

MAPEAMENTO, FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA TRANSIÇÃO CAMPO-FLORESTA NA VEGETAÇÃO (CERRADO) DO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES, NORDESTE DO BRASIL

M.E.A Oliveira

CEFET-PI / Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí - UNED / Floriano
Rua Francisco Urquiza Machado, 462, CEP 64.800-000 Floriano - PI
E-mail: ealencar@cefetpi.br, mealencar@gmail.com

F.R. Martins

UNICAMP / Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Biologia
Caixa Postal: 6109, CEP 13.083-970 Campinas - SP
E-mail: fmartins@unicamp.br

RESUMO

Neste estudo foi utilizada técnicas de mapeamento orbital, classificação da vegetação e análise quantitativa e flora (florística e fitossociologia) da vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades - PNSC ($04^{\circ} 02' - 08'S$ e $41^{\circ} 40' - 45'W$), Piauí, NE do Brasil. O processamento de imagens forneceu o mapeamento (TM/Landsat - Bandas TM3, TM4 e TM5) e uma classificação temática (Bhattacharya), confirmando seis classes de cobertura vegetal. As coletas botânicas foram feitas concomitantes ao levantamento fitossociológico durante as estações chuvosa e seca. Foram instaladas 73 parcelas (100 m^2 , cada) utilizando a amostragem estratificada aleatória na transição campo-floresta. Em cada parcela foram incluídos indivíduos lenhosos, inclusive cipós, com diâmetro ao nível do solo (DNS) $\geq 3\text{ cm}$. No PNSC foram descritos os tipos savânicos (CS = cerrado aberto latifoliado perenifólio/cerrado s.s. e cerrado extremamente xeromórfico/cerrado rupestre) totalizando 48,1% da área, seguidos dos florestais (CE = floresta aberta latifoliada perenifólia/cerradão, floresta tropical ombrófila aluvial ocasionalmente inundada = mata de galeria inundável e FL = floresta tropical semidecídua/mata seca semidecídua) com 36% e campestre (GR = campo graminóide cespitoso médio/campo limpo) com 14,3% da área. No levantamento florístico foram coletadas 439 espécies, pertencentes a 281 gêneros e 87 famílias. Dez famílias representaram 51,3% do total de espécies coletadas na área. Na amostragem foram registrados 2.516 indivíduos, pertencentes a 139 espécies e 36 famílias. Densidade, área basal total e diversidade decresceram na ordem: (FL) > (CE) > (CS) > (GR). *Campomanesia aromatica* e *Ephedranthus pisocarpus* (tipo FL), *Plathymenia reticulata* e *Piptadenia moniliformis* (CE), *Terminalia fagifolia* e *Magonia pubescens* (CS) e por fim, *Vatairea macrocarpa*, no tipo GR, foram as populações mais abundantes e com maiores valores de importância (VI) na área. Os resultados evidenciaram três grupos vegetacionais: florestais, savânicos e campestres, os quais relacionaram-se na forma de um continuum estrutural-vegetacional, com limites na maioria graduais, mas às vezes abruptos. Os resultados poderão subsidiar estratégias de desenvolvimento sustentável, fornecendo conhecimentos básicos para a preservação e conservação dos cerrados marginais do NE do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia do Parnaíba, gradiente cerrado, NE do Brasil, sensoriamento remoto, transição ecológica.

1. INTRODUÇÃO

As diversas técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográfica (SIG) surgidas na década de 1980 têm sido consideradas como fontes primárias de informações acerca da biodiversidade na escala de paisagem, uma vez que cobrem extensas áreas em intervalos de tempo regulares e com boa resolução espectral, as quais possibilitam a compreensão da heterogeneidade e dinâmica da paisagem através de mapas temáticos que descrevem a cobertura vegetal de uma área (Matson & Ustin 1991; Ustin et al. 1991; Walsh & Davis 1994; Chapin et al. 2000; Foody & Cutler 2002; Zak & Cabido 2002). Recentemente, a identificação e o mapeamento de padrões espaciais das comunidades vegetais têm recebido novos impulsos frente às questões de mudança climática global, ecologia da paisagem e perda da biodiversidade (Sánchez-Azofeifa et al. 1999; Chapin et al. 2000; Foody 2002; Zak & Cabido 2002).

No Brasil a maioria dos estudos utilizando técnicas de sensoriamento remoto na definição de padrões espaciais e atributos da vegetação está concentrada em áreas de florestas tropicais. Porém, estudos em áreas de formações mais secas, como os cerrados e as caatingas, também têm sido realizados (Carvalho 1986; Santos 1988; Maldonado et al. 2002).

Os cerrados, no Brasil, ocupam aproximadamente 2 milhões de km², estendendo-se desde a bacia Amazônica até o Planalto nos estados de Mato Grosso e São Paulo (Harley 1995; Prance 1996; Castro & Martins 1999). Vegetação semelhante também ocorre nas savanas do Amapá, Roraima e nos "Llanos" da Colômbia, Venezuela e Paraguai (Sarmiento 1984; Harley 1995; Solbrig 1996; Silva & Bates 2002).

Os cerrados possuem grande variação na estrutura de suas comunidades, que é um importante aspecto em estudos de manejo e preservação de sua biodiversidade (Goodland 1971; Goodland & Pollard 1973; Ferri 1977; Coutinho 1978; Oliveira-Filho et al. 1989; Ribeiro & Walter 1998). Estudos têm revelado que a flora do cerrado ocorre na forma de centros florísticos distintos e que as espécies, em geral, têm distribuição restrita (Castro 1994; Ratter et al. 1996; Castro et al. 1998, 1999; Joly et al. 1999).

No nordeste do Brasil, os cerrados recobrem áreas contíguas dos estados do Piauí e do Maranhão, em terrenos da bacia sedimentar do Parnaíba (Piauí-Maranhão), além de pequenas manchas em outros estados (Brito 1979; Sampaio et al. 1994). Eles estão submetidos à variação espacial das condições ambientais, de solos, de disponibilidade hídrica e de topografia (Sampaio et al. 1994). Na escala de paisagem, essa variação é expressa no complexo mosaico da vegetação, que recentemente tem sido incorporada à hipótese de heterogeneidade espacial do cerrado (Castro 1994, 2003; Felfili et al. 2001).

A bacia do Parnaíba engloba os estados do Piauí e Maranhão e sua vegetação recebe a influência de três domínios florísticos: amazônico, caatingas e cerrados (Ducke & Black 1953; Rizzini 1963). Trata-se, portanto, de uma área de transição ecológica. Fatores como forte sazonalidade climática, com uma estação seca severa, deficiência de nutrientes no solo e flutuação do lençol freático ao longo do ano, atuando em diferentes escalas, são os mais fortes determinantes do padrão em mosaico da vegetação tropical (Furley 1992; Hopkins 1992; Ratter 1992; Sarmiento 1992). Castro (1994) considerou parte do estado do Piauí, além de outros estados nordestinos, como um dos supercentros de biodiversidade dos cerrados.

O Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC) é uma das principais reservas governamentais no Piauí, com tipos de vegetação incluídos no domínio do cerrado ou de transição cerrado/caatinga (IBDF 1979; Barroso & Guimarães 1980). Fatores edáficos e geomorfológicos têm sido ditos como os condicionantes do padrão em mosaico da vegetação em escala de paisagem (Hopkins 1992; Oliveira 2004). A distribuição e a composição das comunidades vegetais do PNSC parecem estar relacionadas à sua própria localização geográfica em áreas limítrofes de domínios florísticos distintos (Ducke & Black 1953; Rizzini 1963; Castro 1994, 2003; Fernandes & Bezerra 1990; Fernandes 1998; Ribeiro & Tabarelli 2002). Estudos envolvendo a interpretação do padrão vegetacional (escala regional), estrutura e composição das comunidades vegetais no PNSC são escassos.

Considerando a vegetação do PNSC, este estudo pretende responder às seguintes questões: 1) Em escala de paisagem (mapeamento orbital), quais os padrões espaciais das comunidades vegetais da área? 2) Quais as relações da flora e da abundância das espécies de plantas entre os tipos de vegetação? 3) Existem grupos de espécies "características" de cada tipo de vegetação? 4) Os tipos de vegetação se limitam na forma de gradiente (*continuum*) ou na forma de mosaicos (*community type*)? 5) Qual o número de espécies nas fisionomias de cerrado no PNSC?

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido no Parque Nacional de Sete Cidades - PNSC ($04^{\circ} 02' - 08'S$ e $41^{\circ} 40' - 45'W$), localizado no nordeste do estado do Piauí. O Parque possui uma área de 6.221,5 ha e localiza-se no Planalto Oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba (IBDF 1979; Lima 1987). O clima é do tipo $C_{2w2A'}4a'$ (subúmido úmido com grande deficiência de água, quarto megatérmico e pequena amplitude térmica anual), segundo Thornthwaite & Mather (1955, 1957 apud Nimer & Brandão 1985). Há duas estações bem definidas (seca e chuvosa) durante o ano, com temperaturas médias anuais superiores a $25^{\circ}C$. A área possui precipitação média anual de 1.558 mm, com excedente hídrico de 660 mm em fevereiro, março e abril, e déficit de 706 mm durante sete meses (junho a dezembro). A altitude varia de 100 até os 300 m da Serra da Descoberta e Serra Negra. A falha do Morro do Cochicho é o divisor de águas, que no período chuvoso na porção oeste do Parque origina grandes planícies inundadas (Santos 2001).

A vegetação da área apresenta grande variedade de comunidades, distribuindo-se em mosaico, incluídas no domínio do cerrado ou de transição cerrado/caatinga (Brasil 1973; IBDF 1979; Barroso & Guimarães 1980). A grande variação das fisionomias vegetais tem sido relacionada à heterogeneidade fisiográfica, associada a diferentes classes de solo e de relevo, bem como à ocorrência de fogo (IBDF 1979). Como principais classes de solos ocorrem: Neossolos Quartzarênico e Litólico, Planossolos, Latossolos, Plintossolos e Argissolos (Jacomine et al. 1986; EMBRAPA 1999).

2.2. Mapeamento e Classificação da Vegetação

Foram utilizadas as folhas cartográficas do RADAMBRASIL, escala 1:1.000.000 (Brasil 1973) e da SUDENE/DSG Piracuruca (SA.24YC - IV), na escala de 1:100.000. Na elaboração do mapa foram utilizadas composições coloridas do Thematic Mapper - TM/Landsat (Bandas 3B, 4G e 5R - azul, verde e vermelho, respectivamente) na forma digitalizada, de órbita-ponto 219/63, quadrante A, passagem em 23 de agosto de 1998 (período seco), cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O tratamento digital da imagem foi feito através de técnicas de pré-processamento, realce, segmentação e classificação, descritas por Pardi Lacruz (1998) e Araújo (1999), utilizando o software SPRING versão 3.6 (INPE 2002). A imagem foi segmentada (limiares de similaridade 8 e de área 20) pelo algoritmo por crescimento de regiões, que se baseia no agrupamento de pixels com características similares em regiões contínuas (Venturieri & Santos 1998).

Na fase de campo foi utilizada a proposta de classificação da vegetação de Ribeiro & Walter (1998) para o bioma cerrado, por possibilitar uma maior discriminação das fisionomias de cerrado. A partir da imagem segmentada foram lançadas 54 amostras de treinamento e 66 amostras testes, previamente tomadas com GPS nos tipos de cobertura identificados para a área. Por último, foi produzida uma classificação supervisionada do tipo Bhattacharya (nível de aceitação de 99%) e calculada a estimativa de área de cada tipo de vegetação.

Na análise da exatidão e acurácia do mapa temático foram utilizados duas medidas estatísticas (matriz de erros e coeficiente de concordância kappa - \hat{k}) para determinar o grau de concordância da imagem classificada em relação a dados de referência (Congalton et al. 1983; Congalton & Green 1999). Esse coeficiente leva em conta os elementos da matriz de erros e não apenas aqueles valores que estão locados na diagonal principal da matriz e varia entre 0 e 1, em que o valor 1 representa a máxima concordância entre a imagem classificada e os dados de referência (Foody 2002). Após a avaliação da qualidade temática da classificação, o mapa da vegetação do PNSC foi gerado (escala 1:60.000).

Na classificação da vegetação foi utilizado o sistema da UNESCO (1973), que baseia-se principalmente em critérios fisionômicos e estruturais da vegetação. Além do sistema da UNESCO (1973) também foram usados alguns aspectos das propostas de classificação da vegetação do IBGE (1992) e de Ribeiro & Walter (1998).

2.3. Florística e Fitossociologia da Vegetação

Foram feitos levantamentos da flora e nos tipos de maiores extensões e representatividade também foram feitos levantamentos da estrutura da vegetação: campo graminóide cespitoso médio (GR); cerrado típico ou *sensu stricto* - s.s. (CS); cerradão (CE); e floresta estacional semidecídua (FL). De cada espécime, foram coletados de oito a dez exemplares, os quais foram identificados e depositados nos herbários da Universidade Federal do Piauí (TEPB) e da Universidade Estadual de Campinas (UEC), segundo os números de coletor (M.E. Alencar 289 a 1634). Nos levantamentos quantitativos foi utilizado o método de parcelas múltiplas (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974). Setenta e três parcelas de 100 m^2 foram instaladas numa transecção ao longo de um gradiente de vegetação (campo-floresta). Na alocação das parcelas foi utilizada a amostragem estratificada aleatória (Greig-Smith 1983), tendo sido sorteadas as parcelas que amostrarão cada tipo vegetacional. Foram amostrados os indivíduos vivos, inclusive lianas, com diâmetro do caule no nível do solo (DNS) ≥ 3 cm. Em cada parcela foi registrado o número de indivíduos (densidade) e de espécies (riqueza), e estimadas as alturas das plantas com uma régua.

Os parâmetros de abundância e diversidade da vegetação (Curtis & McIntosh 1950; Magurran 1988; Martins 1993; Castro 1994) foram calculados por meio do software FITOPAC 1 (Sherpherd 1995). A diversidade foi descrita por quatro índices, por serem os mais amplamente utilizados na literatura (Whittaker 1972; Pielou 1977; Magurran 1988): 1) Riqueza de espécies (S); 2) índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'); 3) equabilidade de Pielou (J) e 4) dominância de Simpson (D). Foi calculada a variância da diversidade (H') nos tipos fisionômicos (Zar 1999).

Na classificação das famílias botânicas foi utilizado o sistema de classificação de Cronquist (1988). Para a família Leguminosae foi utilizada a proposta de Chappill (2003).

2.4. Análise dos Dados

Os tipos fisionômicos foram comparados pelas medidas de diâmetro e altura dos indivíduos. A densidade, área basal, diversidade e riqueza de espécies por parcela foram comparadas na vegetação amostrada. Foi usada análise de variância (ANOVA) acompanhada, quando necessário, de teste *a posteriori* de comparações múltiplas dos grupos (Tukey, se paramétrica, ou de Dunn, se não-paramétrica) para amostras desbalanceadas (Zar 1999). Quando as premissas para a realização da ANOVA não eram satisfeitas foi aplicada transformação (Log10). Análises exploratórias com as medidas de diâmetros e alturas mostraram grandes desvios em relação à distribuição normal, as quais não foram satisfatoriamente corrigidas através da transformação dos dados. Neste caso, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis (H), análise de variância não-paramétrica (Smith 1995). Os testes foram realizados no SYSTAT versão 8.0 (Wilkinson 1998), considerando o nível de significância (α) de 0,05 (Zar 1999).

Na análise indireta de gradientes, a ordenação e a classificação têm sido técnicas freqüentemente utilizadas na busca de hipóteses relacionadas à vegetação e a fatores ambientais (Gauch 1982; Greig-Smith 1983; ter Braak 1995). Esta análise foi feita com base na matriz composta de 73 parcelas e 139 espécies, considerando o número de indivíduos de cada espécie. Foram aplicadas as técnicas de *Detrended Correspondence Analysis* (DCA) e *Two-Way Indicator Species Analysis* (TWINSPAN) na análise dos dados. A DCA baseia-se na ordenação das amostras e das espécies sem o prévio conhecimento do gradiente ecológico, que é indicado pela variação de abundância das espécies (Gauch 1982; Palmer 1993; Whittaker 1967). A TWINSPAN é um método hierárquico de agrupamento, que utiliza espécies preferenciais (positivas ou negativas) para caracterizar e separar grupos (Hill et al. 1975; Gauch & Whittaker 1981; Gauch 1982; ter Braak 1995; van Tongeren 1995). A análise indireta de gradientes é vantajosa em ambientes complexos e heterogêneos, especialmente se existem dúvidas de quais variáveis ambientais seriam mais importantes ao longo do gradiente (Gauch 1982; Palmer 1993; Sagers & Lyon 1997).

Na aplicação da DCA e TWINSPAN na matriz de abundância das espécies foi feita a relativização global: $(b = \frac{x_{ij}}{\sqrt{p} \sum_{j=1}^n x_j^p})$, onde: p = 1, i = amostras e j = espécies (McCune & Mefford 1999). Na TWINSPAN foram utilizados os níveis de corte (i.e., pseudo-espécies) de 0, 0,02, 0,05, 0,10 e 0,20 e um nível máximo de divisão de 6. Todas as outras recomendações do *default* foram aceitas para a TWINSPAN e DCA. Estas análises foram processadas no pacote PC-ORD, versão 4.0 (McCune & Mefford 1999).

3. RESULTADOS

A análise da paisagem considerando tanto o uso de imagem TM/Landsat quanto os levantamentos de campo, permitiu identificar os seguintes tipos de cobertura vegetal (UNESCO 1973): (1) Floresta tropical ombrófila aluvial ocasionalmente inundada, (2) Floresta tropical semidecídua, (3) Floresta aberta latifoliada perenifólia, (4) Cerrado aberto latifoliado perenifólio, (5) Cerrado extremamente xeromórfico e (6) Campo graminóide cespitoso médio (Tabelas 1 e 2; Figura 1). Também foi identificado um tipo de cobertura de nuvens/sombra que ocupou pequena parte do norte e sudoeste da área de estudo (1,6%).

3.1. Formações Florestais

Estão representadas por três tipos de cobertura vegetal, distribuindo-se predominantemente na parte centro-sudoeste do Parque e ocupando uma área de 2.243,6 ha (36% do total). Estes tipos foram caracterizados pela presença de indivíduos arbóreos predominantemente perenifólios, com alturas iguais ou superiores a 5 m e dossel com variável nível de cobertura (UNESCO 1973).

3.1.1. Floresta tropical ombrófila aluvial ocasionalmente inundada (*Tropical ombrophilous alluvial occasionally flooded forest*)

Na área de estudo ocupa a menor extensão (3,3%), ocorrendo como florestas que se estendem em estreitas faixas ao longo dos riachos perenes e temporários. Essas florestas, em geral, acompanham as falhas mapeadas para o Parque, de

padrão dendrítico (Santos 2001). Na estação chuvosa, o lençol freático esteve próximo ou acima da superfície do solo, com os cursos d'água drenando terrenos de áreas camprestes, geralmente seguidas de savânicas e florestais, para aquela vegetação. Logo, os solos dessas florestas apresentaram considerável deposição de serapilheira em sua superfície.

Tabela 1 - Cobertura total (ha e % de ocupação) de cada tipo de vegetação representado no mapa (Figura 1) segundo as propostas da UNESCO (1973) e Ribeiro & Walter (1998).

Tipo de vegetação	Área (ha)	Área (%)
<i>Florestais</i>		
1. Floresta ocasionalmente inundada (Mata de galeria inundável)	204,6	3,3
2. Floresta tropical semideciduá (Mata seca semideciduá)	525,7	8,4
3. Floresta aberta latifoliada perenifólia (Cerradão)	1.513,3	24,3
<i>Savânicas</i>		
4. Cerrado aberto latifoliado perenifólio (Cerrado típico)	2.341,7	37,6
5. Cerrado extremamente xeromórfico (Cerrado rupestre)	653,1	10,5
<i>Campreste</i>		
6. Campo graminóide cespitoso médio (Campo limpo)	887,6	14,3
<i>(Nuvem/Sombra)</i>		
Área total do PNSC	95,5	1,6
Área total do PNSC	6.221,5	100,0

Esta subformação caracteriza-se, principalmente, por apresentar dossel com altura regular, ausência de árvores emergentes, riqueza de palmeiras e de formas de vida do sub-bosque (UNESCO 1973). Ocupa terrenos bem drenados, possuindo mais epífitos e maior riqueza de lianas do que os outros tipos de floresta tropical ombrófila aluvial descritos. No PNSC, a altura média do estrato arbóreo foi de 8 m, de aspecto irregular, com abundância de palmeiras e espécies de sub-bosque, e baixa diversidade de epífitos.

Tabela 2 - Tipos de vegetação com suas principais populações, densidade, riqueza de espécies, número de amostras testes e acurácia (%) estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil (UNESCO 1973).

Tipo de vegetação	Dens. (ind./ha)	n. espécies	Amostras testes	Acurácia (%)
1. Floresta ocasionalmente inundada				
<i>Humiria balsamifera</i> - <i>Mauritia martiana</i> - <i>Virola surinamensis</i>	-	-	5	80
2. Floresta tropical semideciduá				
<i>Aspidosperma multiflorum</i> - <i>Campomanesia aromatica</i> -	5.181,5	102	11	73
<i>Ephedranthus pisocarpus</i>				
3. Floresta aberta latifoliada perenifólia				
<i>Aspidosperma discolor</i> - <i>Piptadenia moniliformis</i> - <i>Terminalia fagifolia</i>	3.430	68	9	56
4. Cerrado aberto latifoliado perenifólio				
<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>longifolia</i> - <i>Magonia pubescens</i> - <i>Terminalia fagifolia</i>	2.711,1	72	19	68
5. Cerrado extremamente xeromórfico				
<i>Encholirium erectifolium</i> - <i>Pilosocereus gounellei</i> - <i>Vellozia tubiflora</i>	-	-	9	56
6. Campo graminóide cespitoso médio				
<i>Andropogon fastigiatus</i> - <i>Aristida longifolia</i> - <i>Eragrostis maypurensis</i>	466,7	7	13	54

3.1.2. Floresta tropical semideciduá (*Tropical semi-deciduous forest*)

Essa vegetação na área de estudo apresenta-se como florestas não associadas a cursos d'água, de cotas altimétricas em torno de 200 m com relevo plano a suavemente ondulado. Em alguns locais, essas florestas assentam-se em solos bem rasos ou em afloramentos rochosos.

Esse grupo de formação foi caracterizado por apresentar árvores em sua maioria perenifólias, das quais algumas perdem suas folhas em maior ou menor intensidade, a depender da severidade da estação seca (UNESCO 1973). Estes autores chamam ainda a atenção para a presença de sub-bosque sem formação de estratos, constituído de árvores e arbustos também perenifólios e geralmente esclerófilos.

A vegetação apresentou fisionomia fechada, caracterizando-se pela maior riqueza de espécies e densidade de árvores e arbustos dentre os tipos levantados no PNSC. Foi constituída, predominantemente, de árvores em torno de 9 m de altura com indivíduos emergentes que atingiram mais de 20 m de altura. Nesta feição foram marcantes a ausência de epífitos e a abundância de lianas. O estrato herbáceo, quando presente, estava constituído de indivíduos da regeneração. Em alguns locais foram encontradas, às vezes, populações agregadas de Bromeliaceae, no piso da floresta.

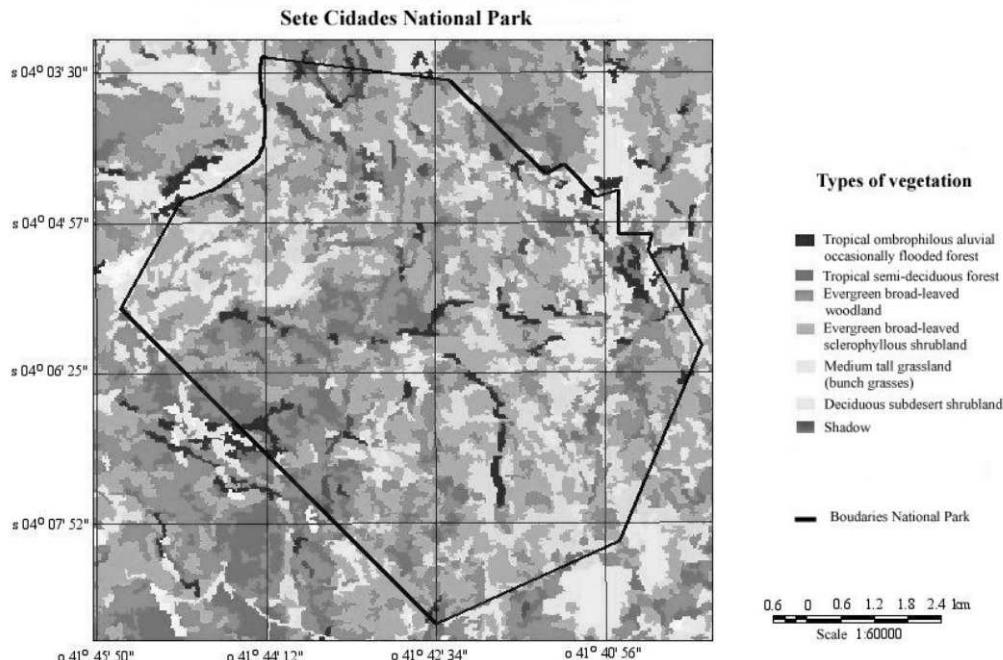


Figura 1 - Mapa temático dos tipos de vegetação encontrados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil.

3.1.3. Floresta aberta latifoliada perenifolia (*Evergreen broad-leaved woodland*)

Na área de estudo, ocupa a maior extensão dentre os tipos florestais (24,3%). Em geral, esteve circundando a floresta tropical semidecídua, apresentando densidade ao redor de 3.430 ind./ha. Possui fisionomia em que dominaram árvores altas e retas, com cerca de 7 m de altura e com ausência de epífitos e lianas. Esta vegetação apresentou associação com solos arenosos, em sua maioria, e também com areno-pedregosos e, às vezes, com litólicos.

Este grupo de formação tem fisionomia florestal aberta com indivíduos geralmente perenifólios. Possui dossel de copas que não se tocam, de distribuição restrita às áreas areníticas lixiviadas, com solos profundos e de clima marcadamente estacional (UNESCO 1973; IBGE 1992). Nesta fisionomia foram encontradas espécies que somente foram listadas para os cerrados marginais do Meio-Norte do Brasil (Castro et al. 1998). Esta vegetação não apresentou estratificação nítida, sendo ressaltada a escassez do estrato herbáceo-subarbustivo, onde predominou uma espécie de Poaceae, ocorrendo em touceiras em meio aos poucos arbustos e subarbustos.

3.2. Formações Savânicas

Estão constituídas de dois tipos de cobertura vegetal de ampla distribuição na área de estudo, ocupando 2.994,8 ha (48,1%), sendo, portanto, os tipos de vegetação mais expressivos na área.

3.2.1. Cerrado aberto latifoliado perenifólio (*Evergreen broad-leaved sclerophyllous shrubland*)

Este grupo de formação ocupa a maior área do Parque Nacional (37,6%), distribuindo-se em mosaico de manchas que ora são abruptamente interrompidas quando se limitam com áreas florestais, ora mudam gradualmente quando se limitam com áreas campestres. Nestes trechos, a classificação foi muito dificultada nas imagens TM/Landsat, devido à proximidade espacial de atributos espectrais ocasionado pelo gradiente dessa feição com outras circunvizinhas. Esta feição geralmente esteve associada a solos arenosos, mas, em alguns locais da área de estudo, associou-se a solos mal drenados.

Tipo de vegetação constituída de indivíduos lenhosos, tortuosos, com ramificação irregular, esclerófilos perenes ou semidecíduos, presença de ritidoma esfoliado, corticoso, rígido ou casca suberosa, macia, com órgãos de reserva subterrâneos ou xilopódios (IBGE 1992). A vegetação apresentou fisionomia muito aberta, com densidade média de 2.711,1 ind./ha, constituída de indivíduos com altura média de 5 m e alguns ultrapassando 10 m de altura.

3.2.2. Cerrado extremamente xeromórfico (*Deciduous subdesert shrubland with succulents*)

Esta feição correspondeu à vegetação instalada sobre os afloramentos rochosos de origem sedimentar e couraças ferruginosas (Fortes 1996; Santos 2001), compreendendo 10,5% da área de estudo (Tabela 1).

É característico desta formação o aspecto arbustivo muito aberto, com espécies mostrando adaptações à seca, tais como folhas profundamente esclerófilas, fortemente reduzidas, ramos fotossintetizantes sem folhas e caules suculentos, na maioria das vezes espinescentes (UNESCO 1973). Trata-se de um tipo de cerrado com indivíduos arbustivos de até 2,0 m de altura, de fisionomia predominantemente aberta, xeromorfos, latifoliados e decíduos. Predominam nesta formação indivíduos de Bromeliaceae, Cactaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Lythraceae, Eriocaulaceae, Xyridaceae e Scrophulariaceae, dentre outras famílias, os quais se instalaram nas fissuras e depressões das rochas. Contíguas aos afloramentos rochosos são encontradas áreas de solos extremamente arenosos resultantes do desgaste daqueles afloramentos, muito pobres em matéria orgânica, de coloração característica esbranquiçado-acinzentado. Nestes locais, na estação chuvosa, são formadas pequenas lagoas, onde são encontrados com bastante freqüência indivíduos de Droseraceae e Lentibulariaceae.

3.3. Formação Campeste

Esta vegetação está representada por apenas um tipo, com principal área de ocorrência na porção centro-sudoeste do Parque Nacional e possuindo 14,3% de extensão.

3.3.1. Campo graminóide cespitoso médio (*Medium tall grassland consisting mainly of bunch grasses*)

Esta formação é um campo graminóide de altura média de até 2 m, quase sem sinússia lenhosa e grande número de gramíneas cespitosas (UNESCO 1973).

Esta unidade apresentou na área de estudo o estrato herbáceo-subarbustivo bem vigoroso com populações atingindo alturas superiores a 1 m e com a menor densidade lenhosa. Misturando-se àquele estrato foram encontrados raros arbustos dispostos espaçadamente, onde solos arenosos estiveram sempre associados a esta feição.

3.4. Acurácia da Classificação

A avaliação temática considerando a matriz de erros gerada a partir da imagem TM/Landsat, subsidiada com informações de campo como referência, resultou no valor de 65,7% de exatidão global (Tabela 2). As categorias de imagem (1 e 2) apresentaram valores de acurácia superiores à exatidão global e a categoria 6 foi a de menor nível de desempenho na classificação. Esses erros estão associados a certas características intrínsecas (fisionômico-estruturais) do campo graminóide cespitoso médio (6), ocasionado pela semelhança de respostapectral com outros tipos de caráter savântico. No entanto, esses valores precisam ser considerados com precaução, não devendo ser utilizados na avaliação da acurácia das categorias individualmente devido ao baixo número de amostras em cada tipo de vegetação.

Por outro lado, a estimativa de kappa ($\hat{\kappa}$) apresentou um valor de 0,582090, correspondendo à categoria "bom" de desempenho classificatório (0,40 - 0,60) segundo Landis & Koch (1977). Esse intervalo mostra que a concordância temática em relação aos dados de referência terrestre esteve em nível significativamente bem aceitável (0,60 - 0,80), com desempenho classificatório atingindo um máximo conceito de "muito bom" (Landis & Koch 1977).

Em mapeamento temático utilizando dados de sensoriamento remoto, a acurácia é dada pela porcentagem de amostras classificadas corretamente na imagem (Goodchild 1994; Pardi Lacruz 1998; Foody 2002; Türk 2002). Foram encontrados valores relativamente baixos para algumas categorias de imagem, apesar de ter sido encontrado um valor alto de acurácia total (65,7%).

A imprecisão da classificação ocorreu devido a amostras heterogêneas, ou seja, com mistura de pixels localizados em áreas limítrofes das categorias mapeadas, fato este já esperado para a área de estudo. Por exemplo, o baixo nível de desempenho das categorias 5 e 6 na área de estudo (Tabela 2) pode ser explicado, em parte, pela pequena extensão de área contínua dessas feições e consequente impossibilidade de aquisição de pixels puros, assim como pela época de obtenção da imagem (período seco) e da marcante sazonalidade climática da área.

No presente estudo, as duas categorias de florestas (1 e 2) apresentaram os maiores níveis de desempenho, mas a categoria 3, igualmente florestal (cerradão), apresentou baixo nível, provavelmente pelos mesmos motivos já citados anteriormente. A floresta aberta latifoliada perenifólia (3) foi confundida com a floresta tropical semidecídua, devido a mudanças graduais de uma fisionomia para a outra, e pelo consequente compartilhamento e substituição de espécies.

3.5. Florística e Estrutura da Vegetação

3.5.1. Levantamento Florístico

No levantamento florístico foram coletados 1353 espécimes, pertencentes a 87 famílias, 281 gêneros e 439 espécies. Do total de espécies, 367 (83,6%) foram totalmente identificadas, 62 apenas ao nível de gênero, nove ao de família e uma espécie constou como sendo de família desconhecida. Neste estudo foram encontradas três espécies novas para a ciência, duas de Asteraceae (*Elephantopus* sp. e *Stilpnopappus* sp.) e a outra de Convolvulaceae (*Jacquemontia* sp.). Também foi feito o registro de *Pilosocereus flavipulvinatus* (Buining & Brederoo) F.Ritter (Cactaceae), espécie somente conhecida de três localidades, de distribuição restrita, e de ocorrência em áreas ecotonais (caatinga/cerrado) no Piauí e no Maranhão.

As famílias mais abundantes e ricas na área em ordem decrescente foram Leguminosae (75 espécies), Bignoniaceae (24), Poaceae (21), Asteraceae (18), Rubiaceae (17), Cyperaceae, Euphorbiaceae e Myrtaceae (15, cada), Malpighiaceae (13) e Apocynaceae (12), as quais representaram 51,3% do total de espécies. Estas famílias foram, em geral, também as mais ricas em outros levantamentos de cerrados no Nordeste do Brasil (Castro et al. 1998; Rodrigues 1998; Conceição 2000; Mesquita 2002; Ribeiro & Tabarelli 2002). Isto também reflete a situação dos cerrados no Brasil, estando aquelas famílias entre as mais bem representadas no bioma cerrado (Mendonça et al. 1998). A ocorrência de Bignoniaceae como uma das famílias mais ricas na área deveu-se ao grande número de espécies de lianas existentes na floresta estacional semidecídua e que constituem uma forma de vida mal coletada (Oliveira 2004).

3.5.2. Levantamento Quantitativo

Os números de espécies da flora arbustivo-arbórea foram 7 no campo graminóide (GR), 72 no cerrado típico (CS), 68 no cerradão (CE) e 102 na floresta estacional semidecídua (FL), totalizando 2516 indivíduos amostrados (Tabela 3). No total foram listadas 139 espécies, distribuídas em 36 famílias, das quais 17 (47,2%) ocorreram com apenas uma espécie. Sessenta e seis (47,5%) espécies estiveram presentes em dois ou mais tipos fisionômicos.

Tabela 3 - Tipos fisionômicos, área amostral e componentes de diversidade no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. S = número de espécies/famílias (F), H' = índice de diversidade (nats.indiv⁻¹) e variância, J = índice de equabilidade e D = índice de dominância.

Tipo Fisionômico	Área amostral	Riqueza (S)	H' (nats/ind.)	H' (s ²)	Pielou (J)	Simpson (D)
Campo graminóide (GR)	0,09	7/6F	1,63	0,00212	0,84	0,22
Cerrado típico (CS)	0,27	72/26F	3,55	0,00031	0,83	0,04
Cerradão (CE)	0,10	68/27F	3,71	0,00050	0,88	0,03
Floresta estacional (FL)	0,27	102/29F	3,70	0,00024	0,80	0,05

Das 139 espécies amostradas apenas *Anocardium occidentale*, *Combretum mellifluum*, *Himatanthus drasticus* e *Vatairea macrocarpa* apresentaram distribuição ao longo da transecção analisada, parecendo possuírem grande amplitude ecológica, ocupando desde ambientes campestres até florestais. Por outro lado, o número de espécies exclusivas por fisionomia foi alto, com 45 (41,2% do total) encontradas na floresta estacional semidecídua, 15 (20,8%) no cerrado típico e 9 (13,2%) no cerradão.

Seis famílias estiveram somente na FL: Moraceae, Nyctaginaceae, Phytolacaceae, Solanaceae, Sterculiaceae e Tiliaceae. Arecaceae, Bombacaceae e Clusiaceae só ocorreram no CE, enquanto Caryocaraceae, Dilleniaceae e Hippocrateaceae foram exclusivas do CS. Bignoniaceae apareceu como a mais rica na floresta estacional (12 espécies, com sete lianas), seguida de Leguminosae-Caesalpinioideae (11 espécies), Leguminosae-Papilionoideae (10), Leguminosae-Mimosoideae e Myrtaceae (8, cada) e, Combretaceae (6).

A diversidade mostrou tendência de aumento dos tipos florestais (CE e FL), para o savânico (CS) e a menor no campestre (GR). O CE e FL tiveram valores semelhantes de diversidade, sendo que no CE a equabilidade pareceu ser maior e a dominância menor (Tabela 3). Por outro lado, a riqueza diminuiu da FL, passando pelo CS e CE até o GR.

Os parâmetros fitossociológicos das dez espécies com maiores valores de importância (VI) encontradas na vegetação do PNSC mostram que a densidade e a área basal diminuíram da FL e CE (5.181 ind./ha e 30,2 m²/ha na FL; 3.430 ind./ha e 24,3 m²/ha no CE), passando pelo CS (2.711 ind./ha e 13,6 m²/ha) até o GR (467 ind./ha e 2,1 m²/ha), ver tabela 4.

Tabela 4 - Dez espécies com os maiores valores de importância (VI) amostradas nos tipos fisionômicos do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. ni = número de indivíduos, DeR, DoR e FeR = densidade, dominância e freqüência relativas (%).

Espécies/Tipo Fisionômico	ni	DeR (%)	DoR (%)	FeR (%)	VI
Floresta estacional semidecídua (FL)					
<i>Campomanesia aromatica</i>	246	17,58	5,64	4,01	27,23
<i>Piptadenia moniliformis</i>	80	5,72	13	4,81	23,53
<i>Ephedranthus pisocarpus</i>	112	8,01	4,01	4,21	16,23
<i>Copaifera coriacea</i>	54	3,86	9,15	3,21	16,21
<i>Combretum leprosum</i>	57	4,07	3,24	3,01	10,32
<i>Thiloa glaucocarpa</i>	49	3,50	3,32	2,40	9,23
<i>Aspidosperma multiflorum</i>	17	1,22	5,92	2	9,13
<i>Anacardium occidentale</i>	6	0,43	7,27	1	8,70
<i>Casearia ulmifolia</i>	47	3,36	1,40	3,01	7,76
<i>Pterocarpus violaceus</i>	29	2,07	2,93	2,61	7,61
					VI (%) 45,3
Cerradão (CE)					
<i>Aspidosperma discolor</i>	13	3,79	12,33	3,64	19,76
<i>Parkia platycephala</i>	5	1,46	15,25	1,82	18,52
<i>Terminalia fagifolia</i>	16	4,66	5,58	4,24	14,49
<i>Piptadenia moniliformis</i>	21	6,12	2,77	4,85	13,74
<i>Plathymenia reticulata</i>	26	7,58	4,08	1,82	13,48
<i>Qualea parviflora</i>	13	3,79	5,78	3,64	13,21
<i>Anacardium occidentale</i>	4	1,17	10,22	1,82	13,21
<i>Copaifera coriacea</i>	23	6,71	3,35	3,03	13,08
<i>Thiloa glaucocarpa</i>	18	5,25	2,30	4,24	11,79
<i>Casearia grandiflora</i>	19	5,54	1,68	4,24	11,46
					VI (%) 47,6
Cerrado típico (CS)					
<i>Terminalia fagifolia</i>	90	12,30	15,10	6,06	33,45
<i>Magonia pubescens</i>	59	8,06	9,44	6,06	23,56
<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>longifolia</i>	16	2,19	12,21	3,03	17,42
<i>Plathymenia reticulata</i>	41	5,60	6,83	4,38	16,81
<i>Qualea grandiflora</i>	43	5,87	6,98	3,03	15,88
<i>Combretum mellifluum</i>	40	5,46	1,44	5,05	11,96
<i>Lippia origanoides</i>	44	6,01	1,85	4,04	11,90
<i>Anacardium occidentale</i>	9	1,23	6,63	2,36	10,21
<i>Simarouba versicolor</i>	13	1,78	4,24	2,69	8,71
<i>Vatairea macrocarpa</i>	14	1,91	3,18	3,37	8,46
					VI (%) 52,8
Campo graminóide (GR)					
<i>Vatairea macrocarpa</i>	16	38,10	33,94	33,33	105,37
<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>longifolia</i>	7	16,67	21,51	16,67	54,85
<i>Byrsinima crassifolia</i>	3	7,14	26,36	16,67	50,17
<i>Anacardium occidentale</i>	8	19,05	12,96	11,11	43,12
<i>Combretum mellifluum</i>	6	14,29	3,14	11,11	28,54
<i>Byrsinima correifolia</i>	1	2,38	1,47	5,56	9,41
<i>Himatanthus drasticus</i>	1	2,38	0,62	5,56	8,56

As maiores dominâncias relativas ocorreram na FL por causa das espécies *Piptadenia moniliformis*, *Copaifera coriacea* e *Anacardium occidentale*, contribuindo com 29,4% da área basal total (ABT). *Parkia platycephala*, *Aspidosperma discolor* e *Anacardium occidentale* (15,2; 12,3 e 10,2%) totalizaram 37,8% (ABT) no CE; *Terminalia fagifolia*,

Hymenaea courbaril var. *longifolia* e *Magonia pubescens* (15,1; 12,2 e 9,4%) somaram 36,7% (ABT) no CS; e *Vataarea macrocarpa*, *Byrsonima crassifolia* e *Hymenaea courbaril* var. *longifolia* (33,9; 26,4 e 21,5%) contribuíram com 81,8% (ABT), no GR (Tabela 4). Duas espécies (*Salvertia convallariodora* e *Bowdichia virgilioides*), exclusivas do CE, estiveram representadas por dois e três indivíduos, mas com dominâncias relativas elevadas (5,4 e 4,2%, respectivamente) tornado-as marcantes na fisionomia do CE.

Quatro espécies (*Piptadenia moniliformis*, *Copaifera coriacea*, *Thiloa glaucocarpa* e *Anacardium occidentale*) foram importantes nas florestas (FL e CE), esta última também nas formações savânico-campestre. Por outro lado, *Hymenaea courbaril* var. *longifolia*, *Vataarea macrocarpa* e *Combretum mellifluum* apresentaram densidades, dominâncias e freqüências relativas maiores nas formações savânico-campestre (CS e GR).

Os resultados da ANOVA mostraram diferenças significativas nos tipos fisionômicos estudados na área (Tabela 5). A FL e o CE tiveram os maiores valores de densidade, seguidos do CS e os menores no GR ($F = 59,13$; $gl = 3$; $p < 0,001$). A diversidade média por parcela seguiu o mesmo padrão encontrado para a densidade ($F = 12,25$; $gl = 3$; $p < 0,001$). A área basal média por parcela foi maior na FL e CE, enquanto o CS e o GR apresentaram os menores valores ($F = 37,58$; $gl = 3$; $p < 0,001$), ver tabela 5.

Tabela 5 - Densidade, área basal, diversidade e riqueza (média ± desvio padrão) dos tipos fisionômicos do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Valores seguidos por letras iguais não são estatisticamente diferentes (Tukey, $p < 0,05$). $gl = 3$.

Tipo Fisionômico	Densidade (ind./100 m ²)	Área basal (m ² /100 m ²)	Diversidade (H/100 m ²)	Riqueza (n. esp./100 m ²)
Campo graminóide	4,7 ± 3,3 c	0,02 ± 0,02 c	0,20 ± 0,21 c	4,7 ± 3,3 c
Cerrado típico	27,1 ± 14,5 b	0,13 ± 0,11 b	0,85 ± 0,24 b	11 ± 5,5 b
Cerradão	35 ± 7,2 ab	0,24 ± 0,09 a	1,10 ± 0,14 ab	17 ± 3,7 a
Floresta estacional	51,8 ± 14,6 a	0,30 ± 0,15 a	1,10 ± 0,13 a	18 ± 4,6 a

A FL e o CE apresentaram as maiores riquezas específicas, seguidas do CS e GR com a menor ($F = 27,47$; $gl = 3$; $p < 0,001$). Estes resultados repetiram o mesmo padrão mostrado pelos outros descritores, ou seja, há diferenças entre os três grupos estruturais na área: os florestais (FL e CE), o savânico (CS) e o campestre (GR), e o cerradão e a floresta estacional não diferiram estatisticamente.

3.5.3. Ordenação e Classificação

Os diagramas de ordenação da DCA foram coincidentes com as divisões do TWINSPAN (Figura 2). O eixo 1 da DCA separou à esquerda as formações florestais (FL e CE), em seguida vieram as parcelas do CS mais espalhadas e, no outro extremo, à direita ocorreram as do GR (formações savânica e campestre). Foi possível discriminar um gradiente estrutural constituído de três grupos vegetacionais (florestal, savânico e campestre). O eixo 1 apresentou um autovalor de $\lambda_1 = 0,7875$ e comprimento do gradiente (ou eixo da ordenação) de 7,0 unidades de desvio padrão médio de substituição das espécies (i.e., average standard deviation of species turnover - s.d.). Esses valores são considerados altos, indicando um gradiente muito diverso (i.e., elevada diversidade beta) e sugerindo substituição total das espécies (ter Braak 1995).

Com relação às espécies, a separação de grupos foi menos evidente, como mostra a grande dispersão dos dados ("ruído"). No eixo 1, em um extremo do gradiente (florestal), ocorreram *Acacia* sp., *Xylosma benthamii*, *Sitzophyllum* sp., *Forsteronia pubescens*, *Arrabidaea triplinervia*, *Brosimum* sp., *Hymenaea* sp., *Eugenia flavesrens*, *Guapira* sp., *Byrsonima sericea*, *Eugenia punicifolia*, *Campomanesia aromatica*, *Randia armata*, *Eugenia* sp.1, *Hymenaea courbaril*, *Adenocalymma* sp., *Arrabidaea brachypoda*, *Caesalpinia ferrea*, *Casearia ulmifolia*, *Dicella bracteosa* e *Peixotoa jussieuana* com os menores escores. No outro extremo (campestre), com os maiores escores estiveram *Hymenaea courbaril* var. *longifolia*, *Vataarea macrocarpa*, *Byrsonima correifolia*, *B. crassifolia*, *Anacardium occidentale* e *Himatanthus drasticus*.

A primeira divisão feita pelo TWINSPAN no conjunto das espécies apresentou um autovalor de 0,8547. Foram obtidos dois grupos florísticos (87 e 52 espécies), correspondentes às espécies mais abundantes dos tipos florestais (CE e FL) e dos tipos savânico e campestre (CS e GR). Também foi usada a TWINSPAN considerando uma matriz de presença e ausência, encontrando resultados semelhantes.

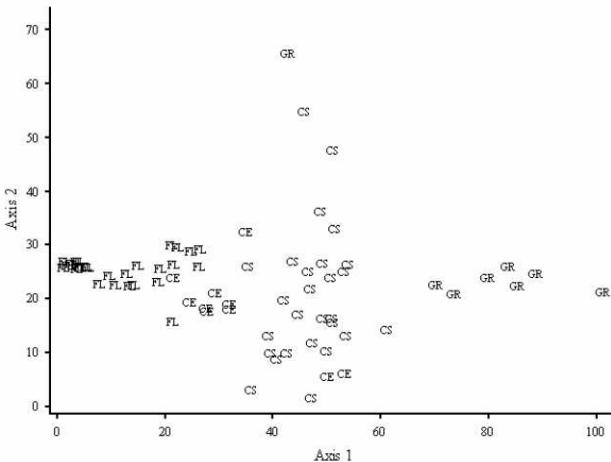


Figura 2 - Diagrama da DCA das parcelas nos eixos 1 e 2. Quatro grupos vegetacionais foram distinguidos no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. GR = campo graminóide, CS = cerrado típico, CE = cerradão e FL = floresta estacional semidecídua.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso integrado de informações advindas de sensoriamento remoto e de levantamentos florístico e quantitativo da vegetação em terra mostrou-se eficiente, resultando numa boa discriminação dos tipos de vegetação existentes na área. A acurácia alcançada na etapa de classificação foi satisfatória, considerando-se a complexidade da área, tendo sido os levantamentos quantitativos fundamentais na definição dos tipos de coberturas vegetais encontradas.

O mapa de vegetação produzido para o PNSC possibilitou a discriminação de seis tipos de cobertura vegetal, evidenciando um complexo mosaico de tipos estruturais dominados por formações savânicas, as quais cobrem 48,1% da área. Tais resultados produziram informações básicas sobre o *status* atual da vegetação na área de estudo, fornecendo subsídio para estudos futuros relacionados à compreensão e previsão de mudanças no padrão de distribuição das comunidades vegetais e dos processos ambientais.

A flora levantada no PNSC representou 6,9% da listada para o bioma cerrado (Mendonça et al. 1998) e variou de 6,3 a 14,6% do total estimado para o mesmo bioma (Castro et al. 1999). Quase 30% da flora do PNSC não foi listada para o cerrado do Brasil (Mendonça et al. 1998), estando sua maior ocorrência registrada no estado da Bahia, refletindo o maior esforço de coletas naquele estado. Estas 122 espécies tiveram registros nos tipos vegetacionais (caatinga, cerrado e floresta pluvial tropical) sugerindo que a área do PNSC representa o final da rota de distribuição de muitas espécies que, predominantemente, têm suas maiores ocorrências na floresta tropical pluvial (superúmido) e somente atingindo ambientes mais secos até o PNSC; enquanto espécies geralmente de distribuição nas caatingas (semiárido) conseguem atingir locais mais áridos no PNSC, que também representaria seu limite de distribuição. Gêneros com distribuição principalmente na Amazônia, como *Copaifera*, *Ephedranthus*, *Parkia* e *Platonia*, com o maior número de espécies próximo ao Equador, estão representados no PNSC por uma das poucas espécies que ocorrem fora da Amazônia (p.e., *Ephedranthus pisocarpus*, *Parkia platycephala*). Do mesmo modo, gêneros representados com muitas espécies na área nuclear da caatinga como *Caesalpinia*, *Croton*, *Mimosa*, *Moninna*, *Pilosocereus* e *Piptadenia* ocorreram na vegetação do PNSC (p.e., *Croton sonderianus*, *Mimosa acutistipula*, *Pilosocereus gounellei* e *Piptadenia stipulacea*).

Os parâmetros de abundância e componentes de diversidade neste estudo foram superiores aos de outras áreas de cerrado do Brasil, apesar dos problemas relacionados à falta de padronização na amostragem, duração e intensidade do estudo. A diversidade de uma área é influenciada pelo tamanho e critérios de amostragem, mas ainda assim é um bom indicador da diversidade local (Martins 1993; Harper & Hawksworth 1994; Martins & Santos 1999). A riqueza de espécies tem relação direta com a densidade da flora lenhosa das fisionomias, que por sua vez relaciona-se as estratégias de ciclos de vida das plantas (Ribeiro & Tabarelli 2002). No presente estudo, à semelhança do daqueles autores, ocorreu a diminuição da riqueza de espécies concomitantemente a redução da densidade da flora lenhosa das fisionomias.

Com exceção do GR, nos outros tipos fisionômicos estudados (FL, CE e CS) cerca de 10% do número de espécies amostradas detiveram aproximadamente 50% do número total de indivíduos e da área basal, evidenciando concentração de abundância e, portanto, baixa equabilidade. Em geral, os valores de freqüências relativas no GR foram semelhantes

aos de densidade relativa, sugerindo que as espécies daquele tipo fisionômico mostraram um padrão de distribuição espacial não agregado. Por outro lado, nos tipos FL, CE e CS, as dez populações mais abundantes apresentaram freqüências relativas menores do que as de densidades relativas, mostrando uma tendência de padrão espacial agregado.

A ocorrência de um elevado percentual de famílias (44,7%) com apenas uma espécie foi igualmente freqüente nos diversos trabalhos feitos nos cerrados do Brasil. Este resultado pode estar indicando um padrão que é característico de locais de elevada diversidade (Ratter 2002) e contraria a afirmação de que os cerrados da “periferia” teriam uma flora pobre (Rizzini 1963; Fernandes 1998).

Onze espécies (7,9% do total) registradas neste estudo estiveram entre as 28 mais freqüentes encontradas por Ratter et al. (1996) nos cerrados do Brasil. Quatro espécies deste estudo estiveram entre as nove mais freqüentes listadas por Castro (1994). *Stryphnodendron coriaceum*, *Vatairea macrocarpa* e *Parkia platycephala* foram indicadoras do centro de diversidade do NE (Castro 1994). Estas espécies, juntamente com outras, por apresentarem distribuição restrita aos cerrados do Piauí e Maranhão, sugerem a existência de um supercentro de diversidade da vegetação de cerrado no NE do Brasil (Castro et al. 1998).

A TWINSPLAN confirmou a ordenação da DCA, discriminando a presença de três grupos vegetacionais na área: florestal, savânico e campestre. A disposição dos grupos de vegetação ao longo dos eixos de ordenação sugere um *continuum*, onde às vezes os limites são abruptos e, em outras vezes, graduais. A análise indireta de gradientes evidenciou que a vegetação responde a um conjunto de gradientes ecológicos de modo complexo (Hill et al. 1975; Palmer 1992).

A composição de espécies entre os tipos fisionômicos estudados apresentou muita variação, sendo que 69 espécies (49,6% do total) foram exclusivas de um ou de outro tipo fisionômico na área. Ribeiro & Tabarelli (2002) mostraram que a composição de espécies nos tipos estruturais de menor riqueza não é um subconjunto particular dos tipos mais ricos. Segundo aqueles autores, dois processos biológicos poderiam estar ocasionando este padrão: efeito de massa (Shmida & Wilson 1985) e a influência das biotas circunvizinhas (Fernandes & Bezerra 1990; Fernandes 1998).

A influência das biotas circunvizinhas (Fernandes & Bezerra 1990; Fernandes 1998) está relacionada diretamente com o efeito de massa das populações. Esta situação é constatada pela presença de gêneros com distribuição principalmente na Amazônia, e estando o maior número de espécies próximo à linha do Equador (p.e., *Ephedranthus*, *Parkia*, *Copaifera* e *Platonia*) e que na área de estudo está representada por uma das poucas ocorrências dos mesmos fora da Amazônia. Por exemplo, *Ephedranthus pisocarpus* tem distribuição restrita aos estados do Maranhão, Piauí e Ceará (Oliveira & Sales 1999).

Os cerrados no NE estão submetidos a grande variação espacial nas condições ambientais, expressa no complexo mosaico de tipos de vegetação - heterogeneidade espacial do cerrado. Este fato, associado à posição geográfica e à contribuição das formações circunvizinhas, parece explicar a distribuição e a flora das comunidades vegetais na área de estudo. Espera-se que estes resultados possam subsidiar estratégias de desenvolvimento sustentável para o estado do Piauí, fornecendo conhecimentos básicos para a preservação e conservação dos cerrados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, L.S. 1999. **Estratificação da cobertura vegetal e de biomassa em áreas de contato floresta/savana a partir de dados TM/Landsat e JERS-1.** INPE, São José dos Campos. Dissertação de Mestrado.
- Barroso, G.M. & Guimarães, E.F. 1980. **Excursão botânica ao Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.** Rodriguésia 32: 241-267.
- BRASIL. 1973. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil. v.2. **Folha SB. 23 Teresina e parte da Folha SB.24 Jaguaripe:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial. MME/DNPM, Rio de Janeiro, BR.
- Brito, I.M. 1979. **Bacias sedimentares e formações pós-paleozóicas do Brasil.** Interciência, Rio de Janeiro. Pp.41-52: bacias e formações sedimentares do meio norte; Pp. 59-96: as bacias sedimentares do nordeste do Brasil.
- Carvalho, V.C. 1986. **Structure et dynamique de la vegetation en milieu tropical semi-aride:** La caatinga de Quixaba (Pernambuco, Brasil) du terrain à l'analyse des données MSS/LANDSAT. Thèse présentée pour le Doctorat de l'Université de Toulouse II - Le Mirail), Toulouse, France.
- Castro, A.A.J.F. 1994. **Comparação florístico-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí - São Paulo) de amostras de cerrado.** UNICAMP. Tese de Doutorado.

- Castro, A.A.J.F., Martins, F.R. & Fernandes, A.G. 1998. **The woody flora of cerrado vegetation in the state of Piauí, northeastern, Brazil.** Edinb. J. Bot. 55: 455-472.
- Castro, A.A.J.F. & Martins, F.R. 1999. **Cerrados do Brasil e do nordeste:** caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. Pesquisa em foco 7:147-178.
- Castro, A.A.J.F., Martins, F.R., Tamashiro, J.Y. & Shepherd, G.J. 1999. **How rich is the flora of Brazilian cerrado?** Annals of the Missouri Botanical Garden 86:192-224.
- Castro, A.A.J.F. 2003. Survey of the vegetation in the state of Piauí. In: Gaiser, T., Krol, M., Frischkorn, H. & Araújo, J.C. (eds.) **Global change and regional impacts:** water availability and vulnerability of ecosystems and society in the semiarid northeast of Brazil, pp. 117-123. Springer-Verlag, New York, NY.
- Chappill, J. 2003. **Cladistic analysis of the Leguminosae:** classification of the Leguminosae employed for cladistic analysis modified from that of Polhill (1994) as indicated. [citado em 16 de junho de 2003 - 16:00]. URL: <http://www.botany.uwa.edu.au/systematics/summaryleg.html>.
- Chapin, F.S. III, Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L., Hooper, D.U., Lavorel, S., Sala, O.E., Hobbie, S.E., Mack, M.C. & Diaz, S. 2000. **Consequences of changing biodiversity.** Nature 405: 234-242.
- Conceição, G.M. da. 2000. **Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal, Parque Estadual do Mirador, Mirador, Maranhão.** UFPE. Dissertação de Mestrado.
- Congalton, R.G., Oderwald, R.G. & Mead, R.A. 1983. **Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques.** Photogramm. Eng. Rem. Sens. 49: 35-45.
- Congalton, R.G. & Green, K. 1999. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices.** CRC Press, Inc., New York, NY.
- Coutinho, L.M. 1978. **O conceito de cerrado.** Revista Brasileira de Botânica 1:17-23.
- Cronquist, A. 1988. **The evolution and classification of flowering plants.** 2nd ed. New York Botanical Garden, New York.
- Curtis, J.T. & McIntosh, R.P. 1950. **The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters.** Ecology 31:434-455.
- Ducke, A. & Black, G.A. 1953. **Phytogeographical notes on the Brazilian Amazon.** Anais Acad. Bras. Cienc. 25: 1-46.
- Ejrnaes, R. & Bruun, H.H. 2000. **Gradient analysis of dry, temperate grassland vegetation in Denmark.** Journal of Vegetation Science 11:573-584.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPS, Brasília/Rio de Janeiro, BR.
- Felfili, J.M., Silva Júnior, M.C., Rezende, A.V., Haridassan, M., Filgueiras, T.S., Mendonça, R.C., Walter, B.M.T. & Nogueira, P.E. 2001. **O projeto biogeografia do bioma cerrado:** hipóteses e padronização da metodologia. Pp.157-173 in Garay, I. & Dias, B. (eds.). Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Ed. Vozes, Petrópolis.
- Fernandes, A.G. & Bezerra, P. 1990. **Estudo fitogeográfico do Brasil.** Stylus Comunicações, Fortaleza, BR.
- Fernandes, A. 1998. **Fitogeografia brasileira.** Ed. Multigraf, Fortaleza.
- Foody, G.M. 2002. **Status of land cover classification accuracy assessment.** Rem. Sens. Environ. 80: 185-201.
- Foody, G.M. & Cutler, M.E. 2002. **Remote sensing of biodiversity:** using neural networks to estimate the diversity and composition of a Bornean Tropical Rainforest from Landsat TM data. In: IGARSS'2002 - International Geoscience and Remote Sensing Symposium and the 24th Canadian Symposium on Remote Sensing. Anais. IEEE, Toronto, Canadá, 24-28 June, 2002. [CDROM].
- Ferri, M.G. 1977. **Ecologia dos cerrados.** Pp.15-33 in Ferri, M. G. (coord.). IV Simpósio sobre o cerrado: bases para utilização agropecuária. Ed. Itatiaia; EDUSP, Belo Horizonte.

- Fortes, F. 1996. **Geologia de Sete Cidades**. Fundação Cultural Monsenhor Chaves, Teresina, BR.
- Furley, P.A. 1992. **Edaphic changes at the forest-savanna boundary with particular reference to the neotropics**. Pp.91-117 in Furley, P. A., Proctor, J. & Ratter, J. A. (eds.). Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. Chapman & Hall, London.
- Gauch, H.G. 1982. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gauch, H.G. & Whittaker, R.H. 1981. **Hierarchical classification of community data**. Journal of Ecology 69:537-557.
- Goodchild, M.F. 1994. **Integrating GIS and remote sensing for vegetation analysis and modeling: methodological issues**. J. Veg. Scienc. 5: 615-626.
- Goodland, R. 1971. **A physiognomic analysis of the cerrado vegetation of Central Brazil**. Journal of Ecology 59:411-419.
- Goodland, R. & Pollard, R. 1973. **The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient**. Journal of Ecology 61:219-224.
- Greig-Smith, P. 1983. **Quantitative plant ecology**. 3rd ed. California Press Berkeley, California, US.
- Harley, R.M. 1995. **Introdução**. Pp.43-78 in Stannard, B. L. (ed.). Flora of the Pico das Almas: Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. KEW, London.
- Harper, J.L. & Hawksworth, D.L. 1994. **Biodiversity: measurement and estimation**. Preface. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 345:5-12.
- Hill, M.O., Bunce, R.G.H. & Shaw, M.W. 1975. **Indicator species analysis, a divisive polythetic method of classification, and its application to a survey of native pinewoods in Scotland**. Journal of Ecology 63:597-613.
- Hopkins, B. 1992. **Ecological processes at the forest-savanna boundary**. Pp.21-33 in Furley, P.A., Proctor, J. & Ratter, J.A. (eds.). Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. Chapman & Hall, London.
- IBDF. 1979. **Plano de Manejo: Parque Nacional de Sete Cidades**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - M.A/Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), Brasília, BR.
- IBGE. 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira**. IBGE/DRNEA, Rio de Janeiro, BR.
- INPE/DPI. 2002. **Sistema de processamento de informações georeferenciadas: SPRING v.3.6.03**. [on line]. <<http://www.dpi.inpe.br/dpi/spring>>. Abril de 2003.
- Jacomine, P.K.T., Cavalcanti, A.C., Pessoa, S.C.P., Burgos, N., Melo Filho, H.F.R., Lopes, O.F. & Medeiros, L.A.R. 1986. **Levantamento exploratório de solos do estado do Piauí**. (escala 1:1000) v.112. EMBRAPA/SUDENE-DNR, Rio de Janeiro. (Boletim de Pesquisa, 36; Série recursos de solos, 18).
- 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. 1999. **Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation**. Ciência e Cultura 51:331-348.
- Landis, J. & Koch, G.G. 1977. **The measurements of agreement for categorical data**. Biometrics 33: 159-179.
- Lima, I.M. de M. 1987. **Relevo piauiense: uma proposta de classificação**. Rev. CEPRO 12: 55-87.
- Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, New Jersey.
- Maldonado, F.D., Santos, J.R. & Carvalho, V.C. 2002. **Land use dynamic in the semi-arid region of Brazil (Quixaba-PE)**: characterization by principal components analysis. Int. J. Rem. Sens. 23: 5005-5013.
- Martins, F.R. 1993. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Ed. UNICAMP, Campinas.
- Martins, F.R. & Santos, F.M. 1999. **Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade**. Revista Holos 1 (edição especial):236-267.
- Matson, P.A. & Ustin, S.L. 1991. **The future of remote sensing in ecological studies**. Ecology 72: 1917.

- McCune, B. & Mefford, M.J. 1999. **Multivariate analysis of ecological data**. v. 4.0. MjM Software, Oregon.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Silva Júnior, M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S. & Nogueira, P.E. 1998. Flora vascular do cerrado. Pp. 287-556. In: M. Sato & S.P. Almeida (eds.) **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa-CPAC. Planaltina, DF.
- Mesquita, M.R. 2002. **Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal (Cerrado Baixo), Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí**. UFPE. Dissertação de Mestrado.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. John Wiley & Sons, New York, NY.
- Nimer, E. & Brandão, A.M.P.M. 1985. **Balanço hídrico anual a partir de valores normais e tipologia climática**. Rev. Bras. Geog. 47: 373-416.
- Oliveira, J. & Sales, M.F. 1999. **Estudo taxonômico dos gêneros Ephedranthus S. Moore e Pseudephedrantus Aristeg. - Annonaceae**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica, 15:117-166.
- Oliveira, M.E.A. 2004. **Mapeamento, florística e estrutura da transição campo-floresta na vegetação (cerrado) do Parque Nacional de Sete Cidades, Nordeste do Brasil**. UNICAMP. Tese de Doutorado.
- Oliveira-Filho, A.T. de, Shepherd, G.J., Martins, F.R. & Stubblebine, W.H. 1989. **Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil**. Journal of Tropical Ecology 5:413-431.
- Palmer, M.W. 1992. **The coexistence of species in fractal landscapes**. The American Naturalist 139:375-397.
- Palmer, M.W. 1993. **Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis**. Ecology 74:2215-2230.
- Pardi Lacruz, M.S. 1998. **Sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica como subsídio para levantamentos fisionômico-estruturais em floresta tropical úmida - estudo de caso: estação científica Ferreira Penna, PA**. INPE, São José dos Campos. Dissertação de Mestrado.
- Pielou, E.C. 1977. **Mathematical ecology**. Wiley, New York.
- Prance, G.T. 1996. **Inlands in Amazonia**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 351:823-833.
- Ratter, J.A. 2002. **Biodiversity patterns of woody cerrado vegetation**: an overall view. Pp.55-57 in Araújo, E.L., Moura, A.N., Sampaio, E.S.B., Gestinari, L.M.S. & Carneiro, J.M.T. (eds.). Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil. UFRPE/Brasil Imprensa Universitária, Recife.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Atkinson, R. & Ribeiro, J.F. 1996. **Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II**: comparison of the woody vegetation of 98 areas. Edinburgh Journal of Botany 53:153-180.
- Ribeiro, J.R. & Walter, B.M.T. 1998. **Fitofisionomias do bioma cerrado**. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (eds.) **Cerrado: ambiente e flora**, pp. 89-166. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, BR.
- Ribeiro, L.F. & Tabarelli, M. 2002. **A structural gradient in cerrado vegetation of Brazil**: changes in woody plant density, species richness, life history and plant composition. Journal of Tropical Ecology 18:775-794.
- Rizzini, C.T. 1963. **Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil**. Rev. Bras. Geografia 25: 3-65.
- Rodrigues, S.M.C.B. 1998. **Florística e fitossociologia de uma área de cerrado em processo de desertificação no município de Gilbués - PI**. UFRPE. Dissertação de Mestrado.
- Sagers, C.L. & Lyon, J. 1997. **Gradient analysis in a riparian landscape**: contrasts among forest layers. Forest Ecology and Management 96:13-26.
- Sánchez-Azofeifa, G.A., Quesada-Mateo, C., Gonzalez-Quesada, P., Dayanandan, S. & Bawa, K.S. 1999. **Protected areas and conservation of biodiversity in the tropics**. Conserv. Biol. 13: 407-411.

- Sampaio, E.V.S.B., Souto, A., Rodal, M.J.N., Castro, A.A.J.F., Hazin, C. 1994. **Caatingas e cerrados do NE: biodiversidade e ação antrópica.** Pp.1-15 in Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação. Fundação Esquel do Brasil, Fortaleza/Brasília.
- Santos, J.C. 2001. **Quadro geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.** UFSC, Florianópolis. Dissertação de Mestrado.
- Santos, J.R. 1988. **Biomassa aérea da vegetação de cerrado:** estimativa e correlação com dados do sensor “Thematic Mapper” do satélite LANDSAT. UFPR, Curitiba. Tese de Doutorado.
- Sarmiento, G. 1984. **The ecology of neotropical savannas.** Harvard University Press, England.
- Sarmiento, G. 1992. **A conceptual model relating environmental factors and vegetation formations in the lowlands of tropical South America.** Pp.583-601 in Furley, P. A., Proctor, J. & Ratter, J. A. (eds.). Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. Chapman & Hall, London.
- Shepherd, G.J. 1995. **FITOPAC 1:** manual do usuário. Departamento de Botânica, UNICAMP, Campinas.
- Shmida, A. & Wilson, M.V. 1985. **Biological determinants of species diversity.** Journal of Biogeography 12:1-20.
- Silva, J.M.C. & Bates, J.M. 2002. **Biogeographic patterns and conservation in the south american cerrado:** a tropical savanna hotspot. BioScience 52:225-233.
- Smith, S.M. 1995. **Distribution-free and robust statistical methods:** viable alternatives to parametric statistics. Ecology 6:1997-1998.
- Solbrig, O.T. 1996. **The diversity of the savanna ecosystem.** Pp.1-27 in Solbrig, O. T., Medina, E. & Silva, J. F. (eds.). Biodiversity and savanna ecosystem processes: a global perspective. Springer, Berlin.
- ter Braak, C.J.F. 1995. **Ordination.** Pp.91-173 in Jongman, R.H.G., ter Braak, C.J.F. & van Tongeren, O.F.R. (eds.). Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, New York.
- Türk, G. 2002. **Chance correction and map evaluation.** Letter to the editor. Rem. Sens. Environ. 82: 1-3.
- UNESCO. 1973. **International classification and mapping of vegetation.** United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- Ustin, S.L., Weissman, C.A., Curtiss, B., Kasischke, E., Way, J. & Vanderbilt, V.C. 1991. **Opportunities for using the EOS imaging spectrometers and synthetic aperture radar in ecological models.** Ecology 72: 1934-1945.
- van Tongeren, O.F.R. 1995. **Cluster analysis.** Pp.174-212 in Jongman, R.H.G., ter Braak, C.J.F. & van Tongeren, O.F.R. (eds.). Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, New York.
- Venturieri, A. & Santos, J.R. 1998. **Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal.** In: Assad, E.D. & Sano, E.E. (eds.) Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura, pp. 351-371. EMBRAPA/CPAC, Planaltina, BR.
- Walsh, S.J. & Davis, F.W. 1994. **Applications of remote sensing and geographic information systems in vegetation science:** introduction. J. Veg. Scienc. 5: 610-613.
- Zak, M.R. & Cabido, M. 2002. **Spatial patterns of the Chaco vegetation of central Argentina: integration of remote sensing and phytosociology.** Appl. Veg. Sci. 5: 213-226.
- Zar, J.H. 1999. **Biostatistical analysis.** 4rd ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Wilkinson, L. 1998. **SYSTAT.** v. 8.0. SPSS Inc., Chicago.
- Whittaker, R.H. 1967. **Gradient analysis vegetation.** Biological Review 49:207-264.
- Whittaker, R.H. 1972. **Evolution and measurements of species diversity.** Taxon 21:213-251.