

## **CARACTERIZAÇÃO DE AGROECOSSISTEMAS CAFEEIROS DE MINAS GERAIS POR MEIO DO SPRING. PARTE I: AGROECOSSISTEMA DE SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO**

ALVES, H.M.R.<sup>1</sup>; LACERDA, M.P.C.<sup>2</sup>; VIEIRA, T.G.C.<sup>3</sup>; RESENDE, R.T.T.P.<sup>4</sup>; ANDRADE, H.<sup>5</sup>; MACHADO, M.L.<sup>6</sup> e CEREDA, G.J.<sup>7</sup>

Trabalho financiado pelo CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ-  
CBP&D/Café.

<sup>1</sup> Pesquisadora EPAMIG/CTSM, Laboratório de Geoprocessamento, Cx.P. 176, 37.200-000, Lavras, MG, <helenah@ufla.br>; <sup>2</sup> Pesquisadora recém-doutor FAPEMIG, Laboratório de Geoprocessamento; <sup>3</sup> Pesquisadora EPAMIG/CTSM, Laboratório de Geoprocessamento; <sup>4</sup> Bolsista recém mestre EPAMIG/CTSM/FUNAPE/CBP&D/Café; <sup>5</sup> Professor titular DCS/UFLA, Laboratório de Geoprocessamento; <sup>6</sup> Pesquisador EPAMIG/CTSM, Bolsista da FAPEMIG; <sup>7</sup> Técnico Agrícola EPAMIG/CTSM.

**RESUMO:** Este trabalho apresenta os resultados da caracterização do agroecossistema cafeeiro da região de São Sebastião do Paraíso, importante região produtora do sul do Estado de Minas Gerais. O subprojeto é parte integrante do projeto de pesquisa “Diagnóstico edafo-ambiental da cafeicultura do estado de Minas Gerais”, financiado pelo CPBD/Café e desenvolvido pela EPAMIG/CTSM/Laboratório de Geoprocessamento. O estudo foi realizado em uma área-piloto representativa da região, selecionada a partir de parâmetros da cultura cafeeira e sua associação com características do meio físico, após avaliação realizada em campanhas de campo. Por intermédio da metodologia de geoprocessamento, utilizando-se o software SPRING e imagens de satélite TM/Landsat 5 e 7, implementou-se um banco de dados digital para a área-piloto, que propiciou a geração de diversos mapas temáticos, dentre os quais se destacam os mapas de uso atual, classes de declividade e solos (legenda preliminar), este último elaborado por modelagem geomorfogeopedológica. Selecionou-se a microbacia do Ribeirão Fundo para os trabalhos de caracterização das unidades de mapeamento de solos e checagem da legenda preliminar. Por meio de operações de tabulação cruzada no SPRING, avaliou-se quantitativamente a ocupação da cafeicultura no meio físico, particularmente em relação às classes de relevo (declividade) e classes de solos. As técnicas de geoprocessamento utilizadas mostraram-se eficientes na caracterização do agroecossistema cafeeiro, podendo ser utilizadas no levantamento e monitoramento das áreas de café, além de fornecer dados para subsidiar o planejamento e gerenciamento racional do setor.

**Palavras-chave:** agroecossistemas cafeeiros, geoprocessamento, sensoriamento remoto, caracterização ambiental.

### **CHARACTERIZATION OF COFFEE AGROECOSYSTEM BY SPRING: I AGROECOSYSTEM OF SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO**

**ABSTRACT:** This work presents the characterisation of the coffee agroecosystem of São Sebastião do Paraíso, an important coffee producing region of the south of the state of Minas Gerais in Brazil. The project, funded by CBP&D/Café, is being carried out by the Geoprocessing Laboratory of EPAMIG/CTSM, as part of a wider research project which endeavours the environmental characterisation of coffee production land of Minas Gerais. The study area was selected after a sound fieldwork, based on parameters of the crop and surrounding environment. The geographic information system SPRING and TM/Landsat 5 and 7 images were used to build up a digital database for the area. Gis and remote sensing techniques were used to produce thematic maps, including land use and slope classes. The soils were preliminarily mapped using a geomorphopedological model and the slopes map. The watershed of Ribeirão Fundo was chosen to field check the model and characterise representative soil profiles of the soil mapping units identified. Based on the thematic maps produced and on parameters of the crop collected in the field, it was possible to assess the relationships between environment and coffee production in the selected area. The methodology used in the work proved to be efficient in the characterisation of agricultural ecosystems, providing important information to subsidise rational planning and management of the sector.

**Key words:** coffee agroecosystems, remote sensing, geographic information systems, environmental characterization.

## INTRODUÇÃO

A caracterização do agroecossistema cafeeiro de São Sebastião do Paraíso, uma das principais regiões produtoras de café do Estado de Minas Gerais, é parte integrante do projeto que está sendo conduzido no Laboratório de Geoprocessamento da EPAMIG/CTSM, intitulado “Diagnóstico edafo-ambiental da cafeicultura no estado de Minas Gerais”, financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D/Café).

A cafeicultura mineira concentra-se principalmente na região Sul de Minas, responsável por cerca de 50% da produção do Estado. Nos últimos anos, têm havido alterações nas áreas ocupadas pelo café na região, com novos plantios, replantios e também abandonos e erradicações, que dificultam a avaliação da atual situação do parque cafeeiro no Estado. O levantamento destas áreas e o estabelecimento de metodologias expeditas e confiáveis, que possibilitem o monitoramento deste parque, com a atualização periódica destas informações, tornam-se importantes para o gerenciamento do agronegócio café. O planejamento racional de qualquer atividade agropecuária requer, primeiramente, o conhecimento do meio ambiente em que esta atividade está inserida.

O conhecimento de ambientes complexos como os agroecossistemas requer a subdivisão destes em partes ou estratos mais homogêneos, que depois de caracterizados são novamente integrados ao todo (Resende et al., 1995). Os sistemas computadorizados e os Sistemas de Informação Geográfica têm modificado as técnicas utilizadas nos levantamentos de recursos naturais, tornando-as mais ágeis e precisas. Combinando os avanços da cartografia automatizada, dos sistemas de manipulação de banco de dados e do sensoriamento remoto com o desenvolvimento da análise geográfica, os SIGs produzem um conjunto distinto de procedimentos analíticos, que auxiliam no gerenciamento e na atualização constante das informações disponíveis (Burrough & McDonnell, 1998).

O objetivo deste trabalho foi a caracterização do meio físico de áreas ocupadas pela cafeicultura na região de São Sebastião do Paraíso, selecionada como representativa da região produtora do Sul de Minas, usando o geoprocessamento e os produtos de sensoriamento remoto orbital para gerar um banco de dados digital e subsidiar as atividades de levantamento, monitoramento e planejamento do parque cafeeiro regional.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram levantadas as informações secundárias disponíveis sobre os recursos naturais e características da cafeicultura da região produtora de São Sebastião do Paraíso e realizados levantamentos de campo para identificação das relações entre a cafeicultura e o meio físico, a fim de definir uma área-piloto para desenvolvimento do trabalho. A área-piloto selecionada apresenta 520 km<sup>2</sup>, sendo delimitada pelas coordenadas UTM 274 km e 300 km de longitude W e 7.700 km e 7.680 km de latitude S.

Como base cartográfica foram utilizadas cartas planialtimétricas do IBGE, escala 1:50.000, de São Sebastião do Paraíso e São Tomás de Aquino. Foram também usados os mapas de solos, geológicos e geomorfológicos disponíveis, fotografias aéreas em escala 1:25.000 do IBC e imagens do satélite TM Landsat 5 de 1999 e TM Landsat 7 de 2000, bandas 3, 4 e 5, mais a banda pancromática do Landsat 7. A implementação de um banco de dados digital para a área-piloto e o tratamento das imagens de satélite foram realizados pelo software SPRING. A partir da digitalização, em mesa digitalizadora, das cartas planialtimétricas e dos mapas temáticos, foram gerados planos de informação temática (PIs) do meio físico para curvas de nível, geologia, rede de drenagem, estradas e manchas urbanas. As áreas ocupadas com cafeicultura foram levantadas e georreferenciadas em atividades de campo, criando-se o PI correspondente.

As imagens de satélite na composição 3B4G5R foram tratadas no módulo IMAGEM do SPRING. Realizaram-se as operações de segmentação pelo método de crescimento de regiões e, em

seguida, procedeu-se à classificação supervisionada pelo classificador maxver (máxima verossimilhança) na banda 4, com obtenção de amostras controladas das seguintes classes temáticas de uso atual das terras: **Café Formado**: correspondente aos cafezais cujos parâmetros de idade (acima de 4-5 anos), porte (maior que 2 m) e espaçamento de plantio permitem uma cobertura do substrato com café maior que 50%; **Mata**: que corresponde às áreas ocupadas por vegetação natural de porte elevado, isto é, matas ciliares, resquícios de floresta tropical e cerradão; **Associação Vegetação-Solo**: correspondente às áreas de vegetação natural de pequeno porte (cerrado), pastagens, culturas anuais, áreas com mais de 50% de solo exposto e áreas de café em formação, que não atenderam aos requisitos da classe café formado; e **Solo Desnudo**: que compreende as áreas preparadas para cultivo, núcleos urbanos e antrópicos. A partir da imagem classificada gerou-se o plano temático *Uso Atual das Terras*.

A digitalização das curvas de nível das cartas planialtimétricas originou Modelos Numéricos do Terreno (MNTs) e declividade, por meio de grades retangulares e grades triangulares (TINs). Pelo fatiamento das grades de declividade geradas, elaborou-se o *Mapa Temático de Classes de Declive*. As faixas de declive utilizadas para o fatiamento do MNT e sua correspondência com o tipo de relevo e classe de solo são apresentadas na Tabela 1. Essa correlação baseou-se no modelo geomorfo-pedológico proposto por Andrade et al. (1998), validado para a região de São Sebastião do Paraíso em campanhas de campo.

**Tabela 1** - Correlação entre classes de declive, classes de relevo e grupamentos de solos

Classes de declive (%)	Classes de Relevo	Classes de Solos
0 - 3	Plano	Latossolos
3 - 12	Suave Ondulado	Latossolos
12 - 24	Ondulado	Solos B texturais
24 - 45	Forte ondulado	Solos B texturais e Cambissolos
> 45	Montanhoso	Cambissolos e Solos Litólicos

O *Mapa de Solos* (legenda preliminar) foi obtido utilizando o programa LEGAL (Linguagem Espacial de Processamento Algébrico do SPRING), mediante o cruzamento entre o Mapa de Classes de Declividade e o Mapa de Domínios Geológicos, conforme modelo proposto na Tabela 2. A microbacia do Ribeirão Fundo foi selecionada como unidade ambiental representativa da área-piloto para os trabalhos de checagem da legenda preliminar de solos e descrição dos perfis representativos. Estes perfis foram descritos, amostrados para análises químicas e físicas e classificados segundo EMBRAPA (1999), como visto a seguir.

**Tabela 2** - Modelo de correlação entre classes de declividade, domínios geológicos e classes de solo para a microbacia do Ribeirão Fundo

Classes de declive	Domínios geológicos <sup>(1)</sup>	Classes de solo
0-12%	Qa	<sup>(*)</sup> Gleissolos Háplicos (GX), Neossolos Flúvicos (RU)
	KJsg	Latossolo Vermelho (LV)
	TQi, Kb, KJb, PCi	Latossolo Amarelo (LVA)
20-45%	KJsg	Nitossolo (NV), Cambissolos (CX)
	TQi, Kb, KJb, PCi	Argissolos (PVA, PV), Cambissolos Háplicos (CX)
>45%	KJsg, TQi, Kb, KJsg, KJb, PCi	Neossolos Litólicos (RL)

<sup>(\*)</sup> Classe de solo obtida com base em fotografias aéreas.

(1) Domínios geológicos extraídos de DNPM/CPRM (1978), onde:

- Domínio 1 - Qa - Depósitos sedimentares Quaternários, predominantemente aluviais.
- Domínio 2 - TQi - Coberturas indiferenciadas, envolvendo Latossolos alóctones com paleopavimentos reconhecidos.
- Domínio 3 - Kb – Formação Bauru - arenitos de granulação média, argilosos, róseo avermelhados e esbranquiçados a avermelhados, quartzosos, localmente com leitos de arenitos grosseiros, com estratificação cruzada e planar de pequeno a médio porte.
- Domínio 4 - KJsg – Grupo São Bento - Formação Serra Geral - lavas basálticas com intercalações de lentes e camadas areníticas (tipo arenito Botucatu).
- Domínio 5 - KJb – Grupo São Bento - Formação Botucatu - arenitos de granulação fina a média, bem selecionados, esbranquiçados a avermelhados, quartzosos; localmente com leitos de arenitos grosseiros, com estratificação cruzada, tangencial, de grande porte na base.
- Domínio 6 - PCi – Super Grupo Tubarão - Grupo Itararé Indiviso - arenitos grosseiros a finos, de cor amarela a avermelhada, com desenvolvimento subordinado de diamictitos de cor vermelho-tijolo, passando a lamitos arenosos e sílticos; apresentam estratificação cruzada e planar de pequeno a médio porte.

Para caracterização do agroecossistema cafeeiro, com o estabelecimento de relações entre as áreas ocupadas com cafeicultura e parâmetros do meio físico, foram realizadas tabulações cruzadas entre os Pis: *Uso atual das terras x Classes de declividade* e *Uso atual das terras x Solos*, usando-se o SPRING. A edição final dos mapas temáticos produzidos também foi realizada no SPRING, através dos módulos SCARTA e IPLOT.

## RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO

### Mapeamento de solos

As análises de geoprocessamento, ou seja, interpretação de imagens de satélite, geração e manipulação de mapas temáticos dos recursos naturais, aliadas às observações de campo, permitiram compreender a distribuição dos solos na paisagem da área-piloto de São Sebastião do Paraíso e estabelecer um modelo de correlação entre relevo e geologia, que possibilitou o mapeamento das principais unidades de solo. Os trabalhos de checagem da legenda preliminar de solos e descrição dos perfis representativos, para caracterização destas unidades de mapeamento, foram realizados na microbacia do Ribeirão Fundo, representativa do modelo de distribuição dos solos na paisagem regional.

Os mapas de solos obtidos, mediante modelagem geopedológica, para a área-piloto de São Sebastião do Paraíso e microbacia do Ribeirão Fundo encontram-se nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

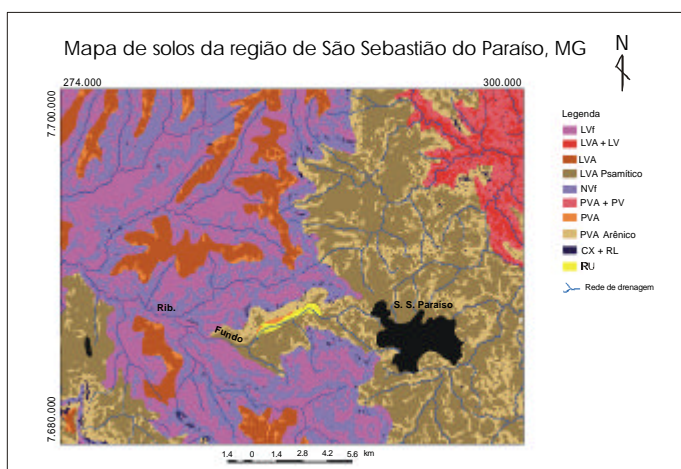


FIGURA 1

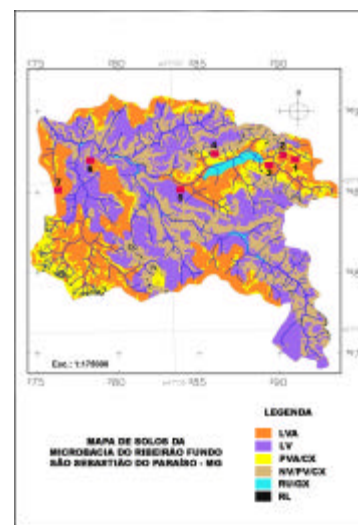


FIGURA 2

### Caracterização morfológica dos perfis representativos

As principais classes de solos da microbacia do Ribeirão Fundo foram estabelecidas e descritas segundo os critérios de Lemos e Santos (1996) e EMBRAPA (1999). Os fatores considerados na escolha dos perfis representativos foram a distribuição espacial, com base na modelagem geopedológica, e a utilização agrícola das classes de solo na microbacia. A Tabela 3 apresenta a classe de solo caracterizada por cada um dos perfis selecionados, e a localização destes perfis está indicada na Figura 2.

## Caracterização do agroecossistema cafeeiro

As Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados das tabulações cruzadas entre os PIs *Uso Atual x Classes de Solo* e *Uso Atual x Classes de Declividade*. As Figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam diagramas que facilitam a visualização desses resultados.

A classe **Café Formado** ocupa 25,96% da área-piloto, dos quais 23,07 % distribuem-se em áreas de relevo plano a ondulado. Os solos usados para a cultura cafeeira pertencem às unidades de mapeamento LVf (LATOSSOLO VERMELHO Férrico) e NVf (NITOSSOLO VERMELHO Férrico), totalizando 13,33%, seguidos de LVAp (LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Psamítico) e PVAa (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Arênico), que juntos representam 7,69%. As demais classes de solos apresentam ocupação pela cafeicultura abaixo de 2,5%. Justifica-se a predominância da cultura cafeeira nos LVf e NVf, visto que estes são derivados de rocha basáltica da Formação Serra Geral (KJsg), apresentando fertilidade natural mais elevada. Já o LVAp e PVAa, produtos de intemperização dos domínios geológicos de composição arenítica (Kb – Formação Bauru, KJb – Formação Botucatu e PCI – Grupo Itararé), são solos de boas características físicas que, com o manejo adequado da fertilidade, se tornam aptos para a cafeicultura.

A interpretação dos dados gerados pelo geoprocessamento, aliada às observações de campo, permitiu a individualização geomórfico-geopedológica da região de São Sebastião do Paraíso em dois grandes ambientes:

1. **Ambiente geomórfico-geopedológico W:** domínio de basaltos da Formação Serra Geral, com desenvolvimento em classes de declividade de até 12% de LATOSSOLOS VERMELHOS Férricos e LATOSSOLOS VERMELHOS textura média nas porções de intercalações lito-estratigráficas dos basaltos com arenitos da Formação Botucatu e Grupo Itararé. Nas porções de declividades maiores que 12% ocorre a formação de NITOSSOLOS VERMELHOS Férricos.
2. **Ambiente geomórfico-geopedológico E:** domínio de formações areníticas do Grupo Itararé, com desenvolvimento em classes de declividade de até 12% de LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS textura média a psamíticos. Em classes de declividade maiores que 12% ocorrem os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, textura média a arênicos.

A cafeicultura na região encontra-se predominantemente no ambiente geomórfico-geopedológico W, particularmente na porção localizada entre os núcleos urbanos de São Sebastião do Paraíso e São Tomás do Aquino, onde os solos, principalmente os LATOSSOLOS VERMELHO Férricos, são mais aptos ao cultivo.

**Tabela 3** - Principais classes de solos amostrados na microbacia do Ribeirão Fundo

Número perfil	Domínio	Classe de Solo Selecionado
1	PCi	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico textura média
2	PCi	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico textura média
3	PCi/KJsg	NITOSSOLO VERMELHO Distrófico típico textura argilosa.
4	KJsg	NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico textura argilosa/muito argilosa
5	KJsg/PCi	LATOSSOLO VERMELHO Ácrico típico textura média
6	KJsg	LATOSSOLO VERMELHO Acriférico típico textura argilosa.
7	KJb	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico textura arenosa/media

**Tabela 4** - Tabulação cruzada entre classes de uso atual e classes de solo para a área-piloto de São Sebastião do Paraíso

	Classes de solo – Unidades de mapeamento										
	LVf	NVf	CX +	LVA	PVA	PVAa	LVAp	LVA	PVA	RU	Total
Mata	1,21	1,74	0,16	0,17	0,43	1,20	1,38	0,38	0,10	0,01	<b>6,78</b>
<b>Café formado</b>	<b>7,05</b>	<b>6,28</b>	<b>0,27</b>	<b>0,69</b>	<b>0,87</b>	<b>2,97</b>	<b>4,72</b>	<b>2,48</b>	<b>0,51</b>	<b>0,12</b>	<b>25,96</b>
Vegetação_	11,06	8,25	0,15	1,80	1,73	5,30	14,35	3,74	0,71	0,13	<b>47,21</b>
Solo desnudo	4,20	2,14	0,04	0,28	0,27	2,52	8,53	1,78	0,27	0,03	<b>20,04</b>
<b>Total</b>	<b>23,52</b>	<b>18,40</b>	<b>0,63</b>	<b>2,94</b>	<b>3,29</b>	<b>11,99</b>	<b>28,98</b>	<b>8,37</b>	<b>1,59</b>	<b>0,29</b>	<b>100,00</b>

Onde a = arênico, p = psamítico.

**Tabela 5** - Tabulação cruzada entre classes de uso atual e classes de declividade para a área-piloto de São Sebastião do Paraíso (%)

Classes de Uso atual	Classes de declividade – Unidades de relevo					
	Plano	Suave	Ondulado	Forte	Montanhoso	Total
Mata	1,56	1,59	2,13	1,33	0,16	<b>6,78</b>
<b>Café formado</b>	<b>6,27</b>	<b>8,77</b>	<b>8,03</b>	<b>2,61</b>	<b>0,28</b>	<b>25,96</b>
Vegetação_solo	11,00	20,06	13,31	2,68	0,16	<b>47,21</b>
Solo desnudo	5,29	9,51	4,40	0,80	0,04	<b>20,04</b>
<b>Total</b>	<b>24,13</b>	<b>39,93</b>	<b>27,88</b>	<b>7,42</b>	<b>0,64</b>	<b>100,00</b>

## CONCLUSÕES

- O geoprocessamento permitiu a caracterização do agroecossistema cafeeiro de São Sebastião do Paraíso, mostrando a relação entre café e meio físico e quantificando a ocupação da cafeicultura nas unidades ambientais de relevo e solo.
- O estudo permitiu a individualização geomórfico-geopedológica da região de São Sebastião do Paraíso em dois grandes ambientes: 1- Ambiente W, com predomínio de LATOSSOLOS VERMELHOS Férricos e LATOSSOLOS VERMELHOS textura média e NITOSSOLOS VERMELHOS Férricos nas porções de declividades maiores que 12%; e 2- Ambiente E, com domínio de LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS textura média a psamíticos e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, textura média a arênicos, em classes de declividade maiores que 12%.



- A cafeicultura na região encontra-se predominantemente no ambiente geomórfico-geopedológico W, particularmente na porção localizada entre os núcleos urbanos de São Sebastião do Paraíso e São Tomás do Aquino, onde os solos, predominantemente os LVf, são mais aptos às culturas, particularmente a cafeeira.
- As técnicas de geoprocessamento utilizadas mostraram-se eficientes na caracterização de agroecossistemas cafeeiros, tanto em termos de tempo gasto quanto de custos.
- Os dados gerados podem ser utilizados no levantamento e monitoramento dos agroecossistemas cafeeiros, além de subsidiar o planejamento e gerenciamento racional do setor.

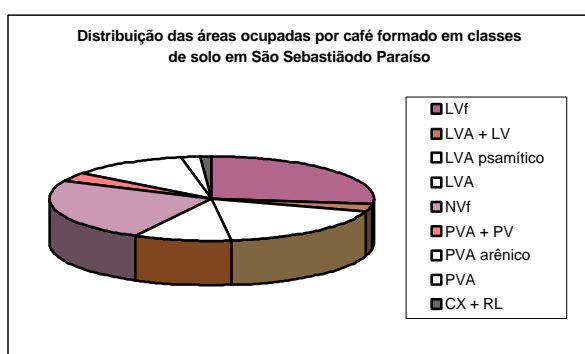


FIGURA 4

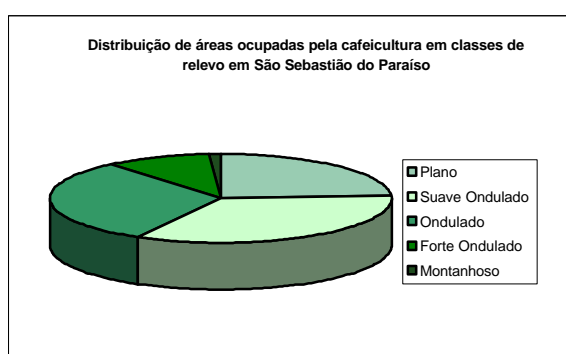


FIGURA 5

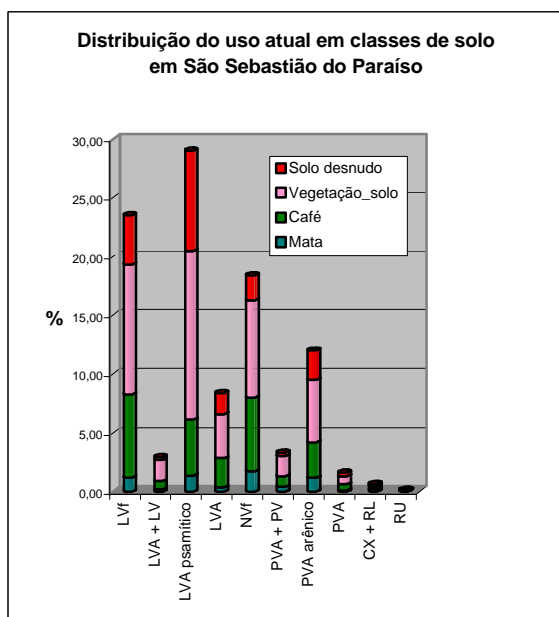


FIGURA 5

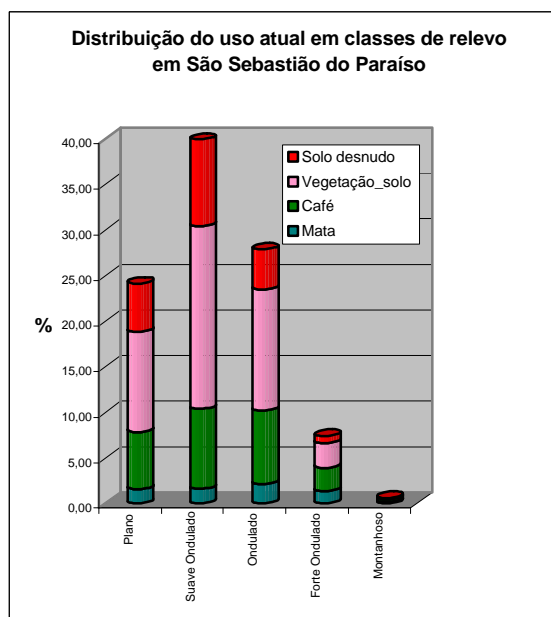


FIGURA 6

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, H.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.C.G.; ESTEVES, D.R.; RESENDE, R.J.T.P. Diagnóstico ambiental do município de Lavras com base em dados do meio físico: IV - Principais grupamentos de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas-MG. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. v.4, p.442-443.
- BURROUGH, P.A.; McDONNELL, R.A. **Principles of geographic information systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 333p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS-DNPA/CPRM. **Projeto Mantiqueira-Furnas**. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1978. n.7.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-Produção de Informação, 1999. 412p.
- LEMONS, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3.ed. Campinas: SBCE/CNPS, 1996. 84p.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.D.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1995. 304p.