	72h	H	S/I	e	S/I	1
(Auhb.) Rich.													
Orchidaceae 1													
Roxa	E	Z	Hor.	-	d	n	72h	H	S/I	e	S/I		1
Oxalidaceae													
<i>Oxalis densiflora</i> (Mart. & Zucc ex) Zucc.	Amarela	T	A	Er.	-	d	p + n	<12h	H	AI	e	Diversos insetos peq.	I
Poaceae													
<i>Aristida riparia</i> Irin	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	1
<i>Echinolaena inflexa</i> (Poir.) Chase	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	1
<i>Eragrostis solida</i> Nees	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	AC	e	Vento	1
<i>Loudetia pectinata</i> Nees	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	1
<i>Panicum oligooides</i> H. B. K. var.	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	1
<i>oligoides</i>													
<i>Paspalum gemmiflorum</i> Steud.	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	1
<i>Sorghastrum minarum</i> (Nees) Hitchc	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	72h	H	S/I	e	Vento	1
<i>Trachypogon sp. icatius</i> (L. F.) Webster	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	1
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) Webster	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	S/I	e	Vento	1
<i>Tristachya leiostachya</i> Nees	Esverdeada	Inc.	A	Er.	-	d	-	48h	H	AC	e	Vento	1
Polygalaceae													
<i>Polygala bracteata</i> A. W. Benn.	Esverdeada	Ta?	Z	Er.	-	d	n. obs.	24h	H	S/I	e	S/I	1
<i>Polygala tibourbou</i> Aubl.	Lilás	Ta?	Z	Er.	-	d	n. obs.	24h	H	S/I	e	S/I	1
Rubiaceae													
<i>Alibertia cf. obtusa</i> Cham.	Branca	T	A	Er.	+	i	p ou n	72h	D	-	sub	Abelha grande/media	1
<i>Borreria suaveolens</i> G. F. W. Meyer	Lilás	T	A	Er.	-	d	p + n	48h	H	S/I	e	Abelha peq./média	Int.
<i>Borreria cf. tenuis</i> DC.	Esverdeada	T	A	Er.	-	d	n	24h	H	AI	e	Diversos insetos peq.	Int.
<i>Borreria</i> sp.1	Lilás	T	A	Er.	-	d	n	24h	H	AI	e	Diversos insetos peq.	Int.
<i>Borreria</i> sp.2	Lilás	T	A	Er.	-	d	n	48h	H	AC	e	Diversos insetos peq.	Int.

Continua..

**Anexo 1.** Continuação.

Família/Espécie	Cor	Forma	Simetria	Orient.	Odor	Antese	Recurso	Duração	Sexo	Sistema reprodutivo	Hábito	Polinizador	Unidade de polinização
<i>Declieuxia fruticosa</i> (Willd. ex R. & S.) O. Kunze	Branca	T	A	Er.	-	d	n	48h	H	AI	sub	Diversos insetos pequenos, vespa, mosca	Int.
<i>Palicourea rigida</i> H. B. K.	Alaranjada	T	A	Er.	-	d	n	48h	H	AI	arb	Beija-flor, abelha	I
Rubiaceae 1	Branca	T	A	Er.	-	d	n	24h	H	S/I	e	Diversos insetos pequenos	Int.
Sapindaceae													
<i>Serjania erecta</i> Radlk.	Branca	Ta	A	Er.	+	d	n	24h	H	S/I	sub	Abelha pequena/media, vespa	Int.
Scrophulariaceae													
<i>Buchnera rosea</i> H. B. K.	Rósea	C	Z	Er.	-	d	n	48h	H	AC	e	Abelha pequena/media	I
Sterculiaceae													
<i>Bytneria sagittifolia</i> St. Hil.	Marrom	Ta	A	Pend.	-	d	n	72h	H?	S/I	e	S/I	1
<i>Helicteres sacarolha</i> St. Hil.	Vermelha	T	A	Hor.	-	d	n	24h	H	AI	sub	Beija-flor	1
<i>Waltheria communis</i> St. Hil.	Amarela	Ta	A	Er.	-	d	p+n	24h	H	S/I	e	Abelha pequena/media	I
Tiliaceae													
<i>Corchorus hirtus</i> L.	Amarela	Ta	A	Hor.	-	d	n	24h	H	AI	e	S/I	1
Verbenaceae													
<i>Amazonia hirta</i> Benth.	Creme	G	Z	Hor.	-	d	n	72h	H	AI	sub	Beija-flor?	I
<i>Lantana</i> sp.	Roxa	G	Z	Er.	-	d	p	24h	H	S/I	sub	S/I	Int.
<i>Lippia lippulina</i> Cham.	Lilás	G	Z	Er.	-	d	p	24h	H	S/I	sub	S/I	I
<i>Lippia strachyoides</i> Cham.	Lilás	G	Z	Hor.	-	d	n	24h	H	S/I	sub	S/I	Int.
<i>Stachytarpheta gesnerioides</i> Cham.	Azul	G	Z	Hor.	-	d	n+p	24h	H	AC	sub	Beija-flor, abelha, borboleta	I
Verbenaceae 1	Lilás	G	Z	Hor.	-	d	n	48h	H	S/I	sub	Vespa?	Int.
Vitaceae													
<i>Cissus erosa</i> L. C.	Vermelha	Ta	A	Er.	-	d	n	<12h	H	AI	sub	Vespa	Int.
Xyridaceae													
<i>Xyris c. asperula</i> Mart.	Amarela	Inc.	A	Er.	-	d	n. obs.	24h	H	S/I	e	S/I	I

Características florais: Forma (C = campânula, E = estandarte, G = goela, T = tubo, Ta = taça, Inc. = inconsípua); Simetria (A = actinomorfa, Z = zigomorfa); Orient. = Orientação (Er.=ereta, Hor. = horizontal, Pend. = pendente); Odor (+ presente, - não detectado); Antese (d = diurna, n = noturna, i = irregular); Recurso (p = polen, n = néctar, o = óleo, n. obs. = não observado, au = ausente); Sexo (H = hermafrodita, M = monoica, D = dióica); sistema reprodutivo (AC = autocompatível; AI = heterocompatível; AI = incompatível); Hábito (a = arbusto; e = arbusto; sub = subarbusto; ur = trepadeira); Unidade de polinização (I = individual; C = coletiva, Int. = intermediária); S/I = sem informação.

## Capítulo 11

# **Coleta, Propagação e Desenvolvimento Inicial de Plantas do Cerrado**

*José Teodoro de Melo  
Roberto Augusto de Almeida Torres  
Conceição Eneida dos Santos da Silveira  
Linda Styer Caldas<sup>†</sup>*



## Introdução<sup>1</sup>

A maioria dos projetos que visam à conservação e à exploração de espécies nativas do Cerrado depende da formação de mudas. Assim, a renovação da vegetação e a recuperação de áreas degradadas, o estabelecimento de bancos de germoplasma, os programas de melhoramento e os plantios para exploração econômica de frutos, a madeira e os produtos medicinais dependem da coleta de sementes e da propagação daquelas espécies. Os objetivos dos projetos determinarão os procedimentos a serem adotados na coleta e na propagação para garantia de pleno sucesso.

Qualquer que seja o tipo de projeto, os fatores relativos à coleta do material a ser propagado implicam vários procedimentos: a escolha de matrizes, a coleta propriamente dita e a opção por um método de propagação sexuada, por sementes, ou por propagação assexuada, por um dos métodos de propagação vegetativa.

Atualmente, a produção e a comercialização de sementes e mudas devem seguir os procedimentos estabelecidos na Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003 (Brasil, 2003), e detalhados na sua regulamentação, pelo Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004 (Brasil, 2004). No artigo 47 dessa lei, as espécies nativas e outras florestais são tratadas por regras específicas, nas quais se estabelecem as diferenças entre elas e as espécies agrícolas. A regulamentação do artigo 47 é feita no capítulo 12 do Decreto nº 5.153. Desnecessário dizer que, para atuar no setor de produção e de comercialização de sementes e mudas, é preciso familiarizar-se com essa legislação.

Conhecimentos básicos sobre a germinação de sementes e a propagação vegetativa das plantas são fundamentais para a formação de mudas. Esses aspectos são geralmente pouco conhecidos nas espécies nativas, incluindo as do Cerrado. Neste trabalho, foram reunidas informações dispersas sobre a propagação de muitas espécies do Cerrado, que estão complementadas em variadas publicações (Sousa-Silva et al., 2001; Salomão et al., 2003). Muitas espécies do Cerrado também são tratadas por Davide et al. (1995), Lorenzi (2002a, 2002b) e Durigan et al. (2002).

Neste capítulo, são discutidos os fatores relacionados à produção de mudas de plantas nativas do bioma Cerrado por diferentes tipos de propagação, sexuada ou não.

## Coleta de material de propagação

### Escolha das árvores-matriz

De todas as etapas do processo de produção de mudas, a mais importante é a coleta do material a ser propagado, uma vez que as outras fases dependerão da qualidade e da quantidade do material coletado.

Para a silvicultura e a fruticultura, a qualidade da semente é de grande importância, pois o tempo entre o plantio e a coleta é muito longo (Amaral e Araldi, 1979). Esse tempo, no caso de espécies nativas, pode corresponder a décadas; assim, o uso de semente inadequada será reconhecido apenas depois de muitos anos. A semente carrega todo o potencial genético da futura planta e pode determinar, em grande parte, o sucesso ou o fracasso de uma plantação; por isso, a coleta de sementes deve ser feita com muito critério, devendo basear-se em planejamento criterioso, que contemple a biologia do material a ser coletado.

Como o conhecimento sobre a fisiologia e a genética de cada espécie nativa não é ainda satisfatório, é indispensável que o coletor seja pessoa experiente e com bastante domínio sobre esse tipo de vegetação. Ressalta-se que a seleção de matrizes em vegetação nativa difere da seleção em plantios uniformes, feitos numa mesma época. Na vegetação nativa, há plantas de várias idades crescendo lado a lado, e uma árvore pode ser maior e mais vigorosa simplesmente por ser mais velha, e não necessariamente por ser a melhor sob o aspecto genético. Como exemplo, pode-se apontar o caso de duas populações de aroeira (*M. urundeava*, Moraes et al., 1993) em que a herdabilidade *stricto sensu* para altura em duas populações da espécie foi muito baixa (0,11 para uma população e 0,02 para a outra), mostrando a pequena correlação entre a altura da matriz e a progênie nessas populações naturais. Portanto, há necessidade de testes de procedência

<sup>1</sup> Revisor técnico: José Carlos Sousa Silva.

e progênie para o melhoramento das espécies nativas, com vista à determinada característica, bem como à avaliação do germoplasma.

Para produzir mudas para a exploração econômica, como produção de madeira ou formação de pomares de fruteiras do Cerrado, devem ser escolhidas plantas vigorosas e com desenvolvimento semelhante, cujas floração e frutificação ocorram nas mesmas épocas. A coleta assim orientada produzirá, possivelmente, uma população homogênea, embora com menor variabilidade genética. Para a recuperação de áreas degradadas e o estabelecimento de bancos de germoplasma, as coletas devem ser o mais possível amplas e, consequentemente, produzirão populações heterogêneas, com maior base genética. Com isso, obtém-se uma população em condição de cultivo semelhante à natural. Um tratamento mais aprofundado e técnico da genética de conservação é indicado por ocasião da montagem de projetos de recuperação de áreas degradadas (Hamrick e Godt, 1996; Sebbenn, 2002). Como regra geral, Sebbenn (2002) sugere a coleta de grande número de sementes em cada matriz e um mínimo de 25 matrizes para formar lotes de sementes visando à recuperação de áreas com menos de 100 ha, mas o número aumenta para 30 matrizes se houver indícios de endogamia na população. Com a homogeneização das sementes coletadas, o tamanho efetivo de 50 seria mantido, e a população nova resultante do plantio poderia se manter por períodos curtos (consideradas 10 gerações). No entanto, para programas de conservação de germoplasma cujo objetivo é amostrar a maior variabilidade genética da espécie, o número de matrizes e de populações aumenta significativamente (Sebbenn, 2002).

O conhecimento da biologia reprodutiva das espécies é essencial no planejamento das coletas, pois interfere diretamente na base genética da população, ou seja, no seu tamanho efetivo, quando a reprodução é feita por semente. Uma matriz de espécie de polinização cruzada produz uma população de meios-irmãos; nessas condições, as sementes oriundas de uma árvore apresentarão tamanho efetivo igual a quatro, enquanto as populações produzidas de coleta em espécies de autofecundação, nas mesmas condições das espécies de fecundação cruzada, terão uma base

genética mais estreita, haja vista que as sementes coletadas de uma mesma árvore apresentarão tamanho efetivo igual a um.

Para as espécies que serão reproduzidas asse Xuadamente, cada planta representa um único genótipo, independentemente do número de propágulos que for feito dessa planta. Para que se tenha representatividade adequada da população inicial, bem como uma base genética mais ampla, é importante coletar menos material – quer seja semente, quer seja propágulo – em maior número de matrizes do que grande quantidade, mas em poucas matrizes. Em princípio, plantas da mesma espécie, próximas umas das outras, têm mais chance de ser parentadas, ou seja, de apresentar certa endogamia, o que ocasionaria redução na variabilidade genética e menor viabilidade das sementes. Por isso, as matrizes devem ser escolhidas com razoável afastamento entre si.

Considera-se árvore-matriz aquela que, comparada a outras, aproxima-se de um ideal, ou seja, exibe as características consideradas de superioridade em silvicultura, tendo em vista o fim econômico (frutos, madeira, princípio medicinal ou outro). É dela que se retira o material a ser propagado. No entanto, o conceito mais amplo adotado na legislação atual é que matriz é qualquer árvore que fornece material de propagação, não precisando, em todos os casos, de ser selecionada.

Para uma correta seleção de árvores-matriz, deve-se considerar o uso final do plantio. Se o objetivo for produção de frutos, as árvores de copas grandes e muitos frutos devem ser as selecionadas; se é para a produção de madeira, as de grande volume de tronco, galhos finos e fuste reto, com a ressalva, já mencionada, de que nem sempre a árvore de maior volume é a melhor geneticamente numa população nativa que apresenta plantas de diferentes idades.

As árvores-matriz para plantios que visam à exploração econômica devem ser vigorosas e não mostrar sinais de ataque de pragas e doenças. Plantas com alguns sinais de doença, sendo vigorosas, podem também ser escolhidas, pois mostram tolerância a doenças que permite sua coexistência com o patógeno sem danos significativos. A sanidade é essencial para se obter sucesso nas etapas subsequentes da produção de

mudas, além de garantir maior probabilidade de propagar genótipos que apresentam resistência ou tolerância a doenças.

Para sementes destinadas a programas de melhoramento, pode ser indicada a escolha de plantas dominantes e co-dominantes, estipulando-se distâncias mínimas entre elas, embora não represente a variabilidade natural da população (Ferreira e Araújo, 1981). Em espécies de polinização cruzada ou cujo sistema de polinização não seja bem conhecido, deve-se evitar a coleta de sementes em árvores isoladas, pois há grande chance de haver endogamia e, com isso, as sementes produzidas podem ser de qualidade genética inferior. Uma elevada porcentagem de plantas albinas pode ser uma indicação de endogamia, o que prejudica a qualidade genética das mudas produzidas (Sebbenn, 2002).

As matrizes devem ser marcadas e mapeadas de tal modo que possam ser localizadas facilmente. A utilização de GPS (*Global Positioning System – Sistema de Posicionamento Global*) para marcar a posição da matriz pode facilitar um futuro reconhecimento.

## Época e métodos de coleta

No Cerrado, existem espécies que frutificam durante o ano todo (Wetzel, 1997; Oliveira, 1998). Assim, a coleta de sementes pode ser feita tanto na época seca quanto na chuvosa, embora, nos meses de março a junho, haja menos espécies com frutos maduros. No entanto, para a coleta de sementes de determinada espécie, um calendário com os períodos de frutificação dessa espécie é requisito básico, lembrando que esse período pode sofrer pequenas variações entre regiões e de um ano para outro. É necessário, também, um levantamento dos locais onde as espécies ocorrem, o que deve ser feito com a colaboração de um mateiro que conheça bem a região e as espécies pelo nome local. Como algumas espécies concentram sua floração e sua frutificação em determinado ano e depois passam um ou mais anos sem frutificar, é importante acompanhar o padrão de cada espécie na região.

A maioria das espécies de frutos carnosos do Cerrado, como pequi (*Caryocar brasiliense*),

mangaba (*Hancornia speciosa*) e cagaita (*Eugenia dysenterica*), apresenta maturação de frutos entre o início e o meio da estação chuvosa (Silva et al., 1992). No período seco, predominam as espécies cujos frutos são secos, como aroeira (*Myracrodruron urundeuva*), sucupira-branca (*Pterodon pubescens*) e gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) (Tabela 1).

Antes da saída para uma expedição de coleta, deve-se planejar cuidadosamente as operações e o material necessário, considerando a quantidade de sementes a ser coletada, as características dos frutos da árvore e o local de coleta.

Os equipamentos básicos para a coleta de sementes são: veículo adaptado às condições de estrada de terra; podão acoplado a uma haste de alumínio ou de madeira; tesoura de poda; baldes de plástico; sacos de aniagem, pano e papel de diferentes dimensões; etiquetas; lona de plástico para forrar o solo sob as árvores e “coador” do tipo utilizado para a captura de insetos, para a coleta de sementes pequenas, leves ou aladas.

As sementes devem ser coletadas em seguida à maturação fisiológica, época em que a maioria das espécies apresenta a maior taxa de germinação. Esse ponto é especialmente importante para as palmeiras. O ponto de maturidade fisiológica precisa ser descrito para cada espécie, com base em parâmetros de índices de maturação (Piña-Rodrigues e Aguiar, 1993). Entretanto, para algumas espécies, a coleta deve ser feita quando ocorrer a maturação total do fruto, como é o caso do pequi. A época de maturação, além de ser característica de cada espécie, pode apresentar variação de árvore para árvore, de local para local e de ano para ano. Há, por isso, necessidade de visitas freqüentes ao local para avaliar o estádio de maturação dos frutos.

As modificações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas verificadas nos frutos e nas sementes durante o processo de maturação podem ser usadas como indícios de maturação para o estabelecimento da época de coleta. Geralmente, esses sinais baseiam-se em parâmetros como coloração, teor de umidade, densidade, tamanho e peso dos frutos e das sementes (Figliolia e Aguiar, 1993).

A coleta de sementes é feita nas árvores e no solo. A coleta na copa das árvores deve ser adotada

**Tabela 1.**Tipo de fruto, coloração, época de coleta e porte médio de algumas espécies nativas do bioma Cerrado.

Espécie	Nome popular	Porte médio (m)	Fruto maduro		
			Tipo	Coloração	Época de coleta
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Macaúba	8 a 10	Carnoso	Verde-amarronzada	Mar./jun.
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	Marmelada	3 a 4	Carnoso	Preta	Set./nov.
<i>Anacardium humile</i> A. St.-Hil.	Caju-rasteiro	0,60 a 0,80	Seco	Amarela ou vermelha	Set./out.
<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.	Caju-de-árvore	4 a 6	Seco	Amarela ou vermelha	Set./out.
<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Spreng.	Angico-do-cerrado	6 a 8	Seco	Marrom	Ago./set.
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Araticum	6 a 8	Carnoso	Amarronzada	Fev./mar.
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Peroba-mico	8 a 12	Seco	Marrom	Ago./set.
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott.	Gonçalo-alves	8 a 12	Seco	Marrom	Out./nov.
<i>Attalea cf. phalerata</i> Mart. ex Spreng.	Bacuri	6 a 8	Carnoso	Amarronzada	Out./jan.
<i>Bowdichia virgiliooides</i> Kunth	Sucupira-preta	6 a 8	Seco	Marrom	Ago./dez.
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Mama-cadela	4 a 5	Carnoso	Amarela	Set./nov.
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	Murici-de-tabuleiro	3 a 4	Carnoso	Amarela	Nov./mar.
<i>Campomanesia cambessedeeana</i> O. Berg.	Gabiroba	0,60 a 0,80	Carnoso	Verde-amarelada	Set./nov.
<i>Caryocar brasiliense</i> A. St.-Hil.	Pequi	6 a 8	Carnoso	Verde	Out./jan.
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba-vermelha	10 a 15	Seco	Marrom	Ago./set.
<i>Chrysophyllum soboliferum</i> Rizz.	Fruto-de-tatu	0,10 a 0,20	Carnoso	Amarela	Nov./jan.
<i>Curatella americana</i> L.	Lixeira	6 a 10	Seco	Marrom	Out./nov.
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Faveiro-do-cerrado	4 a 8	Seco	Preta	Ago./set.
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Baru	6 a 8	Carnoso	Amarronzada	Set./out.
<i>Eugenia cf. calycina</i> Camb.	Pitanga-vermelha	4 a 6	Carnoso	Roxa	Ago./nov.
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	Cagaita	6 a 8	Carnoso	Amarela	Out./dez.
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	6 a 8	Carnoso	Amarronzada	Set./dez.
<i>Hancornia speciosa</i> Gom	Mangaba	4 a 6	Carnoso	Verde-clara	Out./dez.
<i>Hymenaea strobilocarpa</i> Mart.	Jatobá-da-mata	8 a 10	Seco	Marrom-escura	Set./nov.
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. Ex Hayne	Jatobá-do-cerrado	4 a 6	Seco	Preta	Set./nov.
<i>Inga</i> spp.	Ingá	6 a 8	Carnoso	Verde-clara	Nov./jan.
<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	Tingui	5 a 9	Seco	Marrom	Ago./set.
<i>Mauritia vinifera</i> Mart.	Buriti	10 a 12	Carnoso	Marrom	Out./mar.
<i>Myracrodruon urundeuva</i> M. Allemão	Aroeira	6 a 14	Seco	Preta	Out./nov.
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Vinhático-do-cerrado	6 a 12	Seco	Marrom	Ago./set.
<i>Pouteria cf. gardneriana</i> (A.DC.) Radlk.	Guapeva	6 a 8	Carnoso	Amarela	Jan./mar.
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Curriola	4 a 6	Carnoso	Amarela	Set./dez.
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau-terra	4 a 8	Seco	Amarronzada	Ago./set.
<i>Salacia campestris</i> Cambess. ex Walp.	Bacupari	2 a 4	Carnoso	Amarela	Set./dez.
<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G. Don	Saputá	6 a 8	Carnoso	Amarela	Out./dez.
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	Lobeira	3 a 4	Carnoso	Verde	Jul./jan.
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Barbatimão-verdadeiro	4 a 5	Seco	Marrom	Jul./set.
<i>Swartzia langsdorffii</i> Radlk.	Banha-de-galinha	6 a 8	Carnoso	Amarela	Ago./out.
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	Coquinho	3 a 4	Carnoso	Vermelha	Set./mar.
<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	Gueroba	6 a 8	Carnoso	Verde-clara	Set./jan.
<i>Xylopia sericea</i> A. St.-Hil.	Pindaíba-vermelha	4 a 6	Seco	Avermelhada	Set./nov.

Fonte: Silva et al. (1992); Silva et al. (1994); Camargos et al. (2001); Lorenzi (2002a, 2002b); Pereira (2002a); Salomão et al. (2003), Silva Jr. et al. (2005).

sempre que possível, considerando que se tem a certeza da origem das sementes, fator primordial, sobretudo se elas forem destinadas a programas de melhoramento. Essa modalidade de coleta consiste em obter as sementes diretamente das árvores, por meio de ganchos ou podões apropriados, presos na extremidade de uma vara. No caso de plantas de pequeno porte, o acesso aos frutos pode ser do solo, por meio de varas ou escadas. Em árvores nativas do Cerrado *stricto sensu*, que são de menor porte, a coleta é mais fácil quando comparada com a das espécies de matas, em virtude da altura e da densidade das árvores, que dificultam a coleta. Embora o aspecto tortuoso das plantas do Cerrado possa facilitar a escalada, dispensando equipamentos, esse procedimento não é recomendável por conta da segurança, pois galhos e troncos grossos podem se quebrar facilmente. A forma tortuosa pode também prejudicar os equipamentos, que são, geralmente, planejados para troncos retilíneos.

A coleta no solo só deve ser adotada quando se tratar de frutos grandes ou de sementes pesadas que não sejam dispersas pelo vento (Figliolia e Aguiar, 1993). No Cerrado, esse método pode ser usado para pequi (*Caryocar brasiliense*), cagaita (*Eugenia dysenterica*), jatobá-da-mata (*Hymenaea strobocarpa*) e baru (*Dipteryx alata*). A coleta deve ser iniciada assim que a queda dos frutos se intensificar. Uma sacudida dos galhos, depois da limpeza ou da forração do solo ao redor da planta, com uma lona ou um plástico, aumenta o rendimento e permite a identificação das matrizes.

No caso de algumas espécies, como o pequi, cujos frutos caem ao amadurecer, a coleta deve ser exclusivamente no solo, pois frutos apanhados diretamente da árvore ou após a sacudida dos galhos não estão completamente maduros e suas sementes apresentam taxa de germinação baixa. O grau de maturação dos frutos é importante também para a mangaba. Sementes de frutos maduros apresentaram taxa de germinação de 86 % imediatamente depois da colheita, enquanto sementes de frutos semimaduros apresentaram apenas 60 % de germinação (Parente e Machado, 1986). No entanto, os frutos semimaduros podem ser mantidos no laboratório por períodos de até 27 dias, com germinação de até 82 % (Parente e Machado, 1986).

## Extração de sementes

Feita a coleta, as sementes devem ser retiradas dos frutos. As técnicas para a extração variam conforme o fruto, que pode ser seco, carnoso, fibroso, alado, grande ou pequeno (Tabela 2). A extração da polpa de frutos carnosos de casca mole, como a cagaita e a mangaba, pode ser feita por maceração sobre uma peneira. Frutos com casca dura, como jatobá, deverão ser quebrados e a polpa retirada com o auxílio de faca ou pilão (Silva et al., 1992). Posteriormente, as sementes devem ser colocadas para secar à sombra, em local ventilado.

## Armazenamento de sementes

As sementes são armazenadas até a época de plantio, para estabelecer bancos de germoplasma, se o objetivo for programas de melhoramento, ou para preservar sementes remanescentes.

A preocupação com o armazenamento de sementes deve começar no momento da coleta dos frutos. Em espécies cujos frutos entram em processo de fermentação e putrefação muito rapidamente, o beneficiamento e o acondicionamento devem ser feitos o mais rápido possível, evitando interferência na sobrevivência de suas sementes.

A semente é um material que pode ganhar ou perder umidade para o ambiente até atingir o equilíbrio higroscópico. De acordo com sua composição química, as sementes apresentam diferentes teores de umidade de equilíbrio (Popinigis, 1977). Assim, para as mesmas condições de ambiente, sementes com elevados teores de proteína ou amido apresentam maior teor de umidade de equilíbrio que as oleaginosas.

Considerando o teor de umidade durante o armazenamento, as sementes classificam-se tradicionalmente em dois grandes grupos: ortodoxas e recalcitrantes (Goedert e Wetzel, 1979; Carneiro e Aguiar, 1993). As ortodoxas devem ser armazenadas com umidade entre 2 % e 5 %, não havendo limites para a temperatura, embora sejam mais usados valores entre -10 °C e -20 °C. Nesse grupo, encontra-se a maioria das plantas cultivadas (Goedert e Wetzel, 1979).

**Tabela 2.** Técnicas para extração de sementes de alguns frutos de espécies nativas do bioma Cerrado.

Técnica	Espécie	Nome popular
Extração manual da polpa com o auxílio de faca; lavagem das sementes em água corrente; secagem à sombra	<i>Annona crassiflora</i> Mart. <i>Caryocar brasiliense</i> A. St.-Hil. <i>Mauritia vinifera</i> Mart. <i>Pouteria gardneriana</i> (A.DC.) Radlk. <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. <i>Swartzia langsdorffii</i> Radlk.	Araticum Pequi Buriti Guapeva Curriola Banha-de-galinha
Secagem dos frutos em recipiente em local sombreado e ventilado; peneiramento em malha fina, para separação das sementes muito pequenas	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott. <i>Cecropia</i> spp. <i>Ficus</i> spp. <i>Myracrodroon urundeuva</i> M. Allemão <i>Vellozia flavigans</i> Mart.	Gonçalo-alves Embaúba Gameleira Aroeira Canela-de-ema
Secagem à sombra até a abertura natural dos frutos, soltando as sementes	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth <i>Piptadenia falcata</i> Benth.	Sucupira-preta Angico
Maceração e despolpamento dos frutos sobre peneiras; lavagem das sementes em água corrente e secagem à sombra	<i>Campomanesia cambessedeeana</i> O. Berg. <i>Eugenia dysenterica</i> DC. <i>Genipa americana</i> L. <i>Hancornia speciosa</i> Gom. <i>Psidium firmum</i> O. Berg <i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	Gabiroba Cagaita Jenipapo Mangaba Araçá Lobeira
Abertura dos frutos com auxílio de tesoura de poda e retirada das sementes	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth. <i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth. <i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Faveiro-do-cerrado Sucupira-branca Barbatimão-verdadeiro
Quebra mecânica do fruto e retirada da polpa com o auxílio de faca ou pilão, deixando livres as sementes	<i>Hymenaea stibocarpa</i> Mart.	Jatobá-da-mata

As sementes recalcitrantes normalmente apresentam alto teor de umidade na época da maturação, atingindo valores entre 30 % e 70 %. São muito sensíveis à dessecação e às baixas temperaturas durante o armazenamento. Perdem rapidamente a viabilidade quando submetidas à secagem em umidade inferior a 12 % a 31 %, dependendo da espécie (Goedert e Wetzel, 1979). As sementes recalcitrantes podem ser armazenadas por períodos que variam de alguns meses a até um ano, mas nunca por períodos mais longos que aquele. Estudos detalhados do teor de água e sua relação com a tolerância à dessecação indicam variabilidade entre espécies nessa relação, com consequências para o armazenamento das sementes (Berjak e Pammenter, 2000; Pammenter e Berjak, 2000; Walters, 2000).

Algumas espécies do Cerrado possuem sementes recalcitrantes. As de gabiroba (*Campomanesia*

sp.), por exemplo, com teor de umidade de 32 %, mantêm-se viáveis por 105 dias quando acondicionadas em vidros com tampa lacrada e armazenados em temperatura de aproximadamente 25 °C (Melo e Silva, 1993). Oliveira e Valio (1992) conseguiram conservar sementes de mangaba por 9 semanas em sacos de polietileno, com umidade acima de 30 %; uma queda brusca na germinação ocorreu quando o teor de umidade foi reduzido para menos de 25 %. Perda rápida de viabilidade foi constatada também em bolsa-de-pastor (*Zeyhera digitalis*), pelo teste de tetrazólio, caindo de 80 % de embriões viáveis logo após a coleta para 37 %, após 50 dias de armazenamento (Joly e Felippe, 1979b). Farias Neto et al. (1991) verificaram que sementes de cagaita acondicionadas em saco de plástico e armazenadas em câmara fria a 10 °C e à umidade relativa de 60 % apresentaram as menores perdas de viabilidade.

Existem, atualmente, muitos tipos de embalagens para acondicionar sementes para o armazenamento. Quanto ao grau de permeabilidade ao vapor de água, elas classificam-se em: porosas, semiporosas e impermeáveis. Quando não se conhece o tipo de embalagem adequado para cada espécie, recomendam-se as porosas (saco de papel, tecido) para o armazenamento em câmara seca, devendo as sementes apresentar teor de umidade de 9 % a 12 %.

As embalagens semiporosas não impedem totalmente a passagem de umidade, entretanto permitem menor troca de umidade que as porosas. Para essas embalagens, os materiais mais usados são polietileno, papel multifolhado, papel revestido com material ceroso, papel ou papelão tratado com alumínio ou asfalto. Essas embalagens podem ser usadas quando as condições de armazenamento não forem demasiadamente úmidas e o período não for muito prolongado (Carneiro e Aguiar, 1993).

As embalagens impermeáveis são confeccionadas com material que não permite troca de umidade com o ambiente, como latas, vidro, plástico e polietileno de alta densidade e espessura. Para uso das impermeáveis, o teor de umidade das sementes não pode ser elevado; deve variar entre 4 % e 12 %. Entretanto, devem ser determinados os valores para cada espécie, visto que, para algumas (como a gabiroba), o armazenamento recomendado é de 32 % de umidade, mesmo nesse tipo de embalagem (Melo e Silva, 1993).

A secagem visa reduzir a umidade das sementes a níveis tais que permitam o armazenamento. Essa operação é necessária, pois o alto teor de umidade é uma das principais causas da queda do poder germinativo e do vigor para a maioria das sementes (Carvalho e Nakagawa, 1980). A secagem geralmente é feita em estufas, com temperatura entre 40 °C e 45 °C. Entretanto, algumas sementes são sensíveis a essas temperaturas e podem sofrer queda de germinação e vigor. Esse fato foi constatado por Miyasaki e Cândido (1978) em sementes de ipê, em espécie da Mata Atlântica (*Tabebuia* sp.). Outro método de secagem que tem sido testado com sementes de espécies nativas é a liofilização, processo pelo

qual elas são submetidas a um congelamento e, a seguir, secadas a vácuo. Esse processo foi usado com sucesso, por Natale e Carvalho (1983) e Figliolia et al. (1988), com sementes de ipê e favoreceu a redução da umidade para 4 % a 6 %, sem queda do poder germinativo.

Dentro de um mesmo lote, o tamanho das sementes é indicativo da qualidade fisiológica e do vigor que são características relacionadas com o potencial de armazenamento. Assim, a remoção das sementes menores pode melhorar a qualidade e, consequentemente, refletir no armazenamento (Justice e Bass, 1978, *apud* Ramos e Zanon, 1986). Silva et al. (1992) afirmam que, para fruteiras nativas do bioma Cerrado, essa melhoria pode ser iniciada na fase de coleta, aproveitando apenas os frutos sadios, e continuada após a extração das sementes, uniformizando-as de acordo com o tamanho, a forma e a cor. Para algumas espécies, diferenças na cor das sementes estão associadas a variadas taxas de germinação: as sementes claras de *Stylosanthes macrocephala* germinaram melhor que as sementes escuras, de modo que uma seleção pode melhorar a qualidade do lote (Silva e Felippe, 1986). A mesma diferença na germinação foi observada entre sementes de cor clara e as de cor escura de sucupira-branca (Reis et al., 1985).

Recentemente, tem sido usada a criopreservação, que consiste no uso do nitrogênio líquido a -196 °C para o armazenamento de sementes (Salomão, 2002). Por esse processo, as atividades bioquímicas que presumivelmente danificam as células e causam declínio na viabilidade são inibidas pela temperatura extremamente baixa, sendo mantida a viabilidade das sementes por longo período. De acordo com Stanwood (1980), *apud* Medeiros et al. (1992), as sementes devem ser armazenadas com o teor de umidade entre 4 % e 6 %, visto que, nessa temperatura, se a umidade for alta, podem ocorrer o congelamento e a ruptura dos tecidos e, consequentemente, sua morte. Esse método foi usado por Medeiros et al. (1992) para a conservação de sementes de aroeira, e por Salomão (2002) para várias espécies nativas, mostrando ser uma técnica bastante viável para o armazenamento por longos períodos.

## Dormência de sementes

A dormência é muitas vezes tida como um mecanismo que permite à planta sobreviver a algum fator que a ameaça enquanto semente. No entanto, uma das funções ecológicas mais importantes da dormência pode estar na inibição da germinação quando as condições ambientais permitem a germinação, mas a sobrevivência da plântula pode ser ameaçada por condições adversas em futuro próximo (Eira e Caldas, 2000). Entretanto, muitas espécies florestais do Cerrado não apresentam dormência e, sendo semeadas logo após a colheita, apresentam bom potencial de germinação (Salomão et al., 2003). No Cerrado, um fator adverso é o longo período seco, que ocorre anualmente no período de maio a setembro. As sementes podem apresentar dormência em maior ou menor grau, ou mesmo não ser dormentes, dependendo da época da dispersão (Wetzel, 1997). De modo geral, as sementes que são dispersas de janeiro a junho no Cerrado apresentam algum grau de dormência que evita que germinem próximo ao início da estação seca (Wetzel, 1997).

Muitas vezes, a dormência é vantajosa para a sobrevivência das espécies em condições naturais. Segundo Bewley e Black (1994) e Baskin e Baskin (1998), a dormência oferece consideráveis benefícios, tais como: distribuir a germinação ao longo do tempo, permitir a germinação quando os fatores climáticos forem favoráveis ao desenvolvimento da planta e distribuir a germinação no espaço. Por sua vez, ela pode ser prejudicial às atividades de viveiro, quando se deseja que sementes em grande quantidade germinem em curto tempo, permitindo a produção de mudas uniformes. Nesse caso, o conhecimento de suas causas é de grande importância prática, pois permite a aplicação de tratamentos apropriados para se obter melhor germinação.

A dormência pode ser causada por vários fatores: por impermeabilidade do tegumento, como em jatobá (*Hymenaea* spp.); por inibidores químicos de germinação, como em amargoso (*Andira humilis*); por imaturidade e por dormência do embrião, como em araticum (*Annona crassiflora*); por resistência mecânica; e, ainda, por combinação desses mecanismos (Rizzini, 1970,

1973; Bewley e Black, 1994; Eira e Caldas, 2000).

## Métodos para superar a dormência

De acordo com vários autores (Kramer e Kozlowski, 1972; Popinigis, 1977; Mayer e Poljakoff-Mayber, 1978; Bewley e Black 1994), o que ameaça a espécie constitui o melhor método para superar a dormência. Por exemplo, em regiões temperadas, as baixas temperaturas do inverno representam ameaça à sobrevivência de plântulas. As sementes de muitas espécies, nessas regiões, exigem tratamento de 2 ou mais meses em temperaturas de 2 °C a 4 °C para quebrar ou superar a dormência. Assim, os métodos variam de espécie para espécie, dependendo das causas da dormência, podendo algumas delas exigir tratamentos específicos (Carneiro, 1977). Vários métodos têm sido propostos para superar a dormência de sementes de plantas do bioma Cerrado: estratificação, escarificação, tratamento com água quente, tratamento com hormônios, fermentação e pós-maturação.

A estratificação consiste em submeter as sementes a tratamento úmido a baixa temperatura, que pode variar de 1 °C a 5 °C, por período variável (Wakeley, 1954, apud Ramos e Zanon, 1986). As sementes são misturadas ou intercaladas com material absorvente úmido, tais como areia, esfagno ou vermiculita, na proporção de uma parte de semente para três de substrato, medidos em volume (Popinigis, 1977). Toledo e Marcos Filho (1977) recomendam a estratificação tanto para sementes com tegumento impermeável a gases, quanto para as que apresentam embriões imaturos, como o araticum (Rizzini, 1973). Esse tratamento a baixa temperatura (por 15 dias a 5 °C), com 76 % de germinação, foi o melhor método para quebrar a dormência de sementes de copaíba-vermelha (*Copaifera langsdorffii*) entre todos aqueles testados por Borges et al. (1982).

A escarificação é um método que provoca ruptura ou enfraquecimento do tegumento da semente de forma que permita a germinação (Metivier, 1986). A escarificação pode ser mecânica

ou química. No primeiro caso, esfrega-se a semente em uma superfície abrasiva, como lixa ou pedras de carboneto ou silício (Ramos e Zanon, 1986). No segundo, são usadas substâncias químicas, visando enfraquecer as membranas, para facilitar a entrada e a saída de água, de  $O_2$  e  $CO_2$ , e mesmo para romper o tegumento. Os produtos químicos comumente utilizados são ácido sulfúrico, ácido úrico, peróxido de hidrogênio e uréia, entre outros (Carneiro, 1977). A proporção ácido:semente é de 3:1. A mistura deve ser agitada lentamente, em intervalos regulares, para se obter uma germinação uniforme. Depois da retirada do ácido, as sementes devem ser lavadas em água corrente, para eliminar o ácido restante (Popinigis, 1977).

Carpanezzi e Marques (1981), trabalhando com sementes de duas espécies de jatobá (*Hymenaea courbaril* e *H. parviflora*), obtiveram aumento na taxa de germinação de 6 % para 90 % após a escarificação com ácido sulfúrico. Davide et al. (1993) observaram aumento de 16 % para 36 % de germinação com o mesmo tipo de escarificação em candiúva (*Trema micrantha*). Por sua vez, a escarificação mecânica foi o tratamento mais eficiente testado por Reis et al. (1985) para superar a dormência de sementes de sucupira-branca e dobrou a germinação de sementes de barbatimão-verdadeiro (Barradas e Handro, 1974). A escarificação na parte levemente achatada na porção distal da semente de buriti (*Mauritia vinifera*) acelerou a germinação, propiciando 50% de germinação após 40 dias (Silva et al., 1986; Ribeiro et al., 1996).

O tratamento com água quente consiste na imersão da semente em água em temperatura de 76 °C a 100 °C, por tempo variável, dependendo da espécie (Carneiro, 1977), ou imersão em volume de água fervente quatro a cinco vezes maior que o volume das sementes. A seguir, retira-se a fonte de aquecimento e aguarda-se o equilíbrio com a temperatura ambiente.

Um tratamento com hormônios pode ser feito com a aplicação de giberelinas e citocininas nas sementes, para acelerar a germinação. Esse tratamento é geralmente usado para superar a dormência embrionária (Bianchetti, 1981) e foi

empregado por Melo (1993) e Pereira et al. (2004) em sementes de araticum, nas quais a embebição em solução de ácido giberélico GA<sub>3</sub> antecipou o início da germinação, de 210 dias para 36 dias.

A fermentação consiste em colocar os frutos à sombra até que esse material entre em putrefação, para que ocorra a fermentação do pericarpo e do endocarpo. Em seguida, retiram-se as sementes, que são submetidas a despolpamento, lavagem em água corrente e, por fim, a secagem à sombra. Esse procedimento tem sido utilizado com sucesso em pequi no viveiro de mudas nativas da Universidade Federal de Goiás (UFG). Nessas condições, a germinação inicia-se no 28º dia após a semeadura e aos 60 dias alcançam-se de 50 % a 60 % de sementes germinadas.

Na pós-maturação, verifica-se que algumas sementes recém-coletadas apresentam dormência que diminui com o tempo, num processo chamado de *after-ripening* ou pós-maturação (Bewley e Black, 1994). Esse comportamento foi constatado em sementes de baru, que apresentaram 55 % de germinação logo depois da coleta e quase 90 % após 2 meses de armazenamento (Melhem, 1975); e em sementes de pau-terra (*Qualea grandiflora*), cuja porcentagem de germinação aumentou de 10 % na coleta para 60 % depois de 4 meses de armazenamento (Melo et al., 1979).

## Fatores que influenciam a germinação de sementes

Quanto ao aspecto fisiológico, a germinação é o processo que se inicia com o suprimento de água à semente e termina com o crescimento da planta. No que respeita à tecnologia de sementes, a germinação termina apenas quando a planta tem condições de se desenvolver autotroficamente. A germinação pode também ser definida como a emergência e o desenvolvimento do embrião até tornar-se independente das reservas da semente (Carvalho e Nakagawa, 1980). A germinação pode acontecer logo depois da dispersão das sementes se as condições ambientais

forem propícias; caso contrário, as sementes permanecem quiescentes até perderem a viabilidade completamente. O tempo que elas podem permanecer em estado quiescente varia de algumas semanas até muitos anos.

As sementes quiescentes são órgãos em repouso, geralmente com baixo teor de umidade (5 % a 15 %) e com atividade metabólica quase paralisada. Quando as condições para germinação são aparentemente favoráveis e, mesmo assim, a semente não germina, ela é chamada de dormente (Bewley e Black, 1994).

A germinação, segundo Bewley e Black (1994), apresenta várias etapas, tais como: hidratação das proteínas, alterações nas estruturas celulares, respiração, síntese de macromoléculas e alongamento das células – nenhuma delas exclusiva da germinação. O efeito combinado dessas transformações leva a um intenso metabolismo, que culmina com o crescimento de uma nova planta. Por conta da complexidade do processo, a germinação depende de fatores ambientais externos e de fatores inerentes à própria semente ou, então, de fatores internos. Os fatores externos são a temperatura, a água e o oxigênio e, para algumas espécies, a luz. Os fatores internos são os inibidores e os promotores de germinação, entre outros.

As sementes podem germinar dentro de uma faixa relativamente grande de temperatura, entretanto, a temperatura ótima de germinação pode variar entre indivíduos e entre populações. Por isso, não existe uma única temperatura ótima e uniforme que se aplica a todas as espécies (Borges e Rena, 1993). Na temperatura ótima, ocorre o máximo de germinação no menor tempo, enquanto as temperaturas máxima e mínima são as temperaturas-limite acima ou abaixo das quais não ocorre a germinação. A faixa de 20 °C a 30 °C é adequada para grande número de espécies subtropicais e tropicais, entre as quais estão as espécies de Cerrado (Felippe e Silva, 1984).

Para algumas espécies do Cerrado, foi estudado o efeito da temperatura na germinação e, de modo geral, as temperaturas mínima e máxima em que ocorreu a germinação foram de 10 °C e 45 °C (Felippe e Silva, 1984). Para o tingui, essa faixa foi de 5 °C a 45 °C (Joly et al., 1980). A tempe-

ratura ótima para muitas espécies encontra-se na faixa de 20 °C a 30 °C, ou até 35 °C, em alguns casos (Barradas e Handro, 1974; Salomão et al., 2003). Considerando que o Cerrado é constantemente submetido ao fogo, Rizzini (1976) estudou o efeito de altas temperaturas sobre sementes de 30 espécies e verificou que as sementes de tingui (*Magonia pubescens*), de sucupira (*Bowdichia major*), cagaita (*Eugenia dysenterica*) e de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*) apresentaram germinação igual ou maior que 70 % quando submetidas a 100 °C por 10 minutos. Entretanto, a temperatura constante de 41 °C ou 43 °C por período mais prolongado pode ser letal para algumas sementes, como as de baru (Melhem, 1975).

As sementes necessitam de água para reidratar os tecidos e para ativar os processos de digestão, assimilação e translocação das reservas necessárias ao crescimento do embrião. Além disso, a água torna vários tecidos mais permeáveis a trocas gasosas durante a germinação. A absorção de água durante a germinação, segundo Bewley e Black (1994), processa-se em três fases.

Fase I – No início da imersão, a absorção é rápida, causando o intumescimento da semente, com eventual quebra ou fendilhamento do tegumento. Durante essa fase, a imersão é muito rápida nas células da periferia da semente e nas partes menores, por exemplo, na radícula. Assim, o metabolismo pode começar durante a primeira fase, logo que as sementes são colocadas na água.

Fase II – Nessa fase, ocorre absorção limitada de água durante o aumento da taxa de respiração e de mobilização das reservas com a ativação de enzimas. A maioria dos eventos metabólicos, no caso de sementes não-dormentes, visa preparar a emergência da radícula, embora as sementes dormentes também apresentem elevada atividade metabólica.

Fase III – Embora as sementes dormentes alcancem a Fase II, apenas as não-dormentes entram nessa fase, que se caracteriza pela expansão e pela divisão celular, resultando na emergência da radícula e da plântula.

No estádio inicial, a absorção é puramente física e não é influenciada pelos inibidores metabólicos. Já na terceira fase, ela é metabólica,

lenta, prolongada e dependente de oxigênio e da temperatura (Toledo e Marcos Filho, 1977).

Durante o processo de germinação, a água exerce as seguintes funções: amolece o tegumento, provocando aumento do volume do embrião e dos tecidos de reserva e ruptura do tegumento; favorece a penetração do oxigênio e a difusão do gás carbônico, facilitando a respiração; dilui o protoplasma, favorecendo a ativação de suas funções; permite que as células ativem os processos de digestão, respiração, assimilação e crescimento e transfere os nutrientes solúveis dos tecidos de reserva para os pontos em crescimento (Toledo e Marcos Filho, 1977).

As principais substâncias responsáveis pela embebição são as proteínas, embora as mucilagens, a celulose e as substâncias pecticas também contribuam para a absorção de água. Desse modo, a embebição depende da composição química da semente (Mayer e Poljakoff-Mayber, 1978; Buckeridge et al., 2000).

Além da composição química, o tegumento também exerce importante papel na absorção de água (Bewley e Black, 1994). Estudos em microscopia de varredura mostram que existem fendas naturais no tegumento que permitem a absorção de água apesar de a composição química ser desfavorável. Existem espécies, como baru, que absorvem água facilmente pelo tegumento (Melhem, 1974). No tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*), a dormência tegumentar aparece quando o teor de umidade da semente reduz-se a níveis inferiores a 19 % (Borges et al., 1980); a escarificação mecânica rompe o tegumento e permite a germinação dessas sementes.

Em muitas leguminosas, o tegumento é fator que inibe a absorção de água; as sementes dessas espécies são chamadas de tegumento duro (Salomão et al., 2003). Existe também um tegumento impermeável em outras espécies do bioma Cerrado. Nas sementes de pau-terra, por exemplo, a absorção de água por sementes escarificadas atinge 90 % em apenas uma hora, enquanto, em sementes intactas, esse período é de 56 horas (Felippe, 1990). Essa absorção mais rápida refletiu-se na germinação, que foi de 90 %, após 12 dias, quando as sementes foram escarifi-

cadas, e que, nas sementes intactas, foi apenas de 10 %, após 22 dias. As sementes apresentam diferentes graus de sensibilidade à luz, positiva ou negativamente, ou até mesmo podem não ser afetadas. A ação da luz é regulada por um sistema de pigmentos denominado fitocromo (Felippe, 1986). A luz vermelha (650 nm a 680 nm) converte o fitocromo P660 (a forma inativa) em P730, forma ativa que induz as sementes à germinação. A luz vermelha distante ou vermelho longo (710 nm a 740 nm) apresenta efeito contrário, ou seja, transforma o fitocromo P730 em forma inativa, inibindo a germinação. As sementes que germinam no escuro não apresentam limitações de P730 e as que necessitam de luz apresentam quantidade limitante desse fitocromo.

A maioria das espécies do bioma Cerrado apresenta sementes indiferentes à luz (Felippe e Silva, 1984). Nessa categoria, estão as seguintes sementes: de baru (*Dipteryx alata*), nas temperaturas de 16 °C, 33 °C e 40 °C (Melhem, 1975); capororoca-comum (*Rapanea guianensis*), a 25 °C (Joly e Felippe, 1979a); barbatimão-verdeiro (*Stryphnodendron barbadetimam*), a 26 °C (Barradas e Handro, 1974); e tingui (*Magonia pubescens*), a 25 °C (Joly et al., 1978).

Dentro das Matas de Galeria e em outras formações florestais do bioma Cerrado, a luz pode ser fator significativo para a germinação. Espécies pioneiras dessas matas, como embaúba (*Cecropia glaziovii*), possuem sementes que são classificadas como fotoblásticas positivas porque dependem da luz para germinar (Valio e Joly, 1979). Mesmo as sementes de algumas espécies de vegetação aberta, como *Marcketia taxifolia*, uma Melastomataceae de sementes pequenas que ocorre em campos rupestres, podem ser classificadas como fotoblásticas positivas, uma vez que respondem positivamente ao estímulo luminoso. Entretanto, a germinação não se restringe à presença de luz, pois também germinam no escuro contínuo, apesar de a taxa ser significativamente menor (Silveira et al., 2004).

O comportamento oposto, no qual a luz inibe a germinação, foi relatado para bolsa-de-pastor, por Joly e Felippe (1979b). Nessa espécie, algumas das sementes dentro de um lote foram inibidas na presença da luz.

O oxigênio é indispensável à respiração das sementes. Embora no início da germinação a respiração seja anaeróbica, imediatamente ela se torna dependente de oxigênio (Bewley e Black, 1994). Carvalho e Nakagawa (1980) afirmam que a germinação, por ser um processo que ocorre em células vivas, requer energia, que é obtida pela respiração. A necessidade de oxigênio durante a germinação é afetada por outros fatores, como umidade e altas temperaturas. Nesse sentido, Rizzini (1970), estudando a germinação de sementes de cagaita, verificou que a testa, embora grossa e coriácea, permite a passagem de água; entretanto, quando fica saturada, torna-se pouco permeável ao oxigênio. Sua remoção ou perfuração acelera o processo germinativo. A capacidade de as sementes germinarem sob água varia bastante, inclusive entre as espécies de habitats úmidos. As sementes de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) permanecem viáveis depois de 5 dias de submersão, porém perdem a viabilidade após o armazenamento na água por 15 dias (Ferreira, 2000).

Além dos fatores externos, a germinação é controlada pelos inibidores e pelos promotores de germinação – fatores internos da semente. Os inibidores podem ser hormonais e não-hormonais. Os não-hormonais compreendem os ácidos orgânicos, os terpenóides, o ácido cinâmico, os flavonóides, os taninos e os alcalóides (Rice, 1974).

Em algumas espécies nativas do bioma Cerrado, já foram detectados inibidores de germinação, a saber: cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile*), cagaita (*Eugenia dysenterica*), Rizzini (1970), baru (*Dipteryx alata*), Melhem (1975), e pequi (*Caryocar brasiliense*), Melo (1987). Um dos inibidores de germinação mais estudado é a cumarina, um derivado dos fenóis (Dietrich, 1986). Ela foi detectada em sementes imaturas da copaíba-vermelha, entretanto, a concentração diminuiu à medida que as sementes amadureceram, não causando nenhum efeito inibitório (Barbosa et al., 1993). A cumarina também não apresentou efeito inibitório em sementes de baru, mesmo em altas concentrações endógenas (Valio, 1973). Todavia, foi constatada a redução da germinação de sementes de outras espécies quando colocadas próximas à semente de baru.

A semente embebida de tingui forma um gel com propriedades fungistáticas (Salgado-Labouriau, 1973). Joly et al. (1980) não conseguiram, porém, detectar inibidor nesse gel.

O tratamento de sementes com certas substâncias pode promover a germinação. Essas substâncias são chamadas de promotoras de germinação, estando, entre as principais, as giberelinas e as citocininas. Já foi citado o caso da pré-embebição de sementes de araticum em solução de ácido giberélico (GA3), que lhes antecipou a germinação (Melo, 1993). É provável que o efeito das substâncias promotoras de germinação seja resultado da interação das giberelinas, citocininas e inibidores, a qual controlaria a germinação (Dietrich, 1986).

## Propagação sexuada em condições naturais

A propagação sexuada de plantas do Cerrado em condições naturais despertou o interesse de diversos pesquisadores, uma vez que a propagação vegetativa era tida como meio de multiplicação dessas plantas e havia dúvida quanto ao papel das sementes nesse processo (Labouriau et al., 1963; Valio e Moraes, 1966). Esse conceito simplificado de que as plantas do Cerrado reproduziam principalmente por via vegetativa certamente limitou os estudos de propagação em condições naturais, por meio de sementes.

A propagação de plantas do Cerrado em condições naturais, por sementes, tem-se mostrado viável e muito freqüente. Trabalhos mais recentes têm declarado a existência de bancos de sementes que podem originar novos indivíduos (Andrade, 2002). Algumas espécies, como o pau-sobre (*Emmotum nitens*), apresentam bancos de sementes de grandes proporções sob a copa de indivíduos adultos produtivos (Moreira, 1987).

O comportamento germinativo de uma dada espécie é determinado por um conjunto de fatores seletivos, tanto bióticos quanto abióticos (Fenner, 1985; Moreira, 1987; Wetzel, 1997). Espécies como pau-santo (*Kielmeyera* spp.), Oliveira (1986), tingui (*Magonia pubsecens*), Joly e Felippe (1980), gomeira (*Vochysia thyrsoidea*) e pau-terra (*Qualea grandiflora*), Ribeiro et al.

(1982), dispersam os frutos na época seca e germinam rapidamente no início da estação chuvosa, época propícia ao desenvolvimento das plântulas.

Algumas sementes apresentam adaptações que facilitam a germinação em condições naturais. As de pau-santo (*Kielmeyera coriaceae*) têm tegumento bastante permeável, fino e com espaços de ar, proporcionando extensa área de contato com o substrato úmido e facilitando a penetração de água por toda a sua superfície. Essas características podem facilitar a germinação nas condições naturais do Cerrado, visto que a dispersão ocorre no final da época seca e, a seguir, com o início das chuvas, as plantas teriam condições favoráveis para se estabelecer.

As queimadas provocam a deiscência de certos frutos que, de outro modo, não liberariam as sementes, influenciando na dispersão (Coutinho, 1980). Em algumas espécies, como *Anemopaegma arvensis*, *Jacaranda decurrens*, *Gomphrena macrocephala* e *Nautonia nummularia*, o fogo não é necessário para a deiscência dos frutos; entretanto, promove a remoção do estrato herbáceo, favorecendo a dispersão anemocórica, que ocorre alguns dias após as queimadas (Coutinho, 1977, apud Coutinho, 1980).

## Formação de mudas em viveiro

A propagação de plantas de Cerrado por meio de sementes fora das condições naturais, isto é, por meio da produção de mudas em viveiros, em casa de vegetação ou mesmo em laboratório, é um processo bastante viável para a produção de mudas em grande escala. Ao mesmo tempo, cumpre registrar que estudos mostram a viabilidade de plantio de sementes diretamente no campo, sem passar pela formação de mudas em viveiro, quando se trata de recuperação de áreas degradadas (Pereira, 1997). Nesse caso, os custos foram reduzidos e houve um estabelecimento satisfatório das três espécies de leguminosas testadas.

São muitas as misturas usadas como substrato para a produção de mudas de espécies florestais nativas, particularmente de espécies de Matas de Galeria (Parron e Caus, 2001). Esses autores recomendam, como critérios para substrato,

certos atributos, como retenção de água e de ar, presença de substâncias húmicas, disponibilidade de nutrientes, atividade da população microbiana e baixa densidade.

Quando se desconhece o substrato adequado para determinada espécie, recomenda-se o uso de terra das camadas inferiores do solo, com a eliminação dos primeiros 20 cm, buscando minimizar a infestação de plantas daninhas, pragas e doenças. Para a maioria das espécies, a textura deve ser média, pois solos muito arenosos produzem torrões sem firmeza, que são facilmente destruídos por ocasião do transporte e do plantio. Também devem ser evitados solos muito argilosos, pois dificultam a drenagem e a aeração. O efeito de diferentes solos utilizados como substrato no crescimento de mudas de distintas progêneres de baru mostrou a importância das características físicas do solo para a produção de mudas dessa espécie (Sano, 2001; Correia, 2002). Observou-se, igualmente, que solos de maior fertilidade não proporcionaram maior produção de biomassa em experimentos com várias espécies do Cerrado, incluindo com espécies indicadoras de solos férteis, o que reforça o juízo de que outras características do solo podem ser importantes, além de sua fertilidade.

Por sua vez, alguns trabalhos têm mostrado efeitos benéficos da adubação, principalmente na fase de produção de mudas de espécies do Cerrado *stricto sensu*, embora essas sejam adaptadas a solos de baixa fertilidade. Quando são utilizados solos de Cerrado como substrato para a produção de mudas dessas espécies, esses solos, que são, em geral, pobres em nutrientes, especialmente nas camadas mais profundas, deve-se fazer uma adubação apropriada para a obtenção de mudas vigorosas. Silva et al. (1992) recomendam a seguinte mistura para cada metro cúbico de solo: 750 g de calcário dolomítico (PRNT 100 %) e 2 kg de adubo (N-P-K) da fórmula 4-14-8 + Zn. Avaliando substratos e adubações químicas e orgânicas para mangabeira, Pereira et al. (2003) constataram um rápido crescimento com substrato, adubado, de areia grossa de rio, adubo de liberação lenta em 3 a 4 meses (osmocote com 14 % de N, de  $P_2O_5$  e de  $K_2O$ ), incorporado ao substrato, na dose de 2 g/tubete ou 6 g/L). Em substrato de areia grossa, o esterco

bovino sozinho provocou desequilíbrio nutricional, com amarelecimento das folhas.

O carvoeiro ou táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) é uma das espécies que respondem à aplicação de nitrogênio e fósforo (Dias et al., 1991, 1992). A aroeira, quando semeada em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, responde positivamente à adubação química, sendo praticamente impossível a produção de mudas de qualidade dessa espécie sem a melhoria das condições químicas do solo (Melo et al., 1981). Outras espécies como baru, que também são encontradas em solos mais férteis ou mesotróficos do Cerrado, podem crescer melhor em solos mais férteis do que em solo distrófico de Cerrado *stricto sensu*, desde que a drenagem do solo seja adequada (Sano, 2001).

Melo (1999), estudando o efeito de alguns macronutrientes sobre o crescimento de cagaita (*Eugenia dysenterica*), baru (*Dipteryx alata*), mangaba (*Hancornia speciosa*) e carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum*), concluiu que o fósforo foi o nutriente mais limitante ao crescimento. Sua aplicação aumentou os parâmetros de crescimento e a produção de biomassa dessas espécies, com efeito mais pronunciado sobre a produção de folhas. O autor concluiu, ainda, haver interação entre a absorção dos cátions Ca, Mg e K. O aumento da disponibilidade de K no solo diminuiu a concentração de Ca e Mg em diferentes órgãos das mudas dessas espécies, novamente sendo as folhas e a parte aérea as mais afetadas. A maior disponibilidade de Mg diminuiu a concentração de Ca nas raízes de todas as espécies estudadas, no caule do baru e do carvoeiro e na parte aérea da mangaba.

Algumas espécies oriundas de solos muito fracos não respondem à adubação, que pode, às vezes, ser prejudicial à planta. Plântulas de puçá (*Mouriri pusa*) tiveram germinação exuberante em areia e, quando transplantadas para recipientes contendo 70 % de subsolo mais 30 % de esterco curtido e 2 kg de 4-14-8 + Zn por metro cúbico de substrato, apresentaram clorose acentuada, só se recuperando quando foram transplantadas em recipiente com solo pobre de Cerrado (Alvarenga et al., 1992). Resultados semelhantes com

plântulas de pau-terra que cresciam em areia com solução nutritiva mostraram que a concentração normal de sais da formulação de Hoagland e Arnon causou a morte das plântulas após 60 a 90 dias, enquanto as mudas que receberam uma solução nutritiva muito mais diluída sobreviveram (Felippe e Dale, 1990). Nessa espécie, o acréscimo de mais fósforo aumentou o teor de fósforo na plântula, mas não estimulou o crescimento dela.

Naturalmente, as plantas do Cerrado estabelecem associações simbióticas com fungos micorrízicos, e o uso de solos que contenham populações naturais de esporos desses fungos foi benéfico para o crescimento de mudas de cinco espécies (Correia, 2002). Somente a cagaita não mostrou biomassa maior nos solos naturais quando comparada com os mesmos solos esterilizados.

A semeadura pode ser feita diretamente em recipientes com substratos, em canteiros de areia ou vermiculita. Em alguns casos, a germinação ocorre com maior eficiência se as sementes são colocadas para germinar em substrato muito rico em matéria orgânica; nessas situações, utilizam-se canteiros com serragem curta.

Na semeadura direta no recipiente, deve-se considerar o percentual de germinação da espécie. Quanto menor a porcentagem de germinação, maior deverá ser o número de sementes por recipiente para se obter eficiência na produção de mudas. A semeadura direta nos recipientes oferece a vantagem de eliminar a etapa do transplante. As plantas do Cerrado apresentam baixa taxa de germinação e grande desenvolvimento radicular, por isso, os recipientes devem ser grandes (20 cm x 30 cm, no mínimo). Tal situação pode aumentar o dispêndio de recursos, o que não ocorre com a semeadura em canteiros de areia e o posterior transplante para os recipientes. A desvantagem do segundo método é a necessidade de sombreamento dos canteiros, que é obtida por cobertura com sombrite de 50 % a 60 % de sombreamento.

Em ambas as situações, as mudas produzidas devem ficar em local de baixa incidência de luz solar, até que as plântulas apresentem de três a quatro folhas definitivas. Nesse estádio, as

plântulas já podem ficar expostas diretamente à luz solar, embora algumas possam correr o risco de morrer. O crescimento de mudas de baru foi maior quando a intensidade da luz solar foi reduzida a 50 % (ou menos) por sombrite (Sano, 2001); no entanto, as mudas de cerejeira (*Amburana cearensis*) que foram formadas a pleno sol e depois transferidas para a sombra mostraram uma biomassa menor sob sombreamento (Ramos et al., 2004). Uma série de estudos semelhantes, com outras espécies do Cerrado, pode orientar a condução das mudas em viveiro (Rezende et al., 1998; Salgado et al., 1998; Mazzei et al., 1998, 1999; Sousa-Silva et al., 1999; Felfili et al., 1999, 2001).

Quando se desconhecem os métodos de armazenamento, recomenda-se que a semeadura seja feita logo após a coleta e o beneficiamento das sementes. Para isso, torna-se necessário que as instalações do viveiro, bem como os recipientes com substrato, estejam preparados no início do período chuvoso. As sementes recalcitrantes, como as de mangaba (*Hancornia speciosa*), *Inga* spp. e gabiroba (*Campomanesia* spp.), o poder germinativo é reduzido após a coleta (Salomão et al., 2003).

Outros elementos da formação de mudas podem ser testados, como o efeito da profundidade de semeadura, que foi avaliado na germinação de sementes de baru. Não houve diferença na germinação ou no desenvolvimento das plântulas quando plantadas na faixa de 0,8 cm a 2,5 cm de profundidade (Nogueira e Vaz, 1993). Também há poucos dados sobre o regime de irrigação, fator que pode ser importante para a sobrevivência e o crescimento de mudas de algumas espécies do Cerrado.

Na Tabela 3, mostram-se alguns parâmetros e procedimentos adotados no viveiro da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, para a produção de mudas de algumas espécies nativas do bioma Cerrado, utilizando-se sementes recém-coletadas. Outras informações baseadas em testes de germinação em laboratório podem orientar o processo de formação de mudas (Melo et al., 1979; Machado e Parente, 1986; Machado et al., 1986; Sousa-Silva et al., 2001; Salomão et al., 2003).

## Propagação assexuada

A reprodução vegetativa de plantas do Cerrado foi considerada, por algum tempo, como a forma mais viável de multiplicação dessas espécies em condições naturais. Algumas plantas do Cerrado, como jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*), barbatimão-verdadeiro (*Stryphnodendron adstringens*) e caviúna-do-cerrado (*Dalbergia miscolobium*), podem apresentar multiplicação vegetativa de origem traumática a partir de raízes, sendo, nesses casos, encontradas na forma de simples arbustos ou subarbustos, até refazerem o tronco. Outras espécies, como *Anemopaegma arvensis*, *Jacaranda racemosa*, *Coccoloba cereifera* e *Stryphnodendron plastyspicum*, podem formar novos indivíduos provenientes de ramos originados espontaneamente de raízes íntegras (Rizzini e Heringer, 1966). Esses fatos levaram os autores a concluir que, em ambientes perturbados, a propagação vegetativa via sistemas radiculares difusos pode ser importante mecanismo para a multiplicação de algumas espécies.

A propagação vegetativa de espécies do Cerrado em viveiro ainda é muito pouco estudada, porém, já começa a despertar interesse, principalmente quanto à multiplicação de frutíferas. De acordo com Pereira et al. (2001), a propagação assexuada é mais adequada ao estabelecimento de pomares comerciais porque permite a clonagem de plantas selecionadas diretamente da natureza ou provenientes de hibridações dirigidas, mantendo os caracteres agronômicos desejáveis. Diversos métodos de propagação assexuada, incluindo a estaquia, a enxertia e a cultura de tecidos, já foram testados com espécies do Cerrado, tendo alcançado alguns resultados promissores.

A estaquia, como método de propagação de mudas, demanda trabalho menos especializado e menor tempo de viveiro do que a enxertia; todavia, poucos resultados satisfatórios foram obtidos até o presente. Estudos preliminares utilizando estacas retiradas de pontas de galhos de plantas em produção tratadas com ácido indolil-3-acético (AIA) e ácido indolil-3-butírico (AIB) não mostraram resultados satisfatórios para pequi, araticum e mangaba (Ribeiro et al., 1996). Cunha

**Tabela 3.** Profundidade de semeadura<sup>(1)</sup>, porcentagem e período de germinação, em viveiro, de algumas espécies frutíferas nativas do bioma Cerrado.

Espécie	Nome popular	Semeadura (cm)	(%)	Germinação (dias)
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	Marmelada	2	90	30 a 40
<i>Anacardium humile</i> A. St.-Hil.	Cajuzinho-do-cerrado	1	65	15 a 25
<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.	Caju-de-árvore	1	65	15 a 25
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Araticum	3	60	240 a 300
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Peroba-mico	-	82	7 a 14
<i>Bromelia balansae</i> Mez	Gravatá	2	75	40 a 60
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Mama-cadela	2	90	40 a 60
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	Murici	3	30	60 a 180
<i>Campomanesia cambessedeeana</i> O. Berg.	Gabiroba	2	65	40 a 60
<i>Caryocar brasiliense</i> A.St.-Hil.	Pequi	3	60	60 a 300
<i>Chrysophyllum soboliferum</i> Rizzini	Fruto-de-tatu	2	90	40 a 60
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba-vermelha	2	85	17 a 40
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. ex DC.	Caroba-de-flor-verde	-	47	7 a 26
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Faveiro-do-cerrado		61	7 a 14
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Baru	1	95	15 a 25
<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.	Pau-de-candeia	-	30-70	-
<i>Eugenia</i> cf. <i>calycina</i> Camb.	Pitanga-vermelha	2	90	20 a 30
<i>Eugenia</i> cf. <i>luschnathiana</i> Klotzsch ex O. Berg	Pitanga	2	90	40 a 60
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	Cagaita	2	95	40 a 60
<i>Eugenia klotzschiana</i> O. Berg.	Pêra-do-cerrado	2	90	40 a 60
<i>Eugenia lutescens</i> Camb.	Perinha	2	90	40 a 60
<i>Eugenia</i> cf. <i>uniflora</i> L.	Pitanga	2	95	40 a 60
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	2	75	20 a 30
<i>Hancornia speciosa</i> Gom.	Mangaba	1	75	20 a 30
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá-do-cerrado	2	90	25 a 30
<i>Inga</i> spp.	Ingá	1	90	15 a 25
<i>Jaracatia heptaphylla</i> (Vell.) A. DC.	Jaracatiá	1	75	20 a 30
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng) Mart.	Pau-santo	1	53	10 a 15
<i>Mauritia vinifera</i> Mart.	Buriti	3	60	60 a 300
<i>Passiflora</i> spp.	Maracujá	2	75	20 a 30
<i>Pouteria</i> cf. <i>gardneriana</i> (A. DC.) Radlk.	Guapeva	2	75	40 a 60
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Curriola	2	90	40 a 60
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Almecegueira-cheirosa		60	15
<i>Psidium firmum</i> O. Berg.	Araçá	2	65	40 a 60
<i>Salacia campestris</i> Cambess. ex Walp.	Bacupari	2	95	40 a 60
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G. Don	Bacupari-do-cerrado	2	93	30 a 40
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	Lobeira	2	95	20 a 30
<i>Swartzia langsdorffii</i> Radlk.	Banha-de-galinha	2	70	40 a 60
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	Coquinho	3	75	40 a 60
<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	Gueroba	3	60	75 a 120
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl.	Ipê-roxo-de-bola		70	20

<sup>(1)</sup> A profundidade da semeadura refere-se à camada de solo que deve ficar sobre a semente.

Fontes: Silva et al. (1992); Salomão et al. (2003).

(1986), trabalhando com estacas de cagaita de material rejuvenescido de árvores adultas e também com estacas de material juvenil, não obteve resultados satisfatórios, mesmo tratando as estacas com solução de AIB a 10.000 ppm. Por sua vez, Pereira et al. (2002) conseguiram um bom enraizamento de estacas de uma árvore adulta de cagaita (60 % de enraizamento aos 180 dias nos controles sem aplicação de hormônios até 90 % com aplicação de AIB), o que mostra o

potencial dessa técnica de propagação vegetativa com plantas do Cerrado.

O potencial do enraizamento de estacas, para a propagação vegetativa de algumas espécies de Matas de Galeria, foi avaliado por Rios et al. (2001). Analisando os resultados de vários trabalhos, com ênfase em estudos conduzidos pela Embrapa Cerrados, indicaram a possibilidade de produzir mudas por estquia em

certas espécies como criúva (*Clusia cf. cruxima*), amoreira-do-mato (*Maclura tinctoria*), pimenta-arbórea (*Piper arboreum*) e saputá (*Salacia elliptica*). Nessas espécies, 80 % ou mais das estacas enraizaram com a aplicação de AIB, tendo sido elevado, em alguns casos, o enraizamento dos controles, sem hormônio. Em outras espécies, houve indícios de capacidade de enraizamento ou baixas porcentagens de enraizamento, conquanto algumas das espécies testadas não apresentassem nenhum sinal de resposta rizogênica aos tratamentos utilizados (Rios et al., 2001).

É conhecida a capacidade de maior enraizamento em estacas juvenis do que em estacas retiradas de ramos que já atingiram a maturidade fisiológica (Hartmann e Kester, 1983). Os resultados positivos obtidos com algumas espécies da Região do Cerrado foram baseados na utilização de estacas juvenis. Rosa (1993) observou 83 % de enraizamento, mesmo sem auxina, em estacas de andiroba (*Carapa guianensis*), proveniente de mudas com 3 meses de idade. Apenas as estacas juvenis de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*, espécie da Mata Atlântica) enraizaram, numa série de testes feitos por Fonseca et al. (1991). Esses resultados podem ser indicativo do comportamento esperado de caviúna-do-cerrado (*Dalbergia miscolobium*).

Freqüentemente, em algumas espécies, como pequi e aroeira, a regeneração natural é observada em áreas de Cerrado recém-desmatadas, sugerindo que estacas provenientes de raízes possam ser utilizadas para a propagação vegetativa, aproveitando-se a capacidade natural de rebrotamento comentada anteriormente (Rizzini e Heringer, 1966). As raízes laterais que se desenvolvem paralelas à superfície do solo e contêm gemas podem formar novos ramos, com algum estímulo, como o fogo ou o corte (Appezzato-da-Glória, 2000). Há exemplos de propagação por esse processo com *Mandevilla illustris* e *M. velutina* (Appezzato-da-Glória e Estelita, 2000).

Testes realizados na Embrapa Cerrados, com algumas fruteiras nativas, mostraram que a enxertia por garfagem lateral e de fenda cheia pode ser viável para a produção de mudas. Silva e Fonseca (1991), trabalhando com enxertia por

garfagem lateral em pequi, obtiveram pegamento acima de 90 %. Esses resultados indicam que a enxertia é uma técnica promissora para a produção de mudas de fruteiras, desde que haja disponibilidade de porta-enxertos. Pereira et al. (2002a) consideram que a enxertia por garfagem lateral ou de topo e por borbulha de placa sem lenho pode ser usada de modo complementar na clonagem de plantas adultas e na produção de mudas enxertadas de mangaba.

## Propagação *in vitro*

A cultura de tecidos consiste em colocar uma gema, um segmento de caule ou outro tecido sobre um meio nutritivo que sustente o crescimento de células vegetais em condições assépticas (Torres et al., 1998). Hormônios vegetais são utilizados para induzir a formação de plantas inteiras a partir dos segmentos cultivados. A cultura *in vitro* oferece, então, métodos alternativos para a propagação vegetativa de espécies do Cerrado.

As técnicas de cultura de tecidos são indicadas para determinadas espécies do Cerrado, principalmente quando suas características botânicas impedem ou dificultam a propagação pelos meios clássicos. Um exemplo é o caso de multiplicação de plantas selecionadas por alta produtividade ou pela excelente qualidade de frutos. Se houver dificuldade no enraizamento de estacas da espécie, a micropropagação poderá representar solução para sua propagação. Outro caso no qual a multiplicação *in vitro* se mostra vantajosa é quando a espécie é rara ou produz poucas sementes, sendo a produção de mudas insuficiente para atender à demanda, ou quando se trata de espécies com sementes recalcitrantes. Assim, a multiplicação por cultura de tecidos oferece a possibilidade de produzir dezenas ou centenas de mudas a partir de uma única semente ou matriz selecionada.

Ressalta-se que a cultura de tecidos pode também contribuir para a propagação sexuada de plantas nativas, pela germinação de sementes *in vitro* (Hu e Ferreira, 1998). As sementes de algumas espécies, como pequi-eiro, araticum e buriti, germinam de maneira muito irregular e podem demorar meses na sementeira (Rizzini, 1973). A cultura de embriões ou a germinação

de sementes in vitro pode acelerar a germinação e tornar mais homogêneo o lote de mudas.

Várias são as modalidades de cultura de tecidos, entre as quais cumpre lembrar: a cultura de calo, que resulta da formação de uma massa de células não organizadas a partir de qualquer parte da planta; a cultura de embriões e anteras; e a micropropagação (Torres et al., 1998). Conforme as combinações de hormônios utilizadas, um calo pode ser mantido em crescimento desorganizado por tempo indeterminado, ou podem ser induzidas gemas, raízes ou outros órgãos, por morfogênese ou embriogênese. Em outras modalidades, o tecido vegetal ou o calo formado é tratado com enzimas que degradam a parede celular, liberando protoplastos. Esses podem ser utilizados na engenharia genética, que consiste em introduzir genes de outros organismos no seu núcleo. Em seguida, os protoplastos são cultivados em meio apropriado para regenerar o calo e as plantas transgênicas. Há uma outra modalidade, que consiste na cultura de anteras que produzem plantas haplóides de grande utilidade em programas de melhoramento de plantas (Torres et al., 1998). Podemos citar ainda os estudos básicos de fisiologia de plantas in vitro, como aqueles feitos por Pereira Netto et al. (2003), que caracterizaram a resposta in vitro de mangaba a diversos hormônios do grupo das giberelinas. Atualmente, a modalidade de maior interesse e de aplicação na propagação de plantas nativas do bioma Cerrado é a micropropagação. A micropropagação *stricto sensu* consiste em inocular e cultivar segmentos de caule contendo a gema apical ou gemas axilares em meio nutritivo (Grattapaglia e Machado, 1998). As vantagens apresentadas por esse método de propagação vegetativa são a multiplicação rápida da planta selecionada e a produção de plantas livres de muitos patógenos e pragas que acompanham outros métodos de propagação vegetativa. *In vitro*, as gemas preexistentes desenvolvem um ou mais caules, que podem ser enraizados ou multiplicados novamente. Outra vantagem da micropropagação sobre a regeneração ou morfogênese a partir de calo é a menor variabilidade fenotípica observada com a micropropagação. Mercier et al. (1992) conseguiram regenerar plantas de paratudo (*Gomphrena officinalis*) a partir de calo, mas 10 % delas tiveram folhas

anormais, fenômeno não relatado em plantas formadas de gemas axilares.

Diversos fatores influenciam a micropropagação. Assim, para facilitar o estabelecimento de protocolos de micropropagação, vários autores dividem a micropropagação em fases distintas: estabelecimento ou adaptação inicial; multiplicação; alongamento; enraizamento; e aclimatação (Grattapaglia e Machado, 1998). Para cada etapa, a metodologia adequada tem de ser estabelecida experimentalmente para a espécie em questão.

Primeiro, deve-se determinar a procedência dos explantes que podem ser coletados em condições naturais, a partir de espécimes cultivados em casa de vegetação ou de plântulas oriundas da germinação ex vitro e in vitro. É importante lembrar que a idade fisiológica dos explantes afeta significativamente o desenvolvimento *in vitro*. Em geral, observa-se que explantes originados de plantas jovens desenvolvem-se mais rapidamente do que os de plantas adultas. Assim, em *Annona muricata*, Lemos e Blake (1996) observaram que as gemas derivadas de plântulas responderam melhor do que as de árvores adultas. Por sua vez, após a seleção de plantas superiores no campo, sua propagação clonal dependeria do uso de explantes provenientes de plantas adultas que crescem em condições naturais.

Feita a coleta, os explantes são desinfestados para a eliminação dos microrganismos saprófitas que, de forma geral, estão presentes na sua superfície. Os meios nutritivos utilizados, embora de composição relativamente simples, ainda sustentam o crescimento de fungos e bactérias. Como o crescimento desses microrganismos é muito mais rápido do que o crescimento do explante, e aqueles podem produzir efeitos tóxicos sobre este, uma desinfestação do explante é feita antes de introduzi-lo no meio nutritivo previamente esterilizado.

Distintos tratamentos podem ser utilizados, variando-se o tempo de contato, o agente e a concentração da solução germicida, de acordo com a intensidade de contaminação e a sensibilidade dos explantes (Grattapaglia e Machado, 1998). Sementes são geralmente menos contaminadas do que ramos provenientes diretamente do

campo e, ao mesmo tempo, resistem melhor ao tratamento de desinfestação. Um tratamento que tem fornecido bons resultados na desinfestação de sementes é a imersão em etanol 70 % (v/v) durante alguns segundos, seguida de nova imersão em hipoclorito de sódio (0,2 % a 2 % de cloro ativo) durante alguns minutos e finalmente três enxágües em água previamente autoclavada. Metodologias semelhantes a essa permitiram o estabelecimento de culturas a partir de sementes de pau-santo (*Kielmeyera coriacea*, Arelo e Pinto, 1993), mangaba (*Hancornia speciosa*, Grigoletto, 1997), copaíba-vermelha (*Copaifera langsdorffii*, Noleto, 2004), cagaita (*Eugenia dysenterica*, Silva e Silveira, 2002), carobinho-do-campo (*Jacaranda ulei*, Noleto et al., 2003) e marmelada (*Alibertia edulis*, Silva e Silveira, 2003).

Para explantes provenientes de plantas do Cerrado que crescem no campo, esse tratamento normalmente é insuficiente para eliminar os microrganismos saprofíticos presentes no explante. O problema da contaminação agrava-se na presença de microrganismos endofíticos que não são atingidos pelos métodos de desinfestação superficial. Por esses motivos, atualmente, quase todos os trabalhos realizados utilizaram explantes de sementes germinadas *in vitro* (Mercier et al., 1992), mas alguns resultados promissores foram conseguidos com murici-de-ema (*Byrsonima basiloba*) Pereira, (2002b). Nessa espécie, explantes coletados de plantas adultas que crescem no campo foram utilizados com sucesso para estabelecer culturas *in vitro*.

Entre as medidas indicadas para a desinfestação, dá bons resultados o estabelecimento de mudas como fonte de explantes. Essas mudas podem ser mantidas em estufa ou casa de vegetação, por serem menos expostas à poeira e a outras fontes de microrganismos saprofíticos. Uma prática útil para diminuir a incidência de contaminação por microrganismos sistêmicos é regar as mudas com fungicida ou antibiótico antes de retirar os explantes. Tratamento com benomil (Benlate) e estreptomicina é, muitas vezes, eficaz. O uso de explantes mais protegidos, como gemas cobertas por brácteas, ou retirados de tecidos internos (câmbio vascular, por exemplo) é outra boa medida para reduzir a contaminação.

A adição de fungicidas e antibióticos ao meio nutritivo elimina a contaminação em alguns casos, desde que sejam utilizados compostos não-fitotóxicos.

Os explantes são inoculados em meio nutritivo e cultivados em condições controladas (temperatura, umidade relativa, fotoperíodo e energia luminosa). A fase de estabelecimento permite verificar a eficiência do protocolo de desinfestação previamente utilizado, bem como a adaptabilidade dos explantes às condições de cultura *in vitro*. Nessa fase, em geral, não se objetiva grande desenvolvimento dos explantes; habitualmente, são utilizadas baixas concentrações de hormônios. Quando se usam sementes como explantes iniciais, a germinação é normalmente realizada em meio nutritivo sem reguladores de crescimento ou simplesmente em água e ágar.

Freqüentemente, durante o cultivo de tecidos lenhosos, observa-se a liberação de fenóis no meio de cultura (Grattapaglia e Machado, 1998). Eses fenóis podem oxidar-se e produzir substâncias tóxicas ao próprio explante, limitando a manutenção e o desenvolvimento das culturas. O cultivo no escuro ou a utilização de substâncias antioxidantes, como o ácido ascórbico, são práticas indicadas para minimizar esse problema. Em explantes de murici-de-ema retirados de plantas adultas que crescem no campo, o problema de escurecimento do meio de cultura foi resolvido com a excisão da base do explante e a repicagem para meio novo, permitindo a clonagem dos explantes (Pereira, 2002b).

Para as fases posteriores, a composição do meio nutritivo deve ser ajustada a cada espécie de planta, entretanto, existem fórmulas que se adaptam a grande número de espécies, como o meio MS de Murashige e Skoog (1962) e o Woody Plant Medium (WPM) de Lloyd e McCown (1980). Reguladores de crescimento ou hormônios são adicionados ao meio nutritivo a fim de induzir, de acordo com sua classe, combinação e concentração, a organogênese desejada. Três classes de reguladores de crescimento são comumente utilizadas: auxinas, citocininas e giberelinas (Caldas et al., 1998). Entre as auxinas mais utilizadas, citam-se o ácido indolil-3-acético (AIA), o ácido indolil-3-butírico (AIB)

e o ácido naftalenoacético (ANA). De modo geral, a 6-benzilaminopurina (BAP) é a citocinina que tem proporcionado os melhores resultados *in vitro*, sobretudo para induzir a proliferação de brotos, embora bons resultados estejam surgindo com o tidiazuron (TDZ). A giberelina mais utilizada é o ácido giberélico (GA3). Eventualmente, inibidores como ácido abscísico são também testados. Outros compostos podem ser acrescentados ao meio nutritivo para favorecer o desenvolvimento dos explantes (Caldas et al., 1998).

Durante a fase de multiplicação, os explantes devem produzir o maior número possível de brotos de aspecto morfológico normal. Esse efeito é obtido principalmente pela presença de uma citocinina no meio nutritivo (Pasqual e Barros, 1992; Pinto et al., 1994). Entretanto, observa-se, em muitos casos, que a presença de uma auxina, em baixas concentrações, pode estimular o crescimento dos brotos e, em alguns casos, melhorar sua proliferação. No entanto, para que sejam atingidos os objetivos dessa fase, costuma-se manter a relação auxina/citocinina menor do que um (Grattapaglia e Machado, 1998). Em barbatimão (*Stryphnodendron* spp.), a maior taxa de proliferação de brotos foi obtida com BAP utilizada sozinha, quando comparada a meios contendo também a auxina ANA (Pasqual e Barros 1992; França et al., 1995). Já em pau-santo (*Kielmeyera coriacea*), a proliferação máxima de brotos foi obtida com uma baixa concentração de ANA junto a uma concentração relativamente alta de BAP (Arelo e Pinto, 1993), semelhante às combinações ótimas para paratudo (Mercier et al., 1992). Em marmeiro (*Alibertia edulis*), BAP e AIB em ¼ MS favoreceram a multiplicação e o alongamento dos brotos (Silva e Silveira, 2003), como foi visto numa espécie de barbatimão (*Stryphnodendron polypyrum*), por França et al. (1995). A adição de outra citocinina, a centena, aumentou a multiplicação de marmeiro (Silva e Silveira, 2003).

Observam-se diversos padrões de multiplicação de acordo com a espécie a ser cultivada. Existem espécies que, na mesma subcultura, produzem até cem brotos por explante. Para as plantas do Cerrado, os poucos trabalhos já realizados indicam que a produção de brotos numa subcultura é da

ordem de dez por explante (Silva e Silveira, 2003). Entretanto, observa-se que, quanto maior o número de brotos, menor será seu comprimento. Além disso, muitas vezes, os brotos apresentam características morfológicas anormais. A vantagem de obter brotos normais e alongados (maiores do que 15 mm) é que esses, geralmente, enraízam-se mais facilmente do que os brotos curtos (tamanho inferior a 10 mm). Outro padrão de multiplicação ocorre quando o explante produz brotos alongados, mas, em pequena quantidade, da ordem de um a quatro. Esse padrão, observado em mangaba (Grigoleto, 1997) e mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*, Martins, 1998; Bucher, 2002), não reduz a taxa de multiplicação, pois um único broto com vários nós pode ser excisado e três ou quatro novos explantes retirados para subculturas de multiplicação, cada um com pelo menos um nó. Como alternativa, esse broto pode ser repicado diretamente para a fase de enraizamento.

Quando os brotos obtidos na fase anterior apresentarem baixo percentual de enraizamento, costuma-se acrescentar uma fase intermediária, dita fase de alongamento. De modo geral, é utilizado o GA3 para estimular o alongamento dos brotos. Entretanto, na literatura relativa às espécies do Cerrado já micropropagadas, verifica-se que o alongamento pode ser obtido repicando-se os brotos em um meio nutritivo com concentrações de BAP mais baixas do que aquelas utilizadas na fase anterior ou mesmo sem reguladores de crescimento. Em sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides*), por exemplo, observa-se que, em 4,0 mg.L<sup>-1</sup>, de BAP, um explante produz em média dez brotos de 10 mm de comprimento, enquanto, em 1,0 mg.L<sup>-1</sup>, de BAP, o mesmo tipo de explante produz quatro brotos de 23 mm de comprimento (Silveira et al., 1996). Em barbatimão-verdeiro, brotos curtos, produzidos em altas concentrações de BAP, alongaram-se quando repicados em meio nutritivo sem reguladores de crescimento (Pasqual e Barros, 1992).

A fase de enraizamento é a última etapa *in vitro*. O enraizamento é normalmente obtido na presença de uma auxina e, muitas vezes, num meio nutritivo com menores concentrações de sais. Em mangaba, o melhor enraizamento foi

obtido com AIB num meio nutritivo com metade da concentração dos sais de Murashige e Skoog ou no  $\frac{1}{4}$  Knop's modificado (Grigoletto, 1997). Todos os brotos de paratudo enraizaram em 10 dias no meio de Murashige e Skoog com AIB (Mercier et al., 1992).

Algumas espécies do Cerrado apresentaram mais dificuldades de enraizamento. Essa fase, às vezes, restringe a micropropagação da espécie, necessitando de estudos mais detalhados para contornar o problema (Assis Teixeira, 1998). Vários aspectos, entre genéticos e fisiológicos, além de fatores do meio nutritivo e das condições de cultivo, foram estudados para quatro espécies de leguminosas do Cerrado, e as particularidades de cada espécie puderam ser comparadas (Reis, 2001). Os brotos de caviúna-do-cerrado, por exemplo, enraizaram apenas quando carvão ativado foi adicionado ao meio nutritivo e, mesmo nessas condições, foi necessário um período de mais de 30 dias para o aparecimento dos primórdios radiculares (Reis, 2001). Carvão ativado também foi indispensável para o enraizamento de marmeleiro (Silva e Silveira 2003); entretanto, o mesmo não ocorreu em murici-de-ema, embora o carvão tenha estimulado o alongamento e o vigor dos brotos (Pereira, 2002b). Em outra espécie de barbatimão (*Stryphnodendron polypyrum*), brotos repicados em  $\frac{1}{2}$  MS adicionado de ANA apresentaram 30 % de enraizamento (França et al., 1995). Quando foi acrescentado floroglucinol a esse meio, o enraizamento atingiu 98 %.

Durante a fase de aclimatação, os brotos são transferidos das condições *in vitro* para casa de vegetação, onde são gradativamente submetidos às condições naturais. Essa fase geralmente não apresenta grandes dificuldades quando as raízes adventícias, formadas na etapa anterior, são沿gadas e conectadas diretamente ao caule dos brotos, isto é, sem formação de um calo entre o caule e as raízes. França et al. (1995) observaram 93 % de sobrevivência numa espécie de barbatimão (*Stryphnodendron polypyrum*), quando as plântulas foram transferidas para casa de vegetação, e 100 % de sobrevivência foi observada em marmeleiro depois de 2 meses de

cultivo em casa de vegetação (Silva e Silveira, 2003). Para outras espécies do Cerrado, essa fase ainda apresenta certas dificuldades.

Embora poucas espécies nativas do bioma Cerrado tenham sido estudadas até o presente momento, os resultados obtidos são suficientemente promissores para se acreditar que a continuação de pesquisas, integradas a estudos de propagação vegetativa por outros métodos, trará benefícios significativos para o plantio de espécies selecionadas. As orquídeas nativas do Cerrado destacam-se entre as espécies que podem ser beneficiadas pelas técnicas de cultura de tecidos, seja na conservação de sementes (Mello, 2000), seja na germinação de sementes *in vitro* e na micropropagação (Caramaschi, 2001).

Um dos casos em que um sistema mais completo de micropropagação tem sido desenvolvido é o da mangaba (Pereira Netto, 1996; Grigoletto, 1997; Lemos, 2003; Machado, 2002; Machado et al., 2004). Nesse sistema, já foram desenvolvidos os protocolos para estabelecimento de culturas a partir de sementes, o que permite a manutenção de bancos de germoplasma *in vitro*, uma possibilidade promissora por se tratar de uma espécie com sementes recalcitrantes (Salomão et al., 2003). A multiplicação e o enraizamento são bem estabelecidos nesse sistema de micropropagação (Grigoletto, 1997; Machado, 2002; Machado et al., 2004), faltando apenas uma metodologia adequada de aclimatação das mudas para permitir a aplicação dessa metodologia à produção de mudas de mangaba. Nesses estudos, foram comparados clones estabelecidos de diferentes sementes e variadas matrizes, ressaltando a importância da variabilidade genética dos explantes de plantas nativas (Grigoletto, 1997; Machado, 2002; Machado et al., 2004). Desses estudos, concluiu-se que os clones devem ser selecionados dentro de cada matriz para que sejam obtidas as maiores taxas de multiplicação e enraizamento. A exemplo da mangaba, espera-se, em breve, dispor de metodologias para produzir mudas de outras espécies nativas do bioma Cerrado e aclimatá-las em escala comercial.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao pesquisador Nilton Tadeu Vilela Junqueira, da Embrapa Cerrados, e ao pesquisador Dijalma Barbosa da Silva, da Embrapa Recursos Genéticos, pelas sugestões feitas durante a elaboração deste trabalho. Os agradecimentos são extensivos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), pelo apoio financeiro concedido aos estudos de micropopulação de espécies nativas.

## Referências

- ALVARENGA, E. E. C.; COELHO, A. S. G.; SILVA, O. A.; TORRES, R. A. A. Estudo preliminar da variabilidade fenotípica de plântulas de “puçá”, em condições de viveiro. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES DA UFG, 1., 1992, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 1992. p. 67.
- AMARAL, D. M. I. do; ARALDI, D. B. Contribuição ao estudo das sementes de essências florestais nativas do Estado do Rio Grande do Sul. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, n. 43, p. 4-30, 1979.
- ANDRADE, L. A. Z. **Impacto do fogo no banco de sementes de cerrado sensu stricto**. 2002. 175 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Raízes gemíferas: uma abordagem anatômica e ecológica. In: CAVALCANTI, T. B.; WALTER, B. M. T. (Org.). **Tópicos atuais em Botânica**. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. p. 73-77.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; ESTELITA, M. E. M. The developmental anatomy of the subterranean system in *Mandevilla illustris* (Vell.) Woodson and *M. velutina* (Mart. ex Stadelm.) Woodson (Apocynaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, p. 27-35, 2000.
- ARELLO, E. F.; PINTO, J. E. B. p. Propagação *in vitro* de *Kielmeyera coriacea*. I. Efeito das diversas concentrações combinadas de benzilaminopurina e ácido naftalenoacético na multiplicação de brotos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 25-31, 1993.
- ASSIS, T. F. de; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa Produção de Informação: Centro Brasileiro Argentino de Biotecnologia, 1998. v. 1, p. 261-296,
- BARBOSA, J. M.; AGUIAR, I. B. de; SANTOS, S. R. G. dos; ZELLER, M. F. B. Efeito da cumarina na maturação de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. In: CONGRESSO FORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. v. 2, p. 422-424.
- BARRADAS, M. M.; HANDRO, W. Algumas observações sobre a germinação da semente de barbatimão, *Stryphnodendron barbadetimam* (Vell.) Mart. (*Leguminosae-Mimosoideae*) [sic]. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 2, p. 139-150, 1974.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. New York: Academic, 1998. 666 p.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N. What ultrastructure has told us about recalcitrant seeds. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, p. 22-55, 2000. Número especial.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Plenum, 1994. 445 p.
- BIANCHETTI, A. Tecnologia de sementes de essências florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 27-46, 1981.
- BORGES, E. E. L.; BORGES, R. C. G.; CANDIDO, J. F.; GOMES, J. M. Comparação de métodos de quebra de dormência em sementes de copaíba. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 4 , n. 1, p. 9-12, 1982.
- BORGES, E. E. L.; BORGES, R. C. G.; TELES, F. F. Avaliação da maturação e dormência de sementes de orelha-de-negro. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 29-32, 1980.
- BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1993. p. 88-135.

BRASIL. Decreto 5.153, de 23 de julho de 2004. Aprova o Regulamento da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas - SNSM, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, V. CXLI, n. 142, p. 6-18, 26 jul. 2004. Seção 1.

BRASIL. Decreto-lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, v. CXL, n. 150, p. 1-4, 6 ago. 2003. Seção 1.

BUCHER, J. p. **Aspectos de conservação in vitro e micropropagação de Brosimum gaudichaudii (mama-cadela, Moraceae)**. 2002. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

BUCKERIDGE, M. S.; TINÉ, M. A. S.; SANTOS, H. P. dos; LIMA, D. U. de. Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes. Estrutura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, p. 137-162, 2000. Número especial.

CALDAS, L. S.; HARIDASAN, P.; FERREIRA, M. E. Meios nutritivos. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa Produção de Informação: Centro Brasileiro Argentino de Biotecnologia. 1998. v. 1, p. 87-132.

CAMARGOS, J. A. A.; CORADIN, V. T. R.; CZARNESKI, C. M.; OLIVEIRA, D. de; MEGUERDITCHIAN, I. **Catálogo de árvores do Brasil**. 2. ed. rev. e atual. Brasília: Edições Ibama, 2001. 896 p.

CARAMASCHI, G. M. C. L. **Micropropagação de Cyrtopodium spp. (Orchidaceae)**. 2001. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

CARNEIRO, F. G. A. **Curso de silvicultura I**. Curitiba: UFPR, 1977. 107 p.

CARNEIRO, J. G. A.; AGUIAR, I.B. de. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1993. p. 333-350.

CARPANEZZI, A. A.; MARQUES, L. C. T. **Germinação de sementes de jutai-açu (*Hymenaea courbaril* L.) e jutai-mirim (*Hymenaea parvifolia* Huber) escarificadas com ácido sulfúrico**

**comercial**. Belém: Embrapa-CPATU, 1981. 15 p. (Embrapa-CPATU. Circular Técnica, 19).

CARVALHO, N. M. de.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. 326 p.

CORREIA, C. R. M. A. **Microbiota e o comportamento de espécies arbóreas nativas em diferentes solos de Cerrado**. 2002. 93 p. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

COUTINHO, L. M. As queimadas e seu papel ecológico. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 10, n. 44, p. 7-23, 1980.

CUNHA, M. C. L. **Estudo de preservação do poder germinativo de sementes, enraizamento de estacas e anatomia da rizogênese em Eugenia dysenterica**. 1986. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG; Lavras: UFLA, 1995. 41 p.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; OLIVEIRA, L. M. de. Quebra de dormência em sementes de candiúva (*Trema micrantha* (L.) Blume - Ulmaceae). In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba, Anais... Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. v. 2, p.461-463.

DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ VENEGAS, V. H.; BARROS, n. F. de; BRIENZA JR., S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 69-76, 1991.

DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ VENEGAS, V. H.; BARROS, N. F. de; BRIENZA JR., S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): II. Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 135-143, 1992.

DIETRICH, S. M. C. Inibidores de crescimento. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 1986. v. 2, p. 193-212.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M.B.; KAWABA, M.; GARRIDO, M.A.O.; BAITELLO, J.B. **Sementes e Mudas de Árvores Tropicais**. 2. ed. São Paulo: Instituto Florestal-CINP-SMA: JICA, 2002. 65 p.

EIRA, M. T. S.; CALDAS, L. S. Seed dormancy and germination as concurrent processes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, p. 85-104, 2000. Número especial.

FARIAS NETO, A. L. de.; FONSECA, C. E. L. da; GOMIDE, C. C. C.; SILVA, J. A. Armazenamento de sementes de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 2, p. 52-62, 1991.

FELFILI, J. M.; FRANCO, A. C.; FAGG, C. W.; SOUSA-SILVA, J. C. Desenvolvimento inicial de espécies de Mata de Galeria. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 779-811.

FELFILI, J. M.; HILGBERT, L. F.; FRANCO, A. C.; SOUZA-SILVA, J. C.; RESENDE, A. V.; NOGUEIRA, M. V. P. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, p. 297-301, 1999. Suplemento.

FELIPPE, G. M. Fotomorfogênese. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 1986. v. 2, p. 231-280.

FELIPPE, G. M. *Qualea grandiflora*: the seed and its germination. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 33-37, 1990.

FELIPPE, G. M.; DALE, J. E. The effects of phosphate supply on growth of plants from the Brazilian Cerrado: experiments with seedlings of the annual weed, *Bidens gardneri* Baker (Compositae) and the tree, *Qualea grandiflora* (Mart.) (Vochysiaceae). **Oecologia**, Berlin, v. 82, p. 81-86, 1990.

FELIPPE, G. M.; SILVA, J. C. S. Estudo de germinação em espécies do Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 157-163, 1984.

FENNER, M. **Seed ecology**. New York: Chapman and Hall, 1985. 149 p.

FERREIRA, J. N. **Germinação e crescimento de plantulas de *Piptadenia gonoacantha* Mart. e *Vochysia tucanorum* Mart. sob inundação em diferentes níveis de luminosidade**. 2000. 109 f. Dissertacão (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

FERREIRA, M.; ARAUJO, J. G. de. **Procedimentos e recomendações para testes de procedências**. Curitiba: Embrapa: URPFCS: IBDF, 1981. 28 p. (Embrapa: URPFCS. Documentos, 6).

FIGLIOLIA, M. B.; AGUIAR, I. B. de. Coleta de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1993. p. 275-302.

FIGLIOLIA, M. B.; JARDIM, D. C. P.; YWANE, M. S. S. Viabilidade de sementes liofilizadas de essências florestais nativas. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 20/22, p. 47-55, 1988.

FONSECA, C. E. L. da; SPERÂNDIO, J. P.; CORRÊA, M. P. F.; BUENO, D. M.; LIMA, R. Propagação vegetativa do jacarandá-da-baía através da estaquia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 31-37, 1991.

FRANÇA, S. C.; DUARTE, I. B.; MORAES, R. M.; PEREIRA, A. M. S. Micropropagation of *Stryphnodendron polyphyllum* [sic] (barbatimão). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 42, p. 291-293, 1995.

GOEDERT, C. O.; WETZEL, M. Sementes ortodoxas e recalcitrantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 1., 1979, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1979. p. 81.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa Produção de Informação: Centro Brasileiro Argentino de Biotecnologia, 1998. v. 1, p. 183-260.

GRIGOLETTO, E. R. **Micropropagação de *Hancornia speciosa* Gomez (mangabeira)**. 1997. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

HAMRICK, J. L.; GODT, M. J. W. Conservation genetics of endemic plant species. In: AVISE, J. C.; HAMRICK, J. L. (Ed.). **Conservation genetics: Case histories from nature**. New York: Chapman & Hall, 1996. p. 281-304.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. **Plant propagation, principles and practices**. 4<sup>th</sup> ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1983. p. 727.

HU, C. Y.; FERREIRA, A. G. Cultura de embriões. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A.

(Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas.** Brasília: Embrapa Produção de Informação: Centro Brasileiro Argentino de Biotecnologia, 1998. v. 1, p. 371-393.

JOLY, C. A.; FELIPPE, G. M.; DIETRICH, S. M. C.; CAMPOS, G. Fenologia, germinação e substâncias reguladoras de crescimento em *Magonia glabrata* St. Hil. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO LATINO AMERICANO DE BOTÂNICA, 2., 1978, Brasília. **Resumos...** Brasília: 1978. p. 212.

JOLY, C. A.; FELIPPE, G. M. Dormência das sementes de *Rapanea guianensis* Aubl. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 1-6, 1979a.

JOLY, C. A.; FELIPPE, G. M. Fenologia de *Magonia pubescens* St. Hil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 936-941, 1980.

JOLY, C. A.; FELIPPE, G. M. Germinação e fenologia de *Zeyhera digitalis* (Vell.) Hoehne. **Hoehnea**, São Paulo, v. 8, p. 35-40, 1979b.

JOLY, C. A.; FELIPPE, G. M.; DIETRICH, S. M. C.; CAMPOS-TAKAKI, G. M. Physiology of germination and seed gel analysis in two populations of *Magonia pubescens* St. Hil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 3, n. 1/2, p. 1-9, 1980.

KRAMER, p. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

LABOURIAU, L. G.; MARQUES VALIO, I. F.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; HANDRO, W. Nota sobre a germinação de sementes de plantas do Cerrado em condições naturais. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 227-237, 1963.

LEMOS, E. E. P. de. Estratégias para multiplicação clonal de mangabeiras em Alagoas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA MANGABA, 1., Aracajú, 2003. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2003. 1 CD-ROM.

LEMOS, E. E. P. de; BLAKE, J. Micropropagation of juvenile and mature *Annona muricata* L. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 71, p. 395-403, 1996.

LLOYD, G.; McCOWN, B. Commercially feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. **International Plant Propagators' Society. Combined**

**Proceedings of Annual Meetings**, Seattle, v. 30, p. 421-427, 1980.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002a. v. 1.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002b. v. 2. MACHADO, J. W. B.; PARENTE, T. V. Germinação de seis espécies frutíferas nativas do Cerrado em condições de campo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v. 8, n. 1, p. 35-38, 1986.

MACHADO, J. W. B.; PARENTE, T. V.; LIMA, R. M. de. Informações sobre a germinação e características físicas das sementes de fruteiras nativas do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 8, n. 2, p. 59-62, 1986.

MACHADO, L. L. **Seleção de matrizes e clones de mangabeira para o cultivo "in vitro"**. 2002. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

MACHADO, L. L.; RAMOS, M. L. G.; CALDAS, L. S.; VIVALDI, L. J. Seleção de matrizes e clones de mangabeira para o cultivo in vitro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 5, p. 431-435, 2004.

MARTINS, M. v. M. **Micropropagação de Brosimum gaudichaudii, uma planta medicinal do Cerrado**. 1998. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Pergamon, 1978. 192 p.

MAZZEI, L. J.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; FRANCO, A.; SOUSA-SILVA, J. C. Crescimento de plântulas de *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyermark & Frondin em diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 3, p. 27-36, 1998.

MAZZEI, L. J.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; FRANCO, A. C. Crescimento de plântulas de *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee & Lang em viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 4, p. 21-29, 1999.

MEDEIROS, A. C. S.; CZARNESKI, C. M.; FREITAS, G. S. de. Criopreservação de sementes de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, p. 544-547, 1992.

MELHEM, T. S. A entrada da água em sementes de *Dipteryx alata* Vog. (Leguminosae-Lotoideae). **Hoehnea**, São Paulo, v. 4, p. 33-48, 1974.

MELHEM, T. S. Fisiologia da germinação das sementes de *Dipteryx alata* Vog. (Leguminosae-Lotoideae). **Hoehnea**, São Paulo, v. 5, p. 59-90, 1975.

MELLO, C. M. C. de. **Conservação de sementes de orquídeas do Cerrado**. 2000. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

MELO, J. T. Efeito do ácido giberélico-GA3 sobre a germinação de sementes de araticum (*Annona crassiflora* Mart.). In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba, **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. v. 2, p. 760.

MELO, J. T. **Fatores relacionados com a dormência de sementes de piqui (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. 1987. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MELO, J. T. **Respostas de mudas de espécies arbóreas do cerrado a nutrientes em Latossolo Vermelho Escuro**. 1999. 120 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

MELO, J. T.; LIMA, V. L. G. F.; RIBEIRO, J. F. Desenvolvimento inicial de *Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl. (aoeira) em diferentes tipos de solo da região dos Cerrados. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 33., 1981, Teresina. **Anais...** Teresina: Universidade Federal do Piauí, 1981. p. 283-298.

MELO, J. T.; RIBEIRO, J. F.; LIMA, V. L. G. F. Germinação de sementes de algumas espécies arbóreas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 8-12, 1979.

MELO, J. T.; SILVA, J. A. Efeito das condições de armazenamento na conservação de sementes de gabiroba (*Campomanesia* sp.). In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade

Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. v. 2, p. 759.

MERCIER, H.; VIEIRA, C. C. J.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Tissue culture and plant propagation of *Gomphrena officinalis* - a Brazilian medicinal plant. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 28, p. 249-254, 1992.

METIVIER, J. B. Dormência e germinação. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1986. v. 2, p. 343-392.

MIYASAKI, J. M.; CÂNDIDO, J. F. Secagem de sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* Vall/Don). **Seiva**, Viçosa, v. 85, p. 12-17, 1978.

MORAES, M. L. T. de; CAMBUIM, J.; KAGEYAMA, p. Y. Variabilidade genética em duas populações naturais de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) consorciada com candiúva (*Trema micrantha* (L.) Blum.). In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. v. 2, p. 767-768.

MOREIRA, A. G. **Aspectos demográficos de *Emmotum nitens* (Benth.) em um cerradão distrófico no Distrito Federal**. 1987. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, p. 473-497, 1962.

NATALE, W.; CARVALHO, N. M. A liofilização como método de secagem de sementes de ipê-roxo (*Tabebuia* sp.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 8, n. 1/2, p. 35-37, 1983.

NOGUEIRA, A. C.; VAZ, E. T. Influência da profundidade de semeadura na germinação e desenvolvimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. v. 2, p. 429-431.

NOLETO, L. G. **Germinação de sementes, morfologia da plântula e propagação in vitro de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae –**

**Caesalpinoideae).** 2004. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

NOLETO, L. G.; RIBEIRO, M. F.; SILVEIRA, C. E. Germinação *in vitro* de sementes de *Jacaranda ulei* Bureau & Schum. (Bignoniaceae). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 54., 2003, Belém. **Resumos...** Belém: Sociedade Botânica do Brasil, 2003. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, L. M. Q.; VALIO, I. F. M. Effects of moisture content on germination of seeds of *Hancornia speciosa* Gom. (Apocynaceae). **Annals of Botany**, London, v. 69, p. 1-5, 1992.

OLIVEIRA, P. E. **Biologia de reprodução de espécies de Kielmeyera (Guttiferae) de Cerrados de Brasília, DF.** 1986. 95 f. Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

OLIVEIRA, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. de (Ed.). **Cerrado:** ambiente e flora. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 169-192.

PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. Aspects of recalcitrant seed physiology. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, p. 56-69, 2000. Número especial.

PARENTE, T. V.; MACHADO, J. W. B. Germinação de sementes de mangaba (*Hancornia pubescens* Nees e Mart.) provenientes de frutos colhidos com diferentes graus de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 8, n. 1, p. 39-43, 1986.

PARRON, L. M.; CAUS, J. F. Produção de mudas de espécies arbóreas de Matas de Galeria: substrato e inoculação com fungos micorrízicos. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado:** Caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 735-776.

PASQUAL, M.; BARROS, I. Efeitos do ácido naftalenacético e 6-benzilaminopurina sobre a proliferação de brotos *in vitro* em barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 1017-1019, 1992.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, N. T. V. Enxertia de mudas de pequiáceo (*Caryocar brasiliense* Camb.) e mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., Belem, 2002. **Anais...**

Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002a. 1 CD-ROM.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. Propagação e domesticação de plantas nativas do cerrado com potencial econômico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, Jul. 2001. Suplemento. 1 CD-ROM.

PEREIRA, B. A. S. (Coord.). **Árvores do Brasil Central:** espécies da região geoeconômica de Brasília. Brasília. Rio de Janeiro: IBGE, 2002a. v. 1, 417 p.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; MELO, J. T.; SOUSA-SILVA, J. C.; FALEIRO, F. G. Avaliação de tratamentos para a quebra da dormência das sementes de araticum. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; PACHECO, A. R. Efeito do substrato e da adubação no crescimento e na sobrevivência de mudas de mangabeira em tubetes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA MANGABA, 1., 2003, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2003. CD-ROM.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; RIBEIRO, J. F.; MELO, J. T. de; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, n. T. v. Avaliação preliminar do enraizamento de estacas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* D. C.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belem. Os novos desafios da fruticultura brasileira: **anais**. Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002b. 1 CD-ROM.

PEREIRA, K. B. D. **Micropropagação e morfo-anatomia do endocapo, semente e plântula de Byrsonima basiloba** Juss. 2002b. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

PEREIRA, P. S. F. S. **Plantio de quatro espécies leguminosas arbóreas em uma área de cerrado no Distrito Federal, Brasil.** 1997. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

PEREIRA NETTO, A. B. *In vitro* propagation of *Hancornia speciosa*, a tropical fruit tree. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, Largo, v. 32, p. 253-256, 1996.

PEREIRA NETTO, A. B.; McCOWN, B. H.; PHARIS, R. p. Inhibition of growth of microcultured *Hancornia speciosa* shoots by 3 $\beta$ -hydroxylated gibberellins and one of their C-3 deoxy precursors. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 21, p. 491-496, 2003.

- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; AGUIAR, I. B. de. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1993. p. 215-274.
- PINTO, J. E. B. P.; ARELLO, E. F.; PINTO, C. A. B. P.; BARBOSA, M. H. p. Uso de diferentes explantes e concentrações de benzilaminopurina na multiplicação *in vitro* de brotos de *Kielmeyera coriacea*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 867-873, 1994.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Agiplan, 1977. 289 p.
- RAMOS, A.; ZANON, A. Dormência em sementes de espécies florestais nativas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 1., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** Brasília: ABRATES: IEF: CNPq: IBDF, 1986. p. 241-265.
- RAMOS, K. M. O.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; SOUSA-SILVA, J. C.; FRANCO, A. C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 351-358, 2004.
- REIS, G. G. dos; BRUNE, A.; RENA, A. B. Estudos sobre a dormência de sementes de sucupira (*Pterodon pubescens* Benth.): tratamentos para superação da dormência. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 9, n. 1, p. 49-57, 1985.
- REIS, G. M. C. L. **Enraizamento *in vitro* de leguminosas lenhosas do Cerrado**. 2001. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- REZENDE, A. V.; SALGADO, M. A. S.; FELFILI, J. M.; FRANCO, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C.; CORNACHIA, G.; SILVA, M. A. Crescimento e repartição de biomassa em plântulas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes regimes de luz em viveiro. **Boletim do Herbario Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 2, p. 19-33, 1998.
- RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; MELO, J. T. de; ALMEIDA, S. p. de; SILVA, J. A. da. Propagação de fruteiras nativas do cerrado. In: PINTO, A. C. de Q. (Coord.). **Produção de mudas frutíferas sob condições do escossistema de Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. 112 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 62).
- RIBEIRO, J. F.; GONZALES, p. E.; MELO, J. T. Aspectos fenológicos de espécies nativas do Cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 33., 1982, Teresina. **Anais...** Teresina: UFPI, 1982. p. 181-198.
- RICE, E. **Allelopathy**. New York: Academic, 1974. 353 p.
- RIOS, M. n. S.; RIBEIRO, J. F.; REZENDE, M. E. Propagação vegetativa: enraizamento em estacas de espécies nativas de Mata de Galeria. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 455-491.
- RIZZINI, C. T. Dormancy in seeds of *Annona crassiflora* Mart. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 24, p. 117-123, 1973.
- RIZZINI, C. T. Efeito tegumentar na germinação de *Eugenia dysenterica* DC (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 30, p. 381-402, 1970.
- RIZZINI, C. T. Influência da temperatura sobre a germinação de diásporos do Cerrado. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 41, p. 341-383, 1976.
- RIZZINI, C. T.; HERINGER, E. p. Estudo sobre os sistemas subterrâneos difusos de plantas campestres. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 85-112, 1966.
- ROSA, L. S. Influência de diferentes concentrações de ácido indol-3-butírico e do tamanho da estaca na formação de raízes adventícias em *Carapa guianensis* Aubl. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. v. 2, p. 432-434.
- SALGADO, M. A.; REZENDE, A. V.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M.; FRANCO, A. C. Crescimento inicial de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. em diferentes condições de sombreamento. **Boletim do Herbario Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 3, p. 37-45, 1998.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. A semente de *Magonia pubescens* St. Hil.: morfologia e germinação. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 45, p. 501-537, 1973.

- SALOMÃO, A. N. Tropical seed species' responses to liquid nitrogen exposure. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 14, n. 2, p. 133-138, 2002.
- SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J. C.; DAVIDE, A. C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R. A. A.; WETZEL, M. M. V. S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L. S. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do Cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2003. 96 p.
- SANO, S. M. **Ecofisiologia do crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. (Leguminosae)**. 2001. 119 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- SEBBENN, A. M. Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 115-132, 2002.
- SILVA, F. A. B.; SILVEIRA, C. E. Germinação *in vitro* e em casa de vegetação de *Eugenia dysenterica*. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 53., 2002, Recife. **Resumos...** Recife: Sociedade Botânica do Brasil, 2002. p. 78.
- SILVA, F. A. B.; SILVEIRA, C. E. Micropopulação de *Alibertia edulis* Rich. (marmeleiro - Rubiaceae). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 54., 2003, Belém. **Resumos...** Belém: Sociedade Botânica do Brasil, 2003. 1 CD-ROM.
- SILVA, J. A. da; FONSECA, C. E. L. **Propagação vegetativa do pequi-eiro**: enxertia em garfagem lateral e no topo. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1991. 4 p. (Embrapa-CPAC. Pesquisa em Andamento, 53).
- SILVA, J. A. da; RIBEIRO, J. F.; ALBINO, J. C. **Germinação de sementes de buriti**: escarifar pode ser a solução. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1986. 6 p. (Embrapa-CPAC. Pesquisa em Andamento, 20).
- SILVA, J. A. da; SILVA, D. B. da; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. de. **Coleta de sementes, produção de mudas e plantio de espécies frutíferas nativas dos Cerrados**: informações exploratórias. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1992. 23 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 44).
- SILVA, J. A. da; SILVA, D. B. da; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. de. **Frutas nativas dos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC; Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 166 p.
- SILVA, J. C. S.; FELIPPE, G. M. Germination of *Stylosanthes macrocephala*. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 9, p. 263-268, 1986.
- SILVA JR., M. C. da; SANTOS, G. C. dos; NOGUEIRA, p. E.; MUNHOZ, C. B. R.; RAMOS, A. E. **100 Árvores do Cerrado**: guia de campo. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005. 278 p.
- SILVEIRA, C. E.; CALDAS, L. S.; AMARAL, L. I. V. Efeito de 6-benzilamino purina na proliferação *in vitro* de brotos de *Bowdichia virgilioides* Kunth (sucupira-preta). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 47., 1996, Nova Friburgo. **Resumos...** Nova Friburgo: Sociedade Botânica do Brasil, 1996. p. 436.
- SILVEIRA, F. A. O.; NEGREIROS, D.; FERNANDES, G. W. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Marctetia taxifolia* (A.St.-Hil.) DC. (Melastomataceae). **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 18, n. 4, p. 847-851, 2004.
- SOUZA-SILVA, J. C.; RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; ANTUNES, N. B. Germinação de sementes e emergência de plântulas de espécies arbóreas e arbustivas que ocorrem em Matas de Galeria. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado**: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 379-422.
- SOUZA-SILVA, J. C.; SALGADO, M. A. S.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; FRANCO, A. C. Desenvolvimento inicial de *Cabralea canjerana* Saldanha em diferentes condições de luz. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 4, p. 80-89, 1999.
- TOLEDO, F. F.; MARCOS FILHO, J. **Manual de sementes**: tecnologia da produção. São Paulo: Ceres, 1977. 223 p.
- TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa Produção de Informação: Centro Brasileiro Argentino de Biotecnologia, 1998. v. 1, 509 p.
- VALIO, I. F. M. Effect of endogenous coumarin on the germination of seeds of *Coumarouna odorata* Aublet. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 24, p. 442-449, 1973.
- VALIO, I. F. M.; JOLY, C. A. Light sensitivity of the seeds on the distribution of *Cecropia glaziovii*

Snethlange (Moraceae). **Zeitschrift für Pflanzenphysiologie**, Berlin, v. 91, p. 371-376, 1979.

VALIO, I. F. M.; MORAES, v. Sobre o sistema reprodutivo de plantas de Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 219-224, 1966. Suplemento.

WALTERS, C. Levels of recalcitrance in seeds. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, p. 7-21, 2000. Número especial.

WETZEL, M. M. V. S. **Época de dispersão e fisiologia de sementes do Cerrado**. 1997. 168 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

## Capítulo 12

# **Frutas Nativas do Cerrado**

## **Caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes**

*Semíramis Pedrosa de Almeida  
Tânia da Silveira Agostini Costa  
José Antônio da Silva*



## Introdução<sup>1</sup>

O hábito alimentar da população do Centro-Oeste brasileiro conserva em parte a cultura alimentar do homem primitivo, uma vez que as frutas do Cerrado continuam presentes na sua dieta, ainda que em escala bem reduzida. Esse fato tem sido constatado em trabalhos realizados entre a população rural do Entorno de Brasília, DF, em cidades de Goiás e no oeste da Bahia (Almeida et al., 1990), bem como na divisa com Mato Grosso. Atualmente, esse recurso alimentar já está escasso nas proximidades das residências das populações dessa região, em decorrência de outras formas de destinação dos solos. A expansão contínua da fronteira agrícola em direção ao Cerrado, a partir da década de 1970, tem, por sua vez, contribuído bastante para essa restrição.

A população do Cerrado consome frutas nativas tanto ao natural quanto na forma de doces, vitaminas, mingaus, bolos, pães, biscoitos, geléias e licores (Almeida et al., 1990; Culinária do Cerrado, 1992; Almeida e Silva, 1994).

Atualmente, porém, grande parte da população urbana, principalmente a de jovens, desconhece as plantas do Cerrado e sua utilização. Isso foi verificado em contatos com estudantes de diversas instituições de ensino do Distrito Federal e de outros estados da região. Daí a importância de resgatar e repassar esse acervo cultural para as futuras gerações.

O objetivo deste trabalho, portanto, foi o de avaliar os componentes físico-químicos de algumas frutas nativas do Cerrado, visando contribuir para alguns programas de alimentação e nutrição regional, bem como para oferecer subsídios aos trabalhos de melhoramento de fruteiras.

## Classificação, fontes, funções e inter-relações dos alimentos

Cumpre lembrar, antes de tudo, que alimento e nutriente são conceitos bem distintos. Alimento é aquilo que se ingere, enquanto nutriente são os componentes desse alimento, ou seja, as vitaminas, os sais minerais, as gorduras, os carboidratos e

as proteínas. A qualidade nutricional está relacionada também à disponibilidade e à digestibilidade dos nutrientes pelo organismo humano. É isso que faz do alimento um fator importante para a saúde. Por isso, a educação alimentar deve ser incentivada para melhorar os hábitos alimentares da coletividade, colaborando para reduzir a mortalidade infantil, gerando maior resistência a infecções e maior produtividade no trabalho (Franco, 1992). Infelizmente, a qualidade nutricional ainda não é um dos atributos considerados na cadeia de comercialização de frutas. Pouca ênfase tem sido dada aos programas de melhoramento genético, que, em geral, visam principalmente à produtividade elevada e à resistência a patógenos, além de aspectos visuais e de outros atributos sensoriais, que exercem atração sobre os consumidores.

Classificam-se os alimentos em três grupos, conforme sua função no organismo: os alimentos plásticos ou produtores de tecidos, os reguladores e os energéticos. A função dos alimentos plásticos está vinculada aos processos de crescimento, desenvolvimento e reparação dos tecidos. Fazem parte desse grupo os alimentos que são fontes protéicas, encontradas principalmente nas carnes, no leite, nos ovos e em alguns vegetais. A qualidade dessa proteína, no entanto, depende do perfil dos aminoácidos, da biodigestibilidade e da biodisponibilidade do alimento ingerido (Sgarbieri, 1987).

Os alimentos energéticos fornecem as calorias necessárias à manutenção da temperatura do organismo em atividade ou em repouso. Essa função é exercida, sobretudo, pelos lipídios e glicídios, cujas fontes principais são as gorduras, as massas e os açúcares (Evangelista, 1992).

Os alimentos reguladores têm função reguladora sobre os processos orgânicos. Essa função é exercida pelas vitaminas, pelos minerais e pelas fibras, encontrados principalmente nas frutas e nas hortaliças.

Aos conceitos acima foram acrescentados, ultimamente, o de “alimentos funcionais”, que propiciam benefícios fisiológicos adicionais, tais como a prevenção de doenças crônico-degenerativas, podendo ou não atender às necessidades

<sup>1</sup> Revisor técnico: Marileusa D. Chiarello.

nutricionais do metabolismo básico. Frutas e vegetais são fontes de muitos compostos antioxidantes; dietas ricas nesses alimentos estão sendo associadas à redução do risco de câncer e de doenças coronárias. Os radicais livres são agentes oxidantes reativos, continuamente produzidos nos organismos vivos; essa produção é incrementada em situação de estresse. Para capturar esses radicais livres, os tecidos aeróbicos produzem enzimas antioxidantes, tais como a superóxido dismutase e a glutationa transferase, que apresentam zinco e selênio em sua estrutura; o organismo também adquire, por meio de fontes exógenas, outras substâncias bioativas, tais como a vitamina C, a vitamina E, os carotenóides e os flavonóides, que são capazes de seqüestrar os agentes oxidantes reativos. O grau da perda orgânica resultante de um desequilíbrio temporário, que pode favorecer o desenvolvimento de doenças, depende da eficiência da resposta do sistema antioxidant no organismo humano (FAO, 2002; Lajolo, 2002).

As vitaminas, as fibras, os minerais e os antioxidantes constituem a principal contribuição das frutas à nutrição humana. Os conteúdos desses componentes apresentam notáveis variações, não apenas entre as espécies, mas também entre as cultivares e/ou as populações.

As fibras fazem parte do grupo dos alimentos reguladores. As fibras dietéticas são formadas principalmente por compostos procedentes das paredes celulares vegetais, como pectinas, gomas, mucilagens e ligninas, que não são absorvidas no intestino delgado, mas podem ser fermentadas por bactérias. Os fruooligossacarídeos, presentes em alguns vegetais, como banana, chicória e raiz de yacon, são fibras dietéticas que estão recebendo atenção especial como alimentos funcionais. São chamados de prebióticos, ou seja, são oligossacarídeos não-digeríveis que estimulam o crescimento de bifidobactérias no cólon. Essas bactérias, ou probióticos, ocorrem naturalmente no intestino humano e sua presença é benéfica para a saúde, pois previne a colonização do cólon por espécies patogênicas (FAO, 1999; Passos e Park, 2003).

Em muitos casos, além de prevenir a prisão de ventre, as fibras podem evitar o desenvolvimento de divertículos e de câncer no intestino grosso. Ainda não está comprovado que o câncer do reto e o do cólon sejam resultantes da falta de

fibra na dieta, porém, há evidências de que populações com dieta rica em fibras têm baixa incidência dessa doença. A maioria dos tipos comuns de hemorróida é atribuída à prisão de ventre crônica. Pesquisas recentes demonstram que o homem vem consumindo menor quantidade de fibras e, por essa razão, tem ocorrido maior incidência de infecções intestinais. Estudos relacionados ao papel das fibras vegetais, desenvolvidos na África, constatam que algumas doenças freqüentes no mundo ocidental (diverticulite, câncer de cólon, diabetes, hipertensão arterial) são raras entre as populações rurais africanas que usam alimentos e dieta rica em glicídios e fibras vegetais (Franco, 1992). Deve-se, portanto, dar preferência à maior ingestão de fibras provenientes de vários alimentos, como frutas, vegetais, pão integral, farelo de cereais e arroz integral.

O potássio constitui o elemento mineral mais abundante das frutas e seu conteúdo pode variar de 60 mg a 600 mg/100 g. Os elementos minerais podem exercer uma influência notável sobre a qualidade das frutas durante o crescimento, podendo influir, também, sobre a qualidade pós-colheita. O cálcio pode exercer influência marcante sobre a textura. Componentes metálicos influenciam poderosamente a cor. Traços de metais formam as metaloenzimas tissulares que controlam a atividade metabólica dos vegetais durante o armazenamento e podem provocar alterações enzimáticas pós-colheita.

Em relação às necessidades orgânicas, o cálcio é o mineral mais abundante no corpo humano, representando cerca de 2 % do seu peso. Isso corresponde, aproximadamente, a 1.250 g, das quais 99 % estão nos ossos e dentes e cerca de 1 % nos tecidos moles (Holmes, 1983). Tem importante função na formação da estrutura dos ossos e dos dentes, além de papel preponderante na coagulação sangüínea, no funcionamento do tecido nervoso, na contração muscular e nas funções cardíacas. A maior incidência de cárries dentárias em mulheres grávidas se deve ao fato de o cálcio ser absorvido pelo feto, cujas necessidades são supridas prioritariamente. Pode ocorrer também em mulheres na pós-menopausa ou em pessoas idosas (Holmes, 1983; Flynn, 1992).

Outro mineral importante para a saúde humana é o fósforo, do qual cerca de 80 % estão concen-

trados nos dentes e nos ossos. O corpo mantém quase constante a proporção de 1,5:1,0 de cálcio e fósforo, sendo vital para promover o desenvolvimento e a manutenção dos ossos. Uma das suas funções mais importantes é a formação e o estoque de energia (Holmes, 1983).

O ferro, por sua vez, tem a importante função de se combinar com a proteína para formar a hemoglobina e conduzir o oxigênio ao sangue. Cerca de 85 % do seu total no corpo é usado nessa função, enquanto 5 % encontra-se nas proteínas dos músculos. Uma porção do cérebro contém, igualmente, alta porcentagem desse elemento. A sua deficiência resulta em anemia, que é evidenciada pela palidez da pele, das membranas, da mucosa, além de fraqueza, fadiga e respiração curta, decorrente da falta de oxigênio. Anemia por deficiência de ferro é um problema comum entre gestantes, pois, nesse período, aumenta a carência desse mineral, requerendo a gestante, por isso, de uma suplementação. O excesso de ferro, porém, pode ser grave ou fatal em pessoas acometidas com mal de Parkinson, cirrose e talassemia, entre outras doenças (Holmes, 1983).

Um aspecto importante a ser considerado na dieta é que os nutrientes encontram-se interrelacionados e em equilíbrio na fisiologia humana, não podendo ser considerados isoladamente como proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas e sais minerais (Burton, 1979). Assim, a vitamina C interfere no metabolismo do ferro, da glicose e de outros glicídios. Há correlações entre proteínas, gorduras e carboidratos, sendo esses três grupos os responsáveis pelo fornecimento de calorias ao organismo, para a manutenção das funções orgânicas e o desempenho de atividades no processo metabólico, fazendo que, na falta de um deles, o organismo se utilize do outro para continuar a produção de energia (Kalil et al., 1979).

Alguns carotenóides podem ser convertidos em retinal (forma aldeídica da vitamina A<sub>1</sub>) na mucosa intestinal e, como tal, desempenham uma importante função nutricional; a absorção intestinal desses compostos é influenciada pela disponibilidade de gorduras e proteínas. A absorção do cálcio é favorecida pela presença da vitamina D, essencial à deposição na matriz dos ossos.

Há correlação funcional entre cálcio, potássio, sódio e magnésio, indispensável à manutenção da normalidade metabólica (Holmes, 1983; Franco, 1992). Altos níveis de cálcio podem interferir na absorção do zinco, ferro e manganês. O fósforo interage com o cálcio, a vitamina D e o magnésio em processos relacionados ao crescimento e à manutenção dos ossos. Em seu metabolismo, envolve a vitamina D e os hormônios calcitonina e paratireo, atuantes no intestino, nos ossos e nos rins (Flynn, 1992). Como cálcio e fósforo são interdependentes (Holmes, 1983), é desejável encontrar alimentos com ambos, sendo o leite e derivados, ovos, peixes, feijão e ervilha, tidos como boas fontes. Carnes bovinas e aves domésticas possuem altos valores em fósforo, mas não em cálcio. O cálcio, o fósforo e o magnésio atuam juntos para o crescimento normal e a manutenção da estrutura dos ossos. O magnésio é um componente das partes moles, assim como dos ossos. Tanto a musculatura cardíaca e esquelética quanto o tecido nervoso dependem de um equilíbrio apropriado entre íons de cálcio e magnésio para um funcionamento normal (Burton, 1979; Flynn, 1992).

A osteoporose ou desmineralização óssea é um distúrbio que resulta num decréscimo gradual da massa óssea e da resistência dos ossos e, geralmente, vitima pessoas idosas. Estando os ossos desmineralizados, fracos e porosos, favorece muitas deformidades da coluna vertebral e fraturas em pessoas idosas, mesmo sem se exporem a grandes esforços físicos. Vários fatores são aceitos como precursores da osteoporose. No passado, a ênfase foi dada principalmente às mudanças hormonais da velhice e, nos últimos anos, a subnutrição crônica de cálcio foi também reconhecida como importante fator. Há evidências, no entanto, de que a desmineralização provocada pela osteoporose pode ser resultado de um balanço negativo prolongado de cálcio (Burton, 1979; National Research Council, 1989). A redução da atividade física na velhice também contribui para a desmineralização óssea. Para prevenir o risco de osteoporose em idade avançada (Flynn, 1992), a maioria das bases nutricionais promissoras recomenda a ingestão de alimentos ricos em cálcio durante os anos de formação, da infância aos 25 anos, o que permite

o desenvolvimento da massa óssea geneticamente programada.

## Umidade, proteína e extrato etéreo

A determinação da água nos alimentos representa uma medida analítica importante no controle da elaboração e da qualidade dos alimentos, pois serve de índice de qualidade e quantidade do alimento para o consumidor e de índice de estabilidade para o produtor. A umidade desempenha importante papel em muitas reações de deterioração de alimentos. A escolha das condições mais convenientes para um correto balanço de custos *versus* qualidade está diretamente relacionada à umidade relativa e a outros parâmetros como transporte, estocagem, movimentação de ar e certas propriedades do produto, que por sua vez estão ligados à redução de perdas (Neves Filho, 1992).

Na composição centesimal de frutas nativas do Cerrado, observa-se que, em geral, a umidade é o componente principal (Tabela 1). Polpas de cinco frutas apresentaram teores altos de umidade: cagaita (95 %), mangaba (88 %), araticum (76 %), buriti (75 %) e pequi (56 %). As de jatobá, de baru e de amêndoas de baru apresentaram teores mais baixos, variando de 12 %, 6 % e 5 %, respectivamente.

As polpas das frutas, de maneira geral, não são consideradas boas fontes protéicas e, entre as analisadas, as de jatobá se destacaram com cerca de 6 %, seguindo-se as de baru e as de pequi, com 3,87 % e 2,64 %, respectivamente.

Esses valores decresceram nas de buriti (1,6 %) e araticum (1,3 %). As polpas de cagaita e mangaba apresentaram teor protéico abaixo de 1 %. Já na amêndoas de baru, foi detectado alto teor protéico, de 24 % (Tabela 1).

Os lipídios englobam óleos e gorduras vegetais e animais, além de substâncias similares, presentes nos alimentos. Em geral, os principais componentes dos lipídios são derivados de ácidos graxos. O resíduo obtido na análise de laboratório não é formado unicamente por lipídios, mas também por outros constituintes extraíveis, tais como esteróis, fosfatídios, vitaminas lipossolúveis, carotenóides, óleos essenciais, entre outros. As quantidades desses componentes são desprezíveis em relação aos lipídios, mas, como em vários alimentos pode haver presença significativa deles, é mais apropriado denominá-los extrato etéreo, que dará idéia do teor de lipídios no alimento (Embrapa, 1991).

Comparando as polpas dos materiais examinados, verifica-se que a de pequi apresentou maior teor lipídico, com cerca de 20 %. As demais variaram de 5 % a menos de 1 %. A amêndoas de baru contém 38 % de lipídio, teor bem mais elevado que o das polpas (Tabela 1). Esse teor é mais elevado que o da soja (17,70 %) e o do feijão-amarelo (1,67 %), e mais baixo do que o da castanha-do-pará (67,0 %) e o da castanha-de-caju torrada (47,20 %) (Tabela 2).

Na Tabela 2, compararam-se amêndoas de baru, castanha-de-caju, castanha-do-pará, feijão-amarelo e soja. Em proteína, a amêndoas de baru é superior à castanha-de-caju, à castanha-do-pará

**Tabela 1.** Composição centesimal de frutas nativas do Cerrado (g/100 g de matéria úmida).

Frutas	Umidade	Proteína	Extrato etéreo	Cinza	Fibras	Carboidratos totais	Valor calórico* (cal/100 g)
			%				
Araticum (polpa)	76,32	1,28	2,9	0,61	1,66	21,50	87
Baru (polpa)	24,84	3,87	1,52	1,93	2,58	67,84	290
Baru (amêndoas)	8,90	24,57	38,11	2,62	17,10	25,80	476
Buriti (polpa)	75,18	1,58	5,09	0,96	9,06	17,19	85
Cagaita (polpa)	95,01	0,98	NR	0,22	0,23	NR	NR
Jatobá (polpa)	12,95	6,41	2,12	4,20	13,07	74,87	292
Mangaba (polpa)	88,72	0,80	1,55	0,52	0,57	8,41	49
Pequi (polpa)	56,77	2,64	20,21	0,72	11,60	19,66	225

Calorias = [proteína (g) \* 4 kcal] + [extrato etéreo (g) \* 9 kcal] + [(carboidrato total (g) - fibras (g)) \* 4 (kcal)] (Mitchell et al., 1978); NR - não realizado.

e ao feijão-amarelo; em cálcio, situa-se acima da castanha-de-caju; em ferro, equivale à castanha-do-pará e suplanta a castanha-de-caju e o feijão.

## Carboidratos totais e valor calórico

A amêndoia de baru, as polpas de jatobá e de pequi apresentaram porcentagem alta de fibra bruta, da ordem de 17 %, 13 % e 11 %, respectivamente. A polpa de buriti também possui considerável porcentagem de fibra bruta (9 %), enquanto os outros materiais mostraram, em suas polpas, teores abaixo de 3 % (Tabela 1). Comparando o teor de fibra das frutas do Cerrado, verifica-se que a amêndoia de baru, a polpa de jatobá e a de pequi apresentaram valores mais elevados que os sete materiais cultivados e utilizados na dieta da população do Cerrado (gergelim, goiaba, feijão-fradinho, soja, castanha-do-pará, jaca e amendoim). Somente o maracujá equivale à amêndoia de baru (Tabela 3).

As fibras concentram-se nas paredes celulares dos produtos de origem vegetal e dão forma à

estrutura das frutas e das hortaliças. Não são absorvidas pelo organismo, não têm valor nutricional, porém exercem grande influência sobre importantes funções orgânicas (Chitarra e Chitarra, 1990; Evangelista, 1992).

As fibras classificam-se em solúveis e insolúveis. As solúveis em água são representadas pela pectina, as gomas e certas hemiceluloses, presentes em feijão, frutas, aveia, cevada, além dos fruto-oligossacarídeos. As insolúveis são constituídas pela celulose, hemicelulose e lignina e são encontradas nas verduras e na maioria dos grãos. Cada grupo desempenha um papel funcional no intestino (Franco, 1992). Enquanto as solúveis retardam o esvaziamento gástrico e a velocidade do trânsito intestinal, as insolúveis parecem acelerá-lo (Evangelista, 1992).

Em carboidratos totais, sobressaíram as polpas de jatobá (74,87 %) e de baru (67,84 %). Valores intermediários foram obtidos nas polpas de araticum (21,50 %), de pequi (19,66 %) e de buriti (17,19 %). Valores mais baixos foram encontrados na polpa de mangaba (8,41 %). A amêndoia de baru apresentou 25,80 % (Tabela 1).

**Tabela 2.** Composição química e valor energético da amêndoia de baru, da castanha-de-caju, do feijão, da soja e da castanha-do-pará.

Material (100 g)	Caloria (cal)	Proteína (g)	Lipídio (g)	Cálcio (mg)	Fósforo (mg)	Ferro (mg)
Baru (amêndoia)	476,0	24,57	38,11	189,9	364,2	5,2
Castanha-de-caju <sup>(1)</sup>	556,2	17,89	37,0	24,0	580,0	1,80
Feijão-amarelo <sup>(1)</sup>	340,1	14,20	1,67	347,0	478,0	4,75
Soja <sup>(1)</sup>	395,0	36,10	17,70	226,0	546,0	8,80
Castanha-do-pará <sup>(1)</sup>	699,0	17,0	67,0	172,0	746,0	5,0

<sup>(1)</sup> Fonte: Franco (1992).

**Tabela 3.** Teor de fibra bruta em frutas nativas e cultivadas do Cerrado (g/100 g).

Frutas nativas	Teor de fibra	Frutas cultivadas <sup>(1)</sup>	Teor de fibra
Baru (amêndoia)	17,10	Maracujá	16,9
Jatobá (polpa)	13,07	Gergelim (semente)	5,3
Pequi (polpa)	11,60	Goiaba	5,3
Buriti (polpa)	9,06	Feijão-fradinho	4,9
Baru (polpa)	2,58	Soja	4,2
Araticum (polpa)	1,66	Castanha-do-pará	3,4
Mangaba (polpa)	0,57	Jaca	3,4
Cagaita (polpa)	0,23	Amendoim cru	2,9

<sup>(1)</sup> Fonte: Franco (1992).

A principal transformação quantitativa durante a maturação das frutas é a decomposição de carboidratos, principalmente a conversão do amido em açúcares solúveis, cuja transformação tem efeito no seu sabor e na sua textura. As frutas, de maneira geral, contêm amido, que é reduzido de forma acentuada durante a maturação; teores de 20 % a 25 % na fruta verde são reduzidos para 0,2 % a 1,5 % na madura, enquanto os teores de açúcares solúveis resultam em crescente aumento (Cereda et al., 1984).

As farinhas são fontes de carboidratos que fazem parte tradicionalmente da dieta dos brasileiros, concentrando seu consumo sobretudo em regiões carentes do País. Quatro tipos de farinha são bastante utilizadas na região central do Brasil: farinha de mandioca, de milho, de trigo e de arroz. A polpa farinácea do jatobá é de uso muito restrito em relação às farinhas tradicionais. Todas são de alto valor energético, baixo teor protéico e razoável teor em minerais.

A composição de 100 g de polpa farinácea de jatobá apresentou elevado teor de cálcio (245 mg), ou seja, muito superior ao das demais farinhas. Representa seis vezes mais que a farinha de arroz descorticado e dez vezes mais que o das farinhas de trigo, de milho e de mandioca. Em ferro, também é superior às demais farinhas (Tabela 4). Essa polpa é utilizada em mingaus, bolos e pães. Poderia então ser uma alternativa alimentar para crianças em fase de desenvolvimento, pelo alto suprimento de calorias, cálcio, fósforo e ferro. No entanto, torna-se imprescindível avaliar a biodisponibilidade desses nutrientes, pois, ao contrário das farinhas tradicionais, que possuem basicamente amido, a farinha de jatobá, por conter

relativamente maior quantidade de fibras, pode interferir na absorção sobretudo dos micronutrientes.

Uma classificação de frutas e hortaliças, sob o ponto de vista dietético e dietoterápico, considerando principalmente o seu teor de carboidratos e calorias, é apresentada por Franco (1992). Os vegetais do grupo A apresentam no máximo 5 % de carboidratos; os do grupo B, de 5 % a 10 %, e os do grupo C, mais de 10 %. Neste último grupo, caracterizado pelo poder de saciedade que confere ao organismo, podem ser incluídas cinco das polpas analisadas: de jatobá (74,87 %), de baru (67,84 %), de araticum (21,50 %), de pequi (19,66 %) e de buriti (17,19 %) (Tabela 1). Os vegetais desse grupo tradicionalmente consumidos são: mandioca, batata-inglesa, batata-doce, cará e inhame. A mangaba, com 8,41 % de carboidrato, situa-se no grupo B, junto com ameixa, amora, banana, caqui, cupuaçu, figo, umbu, graviola, maçã, mamão, manga e uva, entre outras.

A energia necessária para o homem manter a temperatura do corpo, realizar trabalho orgânico e desenvolver suas atividades é retirada principalmente dos grupos de alimentos energéticos, como as gorduras (lipídios) e os carboidratos. O valor calórico é dado pela soma das calorias fornecidas pelos nutrientes de cada alimento, sob a forma de proteínas, gorduras e carboidratos. Vitaminas, minerais e água não participam desse processo, mas são indispensáveis como reguladores das várias reações, influenciando no aproveitamento dos outros nutrientes (Kalil et al., 1979).

Dos materiais analisados, a amêndoia de baru foi a que apresentou maior valor calórico

**Tabela 4.** Composição química e valor energético da polpa farinácea de jatobá, e das farinhas de mandioca, de milho, de trigo e de arroz.

Farinhas (100 g)	Calorias (cal)	Proteína (g)	Lipídio (g)	Cálcio (mg)	Fósforo (mg)	Ferro (mg)
Polpa farinácea de jatobá	292,0	6,4	NR	245	92	2,0
Farinha de mandioca dessecada <sup>(1)</sup>	336,8	2,2	0,05	21	125	0,80
Farinha de milho branco <sup>(1)</sup>	365,0	8,3	1,10	11	87	0,20
Farinha de trigo 70 % de extração <sup>(1)</sup>	358,4	12,0	1,0	20	97	1,10
Farinha de arroz descorticado <sup>(1)</sup>	338,7	5,0	2,10	36	80	1,05

NR - análise não realizada.

<sup>(1)</sup> Fonte: Franco (1992).

(476 calorias), enquanto a polpa de mangaba, o menor (49 calorias). Valores intermediários apresentaram as polpas de jatobá, de baru e de buriti, com 292, 290 e 85 calorias, respectivamente (Tabela 1).

### Sólidos solúveis totais, açúcares totais, redutores e pectina

Os sólidos solúveis indicam a quantidade em gramas dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou na polpa. São comumente designados como graus Brix e têm tendência de aumentar com a maturação (Cereda et al., 1984; Chitarra e Chitarra, 1990). O maior teor em sólidos solúveis dos materiais analisados foi encontrado na polpa de baru, com 22 °Brix, seguido da amêndoia de baru, com 12 °Brix e da polpa de mangaba, com 10,8 °Brix. Em menores teores, a polpa de cagaita e a de araticum, com 5,6 °Brix e 4,0 °Brix, respectivamente (Tabela 5).

Para a indústria, a relação sólidos solúveis/acidez é uma das melhores formas para avaliar o sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou de acidez. É utilizada não só para avaliar a palatabilidade, como também, junto a outros parâmetros, para definir o amadurecimento mínimo padrão no comércio de frutas frescas e o padrão de qualidade para as frutas processadas. Essa relação dá uma idéia clara do equilíbrio entre esses dois componentes, porém, deve-se especificar o teor mínimo de sólidos e o máximo de acidez (Cereda et al., 1984; Chitarra e Chitarra, 1990). A relação entre o conteúdo de

sólidos solúveis totais (em Brix) e a acidez total titulável (em porcentagem de ácido cítrico), designada como relação Brix/acidez, tem sido largamente utilizada e aceita como índice usual da qualidade das frutas cítricas (Chitarra e Chitarra, 1984, 1990). Essa relação aumenta com o amadurecimento, pelo decréscimo na acidez, fato que permite uma relação elevada em frutas que contêm alto teor de sólidos solúveis. Durante a maturação de laranjas, por exemplo, as principais mudanças na composição até o período ótimo de colheita são os pequenos aumentos na concentração dos sólidos solúveis, acompanhados por um decréscimo na acidez total, o que promove uma relação Brix/acidez crescente, com o advento da maturidade. A abundância de chuvas ou a irrigação durante o período de amadurecimento parecem promover uma diluição acentuada nos sólidos solúveis totais e nos ácidos das frutas (Chitarra e Chitarra, 1990).

É importante conhecer o teor específico de açúcares (glicose, frutose e sacarose) quando se deseja quantificar o grau de docura do produto, uma vez que o poder adoçante desses açúcares é variável. Junto à acidez, o teor de açúcares totais é uma medida mais direta do *flavor* do que a relação sólidos solúveis/acidez. Normalmente, constitui 65 % a 85 % do teor de sólidos solúveis totais (Chitarra e Chitarra, 1990).

Há um grau de docura bastante variável entre as frutas. Das cinco frutas analisadas, a polpa de araticum apresentou o teor mais alto em açúcares totais (12,8%), seguida da polpa de mangaba e da de cagaita (8,9 % e 5,1 %, respectivamente).

**Tabela 5.** Características físico-químicas das frutas nativas do Cerrado.

Frutas	pH	Sólidos solúveis totais (°Brix)	Açúcares redutores (g/100 g)	Açúcares totais (g/100 g)	Pectina (g/100 g)	Tanino (g/100 g)	Caroteno (mg/100 g)
Araticum (polpa)	4,70	18,9	11,3	12,8	ND	0,25	0,84
Baru (polpa)	5,49	22,0	14,9	NR	ND	0,45	0,18
Baru (amêndoia)	6,11	12,0	5,6	7,58	ND	0,87	0,28
Buriti (polpa)	3,50	NR	NR	NR	0,41	1,11	16,70
Cagaita (polpa)	2,83	5,6	2,6	5,05	0,19	0,44	1,34
Jatobá (polpa)	NR	NR	NR	NR	NR	0,33	NR
Mangaba (polpa)	3,26	10,8	NR	8,9	0,81	0,29	0,43
Pequi (polpa)	5,60	NR	NR	NR	2,23	0,17	7,46

NR – análise não realizada; ND – não detectado.

O teor da amêndoia de baru ficou acima da mangaba, com 7,6 %. Em relação aos açúcares redutores (açúcares solúveis), destacou-se a polpa de baru, com 14,9 % (Tabela 5).

Comparando o amadurecimento natural com o artificial do buriti, Souza et al. (1984) concluíram que o teor de açúcares totais aumentou durante os dois estádios de amadurecimento, havendo concomitante decréscimo no teor de amido, quando comparado ao fruto semimaduro (“de vez”). O aumento no teor de açúcares totais na polpa foi maior no fruto amadurecido naturalmente (72,94 %) do que no climatizado (38,61 %).

Pectina, sólidos solúveis, sólidos insolúveis e acidez são também parâmetros importantes para a industrialização e a comercialização das frutas. Junto às fibras insolúveis, a pectina ou fibra solúvel contribui para a firmeza das frutas. Durante a maturação, as pectinas, como principais componentes químicos dos tecidos, responsáveis pelas mudanças de textura, são hidrolisadas, ocorrendo a perda de firmeza das frutas. Portanto, o processo de amaciamento está relacionado às mudanças que ocorrem nos diferentes componentes das paredes celulares, principalmente pectina, celulose, hemicelulose, pentosanas, hexosanas. Essas frações (Esteves et al., 1984b) são responsáveis pela textura das frutas e correspondem aos sólidos insolúveis que sofrem modificações com o estádio de maturação. Sendo um dos elementos responsáveis pela geleificação ou como substâncias estabilizadoras de suco, as substâncias pécticas, em particular a pectina, são importantes como matéria-prima destinada à indústria para o preparo de geleias (Chitarra e Chitarra, 1990; Evangelista, 1992).

Das quatro polpas analisadas, o teor mais elevado de pectina foi encontrado na polpa de pequi, com 2,23 %, ao passo que os valores das polpas de buriti, cagaita e mangaba apresentaram teores abaixo de 1 % (Tabela 6). Comparando o teor de pectina das frutas analisadas com o de outras cultivadas naturalmente, utilizadas na dieta dos brasileiros, verifica-se que o teor da polpa de pequi quase equivale ao da laranja (2,23 % e 2,36 %, respectivamente). Os valores das demais cultivadas e nativas, embora variem, ficaram abaixo de 1 % (Tabela 6).

**Tabela 6.** Conteúdo de pectina em algumas frutas nativas do Cerrado e em frutas cultivadas (g/100 g).

Nativas do Cerrado	Pectina (%)	Cultivadas <sup>(1)</sup>	Pectina (%)
Pequi (polpa)	2,23	Laranja	2,36
Mangaba (polpa)	0,81	Banana	0,94
Buriti (polpa)	0,41	Maçã	0,78
Cagaita (polpa)	0,19	Ameixa	0,44
Araticum (polpa)	ND	Pêssego	0,39
Baru (polpa)	ND	Abacaxi	0,09
Baru (amêndoia)	ND	Melancia	0,18

ND – não detectado.

<sup>(1)</sup> Fonte: Reiser (1987).

## Composição em ácidos graxos

A Tabela 7 apresenta a composição em ácidos graxos nos componentes das frutas do Cerrado, variando a porcentagem em ácidos monoinsaturados e poliinsaturados.

Na polpa de araticum, cerca de 80 % dos ácidos graxos são monoinsaturados, 15 % saturados e 4 % poliinsaturados. Nos monoinsaturados, destaca-se o ácido oléico; nos saturados, o palmítico; e nos poliinsaturados, o linolênico.

Na fração lipídica da polpa de baru, os ácidos monoinsaturados estão em maior porcentagem, com cerca de 50 % (maior porcentagem de ácido oléico); com 42 % de saturados (maior participação de ácido palmítico); e com 4 % de poliinsaturados (ácido linololéico). Na amêndoia de baru, cerca de 48 % são de ácidos monoinsaturados, representados totalmente pelo ácido oléico; 31 % são de poliinsaturado ácido linoléico; e 17 %, de saturados, com participação semelhante à dos ácidos palmítico e esteárico.

A fração lipídica da polpa de buriti contém 73 % de ácidos monoinsaturados, com participação total do ácido oléico; 22 % de saturados, cujo principal componente é o ácido palmítico; e 4 % de poliinsaturado, com porcentagem maior do ácido linoléico.

Na fração lipídica da polpa de cagaita, a maior porcentagem é de ácidos monoinsaturados, com 50 %, tendo maior contribuição do ácido oléico; 27 % de saturados, com maior participação do ácido palmítico; e 22 % de poliinsaturados, com participação quase igual à dos ácidos linoléico e linolênico.

**Tabela 7.** Composição de ácidos graxos em frutas nativas do Cerrado (% total de ácidos graxos).

Ácidos graxos	Fórmula <sup>(1)</sup> molecular	Araticum (polpa)	Baru (polpa)	Baru (amêndoа)	Buriti (polpa)	Cagaita (polpa)	Mangaba (polpa)	Pequi (polpa)
<b>Saturados</b>								
Cáprico	(C10:0)	-	3,77	-	-	-	-	-
Láurico	(C12:0)	0,53	1,22	-	-	0,44	2,25	-
Tridecanóico	(C13:0)	2,42	2,14	-	-	-	-	-
Mirístico	(C14:0)	-	2,27	-	0,12	0,78	1,03	-
Pentedecanóico	(C15:0)	-	0,74	-	-	-	1,78	-
Palmítico	(C16:0)	9,84	18,77	6,70	19,79	24,42	29,11	46,79
Margárico	(C17:0)	-	-	-	-	-	-	0,25
Esteárico	(C18:0)	2,84	3,90	6,05	1,83	2,07	4,10	1,85
Araquídico	(C20:0)	-	2,39	1,43	0,58	-	-	-
Heneicosanóico	(C21:0)	-	2,09	-	-	-	-	-
Beênico	(C22:0)	-	5,49	3,27	-	-	-	-
<b>Monoinssaturados</b>								
Caproléico	(C10:1)	-	3,16	-	-	-	-	-
Lauroléico	(C12:1)	-	2,10	-	-	-	-	-
Tridecenóico	(C13:1)	-	1,18	-	-	-	-	-
Miristoleíco	(C14:1)	0,26	-	-	-	-	-	-
Pentadecenóico	(C15:1)	-	1,78	-	-	-	-	-
Palmitoléico	(C16:1)	1,03	5,44	-	-	14,26	-	-
Heptadecenóico	(C17:1)	-	-	-	-	-	-	0,30
Oléico	(C18:1)	79,22	37,09	48,73	72,97	35,67	12,42	51,37
<b>Poliinsaturados</b>								
Linoléico	(C18:2)	0,76	4,45	31,78	3,06	10,50	17,80	1,82
Linolênico	(C18:3)	3,10	-	-	1,66	11,86	8,30	-
Total saturados		15,63	42,78	17,45	22,32	27,71	38,27	48,89
Total monoinsaturados	80,51	50,75	48,73	72,97	49,93	12,42	51,67	
Total poliinsaturados		3,85	4,45	31,78	4,72	22,36	26,10	1,82

<sup>(1)</sup> Fórmula molecular simplificada: os números a esquerda referem-se aos números de carbonos, e os da direita, ao de insaturação da molécula. (-) não detectado.

Ao contrário dos outros materiais, a fração lipídica da polpa de mangaba possui 38 % de ácidos saturados, sendo o ácido palmítico o principal componente; 26 % de poliinsaturados, com participação maior do ácido linoléico; e 12 % do monoinsaturado ácido oléico.

A fração lipídica da polpa de pequi, como a maioria dos materiais analisados, apresentou maior porcentagem de ácidos monoinsaturados, com 51 %, tendo quase que total participação do ácido oléico; 49 % de saturados, cujo principal componente é o ácido palmítico; e cerca de 2 % do poliinsaturado linoléico.

Entre os poliinsaturados, o mais importante foi o ácido linoléico da amêndoа de baru, com cerca de 32 %; em seguida, o linolênico da polpa de cagaita, com cerca de 12 %. Entre os saturados, o ácido palmítico da polpa de pequi foi o que apresentou a porcentagem mais elevada (46 %), seguido das polpas de mangaba e cagaita, com 29 % e 24 %, respectivamente. A porcentagem mais elevada de ácido esteárico foi encontrada

na amêndoа de baru (6 %). O ácido láurico foi o que apresentou as mais baixas porcentagens de todos os ácidos graxos das frutas analisadas, variando de menos de 1 % a 2,25 %. Entre os monoinsaturados, o mais importante foi o ácido oléico e com maior porcentagem na polpa de araticum (79 %).

Resultados próximos aos deste trabalho foram relatados por Togashi (1993), relatando que o óleo da amêndoа de baru contém cerca de 78 % de ácidos graxos insaturados, predominando os ácidos oléico e linoléico.

Observa-se que as polpas de baru e de pequi contêm, predominantemente, ácidos graxos monoinsaturados e saturados, enquanto as polpas de araticum e de buriti apresentam, principalmente, ácidos graxos monoinsaturados. A amêndoа do baru e as polpas de cagaita e de mangaba contêm teores apreciáveis de ácidos graxos poliinsaturados. O araticum, o buriti, a cagaita e a mangaba apresentam dois ácidos graxos essenciais ao homem: o linoléico e o linolênico.

Na indústria alimentícia, o ácido oléico é o mais empregado nos diversos processos, pois fornece produtos de melhor qualidade. Entre as várias aplicações industriais, citam-se: lubrificantes para fibras, lubrificantes de alta tecnologia para equipamentos, cosméticos e intermediários químicos (ésteres, aminas, amidas). A polpa de pequi e a amêndoia de baru contêm altos teores de ácido oléico.

O ácido láurico é o componente característico do óleo da amêndoia de frutas de palmeiras, o qual é matéria-prima valiosa para a indústria de alimentos, na composição de margarinas, sorvetes, ou mesmo para a indústria de transformação, sobretudo de detergentes biodegradáveis, sabões, emulsificantes, entre outros. Há interesse por parte da indústria por fontes alternativas de ácido láurico (Szpir et al., 1980, 1989). Apesar do baixo teor (2,25 %), a polpa da mangaba foi o material que apresentou o mais alto teor desse ácido.

O teor em ácido graxo linoléico presente no óleo da amêndoia de baru (31,78 %) é mais alto do que os teores dos óleos de amendoim e de coco, dos azeites de oliva e de dendê (Tabela 8). Os teores das polpas da mangaba e da cagaita (17,80 % e 10,50 %, respectivamente) são mais altos do que os teores do azeite de oliva e do azeite de dendê. Em ácido linolênico, o óleo da polpa da cagaita apresenta teor mais alto (11,86 %) que os óleos de milho, de girassol, de amendoim, de soja, de oliva e de dendê. Comparando o total de ácidos graxos saturados, verifica-se que o óleo da polpa de pequi é tão saturado quanto o azeite de dendê, enquanto o óleo da polpa de araticum equivale ao óleo de soja (Tabela 8).

Os ácidos graxos são importantes, pois constituem a principal forma de reserva energética do organismo humano. Além da função energética, dois deles são essenciais para o homem: o linoléico e o linolênico (Gurr e Harwood, 1991). São precursores de substâncias que têm papel importante na estrutura de membranas celulares, como componentes de estruturas cerebrais, da retina, do sistema reprodutor e também como precursores de eicosanóides, que são substâncias cuja ação é semelhante à de hormônios, ou seja, mesmo em doses muito baixas desencadeiam respostas fisiológicas potentes (Mead et al., 1986).

Embora os tecidos animais possam sintetizar a maioria dos ácidos graxos saturados e insaturados, eles não podem produzir ácidos graxos insaturados da série linoléico, a não ser que se forneça um precursor na dieta. Se o ácido linoléico é ministrado na dieta, os tecidos podem sintetizar o ácido araquidônico a partir dele. Esse ácido, isoladamente ou junto ao linoléico, é essencial para a manutenção de uma estrutura normal de pele (Burton, 1979). O ácido linoléico é importante para a formação normal das estruturas mielínicas, enquanto o ácido oléico protege a lipoproteína das modificações oxidativas. No homem adulto, a carência dos ácidos graxos poliinsaturados é rara, mas, quando se manifesta, apresenta-se sob a forma de problemas cutâneos, como dermatoses eczematiformes, de difícil cicatrização. Os ácidos graxos monoinsaturados oléico e palmitoléico não são considerados essenciais, e podem ser sintetizados pelo organismo humano a partir de ácidos graxos saturados (Minazzi-Rodrigues e Penteado, 1991).

**Tabela 8.** Ácidos graxos poliinsaturados e saturados de óleos de frutas nativas do Cerrado e de óleos comestíveis comerciais.

Óleos de frutas do Cerrado	Ácidos graxos (%)			Óleos comestíveis comerciais <sup>(1)</sup>	Ácidos graxos (%)		
	Poliinsaturados		Saturados		Poliinsaturados		Saturados
	Linoléico	Linolênico			Linoléico	Linolênico	
Araticum (polpa)	0,75	3,10	15,86	Milho	57,0	1,0	13,0
Baru (polpa)	4,45	ND	42,78	Girassol	56,0	0,3	10,0
Baru (amêndoia)	31,78	ND	17,45	Amendoim	29,0	1,0	19,0
Buriti (polpa)	3,06	1,66	22,32	Soja	51,0	7,0	15,0
Cagaita (polpa)	10,50	11,86	27,71	Oliva	8,0	0,7	14,0
Mangaba (polpa)	17,80	8,30	38,27	Dendê	9,0	0,3	48,0
Pequi (polpa)	1,82	ND	48,89	Coco	2,0	0,0	90,0

ND – não detectado.

<sup>(1)</sup> Fonte: Minazzi-Rodrigues e Penteado (1991); Gurr e Harwood (1991).

O National Research Council (1989) preconiza uma alimentação composta de 1 % a 2 % aproximadamente de ácido linoléico e de 10 % a 25 % de ácido linolênico. Os ácidos graxos essenciais presentes na dieta devem guardar uma proporção entre si, pois o excesso de um pode afetar a formação dos ácidos graxos derivados do outro por competição, durante a conversão metabólica.

Atualmente, há grande interesse no entendimento da função dos ácidos graxos no organismo humano, pois certas situações patológicas, como arteriosclerose, diabetes não-insulino-dependente e alguns tipos de câncer estão diretamente relacionadas ao tipo e à qualidade de lipídio da dieta.

Em geral, os ácidos graxos saturados de 12 a 16 carbonos são considerados hipercolesterolêmicos (Linder, 1991); portanto, os óleos de algumas frutas do Cerrado não são recomendáveis para consumo. No entanto, à exceção do óleo de mangaba, verifica-se que os demais óleos das frutas aqui tratadas são também fontes de ácido oléico, contendo algumas delas, como o buriti, ácido oléico em teor semelhante ao encontrado no óleo de oliva. O somatório dos teores de ácido oléico e de linoléico confere ao óleo do baru alto grau de insaturação, indicando a probabilidade de uso como óleo de mesa (Vallilo et al., 1990). Pesquisas têm demonstrado que óleos ricos em ácido oléico estão relacionados à menor incidência de doenças cardiovasculares e recomendam, por isso, a ingestão de óleos vegetais ricos em ácidos graxos monoinsaturados, junto aos poliinsaturados essenciais. Essa é considerada uma estratégia de longo prazo para evitar doenças degenerativas típicas dos países ocidentais.

## Composição mineral das frutas do Cerrado

O conhecimento da composição mineral das frutas oferece subsídio tanto para um programa de nutrição humana quanto para um programa de adubação, com o objetivo de restituir e manter a fertilidade do solo (Hiroce et al., 1978).

Sódio, potássio, cloro, cálcio, magnésio, fósforo, ferro, cobre, zinco, manganês, selênio, iodo, cromo, cobalto, molibdênio, flúor, arsênio, níquel e boro são os mais importantes minerais da dieta humana (Flynn, 1992). Os seis primeiros são macronutrientes, correspondendo a 0,01 % do peso do corpo humano, e os 13 restantes são considerados micronutrientes. Vários desses minerais estão presentes em frutas e hortaliças, notadamente o cálcio, o ferro, o potássio e o magnésio, porém têm pequena participação nos requerimentos diários da dieta humana.

Nas frutas analisadas, os componentes minerais com maior participação foram o fósforo, o magnésio e o cálcio, participando os seis restantes – sódio, alumínio, ferro, manganês, zinco e cobre – em menor porcentagem (Tabela 9). Por espécie, verifica-se que, na amêndoia de baru, predominou o fósforo (364,2 mg), também com alto teor em magnésio e cálcio. Na polpa de buriti, destacou-se o cálcio (172,78 mg), seguido do magnésio (62,9 mg). Na mangaba e na cagaita, predominou o magnésio. A polpa do jatobá apresentou três minerais com teores elevados de cálcio (245,3 mg), magnésio e fósforo. Comparando as cinco espécies com resultados completos,

**Tabela 9.** Composição de minerais (mg/100g) em frutas nativas do Cerrado.

Minerais	Araticum (polpa)	Baru (amêndoia)	Buriti (polpa)	Cagaita (polpa)	Jatobá (polpa)	Mangaba (polpa)
Cálcio (Ca)	NR	189,9	172,78	3,29	245,3	3,55
Magnésio (Mg)	24,2	196,9	62,90	6,33	194,8	11,97
Fósforo (P)	NR	364,2	6,04	6,20	92,1	2,84
Sódio (Na)	NR	2,8	3,36	0,57	6,8	6,57
Manganês (Mn)	NR	8,9	6,48	0,07	16,8	0,61
Ferro (Fe)	0,7	5,2	3,94	0,13	2,0	3,39
Zinco (Zn)	NR	3,4	0,52	0,15	1,2	4,35
Cobre (Cu)	NR	1,4	0,33	0,30	1,6	0,97
Alumínio (Al)	NR	0,2	1,36	0,46	0,5	1,24

NR - análise não realizada.

a amêndoas de baru foi a que apresentou o teor mais alto em fósforo e em magnésio. O buriti apresentou o maior teor em alumínio (1,36 mg); o jatobá, o mais alto em cálcio, e a mangaba, em zinco.

As cotas das necessidades diárias de nutrientes requeridas pelo organismo variam de acordo com o sexo e a faixa etária durante o desenvolvimento humano (Tabela 10). Mesmo não recorrendo a dados sobre a população brasileira, pode-se verificar que há fases do desenvolvimento humano que demandam maiores requerimentos diários de alguns nutrientes. Assim é que, na adolescência, na faixa de 11 a 18 anos, os indivíduos do sexo masculino requerem, em sua alimentação diária, mais proteína, cálcio e fósforo do que em outras fases subsequentes. Com os do sexo feminino acontece praticamente o mesmo, mas em menor proporção. Gestação e amamentação são duas fases da vida da mulher que exigem um aporte de nutrientes igual ou superior ao período da adolescência.

## Cálcio, fósforo e ferro

As crianças na faixa de 1 a 10 anos necessitam da mesma quantidade diária de cálcio e de fósforo (800 mg), porém 10 mg de ferro. Homens

e mulheres dos 11 aos 18 requerem diariamente 1.200 mg de cálcio e fósforo. A quantidade de ferro requerida nessa faixa etária difere entre os sexos. A cota diária dos homens é de 12 mg, e a das mulheres, de 15 mg. A partir dos 19 anos, as cotas diárias de cálcio e fósforo se igualam às das crianças. A gestante requer, em sua alimentação diária, maior quantidade de ferro (30 mg) (Tabela 10).

Três dos materiais analisados – amêndoas de baru e polpas de buriti e de jatobá – contêm alto teor de cálcio, ferro e fósforo, com exceção do buriti, cujo teor em fósforo é baixo (Tabela 9). Cem gramas de amêndoas de baru fornecem 189,9 mg de cálcio, 364,2 mg de fósforo e 5,2 mg de ferro; a mesma quantidade de buriti contém 172,78 mg de cálcio; 6,04 mg de fósforo e 3,94 mg de ferro; e a mesma de jatobá contém 245,3 mg de cálcio, 92,1 mg de fósforo e 2,0 mg de ferro.

A melhor fonte de ferro é a amêndoas de baru (Tabela 9). Hipoteticamente, com cerca de 200 g de amêndoas, as necessidades diárias de ferro são supridas em lactentes, crianças e adultos do sexo masculino. Entretanto, nas mulheres adultas, as necessidades diárias são maiores, variando ainda se o estado é de gestante ou de nutriz (Tabela 10).

**Tabela 10.** Cotas das necessidades diárias de alguns nutrientes recomendadas para cada fase do desenvolvimento humano.

Fases	Idade (anos)	Proteína (g)	Cálcio (mg)	Fósforo (mg)	Magnésio (mg)	Ferro (mg)	Zinco (mg)	Manganês (mg)	Vit. A (mg)	Vit. C (mg)
Lactente	0,0-0,5	13	400	300	40	6	5	0,3 a 0,6	420	30
	0,5-1,0	14	600	500	60	10	5	0,6 a 1,0	400	35
Criança	1-3	16	800	800	80	10	10	1,0 a 1,5	400	40
	4-6	24	800	800	120	10	10	1,5 a 2,0	500	45
Homem	7-10	28	800	800	170	10	10	2,0 a 3,0	700	45
	11-14	45	1.200	1.200	270	12	15	2,5 a 5,0	1.000	50
Mulher	15-18	59	1.200	1.200	400	12	15	2,5 a 5,0	1.000	60
	19-24	58	1.200	1.200	350	12	15	2,5 a 5,0	1.000	60
	25-50	63	800	800	350	10	15	2,5 a 5,0	1.000	60
	51 ≥	63	800	800	350	10	15	2,5 a 5,0	1.000	60
	11-14	46	1.200	1.200	280	15	12	2,5 a 5,0	800	50
Gestante	15-18	44	1.200	1.200	300	15	12	2,5 a 5,0	800	60
	19-24	46	800	1.200	280	15	12	2,5 a 5,0	800	60
	25-50	50	800	800	280	15	12	2,5 a 5,0	800	60
	51 ≥	50	800	800	280	10	12	2,5 a 5,0	800	60
	60	1.200	1.200	300	30	15			1.000	70
Nutriz		65		1.200	355	15	19		1.200	95

Fonte: National Research Council (1989).

## Magnésio

O magnésio participa de vários processos metabólicos do fósforo e do cálcio. É importante na formação dos ossos e dos dentes, na síntese de proteínas e do DNA, na produção e na transferência de energia, na contração dos músculos, na excitabilidade dos nervos e como co-fator na produção de muitas enzimas. Embora seja um constituinte essencial de todos os tecidos moles, 55 % a 70 % do magnésio é encontrado nos ossos. Não é essencial para o metabolismo normal do cálcio e do fósforo, mas é importante fator na manutenção de níveis baixos de colesterol no sangue. Também é considerado elemento preventivo de muitas doenças cardiovasculares, embora não se conheça o exato mecanismo de atuação (Holmes, 1983).

Dos materiais analisados, a amêndoia de baru, com 196,9 mg, apresentou o teor mais alto em magnésio. A polpa de jatobá vem em seguida, com 194,8 mg (Tabela 9). As crianças necessitam de 80 mg a 170 mg de magnésio, enquanto os adultos, de 270 mg a 350 mg diárias (Tabela 10).

A deficiência de magnésio pode causar depósitos anormais de cálcio em vários tecidos, provocando também cálculos renais, contrações musculares, tremores, arritmia cardíaca, insônia, câimbra nas pernas e nos pés e mãos trêmulas. O processamento industrial dos grãos e do açúcar destrói o magnésio, assim como a fervura dos vegetais (Holmes, 1983). No entanto, uma severa deficiência de magnésio é pouco comum, exceto em condições de má nutrição (Flynn, 1992). Em forma de sulfato, o magnésio não pode ser absorvido e tem propriedades laxativas. Os fertilizantes químicos reduzem o conteúdo de magnésio no solo e nas plantas, pois inibem sua absorção (Holmes, 1983). Toxicidade por excesso de magnésio é muito rara, havendo somente em condições de insuficiente eliminação de urina ou de grande aumento de absorção. Todos os grãos, nozes, sementes e folhas vegetais verdes (cruas) são as melhores fontes desse mineral; o leite humano contém cerca de 35 mg/L, estando o teor mais alto no colostro (Underwood, 1971).

## Zinco

O zinco é vital para a síntese do DNA e do RNA e para o desenvolvimento de certas células brancas do sistema imunológico. Também é importante para outras funções, como a síntese de mais de cem enzimas, o desenvolvimento de certos tecidos dos olhos, a apropriada função gastrointestinal, a saúde da pele, o funcionamento do sistema reprodutivo, o desenvolvimento normal do feto e do sistema nervoso central e, ainda, para a circulação e a coagulação do sangue (Flynn, 1992).

Os sintomas de deficiência de zinco estão relacionados a: pequena estatura, anemia, desenvolvimento de estrias em gestantes e adolescentes durante o período de rápido crescimento, juntas doloridas com má circulação em jovens, retardamento da cura de feridas e perda de paladar (particularmente em pessoas idosas). Como o zinco é um mineral solúvel em água, precipitações excessivas podem esgotá-lo no solo. Alimentos processados também removem o zinco. As tradicionais fontes são: carnes, fígado, ovos, aves domésticas, alimentos do mar (principalmente ostras) e todo tipo de grão (Flynn, 1992).

Entre as frutas e as amêndoas do Cerrado, as que contêm um teor alto de zinco são a polpa de mangaba, com 4,35 mg, e a amêndoia de baru, com 3,4 mg. As demais contêm teores bem mais baixos: polpas de jatobá, cagaita e buriti apresentaram 1,2 mg, 0,52 mg e 0,15 mg, respectivamente (Tabela 9). As necessidades diárias de zinco requeridas pelo organismo são baixas, variando de 5 mg a 19 mg entre as faixas etárias. Para as necessidades diárias das crianças, hipoteticamente, 100 g de polpa de mangaba seriam suficientes e cerca de 300 g para os adultos de ambos os sexos (Tabela 10).

## Cobre

O cobre é essencial na formação da hemoglobina e é um co-fator em muitas enzimas importantes para a formação dos ossos e dos tecidos nervosos, assim como de tendões, artérias e pulmões. Estando presente em todos os sais ferrosos, é o mais freqüente contaminante dos

alimentos, sendo quase impossível haver deficiência desse mineral. Em excesso, é considerado um metal tóxico. Alguns sintomas são indicativos da intoxicação por metal pesado, podendo o cobre ser uma das causas: endurecimento das artérias, problemas renais, senilidade precoce, hipertensão arterial, psicose, anemia, “ataques no coração”, náusea e vômito. As fontes tradicionais são de origem animal, como ostras, fígado, rins, e de origem vegetal, como amêndoas, cacau, feijão e óleo de milho. A questão, na maioria das vezes, é como evitar o consumo de cobre, e não como consegui-lo (Flynn, 1992).

A polpa de jatobá e a de amêndoas de baru contêm os mais elevados teores em cobre, com 1,6 mg e 1,4 mg, respectivamente; as polpas de buriti e cagaita, os mais baixos, com 0,33 mg e 0,3 mg, respectivamente (Tabela 9).

## Manganês

O manganês é um mineral que tem papel vital no organismo, no funcionamento do sistema nervoso, na formação de estruturas normais e na manutenção de reprodução normal. Faz parte de muitas enzimas e também interfere na utilização das gorduras, no funcionamento do fígado, do pâncreas e das glândulas supra-renais (Chitarra e Chitarra, 1990).

Dos cinco materiais analisados, a polpa de jatobá foi o que apresentou o mais alto teor em manganês (16,8 mg); em seguida, a amêndoas de baru, com 8,9 mg, e a polpa de buriti, com 6,48 mg. A polpa de cagaita foi a que apresentou o menor teor, menos de 1 mg (Tabela 9). As exigências diárias desse mineral são também pequenas, variando de 0,3 mg a 3,0 mg nos lactentes e nas crianças. Mulheres e homens adultos requerem de 2,5 mg a 5 mg. Supostamente, menos de 40 g de polpa de jatobá, cerca de 50 g de amêndoas de baru e menos de 100 g de buriti suprem todas as necessidades diárias desse material, em todas as faixas etárias (Tabela 10).

## Antioxidantes

Vários estudos epidemiológicos apresentam evidências consistentes da associação positiva

entre a ingestão de frutas e a redução da taxa de mortalidade por doenças coronárias, câncer e outras doenças crônico-degenerativas. Esse efeito tem sido atribuído a uma composição ótima de fitoquímicos, tais como os antioxidantes naturais, as fibras, os minerais e as vitaminas presentes nas frutas.

A oxidação nos sistemas biológicos ocorre em decorrência da ação dos radicais livres no organismo. Os radicais livres são moléculas instáveis altamente reativas, que possuem um elétron não emparelhado livre para se ligar a outro elétron. Esses radicais podem ser gerados por fontes endógenas, que ocorrem nos processos biológicos normais, ou por fontes exógenas, como tabaco, poluição do ar, solventes, pesticidas, anestésicos e radiações. Assim, se os radicais livres podem, por um lado, produzir efeitos benéficos, por outro, também podem induzir a oxidação celular, se produzidos em excesso. Nesse caso, podem promover alterações em componentes celulares, como os ácidos poliinsaturados das membranas lipoprotéicas, alterando sua fluidez e sua permeabilidade. Podem reagir com aminoácidos, provocando modificações nas proteínas celulares, resultando, em certos casos, na ativação ou na inativação de determinadas enzimas. A reação de radicais livres com ácidos nucléicos também pode gerar alterações em moléculas de DNA, acarretando algumas aberrações cromossômicas. Para interagir com as moléculas altamente reativas de oxigênio, o organismo possui um eficiente sistema de defesa, que inclui várias enzimas e compostos antioxidantes. Os antioxidantes neutralizam os radicais livres doando elétrons e conferindo uma forma mais estável a essas moléculas. Frutas e verduras são as maiores fontes de antioxidantes na dieta. Os componentes mais investigados que possuem potencial antioxidante nas frutas e nas amêndoas abrangem as fibras, os compostos fenólicos, os isômeros conjugados do ácido linoléico, os monoterpenos, como o D-limoneno, algumas vitaminas, como o ácido ascórbico (vitamina C) e os tocoferóis (vitamina E), e alguns minerais, como o zinco e o selênio. Esses compostos podem atuar, de forma independente ou em combinação, como agentes anticancerígenos e cardioprotetores por uma variedade de mecanismos (Morrison e Boyd, 1994; Santos-Buelga e Scalbert, 2000).

## Vitaminas

Há cerca de uma centena de anos foi reconhecida a necessidade de pequenas quantidades de substâncias orgânicas específicas na dieta, cuja falta pode causar doenças como o escorbuto, o raquitismo, a xeroftalmia, a pelagra e o beribéri (Bobbio e Bobbio, 1989). Essas substâncias essenciais, orgânicas e não-energéticas, possuem composição química variada e são fornecidas em pequenas quantidades na dieta, para exercer, entre outras funções, a síntese de co-fatores e de coenzimas que participam de reações metabólicas diversas. A palavra vitamina, inicialmente designada como amina (indispensável à vida), tem hoje apenas um significado funcional, dada a diversidade de constituição de cada uma. A diferença na solubilidade das diferentes vitaminas levou a uma divisão genérica desses compostos em hidrossolúveis e lipossolúveis (Machlin, 1991).

As vitaminas hidrossolúveis são formadas pela vitamina C e pelas vitaminas do complexo B. Essas vitaminas geralmente atuam como coenzimas nos processos metabólicos. O ácido ascórbico é conhecido como vitamina C ou antiescorbútica. Cerca de 90 % do suprimento humano de vitamina C advém de frutas e de hortaliças. A goiaba e o caju encontram-se entre as principais fontes dessa vitamina, sendo atualmente suplantadas pela acerola e pelo camu-camu (Franco, 1992). Além de participar do metabolismo biológico, a vitamina C é um potente antioxidante hidrossolúvel, que protege os compostos presentes na porção hidrossolúvel das células e dos tecidos, e também regenera as

moléculas oxidadas de tocoferóis, que retornam à sua forma ativa nas membranas celulares. Industrialmente, a vitamina C é importante para a padronização de sucos e o seu teor nos alimentos é nutricionalmente muito valioso, sendo geralmente mais elevado na fruta verde, decrescendo com a maturação (Chitarra e Chitarra, 1990).

Há grande variação de teores de vitamina C nas frutas nativas do Cerrado e nas cultivadas (Tabela 11). Entre as nativas, sobressaem as polpas de pequi (78,72 mg), de buriti (76,37 mg) e de mangaba (70,89 mg). Esses valores são superiores aos de quatro frutas tradicionalmente cultivadas e consumidas pela população brasileira, como laranja-pêra (40,9 mg), limão (26,4 mg), banana-d'água (6,4 mg) e maçã-argentina (5,9 mg). As polpas de cagaita, com 18,28 mg, a polpa e a amêndoia de baru, com 10,22 mg e 9,90 mg, respectivamente, e a polpa de jatobá, com 8,08 mg, apresentaram valores mais elevados que a banana d'água e a maçã argentina.

A deficiência de vitamina C causa escorbuto, enfermidade bucal cujo sintoma é o sangramento das gengivas, podendo levar à perda dos dentes. Também causa dores nas articulações, inchaço nos membros inferiores, além de baixa defesa orgânica. Crianças em crescimento necessitam de até 100 mg/dia, e os adultos, em geral, de 45 mg/dia. Os requerimentos da mulher gestante são de 60 mg/dia e, no período de lactação, aumentam para 80 mg/dia (Franco, 1992). Entre as frutas do Cerrado analisadas, três contêm razoável teor dessa vitamina: o pequi, o buriti e a mangaba (Tabela 11). Cem gramas de cada uma dessas frutas podem suprir os requerimentos diários de um lactente, mais de uma cota das

**Tabela 11.** Composição de vitamina C em frutas nativas e cultivadas do Cerrado (mg/100 g de matéria úmida).

Frutas nativas	Vitamina C	Frutas cultivadas <sup>(1)</sup>	Vitamina C
Pequi (polpa)	78,72	Caju-amarelo maduro	219,7
Buriti (polpa)	76,36	Goiaba-vermelha	80,2
Mangaba (polpa)	70,89	Laranja-pêra	40,9
Cagaita (polpa)	18,28	Limão-taiti	26,4
Baru (polpa)	10,22	Mamão maduro	20,5
Baru (amêndoia)	9,90	Banana-d'água madura	6,4
Jatobá (polpa)	8,08	Maçã-argentina	5,9

<sup>(1)</sup> Fonte: Brune et al. (1965), Franco (1992).

necessidades diárias de crianças de 1 a 10 anos e de adultos de ambos os sexos (Tabela 10).

Entre as vitaminas do complexo B, a tiamina é conhecida como vitamina B<sub>1</sub> ou antiberibéri. A deficiência dessa vitamina está associada ao consumo de arroz polido e ao alcoolismo crônico. No Brasil, os sinais dessa deficiência podem ser verificados entre os povos indígenas xavantes (FAO, 2002). A riboflavina é a vitamina B<sub>2</sub> ou vitamina do crescimento; os sinais clínicos de deficiência dessa vitamina são comuns em países subdesenvolvidos, cujas crianças apresentam prevalência de infecções gastrointestinais. O piridoxal, a piridoxina e a piridoxamina são conhecidos como vitamina B<sub>6</sub> ou antiacrodínica; a deficiência dessa vitamina está associada à deficiência de outras vitaminas do complexo B. A niacina e o ácido nicotínico, ou vitamina PP, previnem a pelagra. O ácido pantotênico é conhecido como vitamina B<sub>5</sub> e previne a síndrome de “formigamento ou ardência nos pés”. A biotina previne a dermatite eritematosa e seborréica. O ácido fólico é conhecido como antianêmico, e a cobalamina, ou vitamina B<sub>12</sub>, como antianemia perniciosa (Machlin, 1991). As amêndoas e algumas frutas tradicionais, como a goiaba, o abacate e a banana, são boas fontes de algumas vitaminas do complexo B. Frutas nativas do Cerrado, como o araticum, o buriti, a cagaita e o pequi, também são boas fontes dessas vitaminas (Tabela 12).

A ingestão diária recomendada de vitamina B<sub>1</sub> e de vitamina B<sub>2</sub> varia, respectivamente, entre 0,2 mg e 0,3 mg para bebês até 6 meses; e entre 1,5 mg e 1,6 mg para mulheres em fase de

**Tabela 12.** Principais vitaminas do complexo B (mg/100 g de peso fresco) em frutas nativas e cultivadas.

Fruta	Vitamina B <sub>1</sub> (mg/100 g)	Vitamina B <sub>2</sub> (mg/100 g)	Vitamina PP (mg/100 g)
Araticum	0,45	0,10	2,68
Buriti	0,03	0,23	0,70
Cagaita	nd	0,42	0,37
Jatobá	0,04	0,04	0,50
Mangaba	0,04	0,04	0,50
Pequi	0,03	0,46	0,39
Goiaba	0,19	0,15	1,20
Banana-prata	0,09	0,10	0,80
Abacate	0,07	0,10	0,80

nd: não determinado. Fonte: Franco (1992).

amamentação. A ingestão diária recomendada para a vitamina PP varia entre 2 mg de niacina para bebês até 6 meses e 17 mg de niacina para mulheres lactantes (FAO, 2002).

As vitaminas lipossolúveis são formadas pelas vitaminas A, E, D e K. O retinol e os seus derivados são conhecidos como vitamina A ou antixerofáltica. As fontes tradicionais de vitamina “A pré-formada” ou retinol são o fígado e os rins de animais terrestres e aquáticos, o leite integral, o creme de leite, queijos, a manteiga, peixes e a gema de ovos. Os vegetais não sintetizam a vitamina A, mas sim os carotenóides pró-vitamínicos, que são encontrados em frutas como o buriti, o tucumã, a manga, a acerola, a bocaiúva e o araticum (Tabela 13), que são discutidos com mais detalhes no item “carotenóides”. Essa vitamina exerce numerosas funções importantes no organismo, como: ação protetora da pele e das mucosas, no funcionamento normal da visão e da estrutura do olho. As necessidades médias diárias de vitamina A recomendadas pela FAO variam entre 180 retinol equivalente, para crianças até 6 meses, e 450 retinol equivalente, para mulheres durante a amamentação. Como essa vitamina é lipossolúvel, ela pode ser armazenada no fígado. O acúmulo de retinol ou de vitamina A pré-formada pode provocar efeitos tóxicos no organismo (FAO, 2002). Como os carotenóides são convertidos em vitamina A conforme a necessidade orgânica, esse efeito tóxico não é observado pela ingestão de carotenóides.

Os tocoferóis e os tocotrienóis são conhecidos como vitamina E ou antiesterilidade. Encontram-se em sementes oleaginosas e em amêndoas, como o amendoim, a castanha-do-pará, a castanha-de-caju e a castanha-de-baru, cujo óleo

**Tabela 13.** Valor pró-vitamina A (retinol equivalente a 100 g) de fontes vegetais nativas e cultivadas.

Frutas nativas	Pró- vitamina A	Frutas cultivadas	Pró- vitamina A
Buriti	6.490	Cenoura	620 a 800
Tucumã	1.840	Manga	140 a 430
Bocaiúva	960	Acerola	64 a 450
Pequi	54-494	Goiaba	62 a 200
Araticum	70-105	Mamão	99 a 190

Fontes: Agostini e Cecchi (1996), Rodriguez-Amaya (1996), Ramos et al. (2001).

apresenta 5,0 mg/100 g de alfatocoferol e 4,3 mg/100 g de gamatocoferol (Takemoto et al., 2001). A vitamina E funciona como um dos mais potentes antioxidantes lipossolúveis e é responsável pela proteção das porções lipídicas das células, especialmente as membranas celulares.

O colecalciferol é conhecido como vitamina D<sub>3</sub> ou anti-raquítica; o ergocalciferol, ou vitamina D<sub>2</sub>, é derivado do ergosterol vegetal. Garantida a incidência de luz solar, a vitamina D<sub>3</sub> é produzida na pele. A concentração de cálcio e de fósforo na dieta, assim como a idade, o sexo, a exposição à luz solar e a pigmentação da pele é que vão determinar o grau de necessidade de consumo dessa vitamina. Os derivados da 2-metil-1,4-naftoquinona são conhecidos como vitamina K ou anti-hemorrágica. A vitamina K é sintetizada pelos microorganismos intestinais e é encontrada em vegetais como brócolos, couve-flor e espinafre, entre outros (Machlin, 1991).

Estudos de diversas origens sugerem que o estado nutricional vitamínico de um grande número de pessoas não é adequado, como se acreditava há alguns anos, tendo sido demonstrado que, mesmo em países bastante industrializados, o nível vitamínico na dieta de certos grupos humanos é insuficiente. São, porém, deficiências mínimas se comparadas com as carências nutricionais dos habitantes de países pobres. A deficiência mais abrangente entre as vitaminas do complexo B é a de vitamina B<sub>2</sub>, sendo comum, também, a de vitamina B<sub>1</sub>, de ácido nicotínico, de ácido fólico e, ocasionalmente, de ácido pantotênico. Entre as vitaminas lipossolúveis, a hipovitaminose A, considerada uma das mais importantes deficiências nutricionais do mundo subdesenvolvido, principalmente entre crianças, provoca alterações visuais, que podem levar à cegueira, e contribui para o aumento das doenças infecciosas na infância, que podem ser letais.

No Brasil, entre os habitantes do Nordeste, concentra-se a maior incidência de carência de vitamina A. Além dessa região, são consideradas endêmicas a Região do Vale do Jequitinhonha, no norte de Minas Gerais, e o Vale do Ribeira, no Estado de São Paulo, sem contar com os bolsões de pobreza nas áreas periféricas das grandes cidades e nas zonas mais pobres do meio rural. Entre as medidas para combater a hipovita-

minose A, destacam-se: a suplementação com doses maciças de vitamina A em intervalos regulares, a promoção do aleitamento materno e a educação da comunidade para incentivar o consumo de alimentos ricos em vitamina A, muitos deles, como as frutas nativas, de custo acessível, mesmo para populações carentes (Brasil, 2004).

## Carotenóides

Aproximadamente 600 carotenóides são encontrados na natureza, constituindo o maior grupo de corantes naturais, cuja coloração pode variar entre o amarelo-claro, o alaranjado e o vermelho. Alguns são convertidos em vitamina A; outros estão associados à redução do risco de câncer e de outras doenças crônico-degenerativas, sem que sejam primeiramente convertidos em vitamina A. Esta última função tem sido atribuída ao potencial antioxidante dos carotenóides, por conseguirem seqüestrar formas altamente reativas de oxigênio e desativar radicais livres.

Os carotenóides formados apenas por carbono e hidrogênio são chamados carotenos; os carotenos pró-vitamínicos, como o beta- e o alfacaroteno, correspondem a 10% dos carotenóides totais encontrados na natureza. Nos intestinos e no fígado, os carotenos pró-vitamínicos transformam-se em vitamina "A" ativa. Os carotenóides que apresentam oxigênio em sua estrutura são denominados xantofilas. Embora sejam comumente descritos como pigmentos vegetais, os carotenóides também podem ser encontrados em alguns alimentos de origem animal. Os animais são incapazes de promover a biossíntese dos carotenóides, os quais são absorvidos na dieta e acumulados de forma inalterada ou modificados, formando alguns carotenóides tipicamente animais.

Industrialmente, os carotenóides totais são responsáveis pela coloração de vários produtos. A cor é um importante atributo da qualidade da polpa e do suco de fruta. As polpas de algumas das frutas avaliadas apresentam cores atrativas, como o amarelo-ouro do buriti e do pequi, o amarelo-claro da cagaita e o creme do araticum. Porém, o rendimento é o principal fator para

aquisição da matéria-prima e também determinante do seu preço (Esteves et al., 1984a).

Grande parte das frutas nativas em regiões típicas de clima tropical é especialmente rica em carotenóides. Apenas o pêssego, o damasco e a nectarina, entre as frutas de clima temperado, apresentam quantidades apreciáveis de carotenóides (Rodriguez-Amaya, 1996). A Região Sul do Brasil produz volumes consideráveis de maçã, pêra e uva, que são frutas pobres em carotenóides, embora sejam ricas em outras substâncias bioativas derivadas dos compostos fenólicos.

O licopeno é o principal carotenóide de muitas frutas vermelhas, tais como a melancia, o mamão vermelho, a goiaba, a pitanga e o tomate. Esse pigmento, que apresenta um longo sistema de ligações insaturadas conjugadas, é considerado o carotenóide de maior efeito antioxidante. O zetacaroteno é comum no maracujá e na carambola. O betacaroteno é o carotenóide mais freqüentemente encontrado, predominando na acerola, na cenoura, na manga, nos frutos das palmeiras, entre outros; este é o mais potente carotenóide pró-vitamina A. Quantidades elevadas de alfacaroteno são encontradas na cenoura e em algumas variedades de abóboras. A xantofila betacryptoxantina é o principal pigmento encontrado na laranja, na tangerina, na nectarina, no pêssego, no mamão alaranjado, no caqui e no cajá. O alfa-caroteno e a betacryptoxantina apresentam, aproximadamente, a metade da atividade pró-vitamina A do betacaroteno. A luteína predomina em folhas e em vegetais verdes; a zeaxantina está presente no pequi e no milho. Os dois últimos carotenóides, destituídos de atividade pró-vitamina A, estão associados à prevenção da degeneração macular, que pode surgir com o avanço da idade. A ocorrência de alguns carotenóides pouco comuns pode ser específica de determinadas espécies; a capsantina e a capsorubina estão na pimenta-vermelha; a bixina, no urucum; e a crocetina, no açafrão (Rodriguez-Amaya, 1999).

A determinação de carotenóides totais fornece uma visão geral da presença desses compostos nas frutas nativas do Cerrado na Região Centro-Oeste do Brasil. A polpa de buriti, com 16,7 mg/100 g, foi a mais rica em carotenóides, seguida pela polpa de pequi, com 7,46 mg/100 g. As outras

frutas apresentaram teores abaixo de 1,0 mg/100 g. Exemplos: cagaita, 1,34 mg; araticum, 0,84 mg; baru, 0,18 mg; mangaba, 0,43 mg; e amêndoia de baru, 0,28 mg (Tabela 5).

Os frutos de palmeiras, como o buriti, o tucumã, o dendê, a macaúba e a pupunha, são especialmente ricos em carotenóides, principalmente em carotenos pró-vitamina A. O buriti (*Mauritia vinifera*) constitui a principal fonte vegetal de pró-vitamina A (frutos do Piauí apresentaram 6.490 retinol equivalente por 100 g de polpa). Esse potencial vitamínico é reflexo do elevado teor de transbetacaroteno (360 mg/g), alfacaroteno (80 mg/g) e gamacaroteno (37 mg/g) (Rodriguez-Amaya, 1996). O betacaroteno é a principal fonte pró-vitamina A encontrada no reino vegetal e apresenta, também, uma elevada atividade antioxidante. Esse carotenóide geralmente é encontrado na natureza na forma isomérica E ou toda trans-, mas, ocasionalmente, os isômeros Z ou cis- podem ocorrer em pequenas quantidades (Britton, 1995). O transbetacaroteno pode ser clivado em duas moléculas de vitamina A, conferindo 100 % de atividade pró-vitamínica; os isômeros cis-, assim como o alfa- e o gamacaroteno, apresentam atividade inferior a 54 %. No buriti, os isômeros 13-cisbetacaroteno e 9-cisbetacaroteno são encontrados em pequenas concentrações.

O doce de buriti foi empregado com sucesso na reversão de quadros clínicos de xeroftalmia em crianças de 4 a 12 anos, sugerindo sua possível utilização em programas de intervenção para combater a deficiência de vitamina A (Mariath et al., 1989).

A polpa de tucumã (*Astrocaryum vulgare*), fruta amazônica, que possui como pigmentos principais o betacaroteno (107 mg/g), o betazetacaroteno (5,9 mg/g) e o gamacaroteno (2 mg/g), apresenta um potencial pró-vitamina A de 1.840 retinol equivalente por 100 g de polpa. A polpa de bocaiúva (*Acromia makayaiba*) de Mato Grosso do Sul também apresenta betacaroteno e gamacaroteno como pigmentos predominantes e uma média de pró-vitamina A de 960 retinol equivalente por 100 g de polpa (Rodriguez Amaya, 1996). A polpa dos frutos da pupunha (*Bactris gasipaes*) apresenta, principalmente, beta-

alfacaroteno; o potencial pró-vitamina A avaliado em 15 cultivares de pupunha disponíveis no Banco de Germoplasma do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia variou entre 103 e 1.037 retinol equivalente por 100 g de polpa (Marinho et al., 1998).

Além das palmeiras, outras frutas nativas no Brasil, de consumo regional bastante difundido, como o pequi, o cajá e o araticum, também são importantes fontes de carotenóides. Embora seja tradicionalmente conhecido como importante fonte de pró-vitamina A, o pequi (*Caryocar brasiliense*) procedente do Piauí apresentou um pequeno valor pró-vitamínico (54 retinol equivalente por 100 g de polpa). O carotenóide predominante no pequi é a zeaxantina, que, embora destituída de atividade pró-vitamina A, é componente da mácula visual e está associada à redução do risco de catarata. Os carotenóides pró-vitamina A, presentes em menores concentrações no pequi, são o betacaroteno, a betacriptoantina e o alfacaroteno. Na polpa de cajá (*Spondias lutea*) de Pernambuco e do Rio Grande do Norte, a betacriptoantina (16 mg/g a 17 mg/g) é o principal carotenóide pró-vitamina A; o alfacaroteno e o betacaroteno ocorrem em baixas concentrações, mas o valor pró-vitamina A ainda é bastante elevado (190 retinol equivalente por 100 g) (Rodriguez-Amaya, 1996).

No araticum ou marolo (*Annona* sp.), foram identificados nove carotenóides. O trans-betacaroteno é o carotenóide predominante, e os isômeros cis- ocorrem em pequenas concentrações. A luteína, a zeaxantina e o alfacaroteno ocorrem em menores concentrações do que o betacaroteno. Os araticuns procedentes de diferentes populações nativas no sul de Minas Gerais apresentaram teores de pró-vitamina A que variaram entre 70 retinol equivalente e 105 retinol equivalente por 100 g de polpa (Agostini e Cecchi, 1996). O caju (*Anacardium occidentale*) procedente de São Paulo, do Ceará e do Pará apresentou menor potencial pró-vitamina A (16 retinol equivalente a 42 retinol equivalente por 100 g) (Rodriguez-Amaya, 1996). Entretanto, essa fruta é rica em outras substâncias bioativas de grande importância nutricional, como os polifenóis e a vitamina C.

## Compostos fenólicos

Ao contrário das frutas de clima tropical e subtropical, muitas das quais são ricas em pigmentos carotenóides, as frutas de clima temperado geralmente são ricas em antocianinas e em outros compostos fenólicos, e pobres em carotenóides. A presença dos compostos fenólicos em frutas tem sido muito estudada, tanto pela importância que desempenham na manutenção das características organolépticas (cor e sabor), quanto pelas propriedades benéficas e/ou antinutricionais à saúde do consumidor. A natureza química e as propriedades biológicas desses compostos são muito variáveis. Entre os compostos fenólicos encontrados em frutas, destacam-se os ácidos fenólicos, os flavonóides e os taninos. Pouco se conhece sobre a composição desses polifenóis nas frutas nativas brasileiras.

**Ácidos fenólicos.** Os ácidos difenólicos de estrutura polar, como os ácidos cafético, ferrúlico e clorogênico, são encontrados na maçã, na uva, no café e na raiz de yacon; são potentes antioxidantes (Clifford e Scalbert, 2000). No caju, ocorre o ácido anacárdico, que é um ácido monofenólico derivado do ácido salicílico, contendo uma cadeia lateral apolar de 15 carbonos. As propriedades biológicas do ácido anacárdico, o qual também está presente em espécies medicinais, como a *Ginkgo biloba* e espécies do gênero *Knema*, têm merecido atenção especial nos últimos anos (Itokawa et al., 1987; Kubo et al., 1987; Himejima e Kubo, 1991; Kubo et al., 1993; Agostini-Costa et al., 2003).

**Flavonóides.** Entre as principais classes de flavonóides encontradas nas frutas, estão as antocianinas, os flavonóis, as flavanonas e os flavanóis. As antocianinas são pigmentos naturais que conferem coloração vermelha, violeta e azul a muitas frutas, como o caju, o açaí, a juçara, a acerola, a maçã e a uva. Esses pigmentos são relativamente instáveis e facilmente degradados durante o processamento e a estocagem. Os flavonóis, como a quercetina, o campferol e a miricetina, estão presentes na uva, na maçã, na pêra, no cacau e no caju, entre outras. As frutas cítricas são ricas em flavanonas, como a hesperidina. Flavan-3-ol são importantes constituintes

de frutas, seja na forma monomérica, por meio de compostos como a catequina e a epicatequina, seja na forma polimérica, por meio das proantocianidinas, também conhecidas como taninos condensados. As catequinas são encontradas no cacau, na maçã, na uva, na pêra, no pêssego, no damasco e na ameixa; são importantes substratos para as polifenoloxidases, que respondem pelo escurecimento enzimático que se verifica em muitos processos tecnológicos (Parr e Bolwell, 2000; Tomás-Barberán e Espín, 2001).

**Taninos.** A presença de taninos confere adstringência às frutas. À medida que as frutas amadurecem, geralmente ocorre uma redução da adstringência, que é atribuída à perda de solubilidade do tanino. Nesse estado, o tanino não impregna as papilas gustativas. A adstringência acentuada produz uma sensação acre semelhante à originada ao se comer banana verde. Porém, em pequenas proporções ou em combinação com outros fatores, a adstringência pode contribuir para um sabor desejável, como em vinhos feitos com cultivares de uvas pigmentadas. A diferença entre as maçãs para a produção de cidra e as maçãs para a culinária, por exemplo, está no seu conteúdo de taninos (Cereda et al., 1984; Chitarra e Chitarra, 1990; Evangelista, 1992).

Os taninos são compostos fenólicos polimerizados, de peso molecular entre 500 daltons e 3.000 daltons, que podem ser divididos em taninos hidrolisáveis e em taninos condensados. Os taninos hidrolisáveis são ésteres de ácido gálico ou ácido elágico e um poliol, e são comuns em algumas frutas, como a romã, o morango e a framboesa; os taninos condensados são polímeros de flavan-3-ol e/ou flavan-3,4-diol, e são freqüentemente encontrados em caju, caqui, maçã e uva (Santos-Buelga e Scalbert, 2000; Tomás-Barberán e Espín, 2001).

Entre as frutas nativas do Cerrado, o teor mais elevado de tanino total foi encontrado na polpa de buriti, com 1,11 %, e o mais baixo foi o da polpa de pequi, com 0,17 %. Esse teor ficou pouco abaixo do encontrado por Souza et al. (1984), 1,41 % de tanino, quando avaliaram o seu amadurecimento natural. As polpas de araticum (0,25 %), de baru (0,45 %), de cagaita (0,44 %), de jatobá (0,33%) e de mangaba (0,29 %)

apresentaram teores abaixo de 0,9 %. A amêndoas de baru, com 0,87% de tanino, é semelhante à mangaba (Tabela 5). Togashi (1993) encontrou alto teor de tanino na polpa de baru (cerca de 3 %), cujo material utilizado foi originado de frutos semimaduros (“de vez”). Esse teor foi bem mais alto do que o relatado neste trabalho (0,45 %), cuja polpa foi retirada de frutos maduros. Togashi afirma também que não foram encontrados taninos nas amêndoas de baru, cruas ou torradas.

Os taninos podem precipitar proteínas, inibir enzimas digestivas e afetar a absorção de vitaminas e minerais e, por isso, ainda são considerados, em algumas situações, nutricionalmente indesejáveis. Alguns estudos epidemiológicos também associaram a ingestão excessiva de taninos com o desenvolvimento de alguns tipos de câncer predominantes em algumas regiões do mundo. Entretanto, existem indicações de que os componentes responsáveis pela iniciação desses processos carcinogênicos não sejam os taninos propriamente ditos, mas diferentes moléculas associadas a esses compostos (Chung et al., 1998).

Atualmente, os resultados negativos associados a tanino na alimentação têm sido revistos; diferentes moléculas de taninos, como as presentes no chá verde, parecem exercer atividade anticarcinogênica e de efeito antimutagênico. O crescimento de fungos e bactérias e o desenvolvimento de viroses também têm sido inibidos pela presença de taninos (Clifford e Scalbert, 2000; Santos-Buelga e Scalbert, 2000; Kaur e Kapoor, 2001). Aconselha-se, pois, por medida de segurança, não estimular a ingestão de grandes quantidades de taninos, embora as pequenas quantidades presentes nas dietas equilibradas com frutas e verduras possam ser benéficas à saúde humana. A dose ideal e o tipo de tanino mais adequado para a promoção de benefícios à saúde devem ser sistematicamente investigados, visando à obtenção de resultados cada vez mais seguros.

**Função.** Os polifenóis desempenham importantes funções biológicas e tecnológicas. Nas plantas, os fenólicos coloridos, como as antocianidinas, exercem atração sobre insetos polinizadores. Compostos fenólicos poliméricos, como a lignina, apresentam função estrutural e conferem susten-

tação mecânica às plantas terrestres. Podem funcionar como moléculas sinalizadoras, indicando, por exemplo, o ataque de um patógeno e induzindo o desenvolvimento de resistência. Outros fenólicos apresentam função direta na defesa contra predadores herbívoros ou patógenos; nesse caso, podem ser compostos constitutivos, como os taninos condensados e os galotaninos, ou compostos induzíveis, como as fitoalexinas. Flavonóides, como flavonas e flavonóis, presentes, em grande freqüência, em tecidos epidérmicos vegetais expostos à luminosidade intensa, como em folhas e em flores, também apresentam função protetora, graças à forte capacidade de absorção da radiação ultravioleta (Parr e Bolwell, 2000).

No homem, uma das principais funções dos compostos fenólicos decorre do seu potencial antioxidante. Muitos fenóis diidroxilados funcionam como quelantes metálicos; os metais são pró-oxidantes. Grupos hidroxilas de flavonóis são importantes doadores de hidrogênio; o hidrogênio reage com radicais livres, interrompendo o ciclo de geração de novos radicais. Algumas enzimas, tais como a citocromo P450, as lipoxigenases, as ciclooxygenases e as xantinaoxidases, são pró-oxidantes potenciais e podem gerar radicais livres altamente reativos. Alguns tipos de taninos e flavonóides, como a quercetina, são inibidores dessas enzimas. Compostos fenólicos derivados da epicatequina, encontrada no chá verde, estimulam algumas enzimas como a glutationa-S-transferase, que promove a remoção de carcinógenos, e inibem outras enzimas como a citocromo P450, que ativa os pré-carcinógenos. Agentes supressores, como a curcumina, inibem a proliferação celular (Parr e Bolwell, 2000; Santos-Buelga e Scalbert, 2000; Kaur e Kapoor, 2001).

Além da importância nutricional, os compostos fenólicos exercem funções determinantes na qualidade pós-colheita, podendo influir significativamente na aparência visual, no sabor e no aroma das frutas e de seus derivados. As antocianinas conferem a cor característica de muitas frutas; a estabilidade desses pigmentos é fortemente influenciada pelo valor do pH e pela

presença de co-pigmentos, que devem ser cuidadosamente monitorados no tratamento pós-colheita. Geralmente, teores elevados desses pigmentos fenólicos favorecem atributos positivos na qualidade das frutas. De outra forma, compostos fenólicos, como os monoidroxilados ou os ortodiidroxilados, podem atuar como substratos para as polifenoloxidases, favorecendo o escurecimento durante o processamento de frutas como a maçã, a pêra e o pêssego. Essa informação é especialmente importante no processamento mínimo de frutas, pois a presença desses fenóis pode comprometer o processamento tecnológico. Em alguns processos, entretanto, como na obtenção da ameixa seca, o escurecimento torna-se desejável. Além do escurecimento enzimático, alguns compostos fenólicos são insolúveis em soluções ácidas e podem favorecer a formação de precipitados indesejáveis em sucos de frutas, como o de uva (Tomás-Barberán e Espín, 2001).

Os compostos fenólicos também imprimem valor ao aroma e ao sabor de muitas frutas. Esses parâmetros são importantes na cadeia de comercialização de frutas ou de produtos agroindustriais de frutas. O aroma é estimulado pelos componentes voláteis (ésteres, álcoois, ácidos, aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos, acetais, lactonas) exalados pelas frutas e que conferem características específicas a cada produto. Fenólicos simples, especialmente os voláteis, como a vanilina e o eugenol, contribuem para o desenvolvimento do aroma. Já o sabor corresponde à percepção da combinação entre doçura, acidez, amargor e adstringência, em conjunto com a percepção do aroma, em virtude da presença dos compostos voláteis. Esse processo relaciona-se ao amadurecimento das frutas, com o aumento do teor de açúcares simples e a redução da acidez, da adstringência e do teor de ácidos e de fenólicos (Chitarra e Chitarra, 1990). A naringina é uma flavanona responsável pelo sabor amargo que apresentam algumas frutas cítricas; já a diidro-chalcona correspondente, formada por transformação química da naringina, é duas mil vezes mais doce do que a sacarose e é empregada como adoçante na indústria de alimentos (Tomás-Barberán e Espín, 2001).

## Efeito do processamento na qualidade nutricional das frutas

A importância das vitaminas como reguladoras dos processos biológicos e o crescente interesse por antioxidantes, associados à redução do risco de desenvolvimento de doenças crônico-degenerativas, estão despertando grande interesse sobre a química e a estabilidade dessas substâncias bioativas em alimentos. Vitaminas e antioxidantes são altamente instáveis e susceptíveis a degradação durante o processamento pós-colheita. As condições de processamento e de estocagem podem afetá-los, comprometendo a aparência, o *flavor* e o valor nutritivo do produto.

**Vitaminas.** A estabilidade relativa das vitaminas é adversamente afetada pelo processamento, pelo tipo de embalagem, pelo tempo e pela condição de estocagem. A vitamina C é a mais instável e pode ser facilmente degradada durante o processamento e a estocagem das frutas; o pH ácido favorece o aumento de sua estabilidade. Entre as vitaminas hidrossolúveis, a B<sub>1</sub>, a B<sub>2</sub> e o ácido pantotênico também são muito instáveis, principalmente em pH alcalino; o ácido fólico, ao contrário, é instável em pH ácido, tendo sua estabilidade incrementada em pH alcalino. A aplicação de calor afeta a maioria das vitaminas; entre as hidrossolúveis, apenas as vitaminas PP e B<sub>12</sub> apresentam melhor estabilidade relativa em presença de calor. O oxigênio afeta principalmente as vitaminas A, E, C, B<sub>1</sub>, B<sub>12</sub> e o ácido fólico. A vitamina B<sub>2</sub>, assim como os carotenóides, é muito sensível à luz, o que pode ser um problema no caso de embalagens transparentes (Machlin, 1991).

**Carotenóides.** A perda ocorre principalmente por isomerização e oxidação. Fatores como estrutura dos diferentes compostos, ruptura da estrutura celular durante a manipulação, disponibilidade de água, presença de antioxidantes e/ou pró-oxidantes, exposição à luz, disponibilidade de oxigênio e temperatura aplicada durante o processamento e a estocagem do produto podem influenciar a degradação. A isomerização de transcarotenóides para ciscarotenóides, promovida pela liberação de ácidos, pela aplicação de calor e pela exposição à luz, diminui a cor e a atividade

pró-vitamínica dos carotenóides. Mas a principal causa da perda de carotenóides é a oxidação enzimática ou não-enzimática, que depende da disponibilidade de oxigênio e da estrutura dos carotenóides. A oxidação envolve, inicialmente, a epoxidação, a formação de apocarotenóides e a hidroxilação dos carotenóides. A degradação por fragmentações subseqüentes envolve a formação de compostos de baixo peso molecular. Os voláteis formados contribuem para o aroma e o sabor do produto, que pode ser desejável, como no vinho e no chá, ou indesejável, como na cenoura desidratada (Rodriguez-Amaya, 1999).

O processamento da geléia de araticum apresentou perdas menores de carotenóides e de vitamina C do que o processamento do licor da mesma fruta (Agostini e Cecchi, 1996). O processo foi conduzido conforme costumes regionais característicos: a geléia foi preparada pela adição de açúcar e de água na polpa, seguida de fervura em fogo brando durante trinta minutos; o licor foi obtido pela infusão da polpa em álcool de cereais por 20 dias e pela adição de calda de açúcar a 54 °Brix (Almeida et al., 1987). A geléia recém-processada conservou 75 % dos carotenóides presentes na polpa in natura e 59 % do potencial pró-vitamina A; o processamento do licor extraiu e conservou apenas 6 % a 14 % dos carotenóides totais presentes na polpa. A redução do potencial pró-vitamina A durante o processamento foi resultado da isomerização e da degradação do transbetacaroteno, principal carotenóide presente no marolo in natura. Após o processamento, a atividade pró-vitamina A permaneceu estável durante o período de estocagem da geléia refrigerada por 90 dias. Licores processados e estocados por 60 dias em frascos transparentes apresentaram maiores perdas relativas de carotenóides em relação aos licores processados e estocados em frascos âmbar, com proteção da luz. A degradação da vitamina C, que é mais instável do que os carotenóides, foi mais intensa do que a degradação dos carotenóides, tanto na geléia quanto no licor. A geléia conservou 55 % da vitamina C presente na polpa in natura; o licor conservou apenas 4 %. Embora as substâncias bioativas sejam parcialmente degradadas pelo tratamento térmico, a geléia de

araticum preservou melhor a estabilidade dos carotenóides, da vitamina C e do potencial pró-vitamina A do que o licor. O processo de infusão da polpa de araticum para obtenção do licor não favoreceu a extração completa das substâncias bioativas, que permaneceram retidas no resíduo da polpa (Agostini e Cecchi, 1996).

A polpa fatiada de pequi (*Caryocar brasiliense*) procedente de Mato Grosso foi preparada por cozimento convencional com arroz, de acordo com a culinária regional (Almeida, 1998). Entre os pigmentos da polpa crua do pequi, a anteraxantina foi encontrada em maior porcentagem (40,5 %), seguida pela zeaxantina (34 %). Após o cozimento, a zeaxantina foi o carotenóide predominante (52 %), ficando a anteraxantina em menor porcentagem (20 %) (Ramos et al., 2001). Esses carotenóides não apresentam atividade vitamínica, mas a zeaxantina é componente da mácula visual. A capacidade de interconversão desses dois carotenóides é bastante conhecida no ciclo das xantofilas (Sarry et al., 1994), que envolve também a formação do epóxido violaxantina. Nas plantas, esse ciclo tem recebido atenção especial por estar associado à função protetora da fotossíntese, em situação de estresse luminoso. Os carotenóides pró-vitamínicos encontrados na polpa do pequi foram o betacaroteno, a criptoflavina e a betacripto-xantina. Os valores pró-vitamina A foram de 494 retinol e 375 retinol equivalente por 100 g de polpa in natura e cozida, respectivamente (Ramos et al., 2001). Entretanto, considerando que os autores não promoveram a separação dos isômeros cis-do betacaroteno, quantificando o valor total encontrado desse carotenóide como apenas transbetacaroteno, é possível que o valor pró-vitamínico encontrado esteja superestimado e que as perdas pró-vitamínicas durante o processamento tenham sido um pouco mais elevadas.

O óleo de buriti extraído por prensagem (*expeller*) a partir de frutos esterilizados procedentes do Maranhão, safra 1993, apresentou nove carotenóides (Tabela 14). O betacaroteno, com uma média de 1.181 mg/g, foi o pigmento predominante, somando 69 % dos carotenóides totais (Agostini et al., 1994). Esses elevados teores, sem dúvida, fazem do óleo de buriti uma das maiores fontes de pró-vitamina A (18.339 retinol

**Tabela 14.** Composição de carotenóides (mg/g) e valor de vitamina A (retinol equivalente/100 g) do óleo de buriti.

Carotenóide	Teor (μg/g)
Fitoflueno	150
Alfacaroteno	61
13-cisbetacaroteno	359
Transbetacaroteno	672
9-cisbetacaroteno	150
Zetacaroteno	39
Deltacaroteno	38
Mutatocromo	45
Beta-10-apocarotenal	70
Gamacaroteno	13
Vitamina A (RE/100 g)	18.339

equivalente por 100 g), ainda que a presença de isômeros cis-, em grande quantidade, esteja reduzindo significativamente esse valor (Tabela 14). O alto teor de isômeros cis- do betacaroteno (43% do conteúdo total de betacaroteno), assim como a presença do epóxido mutatocromo (5,8-epóxido betacaroteno), provavelmente foi consequência do processo térmico de esterilização que antecedeu o transporte dos frutos. O fitoflueno não possui nenhum potencial corante ou pró-vitamínico, e o zetacaroteno não apresenta potencial pró-vitamínico. Os carotenos alfa-, delta- e gamacaroteno e o beta-10-apocarotenal, presentes em menores quantidades, possuem atividade pró-vitamina A reduzida, se comparados com o transbetacaroteno.

O azeite de dendê bruto, muito empregado na culinária baiana, é uma excelente fonte de pró-vitamina A. O óleo extraído da polpa dos frutos frescos apresenta teores entre 3.600 retinol equivalente e 21.700 retinol equivalente por 100 g de óleo, dependendo da espécie e da cultivar considerada. Os óleos procedentes da espécie *Elaeis oleifera* são mais ricos em pró-vitamina A do que os óleos procedentes da espécie *Elaeis guineensis*. Entretanto, variedades da última espécie apresentam maior produtividade de frutos e maior rendimento de óleo. O óleo extraído da polpa esterilizada apresenta teores entre 2.500 retinol equivalente e 14.800 retinol equivalente por 100 g de óleo. O processo de esterilização dos frutos recém-colhidos é feito para inativar as lipases presentes e prevenir a

rancificação hidrolítica do óleo. Esse processo promove, entretanto, um aumento significativo no teor de isômeros cis- do alfa e do betacaroteno, com redução significativa do potencial pró-vitamina A. Os pigmentos pró-vitamínicos também são também destruídos pelo processo de refinamento do óleo (Trujillo-Quijano et al., 1990).

Considerando a importância dos lipídios no metabolismo das pró-vitaminas A, estudos de biodisponibilidade mostram que a conversão vitamínica do azeite de dendê deve ser de 1 retinol equivalente para 2 mg a 3 mg de betacaroteno; essa equivalência é maior do que a razão 1 para 6, normalmente considerada para outros alimentos que também são fontes de betacaroteno. Nessa condição, a atividade pró-vitamínica do azeite de dendê pode ser pelo menos dobrada, fazendo desse óleo uma das mais ricas fontes de pró-vitamina A. Esse valor pode ser superado pelo óleo de buriti (Rodriguez-Amaya, 1996).

O buriti não é consumido regularmente em todas as regiões do Brasil. Os frutos são aproveitados principalmente na forma de sucos e doces caseiros, pela população local de algumas áreas específicas das regiões Norte e Centro-Oeste. Mariath et al. (1989) verificaram que a suplementação vitamínica com 12 g de doce de buriti por dia, contendo aproximadamente 134 retinol equivalente, por crianças com idade entre 4 e 12 anos, foi suficiente para recuperar quadros de hipovitaminose A, com evidências clínicas de xeroftalmia, após um período de 20 dias de suplementação. Embora o valor pró-vitamina A do doce (134 retinol equivalente) não seja excessivamente elevado, os excelentes resultados obtidos parecem confirmar a influência positiva dos lipídios presentes no doce (6,5 %), que favorecem um aumento da biodisponibilidade da pró-vitamina A. Esses resultados recomendam uma grande atenção do governo brasileiro para essa fonte natural de pró-vitamina A, que merece ser incluída em programas governamentais focados na redução da hipovitaminose A em áreas endêmicas.

**Compostos fenólicos.** Após a colheita, as frutas são estocadas, transportadas e sujeitas aos mais diferentes tratamentos para prolongar a vida

de estocagem e conservar a qualidade oferecida pela fruta fresca. Esses tratamentos pós-colheita podem, também, impactar a composição dos compostos fenólicos. A relação entre o processamento e a composição desses fenólicos tem sido monitorada em frutas de clima temperado (Tomás-Barberán e Espín, 2001). Entretanto, muito pouco se conhece quanto à natureza dos compostos fenólicos em frutas nativas brasileiras e quanto ao efeito dos diferentes processamentos sobre esses fenólicos.

A refrigeração é um procedimento tradicional para reduzir a atividade de enzimas, como a polifenoloxidase e as peroxidases, que podem causar o escurecimento indesejável das frutas. Por outro lado, os teores de fenilalaninaliase, enzima iniciadora da biossíntese de flavonóides, tendem a aumentar com a redução da temperatura, com a incidência luminosa e com a maturação de frutos, como a maçã e a ameixa, interferindo favoravelmente no acúmulo de antocianinas e no desenvolvimento da cor.

O uso de embalagem com atmosfera controlada e modificada reduz o conteúdo de oxigênio e aumenta o de dióxido de carbono, podendo produzir efeitos diretos sobre a composição dos compostos fenólicos. O conteúdo de antocianinas em morango, especialmente aquelas presentes nos tecidos internos, é afetado pelo tratamento com dióxido de carbono, que reduz a pigmentação, afetando negativamente a qualidade da fruta.

A irradiação gama é empregada para aumentar a vida pós-colheita de frutas frescas, pela inativação de patógenos. Essa técnica produz um aumento da atividade enzimática, causando o escurecimento de frutas, como a banana, a manga e o pêssego. Por seu turno, a irradiação ultravioleta pode ser empregada para induzir a biossíntese de compostos benéficos à saúde, especialmente resveratrol e flavonóides, em frutas como a banana, a uva e a maçã, melhorando sua pigmentação e sua qualidade nutricional.

O processamento térmico, para a obtenção de produtos como sucos, geléias e frutas enlatadas é tradicionalmente empregado para garantir a segurança microbiológica, a estabilidade do produto e a inativação de enzimas que podem reduzir a qualidade. Entretanto, maior atenção

tem sido dispensada à combinação de processos que recorrem a altas temperaturas, pressões elevadas, irradiação por microondas e/ou inibidores enzimáticos, visando à preservação dos compostos fenólicos benéficos à saúde.

## O problema da fome

O conceito adotado no Brasil de segurança alimentar e nutricional consiste em

*garantir, a todos, condições de acesso a alimentos básicos, seguros e de qualidade, em quantidade suficiente, de modo permanente e sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, com base em práticas alimentares saudáveis, contribuindo, assim, para uma existência digna em um contexto de desenvolvimento integral da pessoa humana (Brasil, 2004).*

Os dados relacionados à fome nas regiões brasileiras são preocupantes. O Brasil conta com uma população de quase 180 milhões de habitantes. A população do campo ou rural (cerca de 18 % da população brasileira) estende-se por todo o território brasileiro e apresenta-se de forma diversificada, com características que abrangem uma grande especificidade cultural, racial e regional. Na Região Centro-Oeste, principal núcleo do Cerrado, vivem cerca de 10 milhões de habitantes, dos quais cerca de 3 milhões estão na zona rural. No contexto da população brasileira, estimam-se 31 milhões de indigentes<sup>3</sup>. Na Região Centro-Oeste, essa parcela representa mais de um milhão e meio, encontrando-se 45% desses indigentes na zona rural (Peláez e Beghin, 1994). Considerando a Região do Cerrado em geral, esse número deve ser mais elevado. As avaliações nutricionais indicam que as crianças das áreas rurais apresentam maior deficiência nutricional do que as crianças dos centros urbanos; a concentração de crianças desnutridas é maior em famílias com salários inferiores a dois salários mínimos. A população rural adulta apresenta maior prevalência de baixo peso e menor estatura do que a população urbana. A população rural consome proporcionalmente mais proteína e

gordura animal do que a população urbana. A população urbana consome mais alimentos processados em relação à área rural, e ingere quantidades mais elevadas de cereais, raízes e tubérculos (Brasil, 2004).

A transição epidemiológica nutricional no Brasil apresenta um quadro de estresse nutricional marcado pelo retardo estatural, sobretudo nos primeiros anos de vida, na Região Nordeste e nas áreas rurais. A hipovitaminose A persiste, com características endêmicas, em várias localidades do território nacional. No que se refere às populações adultas, com exceção do Nordeste rural, houve redução quase total, desde a década de 1980, das populações afetadas pela deficiência calórica. O problema emergente, a partir de 18 anos, é o sobre peso e a obesidade, sobretudo nos estratos de renda mais baixa. Além disso, contrariando as tendências de melhora no cenário das carências nutricionais brasileiras nos últimos 25 anos, parece surpreendente, a princípio, a elevada prevalência de anemias, com forte evidência de crescimento desse problema, que assume comportamento epidêmico em algumas regiões (Batista-Filho e Rissin, 2003).

O crescimento progressivo das doenças crônicas não-transmissíveis resultou em preocupação com os crescentes sobre peso e obesidade infantis. Esse problema decorre da introdução, na dieta, de alimentos que despertam a formação de hábitos alimentares pouco saudáveis. O excesso de peso tem consequências deletérias para a saúde, aumentando o fator de risco para doenças como o diabetes, a hipertensão, as doenças cardiovasculares, os problemas articulares e alguns tipos de câncer. O problema alimentar brasileiro apresenta duas faces diversas e aparentemente paradoxais: de um lado, requer ação para tratar a má nutrição manifesta pela carência alimentar; e, de outro, pelo excesso de consumo energético e pela inadequação alimentar (Brasil, 2004).

Pelas análises dos componentes físico-químicos das frutas de algumas espécies, como foi mostrado neste trabalho, pode-se dizer que a população do Cerrado e a do Brasil dispõem de significativa

<sup>3</sup> Nesse contexto, são consideradas indigentes as pessoas cuja renda familiar corresponde apenas ao valor de aquisição de cesta básica de alimentos que atenda aos requerimentos nutricionais, recomendados pela FAO/OMS/ONU.

oferta de alimentos no banco de espécies vegetais nativas, com importantes nutrientes. De uma maneira geral, são fontes de calorias, vitaminas, proteínas, cálcio, fósforo e ferro, entre outras. Essas frutas podem, então, funcionar como fontes alternativas de nutrientes, compondo cardápios regionalizados, até mesmo na merenda escolar.

Atualmente, as fruteiras tropicais vêm despertando a atenção, tanto pela diversidade de frutas quanto pelas suas propriedades nutritivas, vislumbrando-se perspectivas de aproveitamento industrial. Há, porém, desinteresse pela industrialização em consequência da sua exploração extrativista. Um empreendimento regional em grande escala poderia ser iniciado, motivado tanto pela grande aceitação popular quanto pela franca possibilidade de exportação desses produtos, contribuindo para a diversificação dos produtos exportáveis (Barbosa et al., 1979). Todas as atividades com plantas nativas do Cerrado baseiam-se unicamente em extrativismo, a exemplo da exploração de frutas para alimentação, da atividade madeireira e do artesanato. O uso intensivo dessa prática tem reduzido a oferta desses recursos vegetais. Daí a necessidade de adoção de alternativas que viabilizem o seu uso sustentado. A falta de resultados convincentes de produção em cultivo ou avaliação econômica do uso extrativista tem contribuído para o descrédito do potencial de algumas espécies economicamente promissoras.

A flexibilização dos cardápios sugerida por Castro (1984) está coerente com os objetivos deste trabalho, segundo o qual devem ser observadas as condições locais, os gostos e as disponibilidades de alimentos locais, na busca por soluções ajustadas às peculiaridades regionais.

Conclui-se, portanto, que os resultados deste trabalho poderão colaborar para a conscientização da população do Cerrado, qual seja de divulgar a importância do potencial das plantas nativas dessa região, para melhorar a saúde. Há de se alertar, porém, para o fato de que a caracterização físico-química dessas frutas não é suficiente para considerá-las de valor nutricional. Isso somente poderá ser certificado quando se avaliar o processo de assimilação desses nutrientes pelo organismo. Em outras palavras, quando for determinada a sua biodisponibilidade.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos pesquisadores José Antônio da Silva e Carlos Eduardo L. Fonseca, pela valiosa colaboração concedida a este projeto. À Hilda da Rosa Rodrigues, chefe-técnica da Embrapa Agroindústria e Alimentos, às pesquisadoras Dalva Alves Pereira, coordenadora/Atol/Embrapa Agroindústria e Alimentos, e Tânia Barreto Simões Corrêa, coordenadora da ACQA/Embrapa Agroindústria e Alimentos, e a Virgínia Martins da Matta, pela grande colaboração na realização das análises físico-químicas e pelo fornecimento de informações pertinentes ao tema.

## Referências

- AGOSTINI, T. S.; CECCHI, H. M. Composição de carotenóides no marolo e em produtos de preparo caseiro. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 16, n. 1, p. 67-71, 1996.
- AGOSTINI, T. S.; SOARES, E. F.; ARELLANO-BARRERA, D. Determinação de carotenóides no óleo da polpa de buriti. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 14., 1994, São Paulo. *Resumos...* São Paulo: SBCTA, 1994. p. 194.
- AGOSTINI-COSTA, T. S.; JALES, K. A.; ABREU, L. N.; ROSSETTI, A. G.; SILVEIRA, E. R. Determinação de ácido anacárdico em pedúnculos de caju. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, Botucatu, v. 5, n. 2, p. 77-81, 2003.
- ALMEIDA, S. P. **Cerrado:** aproveitamento alimentar. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 188 p.
- ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. **Piqui e buriti:** importância alimentar para a população dos Cerrados. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1994. 38 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 54).
- ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A.; RIBEIRO, J. F. **Aproveitamento alimentar de espécies nativas dos cerrados:** araticum, baru, cagaita e jatobá. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1987. p. 10-21.
- ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A.; RIBEIRO, J. F. **Aproveitamento alimentar de frutos nativos do cerrado:** araticum, baru, cagaita e jatobá. Planaltina,

- DF: Embrapa-CPAC, 1990. 83 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 26).
- BARBOSA, W. C.; NAZARÉ, R. F. R.; NAGATA, I. Estudos físicos e químicos dos frutos: bacuri (*Platonia insignis*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e murici (*Byrsonima crassifolia*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., 1984, Pelotas. **Anais...** Pelotas: SBF, 1984. v. 2, p. 797-808.
- BATISTA-FILHO, M.; RISSIN, A. A transição nutricional no Brasil: tendências regionais e temporais. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, p. S181-S191, 2003.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. São Paulo: Varela, 1989. 223 p.
- BRASIL. **Diagnóstico de saúde e nutrição da população do campo**: levantamento de dados e proposta de ação. Brasília: CGPAN: DAB: SAS, 2004. 34 p.
- BRITTON, G. Structure and properties of carotenoids in relation to function. **The FASEB Journal**, Bethesda, v. 9, p. 1551-1558, 1995.
- BRUNE, W.; SILVA, D. O.; MATTOS, J. R. Sobre o teor de vitamina C em mirtáceas - II. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 13, n. 75, p. 182-193, 1965.
- BURTON, B. J. **Nutrição humana**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1979.
- CASTRO, C. de M. Fubá, formulados e fundamentalistas. In: ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 6., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1984.
- CEREDA, E.; SALIBE, A. A.; FERREIRA, V. L. P. Caracterização de cultivares de laranja doce *Citrus sinensis* (L) Osbeck, de baixa acidez. III - frutas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1984, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF, 1984.
- CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Componentes físicos e químicos da laranja "Valencia" (*Citrus sinensis* L. Osbeck) em diversos estádios de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., 1984, Pelotas. **Anais...** Pelotas: SBF, 1984. v. 2, p. 563-586.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças. In:
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL: FAEPE, 1990. p. 235-293.
- CHUNG, K. T.; WEI, C. I.; JOHNSON, M. G. Are tannins a double-edged sword in biology and health? **Trends in Food Science and Technology**, Oxford, v. 9, p. 168-175, 1998.
- CLIFFORD, M. N.; SCALBERT, A. Review ellagitannins – nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, p. 1118-1125, 2000.
- CULINÁRIA do Cerrado. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, Instituto do Trópico Subúmido, 1992. Parte 1. (UCG. ITS. Contribuições, 2).
- EMBRAPA. Centro de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos. (Rio de Janeiro, RJ). **Manual da qualidade para laboratório**: guia para elaboração. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CTAA: SENAI: INMETRO, 1991.
- ESTEVES, M. T. da C.; CHITARRA, M. I. F.; CARVALHO, V. D. de; CHITARRA, A. B.;
- PAULA, M. B. de. Caracterização dos frutos de seis cultivares de goiabeiras (*Psidium guajava* L.) em fase de maturação: I - Determinações físicas e químicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1984, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF, 1984a. p. 477-500.
- ESTEVES, M. T. da C.; CHITARRA, M. I. F.; CARVALHO, V. D. de; CHITARRA, A. B.;
- PAULA, M. B. de. Caracterização dos frutos de seis cultivares de goiabeiras (*Psidium guajava* L.) em fase de maturação: III - Pectina, celulose e hemicelulose. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1984, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF, 1984b. p. 501-513.
- EVANGELISTA, J. **Alimentos**: um estudo abrangente. São Paulo: Atheneu, 1992. 460 p.
- FAO. **Food, nutrition and agriculture**. 1999. v. 24. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/x2650T/x2650T00.htm>>. Acesso em: 26 maio 2004.
- FAO. **Human vitamin and mineral requirements**. Roma, 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/004/Y2809E/y2809e0n.htm#bm23>>. Acesso em: 20 abr. 2004.

FLYNN, A. Minerals and trace elements in milk. In: KINSELLA, J. (Ed.).

**Advances in food and nutrition research.** California: Academy Press, 1992. v. 36, p. 209-240.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos.** 9. ed. São Paulo: Atheneu, 1992. 307 p.

GURR, M. I.; HARWOOD, J. L. **Lipid biochemistry.** 4. ed. New York: Chapman & Hall, 1991.

HIMEJIMA, M.; KUBO, I. Antibacterial agents from the cashew *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae) nut shell oil. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 39, p. 418-421, 1991.

HIROCE, R.; CARVALHO, A. M.; BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; SANTOS, R. B.; GALLO, J. R. Composição mineral de frutas tropicais na colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4., Salvador. **Anais...** Salvador: SBF, 1978. p. 357-364.

HOLMES, A. M. **Nutrition & vitamins.** New York: Facts on File, 1983. 316 p.

ITOKAWA, Y.; TOTSUKA, J.; NAKAHARA, K.; TAKEYA, K.; LEPOITTEVIN, J.; ASAKAWA, Y. Antitumor principles from *Ginkgo biloba* L. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, Tokyo, v. 35, n. 30, p. 16-20, 1987.

KALIL, A. C.; LERNER, B. R.; KUROBA, C. H.; BOOG, M. C. F.; OLIVEIRA, M. C. M. O.; STEFANI, M. L. R.; NEVES SOBRINHO, O. R.; LEPER, R. M.; PHIILIPPI, S. T.; FARIA, F. **Manual básico de nutrição.** 2 .ed. São Paulo: Instituto de Saúde, 1979. (Instituto de Saúde, 34. Série E. Seção de Nutrição, 5).

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Review – antioxidants in fruits and vegetables: the millennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, p. 703-725, 2001.

KUBO, I.; KIM, M.; NAYA, K.; KOMATSU, S.; YAMAGIWA, Y.; OHASHI, K.; SAKAMOTO, Y.; HIRAKAMA, S.; KAMIKAWA, T. Prostaglandin syntetase inhibitors from the African medicinal plant *Ozoroa mucronata*. **Chemistry Letters**, Tokyo, v. 63, p. 1101-1104, 1987.

KUBO, I.; OCHI, M.; VIEIRA, P. C.; KOMATSU, S. Antitumor agents from the cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice. **Journal of Agriculture**

**and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 41, p. 1012-1015, 1993.

LAJOLO, F. M. Functional foods: Latin American perspectives. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 88, p. S145-S150, 2002. Supl. 2.

LINDER, M. C. **Nutritional biochemistry and metabolism.** 2<sup>nd</sup> ed. Connecticut: APPleton & Lance, 1991.

MACHLIN, L. **Handbook of vitamins.** New York: Marcel Dekker, 1991. 595 p.

MARIATH, J. G. R.; LIMA, M. C. C.; SANTOS, L. M. P. Vitamin A activity of buriti (*Mauritia vinifera* Mart) and its effectiveness in the treatment and prevention of xerophthalmia. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 49, n. 5, p. 849-853, 1989.

MARINHO, H. A.; CASTRO, J. S.; FERREIRA, S. A. Carotenóides e valor de pró-vitamina A de 15 cultivares de pupunha (*Bactris gasipaes*) e suas alterações com o cozimento. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CAROTENÓIDES EM ALIMENTOS, 1998. **Programas e resumos...** Campinas: Unicamp, 1998. p. 59.

MEAD, J. F.; ALFIN-SLATER, D. R.; HOWTON, D. R.; POPJAK, G. **Lipids chemistry, biochemistry and nutrition.** New York: Plenum Press, 1986.

MINAZZI-RODRIGUES, S. R.; PENTEADO, C. V. de M. Importância dos óleos de peixe em nutrição e fisiologia humana. In: VANUCCHI, H.; CAMPANA, A. O. (Ed.). **Cadernos de nutrição.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, 1991. v. 3, p. 41-97.

MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J.; ANDERSON, L.; DIBBLE, M. V. **Nutrição.** 16. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978. p. 114.

MORRISON, R.; BOYD, R. Processos bioquímicos e biologia molecular. In: MORRISON, R.; BOYD, R. **Química Orgânica.** 11<sup>a</sup> ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1994. p. 1362-1388.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, DC). **Recommended dietary allowances.** 10<sup>th</sup> ed. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1989.

NEVES FILHO, L. de C. Controle da umidade e temperatura em câmaras frigoríficas. In: BLEINROTH, E. W. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais.** Campinas: ITAL, 1992. 203 p.

- PARR, A. J.; BOLWELL, G. P. Review phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, p. 985-1012, 2000.
- PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 385-390, 2003.
- PELIANO, A. M. M.; BEGHIN, N. O inacessível pão de cada dia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 100, p. 53-56, 1994.
- RAMOS, M. I. L.; UMAKI, M. C. S.; HIANE, P. A.; RAMOS-FILHO, M. M. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenóides pró-vitamínicos A da polpa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 23-32, 2001.
- REISER, S. Metabolic effects of dietary pectins related to human health. **Food Technology**, Chicago, v. 41, p. 91-99, 1987.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: ILSI Press, 1999. 64 p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Assessment of the provitamin A contents of foods – the Brazilian experience. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 9, p. 196-230, 1996.
- SANTOS-BUELGA, C.; SCALBERT, A. Review proanthocyanidins and tannin-like compounds - nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, p. 1094-1117, 2000.
- SARRY, J. E.; MONTILLET, J. L.; SAUVAIERE, Y.; HAVAUX, M. The protective function of the xanthophyll cycle in photosynthesis. **FEBS Letters**, Amsterdam, v. 353, p. 147-150, 1994.
- SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição**: fator de saúde e desenvolvimento. Campinas: ALMED: UNICAMP, 1987.
- SOUZA, M. do C. P. de; MAIA, G. A.; GUEDES, Z. B. de L.; ORIÁ, H. F.; HOLANDA, L. F. F. de. Amadurecimento natural e artificial do buriti. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 7, p. 891-896, 1984.
- SZPIZ, R. S.; LAGO, R. C. A.; JABLONKA, F. H.; PEREIRA, D. A. **Óleos de macaúba**: uma alternativa para a oleoquímica. Rio de Janeiro: Embrapa-CTAA, 1989. p. 1-10. (Embrapa-CTAA. Comunicado Técnico, 14).
- SZPIZ, R. S.; PEREIRA, D. A.; LAGO, R. C. A. **Comparaçao entre óleos de 3 palmáceas brasileiras**. Rio de Janeiro: CTAA, 1980. p. 33-46 (Embrapa-CTAA. Boletim Técnico, 14).
- TAKEMOTO, E.; OKADA, I. A.; GARBELOTTI, M. L.; TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S. Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Goiás. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 60, n. 2, p. 113-117, 2001.
- TOGASHI, M. **Composição e caracterização química do baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. 1993. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 81, p. 853-876, 2001.
- TRUJILLO-QUIJANO, J. A.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; ESTEVES, W.; PLONIS, G. F. Carotenoid composition and vitamin A values of oils from four Brazilian palm fruits. **Fat Science and Technology**, Leinfelden-Echterdingen, v. 92, p. 222-226, 1990.
- UNDERWOOD, E. J. **Trace elements in human and animal nutrition**. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Academic Press, 1971. 543 p.
- VALLILO, M. I.; TAVARES, M.; AUED, S. Composição química da polpa e da semente do fruto do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.): caracterização do óleo da semente. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 115-125, 1990.



## Capítulo 13

# **Conseqüências Ambientais da Fragmentação de Habitats no Cerrado**

*Fabiana de Gois Aquino  
Guilherme Henrique Braga de Miranda*



## Fragmentação de origem natural versus fragmentação antrópica<sup>1</sup>

A fragmentação de habitat é um processo que promove a divisão de uma área contínua em partes menores, eliminando ou reduzindo a quantidade de um tipo de habitat e isolando os fragmentos remanescentes (Wilcove et al., 1986). Um fragmento, por sua vez, é uma mancha remanescente de uma paisagem que sofreu fragmentação.

A fragmentação pode ter causas naturais ou antrópicas. Em ambos os casos, deve-se atentar para o conceito de escala espaço-temporal. Numa escala geográfica ampla, nota-se que as paisagens naturais são formadas por ecossistemas determinados pelas condições edáficas, climáticas e históricas. Para o bioma Cerrado, numa escala regional, fatores como heterogeneidade do solo e diferenças geomorfológicas, topográficas e climáticas são especialmente significativos. Por exemplo, a presença de manchas de solo hidromórfico pode determinar a existência de vegetação do tipo campo úmido.

Ainda considerando uma escala regional ou local, incêndios, inundações e ventos fortes, entre outros distúrbios naturais, podem isolar, mesmo que temporariamente, partes do ecossistema, gerando fragmentos com diferentes níveis de qualidade ambiental. Assim, dependendo da escala de observação, uma determinada paisagem pode ser formada por mosaicos originados naturalmente.

Em virtude da grande expansão da população humana, o tipo mais freqüente e relevante de fragmentação é o de origem antrópica, conhecido como fragmentação antrópica. Os avanços tecnológicos e o grande crescimento da população humana aumentaram, generalizaram e aceleraram esse tipo de fragmentação, o que tem gerado inúmeros problemas ambientais.

A fragmentação antrópica está intimamente relacionada à expansão das atividades humanas, começando-se com a colonização de áreas pequenas, seguida da expansão da área de atuação, que intensifica as conseqüências do processo de ocupação e uso do ambiente. Quando a área de

expansão antrópica se torna a matriz, ou seja, a unidade da paisagem que controla a dinâmica da paisagem (Forman, 1995), geralmente a conectividade da vegetação natural é interrompida, comprometendo a integridade biológica (Noss e Csuti, 1997). Atualmente, não se conhecem bem quais são os processos ecológicos que se perdem com a fragmentação antrópica, pois poucos estudos têm sido desenvolvidos em longo prazo, principalmente para o bioma Cerrado. Além disso, a velocidade atual de ocupação e de isolamento de áreas nativas é surpreendentemente elevada, o que dificulta a execução e o planejamento de pesquisas em longo prazo. No caso do Cerrado, em apenas 4 décadas, mais da metade da paisagem natural foi modificada (Sano et al., 2001; Klink e Machado, 2005). Estimativas indicam que a taxa de expansão da atividade agropecuária sobre as áreas nativas de Cerrado é de 3 % ao ano (Henriques, 2003). Há previsão de que, mantendo-se a taxa atual de desmatamento, por volta do ano 2030, a ocorrência desse bioma estará restrita às áreas protegidas (Machado et al., 2004). Em conseqüência desse desmatamento e da fragmentação, a área original do bioma Cerrado apresenta-se como um grande mosaico de fitofisionomias remanescentes, ou seja, áreas que permanecem com quase todas as características próprias, envolvidas por uma matriz alterada, que é condicionada por distúrbios antrópicos de diversos tipos (Fig. 1).

Processos de fragmentação natural e fragmentação antrópica são visivelmente diferentes e, assim, devem ser tratados distintamente. As três diferenças de maior significado ecológico entre os fragmentos naturais e antrópicos, segundo Noss e Csuti (1997), são: a) os fragmentos naturais possuem estrutura interna mais complexa e heterogênea do que os fragmentos de origem antrópica, por exemplo: um fragmento de mata com diferentes espécies e de distintas idades, em comparação com uma monocultura; b) por serem mais heterogêneos, geralmente fragmentos naturais adjacentes possuem menor contraste (portanto, maior semelhança aparente, em termos de paisagem) que os antrópicos; e c) fragmentos antrópicos podem constituir ameaças específicas

<sup>1</sup> Revisores técnicos: Eduardo van den Berg e Adriani Hass.



**Fig. 1.** Áreas próximas a Brasília, mostrando as Unidades de Conservação inseridas na matriz agrícola e na urbana. Imagem composta (bandas 3, 4 e 5) a partir do Landsat ETM+, imagem de 9/6/2001.

Fonte: <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

à viabilidade populacional de espécies que ocorrem em áreas naturais, quer pela simplificação espacial excessiva, quer pela escassez de recursos naturais essenciais. Além disso, fragmentos naturais têm maior probabilidade de apresentar espécies endêmicas que fragmentos antrópicos, em virtude de um tempo de isolamento muito maior (Constantino et al., 2005).

É necessário lembrar que as áreas remanescentes ou manchas de habitat isoladas pela paisagem circundante são, na verdade, “ilhas terrestres” (Fig. 2). Por essa razão, a teoria do equilíbrio de biogeografia de ilhas (MacArthur e Wilson, 1967) tem servido de base para entender a ecologia de áreas insulares, visando, assim, maximizar a conservação desses remanescentes de fragmentos naturais. Essa teoria sugere que o tamanho das ilhas (relação espécie/área), o grau de isolamento e os processos de colonização e

de extinção afetam a riqueza local de espécies. Embora se façam críticas ao uso dessa teoria na biologia da conservação em virtude de sua concepção simplista, que considera apenas a riqueza de espécies e não os processos biológicos, ela tem sido usada eventualmente, no planejamento de reservas em escala de paisagem. Contudo, é preciso reconhecer as limitações dessa teoria quando aplicada aos processos de fragmentação recentes, uma vez que esses processos são decorrentes da ação antrópica e não resultaram de processos biológicos naturais.

## Conseqüências da fragmentação antrópica

Os efeitos ou as conseqüências da fragmentação podem ser intensos ou sutis, imediatos ou lentos,



Foto: Guilherme Henrique B. de Miranda

**Fig. 2.** Pequena mancha de vegetação natural (“ilha terrestre”) em matriz agrícola, no oeste da Bahia.

evidentes ou ocultos, dependendo sempre da escala, da biologia da espécie e dos processos ecológicos envolvidos. As conseqüências da fragmentação antrópica abrangem os seguintes fatores: diminuição e alteração da área e exclusão inicial; efeito de reunião; barreira e isolamento; extinções; introdução de espécies alóctones; e efeito de borda (Noss e Csuti, 1997).

#### **Diminuição e alteração da área e exclusão inicial**

A maior ameaça à biodiversidade é a diminuição e a alteração das áreas onde os organismos estão adaptados a viver, pois diversas espécies são sensíveis à redução da área de seus habitats (Murcia, 1995; Turner, 1996; Noss e Csuti, 1997). Scariot et al. (2005) citaram que fragmentos

grandes rodeados por soja apresentaram cerca de 25 % mais espécies arbóreas que fragmentos pequenos e de médio porte (até 700 ha) num Cerrado da região de Paracatu e Guarda-Mor (MG). Os fragmentos pequenos recebem grande influência de fatores externos, como fogo, invasão de espécies alóctones, etc., diminuindo as chances de sobrevivência de determinadas espécies nativas. Além disso, fragmentos pequenos podem conter populações pequenas e, eventualmente, instáveis sob o aspecto da manutenção em longo prazo.

Fragmentos pequenos nem sempre asseguram a existência de espécies raras ou de distribuição agrupada. Normalmente, as espécies que sobrevivem em pequenos fragmentos são aquelas que toleram a matriz de uso humano, as que possuem pequenas áreas de vida, como muitas plantas e répteis, aquelas que mantêm populações viáveis

em fragmentos de habitat e as espécies altamente móveis, que podem utilizar várias manchas de habitat e formar populações intercruzantes (metapopulações) (Noss e Csuti, 1997).

No bioma Cerrado, as áreas mais aptas para a agricultura têm sido ocupadas, provocando a destruição de habitats únicos. Os organismos que vivem nesses habitats vêm sendo excluídos ou ficam isolados em manchas ainda menores. As subpopulações isoladas estão mais propensas à extinção, pois sofrem os efeitos deletérios da estocasticidade demográfica, da ambiental, da genética e das catástrofes (Gilpin e Soulé, 1986).

Além disso, espécies raras geralmente apresentam distribuição restrita e um alto nível de especialização para viver num determinado habitat. A eliminação ou a diminuição do habitat ou nicho específico afeta bastante suas chances de existência. Por exemplo, plantas que apresentam distribuição restrita no Cerrado, como *Vochysia thyrsoides* (gomeira), *Paepalanthus* sp. (chuveirinho) e *Lychnophora ericoides* (arnica), podem ser excluídas mais rapidamente em virtude do desmatamento e da alteração no habitat, do que plantas com ampla distribuição, como é o caso de *Qualea parviflora* (pau-terra-de-folha-miúda) e *Qualea grandiflora* (pau-terra-de-folha-larga). Porém, mesmo espécies comuns e de distribuição ampla podem se tornar raras num cenário onde a alteração e a destruição de habitats são comuns.

Os componentes da fauna também respondem de diferentes maneiras à diminuição e à alteração de habitats. Espécies que ocupam o topo da cadeia trófica, em geral são sensíveis aos processos de degradação e de fragmentação de habitats, como mostrou estudo realizado no Parque Nacional da Serra da Canastra, em Minas Gerais. Nesses estudos, algumas espécies foram negativamente afetadas pela alteração das áreas naturais, como *Priodontes maximus* (tatu-canastra), *Oncifelis colocolo* (gato-palheiro) e *Pecari tajacu* (cateto). Já outras espécies, como é o caso do *Chrysocyon brachyurus* (lobo-guará), do *Galictis cuja* (furão) e do *Callicebus personatus* (sauá), parecem se adaptar às áreas alteradas, chegando a aumentar suas populações locais (Paula, 2004).

No entanto, há espécies que aparentemente não sofreram com a diminuição e a alteração de habitats. A riqueza de espécies de lagartos no Cerrado (Silvano et al., 2005) não está relacionada ao tamanho do remanescente ou à diminuição da área, indicando a importância da manutenção de pequenos fragmentos na preservação desses organismos. Outro estudo mostrou que a riqueza de moscas-das-frutas (Drosophilidae) aumentou nos fragmentos antrópicos menores, no Cerrado do Brasil Central, o que foi associado à presença de espécies invasoras introduzidas e oportunistas (Brant, 2003).

Vários fatores, como o tempo decorrido desde a fragmentação, o isolamento e a ocorrência de perturbações naturais e antrópicas, devem ser considerados ao se analisarem os efeitos da fragmentação, como a diminuição de área sobre os organismos (Colli et al., 2005).

### Efeito de reunião

Com a diminuição do tamanho ou a supressão de uma determinada área de habitat disponível, a população excedente, quando possui mobilidade, tende a migrar para outras áreas remanescentes ou alternativas, podendo provocar um aumento da competição por recursos nestas últimas.

Um exemplo dessa situação está na construção de hidrelétricas na Região do Cerrado. O enchimento dos reservatórios tem gerado um cenário negativo sob o aspecto da conservação da biodiversidade, pois inunda grandes áreas nativas. Mesmo que a formação de um reservatório permita amostrar e resgatar parte da diversidade biológica da área inundada por meio das ações de “salvamento”, “resgate seletivo” ou “aproveitamento científico”, grande parte dos animais morre em pouco tempo. Se sobreviverem, vão competir com organismos residentes (Henriques, 1988).

As informações sobre espécimes translocados das áreas de inundação para áreas nativas ainda são deficientes (Vasconcellos, 1999). Sabe-se que algumas espécies, como o tamanduá-mirim, resistem à translocação (Rodrigues et al., 2001). Há dificuldade de sucesso nessa prática, pois, normalmente, a capacidade de suporte das áreas nativas selecionadas não é avaliada apropriada-

mente. Nesses casos, o efeito de reunião, ou seja, o aumento inicial da densidade populacional nos fragmentos isolados, em geral, praticamente elimina a possibilidade de coexistência entre os organismos na maioria dos casos (Noss e Csuti, 1997). Portanto, ocorre um aumento inicial de espécies na densidade populacional de determinada espécie, mas, em seguida, verifica-se uma redução drástica provocada pela competição exacerbada. Mudanças na estrutura das comunidades decorrentes da diminuição ou do desaparecimento do controle por predação ou por competição podem gerar um efeito de relaxamento ecológico, ou seja, indivíduos de algumas espécies passam a usar recursos anteriormente não-disponíveis.

### Barreira e isolamento

A fragmentação pode limitar o movimento de uma espécie, pois a matriz antrópica pode atuar como barreira, impedindo a dispersão e a colonização de espécies entre os fragmentos (Primack e Rodrigues, 2001).

Áreas de cultivo têm se tornado grandes barreiras no Cerrado (Fig. 3). Animais que vivem em locais abertos, mas que utilizam corpos d'água eventualmente, podem ser eliminados localmente,

caso não consigam atravessar barreiras entre fragmentos remanescentes. Em geral, espécies que apresentam distribuição ambiental restrita são mais vulneráveis à fragmentação, como é o caso das pacas, que preferem locais com vegetação alta, sempre às margens de mananciais hídricos, como as Matas de Galeria (Hosken, 1999). Por sua vez, tamanduás-bandeira, apesar de sofrerem os efeitos da fragmentação, conseguem atravessar quilômetros da matriz agropastoril (lavouras e pastagem) em busca de recursos naturais importantes para sua sobrevivência (Miranda, 2004).

Estradas e rodovias podem ser barreiras perigosas para os animais e têm provocado mortalidade acentuada em algumas espécies (Fig. 4).

Um estudo conduzido em oito fragmentos de Mata Atlântica, de 1,3 ha a 15 ha, e com distância de 60 m a 1.300 m, mostrou que algumas espécies de pequenos mamíferos conseguem se movimentar entre os fragmentos, como o *Didelphis aurita* (gambá), porém outros parecem não possuir essa habilidade, como os pequenos roedores *Oecomys concolor* e *Oligoryzomys nigripes* (Pires et al., 2002). Os autores concluíram que a vegetação herbácea pode ser uma barreira efetiva para esses animais.



Foto: Alexandre Curado

**Fig. 3.** Faixa de vegetação natural imersa numa área agrícola. Planaltina de Goiás, GO.



Foto: Fabiana de Gois Aquino

**Fig. 4.** Anta (*Tapirus terrestris*) atropelada ao tentar atravessar rodovia que passa ao lado do Parque Nacional das Emas, GO.

Áreas isoladas de Matas de Galeria apresentaram menos espécies de aves e estrutura mais simplificada da comunidade do que áreas contínuas, o que não se repete nas áreas de Cerrado sentido restrito (Machado, 2000), provavelmente em decorrência da grande mobilidade da maior parte das aves. Além disso, áreas isoladas de Matas de Galeria e de Cerrado sentido restrito sofreram redução das espécies de aves frugívoras, o que foi associado à eliminação de áreas naturais e à supressão da interação faunística que ocorria entre essas duas fitofisionomias (Machado, 2000). Esse estudo ressaltou a importância de se manterem áreas naturais e contínuas de Cerrado no entorno das Matas de Galeria.

As barreiras e o isolamento também podem causar mudança no movimento dos polinizadores (Hobbie et al., 1993). Assim, o fluxo de pólen e diásporos pode ser reduzido entre as subpopulações fragmentadas, provocando redução do fluxo gênico e aumentando as chances de deriva gênica e de depressão endogâmica (Kageyama et al., 1998). Isso pode gerar maior susceptibilidade à extinção, pois a perda de diversidade gênica significa diminuição da capacidade de a população se adaptar às variações estocásticas do ambiente.

Em estudo desenvolvido sobre a estrutura genética de uma população de *Caryocar brasiliense* (pequi), nenhum efeito da fragmentação sobre a heterozigosidade ou o endocruzamento foi detectado, talvez pela fragmentação do Cerrado ser um fenômeno relativamente recente se comparado ao ciclo de vida da espécie (Collevatti et al., 2001).

A zoocoria, processo de dispersão de sementes via animal, pode ser reduzida por meio da fragmentação e do isolamento de habitats, bem como da criação de barreiras. Nesse caso, as plantas zoocóricas podem perder a capacidade de colonizar novos habitats e, consequentemente, podem ser extintas em alguns fragmentos (Primack e Rodrigues, 2001).

O aumento da conectividade entre fragmentos pode intensificar a movimentação dos organismos e reduzir a extinção de espécies, por meio dos corredores ecológicos (Noss, 1987).

## Extinção

Como dito anteriormente, a extinção decorrente da fragmentação de habitats atinge até

mesmo as espécies comuns. Locais isolados e com menor quantidade de recursos disponíveis aumentam a probabilidade de ocorrência de extinção (Noss e Csuti, 1997). As espécies mais vulneráveis à extinção são: a) as naturalmente raras; b) as que apresentam grande área de vida; c) as espécies sésseis; d) as que apresentam baixa fecundidade; e) as que possuem ciclo de vida curto; f) as que dependem de recursos imprevisíveis; g) as que fazem ninho no chão; h) as que dependem do interior e de um grande fragmento; e i) as espécies que são bastante exploradas pelo homem (Noss e Csuti, 1997).

O desenvolvimento de estudos que abordam aspectos da extinção de espécies como consequência da fragmentação de habitats no bioma Cerrado tem grande importância, apesar da dificuldade ou da impossibilidade de obtenção de registros temporais sobre a distribuição de espécies nas áreas afetadas.

## Introdução de espécies alóctones

Quanto mais fragmentada e alterada for uma paisagem, maiores serão as chances de introdução de espécies alóctones (Saunders et al., 1991), que eventualmente poderão ser prejudiciais à biota nativa. No bioma Cerrado, por exemplo, gramíneas exóticas representam um risco à biodiversidade (Klink, 1996; Hoffmann et al., 2004). Diversos trabalhos vêm mostrando o adensamento de gramíneas exóticas nos locais mais próximos às bordas dos fragmentos, o que pode dificultar o acesso à luminosidade das plantulas em regeneração. A presença de *Melinis minutiflora* (capim-meloso) na borda da Mata de Galeria pode reduzir a regeneração arbórea no local e aumentar a freqüência e a intensidade das queimadas em virtude do acúmulo de combustível (Hoffmann et al., 2004). *Andropogon gayanus* (capim-andropôgon) também produz bastante biomassa e torna-se excelente combustível, contribuindo para a intensificação das queimadas.

Há grande presença de gramíneas forrageiras exóticas nas unidades de conservação brasileiras, como *Melinis minutiflora* e *Brachiaria decumbens*, que invadem o Cerrado por meio das bordas,

estabelecendo-se primeiramente em locais perturbados e depois se espalhando por toda a área (Pivello et al., 1999a, 1999b). Os fragmentos naturais próximos a projetos agropecuários podem ser rapidamente afetados pela invasão de espécies biológicas. Observou-se a presença de *Brachiaria* spp. nos fragmentos remanescentes contíguos ao cultivo de soja no Projeto de Colonização de Ouro Verde, BA, que tinha sido implantado 7 anos atrás (Nemoto, 2000).

No caso da fauna, a invasão dos fragmentos naturais por animais domésticos asselvajados (cães, gatos e porcos, entre outros) costuma gerar problemas graves para as espécies nativas, transmitindo zoonoses, competindo por recursos e predando diversas espécies silvestres (Marinho-Filho et al., 1998).

## Efeito de borda

A borda é uma área de transição entre duas unidades da paisagem (Metzger, 2001). As bordas naturais ocorrem onde normalmente há uma transição de características e componentes da paisagem. Por exemplo, as Matas de Galeria podem apresentar limites suaves com uma Mata Seca Semidecídua ou podem formar bordas evidentes com o Campo Úmido. As bordas naturais são decorrentes de variações topográficas, edáficas, climáticas, geológicas, etc.

Por sua vez, existem bordas que resultam da ação antrópica. Essas bordas apresentam limites, em geral arbitrários e geometricamente definidos (Fig. 5).

O processo de fragmentação aumenta a quantidade de borda. Quando uma determinada área é dividida em partes menores, o perímetro ou borda tende a aumentar em relação à área. O aumento na quantidade de borda e seus efeitos tornam a área remanescente mais suscetível a pressões antrópicas (Turner, 1996; Newmark, 2001).

As bordas surgem da ação antrópica, resultando na criação de mosaicos de ecossistemas naturais com sistemas agropastoris ou com vegetação em regeneração (Newmark, 2001; Schlaepfer e Gavin, 2001). A importância da borda varia

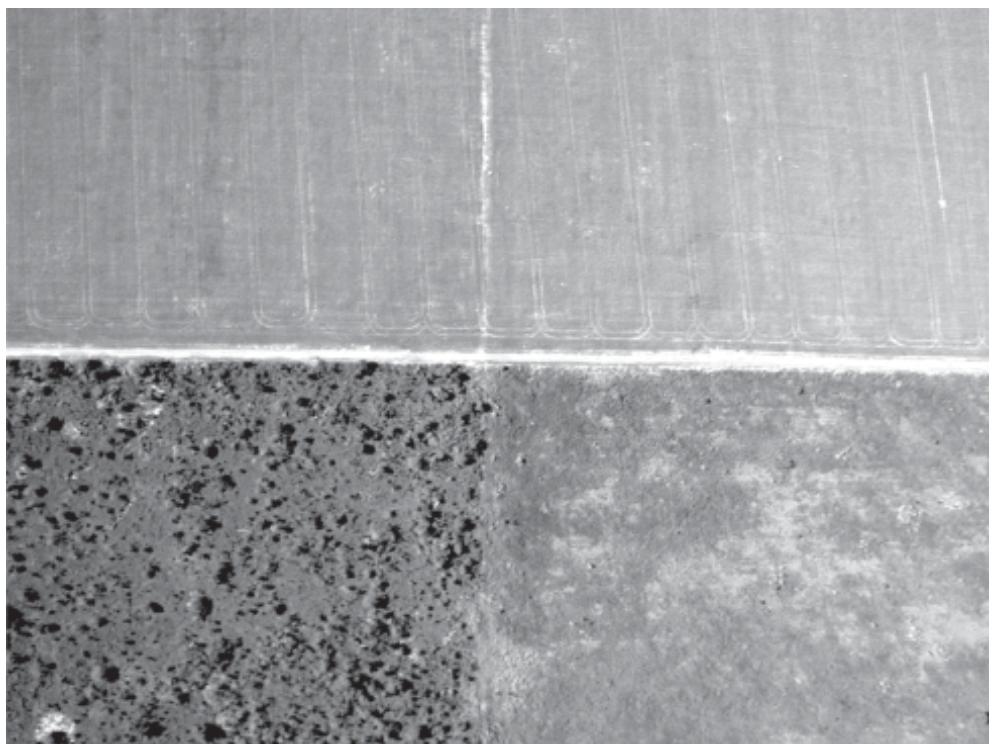


Foto: Marina de Fátima Vilela

**Fig. 5.** Borda de vegetação natural (Cerrado Sentido Restrito) com área aberta para a agricultura. Luiz Eduardo Magalhães, BA.

dependendo do grau de contraste entre o ambiente fragmentado e a matriz alterada em que o fragmento está inserido (Kapos et al., 1997; Noss e Csuti, 1997).

A interação de dois ecossistemas adjacentes e discrepantes produz o efeito de borda no fragmento remanescente (Murcia, 1995; Laurance et al., 2002).

Convém, pois, avaliar o efeito de borda no fragmento remanescente para poder definir o tamanho da mancha de vegetação natural, ou seja, a área nuclear do fragmento onde o ecossistema original permanece sadio ou representativo (Laurance e Yesen, 1991).

A distância de penetração do efeito de borda geralmente tem sido utilizada para indicar a intensidade de modificação nos fragmentos (Murcia, 1995). Essa distância de penetração dependerá dos parâmetros analisados (Laurance et al., 2002) e do organismo em consideração (Williams-Linera, 1990), e pode variar nas escalas espacial e temporal, de acordo com vários fatores, como: estação do ano, idade da borda, topografia e hora do dia (Kapos, 1989; Chen et al., 1995;

Cadenasso et al., 1997; Didham, 1997; Gascon et al., 2000). A detecção do efeito de borda torna-se tão mais difícil quanto maiores forem as oscilações das variáveis ao longo da borda (padrões não-monotônicos) (Murcia, 1995; Rodrigues, 1998).

A vegetação responde ao ambiente de borda conforme as mudanças microclimáticas (Laurance et al., 1998a). Essas respostas da vegetação ao ambiente de borda são traduzidas em: a) maior riqueza de espécies (Gehlhausen et al., 2000); b) aumento da densidade de árvores e juvenis (Willliams-Linera, 1990; Brothers e Spingarn, 1992; Fraver, 1994; Young et al., 1995; Sizer e Tanner, 1999); c) incremento da mortalidade (Willliams-Linera, 1990, Laurance et al., 1998a); d) rápido recrutamento de plantas adaptadas aos distúrbios (Laurance et al., 1998b); e) invasão de plantas adaptadas aos distúrbios (Bierregaard et al., 1992; Tabanez et al., 1997); f) diminuição da sobrevivência de plântulas em virtude da acumulação de serapilheira (Scariot, 2001); e g) aumento do número de espécies exóticas (Laurance, 1991; Brothers e Spingarn, 1992; Fraver, 1994).

Pouco se sabe sobre as respostas dos organismos que habitam o bioma Cerrado ao ambiente de borda, em conseqüência da fragmentação, já que os trabalhos citados anteriormente foram particularmente desenvolvidos, nos últimos anos, em florestas densas.

Nos poucos trabalhos que estudaram o tema aplicado ao bioma Cerrado, não foi detectado efeito de borda na comunidade arbustivo-arbórea de dois fragmentos de Cerrado sentido restrito, no sul do Maranhão, durante os 7 anos avaliados a partir da fragmentação (Aquino, 2004). Queiroga (2001) também não encontrou relação entre a composição florística e a distância da borda naqueles fragmentos. Não foi encontrado efeito de borda na comunidade arbórea em fragmento de Floresta Estacional Decidual no Vale do Paraná, GO (Sampaio, 2001). Em relação à fauna, não foram encontradas diferenças significativas na riqueza de espécies de insetos galhadores e na riqueza de plantas hospedeiras entre o interior e a borda dos fragmentos estudados em áreas do Pantanal, onde predominam as formações savânicas (Julião et al., 2004). Também não foi detectado efeito de borda sobre a herpetofauna em fragmentos de Cerrado, em Rondônia, inseridos em matriz aberta (Silvano et al., 2005).

Por seu turno, Oliveira-Filho et al. (1997) concluíram que a distribuição das espécies num fragmento de Mata Seca Semidecídua, no Sudeste do Brasil, foi associada à ação do efeito de borda. Figueiredo e Vieira (2003) também observaram forte influência do efeito de borda e da matriz circundante na comunidade biológica de um fragmento de Mata Seca Semidecídua secundária no Maranhão. Portanto, conforme detectaram os diversos trabalhos que exploraram o efeito de borda sobre o bioma Cerrado, há uma variedade de respostas dos organismos.

Um fator que pode influenciar a presença ou a ausência do efeito de borda na composição de espécies é o grau de interferência da matriz antrópica sobre os organismos. No caso de fitofisionomias savânicas do bioma Cerrado, esse grau de interferência parece ser relativamente menor que o encontrado em florestas densas, uma vez que o contraste entre aquele e a matriz antrópica comum nessa região, agricultura ou pastagem é

mais suave que o observado na transição entre sistema agropastoril e Floresta Amazônica, por exemplo. Os aumentos da luminosidade e da exposição ao vento na borda muitas vezes são citados como fatores abióticos importantes que afetam as bordas das florestas densas (Laurance, 1997). Porém, esses fatores não são tão relevantes quando se considera o estrato arbustivo-arbóreo em formações savânicas e campestres, pois esses ecossistemas são naturalmente abertos, permitindo a entrada de alta intensidade luminosa e muita exposição ao vento. Assim, o efeito de borda no Cerrado pode não se manifestar como em florestas densas, com queda de árvores, elevação de temperatura, redução de umidade, entre outros (Colli et al., 2005; Silvano et al., 2005). Então, se o contraste entre matriz alterada e formações savânicas/campestres for ameno, espera-se que variações de microclima e outros fatores físicos sejam menos evidentes, diminuindo as chances de formação dos correspondentes gradientes de abundância de espécie. Queiroga (2001) não encontrou relação entre parâmetros microclimáticos (umidade do ar, temperatura do ar, temperatura do solo) e distâncias da borda nos fragmentos de Cerrado sentido restrito, no sul do Maranhão. Mesmo que o efeito de borda possa ser ameno nas formações savânicas e campestres do Cerrado, isso não significa que outros efeitos da fragmentação deixem de afetar sua biodiversidade, como o isolamento, a diminuição de áreas, entre outros.

Outro fator importante que pode determinar a presença ou não do efeito de borda é a idade do fragmento remanescente, que pode influenciar a magnitude e a extensão dos efeitos de borda (Kapos et al., 1997).

Mais estudos devem ser conduzidos sobre esse tema para melhorar a compreensão sobre variações temporais e espaciais ao longo da borda-interior de fragmentos no bioma Cerrado.

## Uso da matriz adjacente

O aumento na freqüência de fogo com fim de “limpeza” e de “preparo” do terreno para a atividade agropastoril pode ser citado como um dos principais fatores ligados à fragmentação em

ambientes savânicos a afetar significativamente os fragmentos remanescentes.

Outro fator que pode afetar principalmente a borda dos fragmentos é a deriva de defensivos agrícolas sobre as áreas nativas. A pulverização aérea com agrotóxicos para controle de pragas nas áreas de Cerrado pode causar deriva e concentração desses produtos nas áreas nativas. Além disso, o transporte de agrotóxicos pela água e pelo vento contamina mananciais de água e ameaça os organismos dentro dos fragmentos (Scariot et al., 2005).

Várias espécies da fauna silvestre usam a matriz adjacente, explorando os recursos remanescentes. Emas, tatus, veados, tamanduás-bandeira e cachorros-do-mato são alguns dos vertebrados que usam freqüentemente a matriz agropastoril para explorar os recursos existentes (Miranda, 2004).

## Áreas protegidas no Cerrado

O processo inexorável de fragmentação impõe, cada vez mais, a importância da preservação das chamadas áreas protegidas. Pesquisadores e estudantes das áreas de ecologia e biologia da conservação estão fadados a trabalhar em áreas protegidas, pois serão os únicos sistemas naturais remanescentes. Em várias regiões, como em algumas áreas do bioma Cerrado, não é mais possível criar reservas com tamanho suficiente para assegurar a sobrevivência das espécies de maior porte ou das espécies que requeiram áreas maiores.

Propostas de manejo vêm sendo planejadas e implantadas para que se consiga conservar a biodiversidade. O sucesso do manejo de espécies, populações ou comunidades está diretamente associado ao conhecimento sobre esses organismos. Ou seja, é fundamental investir em pesquisa básica e aplicada para tentar determinar os requisitos de determinadas espécies e minimizar os impactos da fragmentação. Entre as várias propostas estratégicas apresentadas para a conservação da biodiversidade, destacam-se a criação de novas áreas de proteção, a formação de corredores e a recuperação de áreas degradadas.

O bioma Cerrado apresenta cerca de 5 milhões de hectares de área protegida (2,5 % da área total), sendo, aproximadamente, 3,5 milhões de hectares em unidades de proteção integral e cerca de 1,4 milhão de hectares em unidades de uso sustentável (Ibama, 2005). Embora seja o segundo bioma em área protegida, considera-se proporcionalmente pequena a sua área protegida. O tamanho e o local das áreas protegidas são freqüentemente determinados pelo valor comercial imediato da área, o que acarreta a criação de unidades de conservação não-ideais. A eficácia das áreas protegidas dependerá do seu grau de complementaridade em relação às áreas já criadas, da inclusão de todos os tipos de habitat de um sistema e da possibilidade de manter populações viáveis em longo prazo, considerando a evolução espaço-temporal dos componentes do conjunto matriz-fragmentos. Considerando que a matriz agropecuária que ocupa rapidamente a área do bioma Cerrado tem gerado muita riqueza para o País, torna-se ainda mais difícil equilibrar a contento os componentes desse processo.

## Considerações finais

Fatores como características da matriz adjacente, tamanho e idade de isolamento do fragmento precisam ser avaliados para se encontrar um padrão de resposta à fragmentação no bioma Cerrado.

Algumas recomendações relevantes para minimizar os efeitos da fragmentação podem ser propostas para embasar políticas públicas, pesquisas e ações da sociedade civil, entre as quais citam-se:

- Conservar áreas grandes e contínuas para assegurar a sobrevivência de espécies suscetíveis aos efeitos de borda.
- Manter ou restaurar conexões naturais entre fragmentos, como, por exemplo, criar corredores ecológicos e *stepping stones*.
- Minimizar efeitos de borda ao redor de áreas naturais remanescentes, estabelecendo técnicas de manejo adequadas e criando zonas-tampão com baixa intensidade de uso da terra.

- Identificar e proteger rotas de migração da fauna.
- Evitar a fragmentação e o isolamento de áreas naturais.
- Manter manchas pequenas que possam atuar como últimos refúgios para diversas espécies em regiões altamente fragmentadas.
- Manter a vegetação nativa em faixas remanescentes ao longo de rios, cercas, margens de rodovia, redes elétricas e outros corredores, a fim de reduzir o efeito de borda e distúrbios humanos.
- Combater a expansão de espécies daninhas ou exóticas, especialmente em áreas protegidas.
- Executar o manejo ativo para manter a flora e a fauna nativa nos fragmentos que sofrem com fogo freqüente ou com outras interrupções dos processos naturais.
- Realizar estudos de longa duração para determinar os mecanismos do efeito de borda e suas implicações no Cerrado.

## Referências

AQUINO, F. G. **Dinâmica da vegetação lenhosa em fragmentos de Cerrado sentido restrito em Gerais de Balsas, Maranhão**. 2004. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

BIERREGAARD JR., R. O.; LOVEJOY, T. E.; KAPOS, V.; SANTOS, A. A.; HUTCHINGS, R. W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **BioScience**, Washington, DC, v. 42, p. 859-866, 1992.

BRANT, A. **Efeitos da fragmentação do Cerrado sobre a diversidade de Drosophilidae (Insectaa, Diptera)**. 2003. 52 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

BROTHERS, T. S.; SPINGARN, A. Forest fragmentation and alien plant invasion of central Indiana old-growth forests. **Conservation Biology**, Malden, v. 6, p. 91-100, 1992.

CADENASSO, M. L.; TRAYNOR, M. M.; PICKETT, S. T. A. Functional location of forest edges: gradients of multiple physical factors. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 27, p. 774-782, 1997.

CHEN, J.; FRANKLIN, J. F.; SPIES, T. A. Growing-season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth Douglas-fir forests. **Ecological Applications**, Washington, DC, v. 5, p. 74-86, 1995.

COLLEVATTI, R. G.; GRATTAPAGLIA, D.; HAY, J. D. Population genetic structure of the endangered tropical tree species *Caryocar brasiliense*, based on variability at microsatellite loci. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 10, p. 349-356, 2001.

COLLI, G. R.; ACCACIO, G. M.; ANTONINI, Y.; CONSTANTINO, R.; FRANCESCHINELLI, E. V.; LAPS, R. R.; SCARIOT, A.; VIEIRA, M. V.; WIEDERHECKER, H. C. A fragmentação dos ecossistemas e a biodiversidade brasileira: uma síntese. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (Org.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2005. p. 318-324.

CONSTANTINO, R.; BRITZ, R. M.; CERQUEIRA, R.; ESPINDOLA, E. L. G.; GRELLE, C. E. V.; LOPES, A. T. L.; NASCIMENTO, M. T.; ROCHA, O.; RODRIGUES, A. A. F.; SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C.; TIEPOLO, G. Causas naturais. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (Org.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2005. p. 44-63.

DEBINSKI, D. M.; HOLT, R. D. Habitat fragmentation experiments: a global survey and overview. **Conservation Biology**, Malden, v. 14, p. 342-355, 2000.

DIDHAM, R. K. The influence of edge effects and forest fragmentation on leaf litter invertebrates in Central Amazonia. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD, R. O. (Ed.). **Tropical forest remnants ecology, management, and conservation of fragmented communities**. Chicago: Chicago University Press, 1997. p. 55-70.

FIGUEIREDO, N.; VIEIRA, I. C. G. Efeito de borda na estrutura e composição de um fragmento de mata mesófila semidecídua secundária, Município de Urbano Santos-MA. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6. **Anais...** Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará, 2003. v. 3, p. 441-442.

- FORMAN, R. T. T. **Land mosaics:** the ecology of landscapes and region. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- FRAVER, S. Vegetation responses along edge-to-interior gradients in the mixed hardwood forests of the Roanoke river basin, North Carolina. **Conservation Biology**, Malden, v. 8, p. 822-832, 1994.
- GASCON, C.; WILLIAMSON, G. B.; FONSECA, G. A. B. Receding forest edges and vanishing reserves. **Science**, Washington, DC, v. 288, p. 1356-1358, 2000.
- GEHLHAUSEN, S. M.; SCHWARTZ, M. W.; AUGSPURGER, C. K. Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 147, p. 21-35, 2000.
- GILPIN, M. E.; SOULÉ, M. E. Minimum viable populations: process of species extinction. In: SOULÉ, M. E. (Ed.). **Conservation biology, the science of scarcity and diversity**. Sunderland: Sinauer Associates, 1986. p. 19-34.
- HENRIQUES, R. P. B. O futuro ameaça. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 195, p. 34-39, 2003.
- HENRIQUES, R. P. B. Salvamento ou massacre? **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 46, p. 64-66, 1988.
- HOBBIE, S. E.; JENSEN, D. B.; CHAPIN, F. S. Resource supply and disturbance as controls over present and future plant diversity. In: SCHULZE, E. D.; MOONEY, H. A. (Ed.). **Biodiversity and ecosystem function**. New York: Springer-Verlag, 1993. v. 99, p. 385-408.
- HOFFMANN, W. A.; LUCATELLI, V. M. P. C.; SILVA, F. J.; AZEUEDO, I. N. C.; MARINHO, M. S.; ALBUQUERQUE, A. M. S.; LOPES, A. O.; MOREIRA, S. P. Impact of the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna-forest ecotone in the Brazilian Cerrado. **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 10, p. 99-103, 2004.
- HOSKEN, F. M. **Criação de pacas**. Cuiabá: Sebrae/MT, 1999. 178 p. (Série Natureza e Negócios, 2).
- IBAMA. **Unidades de conservação**. Disponível em:<[www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)>. Acesso em: 6 dez. 2005.
- JULIÃO, G. R.; AMARAL, M. E. C.; FERNANDES, G. W.; OLIVEIRA, E. G. Edge effect and species-area relationships in the gall-forming insect fauna of natural forest patches in the Brazilian Pantanal. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 13, p. 2055-2066, 2004.
- KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F.; SOUZA, L. M. I. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações e espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 65-70, 1998.
- KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 5, p. 173-185, 1989.
- KAPOS, V.; WANDELLI, E.; CAMARGO, J. L.; GANADE, G. Edge-related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in Central Amazonia. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD JR., R. O. (Ed.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. University of Chicago Press, 1997. p. 33-44.
- KLINK, C. A. Germination and seedling establishment of two native and one invading african grass species in the Brazilian Cerrado. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 12, p. 139-147, 1996.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, Malden, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.
- LAURANCE, W. F. Edge effects in tropical forests fragments: application of a model for the design of natures reserves. **Biological Conservation**, Oxford, v. 57, p. 205-219, 1991.
- LAURANCE, W. F. Hyper-disturbed parks: edge effects and the ecology of isolated rainforest reserves in tropical Australia. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD JR., R. O. (Ed.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: The University of Chicago Press, 1997. p. 71-83.
- LAURANCE, W. F.; YESEN, E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. **Biological Conservation**, Oxford, v. 55, p. 77-92, 1991.
- LAURANCE, W. F.; FERREIRA, L. V.; RANKIN-DE-MERONA, J. M. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. **Ecology**, Washington, DC, v. 79, p. 2032-2040, 1998a.
- LAURANCE, W. F.; FERREIRA, L. V.; RANKIN-DE-MERONA, J. M.; LAURANCE, S. G.;

- HUTCHINGS, R.; LOVEJOY, T. E. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. **Conservation Biology**, Malden, v. 12, p. 460-464, 1998b.
- LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E.; VASCONCELOS, H. L; BRUNA, E. M.; DIDHAM, R. K.; STOUFFER, P. C.; GASCON, C.; BIERREGAARD, R. O.; LAURANCE, S. G.; SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, Malden, v. 16, n. 3, p. 605-618, 2002.
- MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967.
- MACHADO, R. B. **A fragmentação do cerrado e a avifauna na região de Brasília, DF**. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília, DF: Conservação Internacional, 2004. Relatório técnico.
- MARINHO-FILHO, J.; RODRIGUES, F. H.; GUIMARÃES, M. M.; REIS, M. L. Os mamíferos da Estação Ecológica de Águas Emendadas, Planaltina, DF. In: MARINHO-FILHO, J.; RODRIGUES, F. H. E GUIMARÃES, M. M. (Ed.). **Vertebrados da Estação Ecológica de Águas Emendadas**: História Natural e Ecologia em um fragmento de cerrado do Brasil Central. Secretaria de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia do Distrito Federal, 1998. p. 34-63.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas, v. 1, n. 1/2, p. 1-9, 2001. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br>>.
- MIRANDA, G. H. B. de. **Ecologia e conservação de tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) no Parque Nacional das Emas**. 2004. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, Oxford, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.
- NEMOTO, M. Monitoramento da biodiversidade – vegetação. In: YOSHII, K.; CAMARGO, A. J. A.; ORIOLI, A. L. (Org.). **Monitoramento ambiental nos projetos agrícolas do PRODECER**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000.
- NEWMARK, W. D. Tanzanian forest edge microclimatic gradients: dynamics patterns. **Biotropica**, Saint Louis, v. 33, n. 1, p. 2-11, 2001.
- NOSS, R. F. Corridors in real landscape: reply to Simberloff and Cox. **Conservation Biology**, Malden, v. 1, p. 159-164, 1987.
- NOSS, R. F. ; CSUTI, B. Habitat Fragmentation. In: MEFFE, G. K.; CARROLL, C. R. (Ed.). **Principles of conservation Biology**. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1997. p. 269-304.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 131, p. 45-66, 1997.
- PAULA, R. C. **Impact of anthropogenic activities on the mammal diversity and abundance in the Cerrado of Brazil**. 2004. Dissertation (M.Sc) - Department of Biological Sciences, Florida Atlantic University, Florida.
- PIRES, A. S.; LIRA, P. K.; FERNANDEZ, F. A. S.; SCHITTINI, G. M.; OLIVEIRA, L. C. Frequency of movements of small mammals among Atlantic Coastal Forest fragments in Brazil. **Biological Conservation**, Oxford, v. 108, p. 229-237, 2002.
- PIVELLO, V. R.; CARVALHO, V. M. C.; LOPES, P. F.; PECCININI, A. A.; ROSSO, S. Abundance and distribution of native and alien grasses in a “cerrado” (Brazilian Savanna) biological reserve. **Biotropica**, Saint Louis, v. 31, n. 1, p. 71-82, 1999a.
- PIVELLO, V. R.; SHIDA, C. N.; MEIRELLES, S. T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 8, p. 1281-1294, 1999b.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: [s.n.], 2001. 328 p.
- QUEIROGA, J. L. **Estudos de bordas de fragmentos de cerrado em áreas de agricultura do Maranhão**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.
- RODRIGUES, E. **Edge effects on the regeneration of forest fragments in south Brazil**. 1998. Thesis (Ph.D) - Harvard University, Cambridge.

RODRIGUES, F. H. G.; SANTOS, H. G.; MARINHO-FILHO, J. Home ranges of translocated lesser anteaters *Tamandua tetradactyla* in the cerrado of Brazil. **Oryx**, Oxford, v. 35, n. 2, p. 166-169, 2001.

SAMPAIO, A. B. **Efeito de borda nas espécies arbóreas de uma floresta estacional decidual no Vale do Paraná**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

SANO, E. E.; JESUS, E. T.; BEZERRA, H. S. **Uso de um sistema de informação geográfica para quantificação de áreas remanescentes do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 62).

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARQUIS, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, Malden, v. 5, p. 18-32, 1991.

SCARIOT, A. Seedlings mortality by litter fall in Amazonian forest fragments. **Biotropica**, Saint Louis, v. 32, p. 662-669, 2001.

SCARIOT, A.; FREITAS, S. R.; NETO, E. M.; NASCIMENTO, M. T.; OLIVEIRA, L. C.; SANAIOTTI, T.; SEVILHA, A. C.; VILLELA, D. M. Vegetação e Flora. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (Org.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2005. p. 104-123.

SILVANO, D. L.; COLLI, G. R.; DIXO, M. B. O.; PIMENTA, B. V. S.; WIEDERHECKER, H. C. Anfíbios e Répteis. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (Org.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. 2. ed.

Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2005. p. 184-200.

SIZER, N.; TANNER, E. V. J. Responses of woody plant seedlings to edge formation in a lowland tropical rainforest, Amazonia. **Biological Conservation**, Oxford, v. 91, p. 135-142, 1999.

SCHLAEPPER, M. A.; GAVIN, T. A. Edge effects on lizards and frogs in tropical forest fragments. **Conservation Biology**, Malden, v. 15, p. 1079-1090, 2001.

TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V. M.; DIAS, A. S. Conseqüências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia** v. 57, n. 1, p. 47-60, 1997.

TURNER, I. M. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 33, p. 200-209, 1996.

VASCONCELLOS, L. E. M. **O tratamento do impacto das hidrelétricas sobre a fauna terrestre**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1999.

WILCOVE, D. S.; MCLELLAN, C. H.; DOBSON, A. P. Habitat fragmentation in the temperate zone. In: SOULÉ, M. E. (Ed.). **Conservation Biology: the science of scarcity and diversity**. Sunderland: Sinauer Associates, 1986. p. 237-256.

WILLIAMS-LINERA, G. Vegetation structure and environmental conditions of forests edges in Panama. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 78, p. 356-373, 1990.

YOUNG, T. P.; PATRIDGE, N.; MACRAE, A. Long-term glades in acacia bushland and their edge effects in Laikipia, Kenya. **Ecological Applications**, Washington, DC, v. 5, p. 97-108, 1995.

## Capítulo 14

# **Conservação dos Recursos Naturais em Terras Privadas**

**O papel das reservas legais  
no arranjo funcional das paisagens  
produtivas do bioma Cerrado**

*Carlos Augusto Klink  
Henrique Garcia dos Santos  
João Santo Campari Jr.  
Marcelo Hiromiti Matsumoto  
Glauco Kimura de Freitas  
Leandro Baumgarten*



## Introdução

A cobertura vegetal original do bioma Cerrado está bastante fragmentada e vem sendo transformada, em ritmo acelerado, para fins agrícolas, em escala comercial. Apesar da existência de leis ambientais restritivas, o Código Florestal tem sido ignorado, tanto por causa da falta de ações para seu efetivo funcionamento, quanto pelos elevados custos de implementação para os produtores rurais. Neste capítulo, está descrita, sucintamente, a estratégia utilizada pela Organização Não-Governamental The Nature Conservancy do Brasil (TNC) para efetivar o estabelecimento das reservas legais nas propriedades rurais. Essa seria uma forma de adicionar e garantir milhões de hectares de vegetação nativa do bioma Cerrado, visando a sua conservação. Essa proposta de trabalho parte do pressuposto de que o sucesso dessa abordagem depende de efetivas parcerias com associações de produtores, empresas do agronegócio e governos municipal, estadual e federal. Por ela, busca-se também estimular o uso dos mecanismos de compensação dos déficits de reserva legal nas propriedades rurais do bioma. A priorização proposta, de alocação das áreas de compensação, leva em conta critérios técnicos e científicos que garantam a representatividade dessas áreas e a possibilidade de formação de corredores ecológicos. Neste capítulo, são descritos os critérios técnicos e os avanços alcançados no estudo de caso levado a efeito no Estado de Mato Grosso.

## Importância econômica e biológica do bioma Cerrado em escala global

Atualmente, grande parte da cobertura original do Cerrado está dominada por pastagens plantadas com gramíneas de origem africana (cerca de 600.000 km<sup>2</sup>) e com culturas anuais, como soja, milho e algodão (cerca de 100.000 km<sup>2</sup>). A utilização de áreas para a implantação de florestas para a produção de carvão, papel e celulose, entre outros, também resulta em um crescimento significativo. Ao contrário da agricultura de pequena e média escala, que é praticada noutras regiões do País, a agricultura

no Cerrado é de grande escala comercial, altamente tecnificada e científica (Klink e Machado, 2005). Hoje, o Cerrado é o maior produtor de grãos e carne do País, estando grande parte da produção direcionada para o mercado externo (Tavares, 2005).

Tanto no Brasil quanto no exterior, o bioma Cerrado é visto como uma das últimas fronteiras agrícolas do mundo (Borlaug, 2002; Herrera-Estrella, 1999; Paterniani and Malavolta, 1999). O avanço vertiginoso da agricultura moderna no bioma deveu-se ao baixo custo das terras, ao uso de tecnologia moderna e a políticas públicas e a incentivos econômicos direcionados à ocupação do solo, fomentados pelos vários governos ao longo do tempo. Sob o aspecto econômico, os benefícios da agricultura comercial no Cerrado são inegáveis: diversificação das economias locais, aumento do lucro das atividades agrícolas, aumento da arrecadação de impostos e melhoria do bem-estar social (Bonelli, 2001; Mueller, 2003; Mueller e Martine, 1997).

Por sua vez, as modificações ambientais também foram intensas e geraram impactos expressivos relacionados ao desmatamento, à fragmentação dos habitats, à perda de biodiversidade, à erosão dos solos, à poluição dos rios e de outros corpos d'água, ao uso intensivo de agroquímicos, à perda da capacidade produtiva de vários agroecossistemas, a queimadas recorrentes, a desequilíbrios nos estoques e nos fluxos de carbono e até mesmo a modificações climáticas em âmbito regional (Klink e Machado, 2005).

O desenvolvimento sustentável deve acontecer no cruzamento de duas dimensões importantes ou, mais especificamente, nas negociações (*trade offs*) entre o crescimento econômico e a conservação da biodiversidade. A abordagem deve ser pragmática, ou seja, deve testar, na prática, modelos de parceria entre o setor público e o privado, permitindo a implantação de soluções compromissadas, que resultem em conservação do bioma em escala regional.

A estratégia de conservação aqui proposta para terras privadas no bioma Cerrado está baseada no conceito de “paisagens produtivas funcionais”. Paisagens produtivas, porque promovem a atividade econômica; e funcionais,

porque garantem, simultaneamente, a conservação da biodiversidade e a dos serviços ambientais. A abordagem consiste em discutir e colaborar com proprietários rurais, e suas representações, cooperativas, empresas do agronegócio, ONGs e órgãos ambientais, para encontrar a melhor forma de cumprimento do Código Florestal Brasileiro. Para isso, devem ser utilizados modelos para tornar a agricultura, a pecuária e o uso dos recursos florestais compatíveis com a conservação dos ecossistemas naturais, especificamente por meio da manutenção e da recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), e da promoção de alternativas para a criação das Áreas de Reservas Legais (ARL), de modo a reduzir custos que permitam a adequação desse produtor rural ao Código Florestal Brasileiro.

## A estratégia de conservação em terras privadas no Cerrado

As propostas de ações de conservação da biodiversidade em terras privadas têm utilizado os princípios da ecologia da paisagem para efetivar os mecanismos de flexibilização das ARLs. Sua efetividade é alcançada graças à cooperação com empresas do agronegócio e com órgãos públicos (Buchanan et al., 2007; Campari et al., 2007; Cleary, 2007; Cullen et al., 2005). Essas estratégias terão mais sucesso à medida que os seguintes objetivos forem atingidos:

- Redução dos custos de transação para o estabelecimento das ARLs.
- Estabelecimento de critérios científicos para a seleção e a alocação das ARLs nas propriedades.
- Desenvolvimento de aplicativos e tecnologia da informação para melhorar a capacidade governamental de monitoramento e de aplicação legal do Código Florestal Brasileiro.
- Identificação de incentivos econômicos para os produtores rurais que adotem os arranjos de ARL acordados.
- Consolidação do diálogo com os formuladores de políticas públicas para aperfeiçoar a aplicação da legislação ambiental.

A viabilidade dessa estratégia tem sido testada no campo por meio de projetos-piloto na Amazônia, na Floresta Atlântica e no Cerrado (Campari et al., 2007; Cleary, 2007). Os projetos-piloto em município ou em bacia hidrográfica promovem a digitalização de toda a base cartográfica, o mapeamento das propriedades rurais, a quantificação de ativos e passivos florestais, o planejamento científico da paisagem, a definição das oportunidades de regularização das reservas legais e das áreas de preservação permanente (APPs) e a promoção das boas práticas agrícolas.

## A conservação dos recursos naturais em terras privadas de Mato Grosso

### a) A conservação e o papel das parcerias na Bacia do Rio São Lourenço

Para testar o modelo de parceria proposto, serão mostrados os resultados alcançados em 2005 nas propriedades rurais da Bacia do Rio São Lourenço, no Estado de Mato Grosso, pelo projeto Cerrado Sustentável. Os estudos e os trabalhos de campo foram feitos em parceria com a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (Sema), os sindicatos rurais e a Federação dos Produtores (Famato). Foram realizadas atividades seqüenciadas, como segue:

- Cadastramento: nessa primeira fase, foram cadastradas 2.700 propriedades em Sistema de Informação Geográfica (SIG), com o levantamento georreferenciado dos limites das propriedades rurais, a adequação da base cartográfica e a identificação do proprietário. Ferramentas automáticas em SIG facilitaram o cadastramento e o planejamento ecológico, por meio de um sistema de suporte à decisão (aplicativos em base SIG, que utilizam informações ecológicas, para auxiliar na locação das reservas legais na paisagem).
- Mapeamento e diagnóstico: após a identificação do perímetro da propriedade com Global Positioning System (GPS) e a coleta de informações de campo, a propriedade é locada em imagem de satélite; posteriormente, são feitas avaliações das ARLs e das

APPs, por meio da análise da situação atual da cobertura vegetal e do uso do solo na propriedade. Esse procedimento tem a vantagem de reduzir os custos do mapeamento, aumentando sua eficiência, com uma média de seis propriedades por dia, na escala 1:25.000.

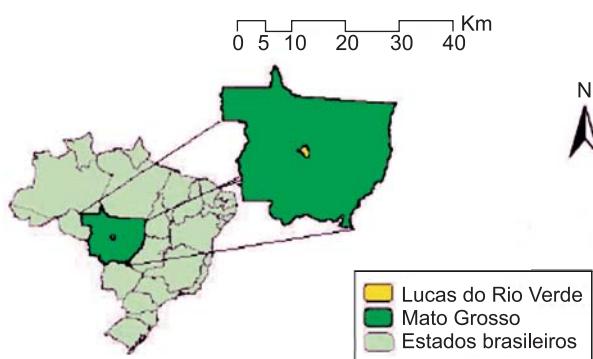
Cadastramento e diagnóstico são componentes da gestão que fornecem a base para o monitoramento da cobertura vegetal dentro das propriedades e para a obtenção de qualquer certificado de qualidade. Seus custos por propriedade variam de R\$ 289,00 a R\$ 839,00, e podem ser feitos com rapidez. Por exemplo, no projeto de Lucas do Rio Verde, todo o município foi trabalhado de uma só vez, e 100 % do levantamento de campo foi feito em menos de 2 meses, a um custo de R\$ 1,00 por hectare (média de R\$ 515,00 por propriedade). Novas tecnologias, ainda em teste, indicam a possibilidade de redução desse custo para cerca de R\$ 0,97 por hectare (Henrique Santos, comunicação pessoal). AgroGeo®, um aplicativo de cadastramento das propriedades rurais, analisa informações de campo, imagens de satélite e a delimitação do perímetro da propriedade com GPS. A análise permite avaliar a situação atual da cobertura vegetal e do uso do solo, e calcula automaticamente os requerimentos de reserva legal e a mata ciliar da propriedade. O aplicativo permite compartilhar informações cartográficas, oferece ferramentas customizadas, como análises e manipulação de dados geográficos, e gera um relatório técnico da situação ambiental da propriedade.

O uso dessas ferramentas de sensoreamento remoto permite a definição dos melhores cenários e arranjos na paisagem para a alocação das ARLs e a restauração das APPs. Para garantir a qualidade da tomada de decisão, essas ferramentas levam em conta critérios legais e ecológicos, tais como conectividade entre fragmentos de vegetação natural e identificação de possíveis corredores ecológicos. A similaridade ecológica dos remanescentes de Cerrado está sendo testada com o uso de análises estatísticas multivariadas (análise de agrupamento *cluster*), utilizando-se, como parâmetros, a tipologia dos solos, a cobertura vegetal original, a hidrografia e a topografia.

Com base nessa análise, foram identificadas as áreas potencialmente intercambiáveis para a compensação das ARLs, respeitando-se os critérios do Código Florestal Brasileiro e priorizando-se a conservação da biodiversidade. Ademais, foi avaliada a viabilidade econômica e de custo/benefício para subsidiar mecanismos de compensação dos passivos ambientais (Schneider, 2007 a, b, c). A TNC oferece apoio técnico, na forma da elaboração de manuais de recuperação de APPs e de reserva legal, e de um plano de recuperação das matas ciliares.

### b) A conservação e o papel das parcerias no município de Lucas do Rio Verde

No início de 2007, o trabalho foi estendido ao município de Lucas do Rio Verde, também em Mato Grosso. Lucas do Rio Verde é um dos principais pólos de desenvolvimento agrícola do Estado. Localizado a 350 km de Cuiabá, pela rodovia BR 163, o município possui área de 360.000 ha e participa com cerca de 1 % da produção nacional de grãos, ou seja, cerca de 1,2 milhão de toneladas/ano, especialmente de soja e milho (Fig. 1). O município passa pela transição para um segundo ciclo de desenvolvimento econômico, baseado na verticalização da produção, que consiste na transformação de proteínas vegetais (grãos) em proteínas animais (aves e suínos). Indústrias de processamento de carnes e de esmagamento de soja para a produção de óleo vegetal e biodiesel já se instalaram no município, que possui boa malha viária e infraestrutura energética, além de indicadores sociais elevados. Exibe o terceiro maior índice de desenvolvimento humano (IDH) do Estado, 100 % da



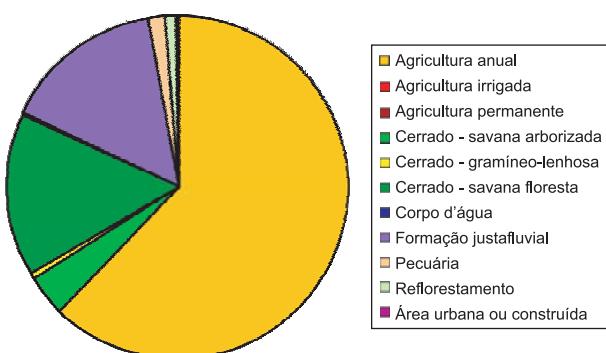
**Fig. 1.** Localização de Lucas do Rio Verde no Estado de Mato Grosso.

população tem acesso a serviços públicos de saúde e água encanada, e as escolas públicas oferecem ensino qualificado.

O objetivo do projeto foi tornar ambientalmente legal todo o município. Ou seja, Lucas do Rio Verde será o primeiro município a ter todas as propriedades rurais regularizadas de acordo com o Código Florestal Brasileiro. O programa Lucas do Rio Verde Legal é uma iniciativa da prefeitura municipal e da TNC, e conta com a parceria de órgãos públicos e privados, além do Ministério Público Estadual.

A proposta acordada entre os parceiros é a de que o município de Lucas do Rio Verde figure nos cenários estadual e nacional como aquele que não possui passivos florestais e trabalhistas na atividade agropecuária. Como parceiros, o projeto Lucas do Rio Verde Legal conta com a Secretaria Estadual de Meio Ambiente (Sema), o Ministério Público de Mato Grosso, o Sindicato Rural, a Fundação Rio Verde, a Sadia, o Instituto Sadia de Sustentabilidade, a Syngenta e a Fiagril. Para essas empresas, Lucas do Rio Verde representa não apenas uma oportunidade de consolidação do agronegócio, mas também um modelo de estratégias e políticas de responsabilidade socioambiental.

Alguns resultados importantes já foram alcançados pelo projeto, como: a) 90 % do território do município está no domínio do bioma Cerrado, e os 364.987 ha do município foram mapeados em 90 dias (Fig. 2); b) cerca de 81 % das propriedades rurais possuem área de até 520 ha; c) toda a base de dados do município foi georreferenciada (banco de imagens SPOT, na resolução 10 m ajustada às bases de dados



**Fig. 2.** Uso da terra em Lucas do Rio Verde (2007).  
Fonte TNC.

cartográficos da Sema, e a outros planos de informações do município); d) o georreferenciamento das propriedades rurais foi atualizado; e) a cobertura vegetal foi medida; f) um programa de uso de pesticidas foi implementado; e g) um estudo sobre as condições trabalhistas foi concluído. Está em fase de conclusão a identificação das áreas potenciais para compensação das ARLs. Ou seja, para que aquelas propriedades deficitárias em Área de Reserva Legal possam complementar tal déficit com área de outro imóvel do município e arredores, por meio do planejamento da paisagem, e seguindo as exigências legais. Isso significa compensar a reserva legal com outra área equivalente, em extensão e importância ecológica, desde que pertença ao mesmo ecossistema e esteja localizada na mesma microbacia. A exigência é que essa terra seja comprada e mantida pelo produtor. Apenas o mapeamento já realizado instrumentalizou o município para estabelecer metas e critérios de uso e conservação da sua hidrografia (conservação de corpos d'água e irrigação) e da malha viária.

Atualmente, encontram-se em fase de elaboração: a) relatório analítico sobre as oportunidades econômicas e ambientais para o estabelecimento dos critérios de regularização das ARLs, por meio de compensação extrapropriedade; b) relatório de práticas e condutas trabalhistas nas propriedades rurais; c) estabelecimento de um plano municipal de restauração florestal em parceria técnica com a USP-Esalq; d) identificação dos mecanismos financeiros para a aquisição das áreas de compensação de ARLs com base em critérios técnicos; e e) estabelecimento de Termos de Ajuste de Conduta (TACs) para a regularização ambiental.

## A conservação em escala regional: aplicação das lições aprendidas para a sustentabilidade socioambiental do agronegócio no bioma Cerrado

Embora a expansão e a modernização do agronegócio tenha gerado benefícios socioeconô-

micos significativos para os agentes privados e para o governo, ele tem sido, no bioma Cerrado, um vetor de degradação ambiental; por isso, sua competitividade vem sendo ameaçada por mercados cada vez mais exigentes quanto aos critérios socioambientais (ver, por exemplo, a *Roundtable for Responsible Soy* [www.responsiblesoy.org](http://www.responsiblesoy.org) e a *Moratória da Soja no Bioma Amazônia* [www.abiove.com.br](http://www.abiove.com.br)). A busca pela melhoria da qualidade da produção agrícola, via certificação social, ambiental e econômica, enfrenta a frágil implementação da legislação ambiental no campo. O Brasil dispõe de uma legislação potencialmente conciliadora (particularmente o Código Florestal), tem capacidade técnica de excelência em diversos setores ligados à causa ambiental e já coleciona experiências de sucesso na construção de paisagens produtivas sustentáveis, como já foi mostrado em Mato Grosso.

Esses estudos e projetos no campo mostram que o fortalecimento das parcerias com produtores rurais e suas representações, com empresas do agronegócio, com outras ONGs e com órgãos ambientais do governo favorecem o diálogo dentro da cadeia produtiva. Demonstram também que o cadastramento e o diagnóstico ambiental de cada propriedade rural são viáveis, e que seus custos de implementação podem ser minimizados. A melhor forma de resolver a regularização ambiental da agricultura, que é, geralmente, a de mais baixo custo, é o cumprimento do Código Florestal. Como exemplificado anteriormente, ela passa pelo cadastro ambiental de cada propriedade, pelo diagnóstico da sua condição ambiental em coerência com a legislação e pelo estabelecimento de projetos para a manutenção e a recuperação das APPs (Ribeiro & Oliveira, 2006), e, finalmente, pela criação das ARLs. O fortalecimento das parcerias e os reflexos na conservação dão-se pelo diálogo e pela construção de consensos em diferentes instâncias da cadeia de produção, e pela introdução de inovações científicas e tecnológicas, além da capacitação de pessoal do setor privado e do governo.

Das lições aprendidas nesses projetos de campo, foram identificados alguns fatores-chave para a implementação da legislação ambiental: os projetos-piloto promovem a construção da

base institucional para a implementação das ARLs, auxiliam na redução dos custos de cadastro e no diagnóstico ambiental, acrescentam critérios científicos para a alocação das melhores áreas de compensação, aperfeiçoam o desempenho dos governos, agregam valor pela introdução de benefícios ambientais, e contribuem com o debate nacional para fortalecer o Código Florestal.

A experiência de campo também mostra que a estratégia para promover os possíveis modelos de compensação das ARLs, como instrumento eficaz para a conservação da biodiversidade, enfrenta desafios. Nossa análise do Sistema de Licenciamento Ambiental em Propriedades Rurais (SLAPR), em Mato Grosso, e do Sisleg, no Paraná, e da proposta das Cotas de Reserva Florestal (governo federal) mostra que há dificuldades a superar, tais como falta de incentivos para os produtores, um mercado de compensação ainda incipiente, a falta de incentivos de mercado que possam ajudar na conservação e, em diversos casos, a fragilidade dos títulos de propriedade. Esses desafios apontam para a possibilidade do fortalecimento dos programas de certificação, e para a criação de programas de incentivo e de fortalecimento da servidão florestal, que possam despertar o interesse dos investidores privados pela conservação do bioma.

Os próximos passos da estratégia proposta são os seguintes: a) identificação das áreas remanescentes de paisagens naturais do bioma Cerrado que possam ser utilizadas nas compensações de reserva legal no Estado; b) aprimoramento técnico dos critérios de restauração para a construção dos corredores ecológicos (negociado tecnicamente, com o conhecimento disponível, com os representantes dos produtores rurais e o governo do Estado); e c) identificação de novos parceiros que possam facilitar os processos de negociação de passivos e ativos florestais para fins de compensação.

Todos esses passos são fundamentais para o agronegócio no bioma Cerrado e formam a base para a busca de um padrão elevado de qualidade da produção certificada. O futuro do agronegócio no Brasil é tão promissor quanto a capacidade de diálogo, cooperação e conciliação de interes-

ses que os representantes dos setores agrícola e ambiental têm demonstrado. Experiências de campo, cada vez em maior escala espacial e de ampla divulgação, são também etapas a serem cumpridas para essa construção.

## Referências

- BONELLI, R. **Impactos econômicos e sociais de longo prazo da expansão agropecuária no Brasil: revolução invisível e inclusão social.** Rio de Janeiro: IPEA, 2001. (Textos para Discussão, 838).
- BORLAUG, N. E. Feeding a world of 10 billion people: The miracle ahead. In: BAILEY, R. (Ed.). **Global Warming and Other Eco-Myths.** Roseville, CA: Competitive Enterprise Institute: Prima Publishing, 2002. p. 29-60.
- BUCHANAN, J.; BARROSO, M.; MACHADO, R.; MOREIRA, R. A.; PRADO, P. G.; TELLES, A. Engaging farmers and agribusiness companies to create biodiversity conservation corridors. In: KLINK, C. A.; CAVALCANTI, R. B.; DEFRIES, R. (Ed.). Cerrado land use and conservation: balancing human and ecological needs. **Advances in Applied Biodiversity Science**, Washington, DC, n. 7, 2007. (in press).
- CAMPARI, J.; SANTOS, H.; KIMURA, G. F.; MATSUMOTO, M. Compensation Mechanisms for Legal Reserves on Brazilian Farms. In: KLINK, C. A.; CAVALCANTI, R. B.; DEFRIES, R. (Ed.). Cerrado land use and conservation: balancing human and ecological needs. **Advances in Applied Biodiversity Science**, Washington, DC, n. 7, 2007. (in press).
- CLEARY, D. Responsible soy in the Amazon. **Nature Conservancy Magazine**, Belém, Autumm, 2007.
- CULLEN JR., L.; ALGER, K.; RAMBALDI, D. M. Land reform and biodiversity conservation in Brazil in the 1990s: Conflict and the articulation of mutual interests. **Conservation Biology**, n. 19, p. 747-755, 2005.
- HERRERA-ESTRELLA, L. Transgenic plants for tropical regions: Some considerations about their development and their transference to the small farmer. **Proceedings of the National Academy of Science**, n. 96, p. 5978-5981, 1999.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the brazilian cerrado. **Conservation Biology**, n. 19, p. 707-713, 2005.
- MUELLER, C. **Expansion and modernization of agriculture in the Cerrado:** the case of soybeans in Brazil's center. Brasília, DF: Universidade de Brasília-Departamento de Economia, 2003. (Texto para Discussão, 306).
- MUELLER, C.; MARTINE, G. Modernização da agropecuária, emprego agrícola e êxodo rural no Brasil: a década de 1980. **Revista de Economia Política**, n. 17, p. 85-104, 1997.
- PATERNIAKI, E.; MALAVOLTA, E. La conquista del "Cerrado" en el Brasil: victoria de la investigación científica. **Interciencia**, n. 24, p. 173-176, 1999.
- RIBEIRO, J. F.; OLIVEIRA, M. C. Recuperação de áreas degradadas de áreas de preservação permanente no Bioma Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS COM ÊNFASE EM MATAS CILIARES; WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO: avaliação da aplicação e aprimoramento da Resolução SMA 47/03, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. p. 157-163.
- SCHNEIDER, R. What we can learn from SLAPR, SISLEG, and CRF. **Nature Conservancy Magazine**, Brasília, DF, 2007a. Relatório técnico do Programa de Conservação das Savanas Centrais.
- SCHNEIDER, R. Review and lessons learned from 3 TNC projects. **Nature Conservancy Magazine**, Brasília, DF, 2007b. Relatório técnico do Programa de Conservação das Savanas Centrais.
- SCHNEIDER, R. Trading in legal reserve land to meet environmental objectives: strategic options for The Nature Conservancy. **Nature Conservancy Magazine**, Brasília, DF, 2007c. Relatório técnico do Programa de Conservação das Savanas Centrais.
- TAVARES, C. E. C. Análise da competitividade da cadeia produtiva da soja em Mato Grosso. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, Ano XIV, n. 3, p. 75-84, 2005.



Na Livraria Virtual da Embrapa,  
você encontra livros, fitas de vídeo,  
DVDs e CD-ROMs sobre agricultura,  
pecuária, negócio agrícola, etc.

Para fazer seu pedido, acesse  
**[www.sct.embrapa.br/liv](http://www.sct.embrapa.br/liv)**

ou entre em contato conosco  
**Fone: (61) 3340-9999**  
**Fax: (61) 3340-2753**  
**vendas@sct.embrapa.br**





*Cerrados*

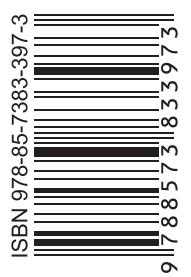


Patrocínio



Proteger a natureza é preservar a vida.

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



CGPE 6864