

## CARACTERIZAÇÃO DE AGROECOSSISTEMAS CAFEEIROS DE MINAS GERAIS POR MEIO DO SPRING. PARTE II: AGROECOSSISTEMA DE MACHADO

LACERDA, M.P.C.<sup>1</sup>; ALVES, H.M.R.<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 recém-doutor FAPEMIG, Laboratório de Geoprocessamento - Cx.P. 176, 37.200-000, Lavras-MG, <marilusa@ufla.br>; <sup>2</sup> Pesquisadora EPAMIG/CTSM, 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:** Como parte integrante do projeto de pesquisa “Diagnóstico edafo-ambiental da cafeicultura do estado de Minas Gerais”, o presente trabalho faz a caracterização do agroecossistema cafeeiro de Machado, uma das regiões representativas da cafeicultura do sul do Estado de Minas Gerais. O projeto é financiado pelo CPBD/Café e está sendo desenvolvido pela EPAMIG/CTSM/Laboratório de Geoprocessamento. Com base em informações secundárias e levantamentos de campo, foi selecionada uma área-piloto representativa da região, tanto em termos das características da cultura cafeeira quanto da sua associação com o meio físico. Usando-se técnicas de geoprocessamento, foi elaborado um banco de dados digital para a área-piloto, por intermédio do sistema de informações geográficas SPRING e imagens de satélite TM/Landsat 5 e 7. A partir deste banco de dados foram gerados mapas temáticos de caracterização ambiental, como os mapas de uso atual, de classes de declividade e de solos. O mapa de solos constitui uma legenda preliminar, tendo sido elaborado por modelagem geomorfopedológica, baseada na relação entre o relevo e a distribuição das diferentes classes de solo na paisagem regional, com o apoio de observações de campo. A associação das áreas cafeeiras com o meio físico foi avaliada e quantificada por meio de operações de tabulações cruzadas no SPRING, correlacionando uso atual com classes de relevo (declividade) e com classes de solos. O geoprocessamento mostrou-se uma ferramenta eficiente na caracterização de agroecossistemas cafeeiros, podendo ser implementado em atividades de levantamento e monitoramento agroambiental, fornecendo, ainda, informações que auxiliam o planejamento e gerenciamento sustentável do setor cafeeiro.

**Palavras-chave:** agroecossistema cafeeiro, geoprocessamento, sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica, caracterização ambiental.

**CHARACTERIZATION OF COFFEE AGROECOSYSTEM BY SPRING:  
II AGROECOSYSTEM OF MACHADO**

**ABSTRACT:** This work presents partial results of a wider research project which endeavours to characterise the coffee agroecosystems of main production regions 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. The study case presented here was developed in a pilot area, representative of the production region South of Minas, located around the urban area of Machado. The pilot area was selected after a sound fieldwork, based on parameters of the crop and surrounding environment. The geographic information system SPRING and satellite images of TM/Landsat 5 and 7 were used to build up a digital database for the area. GIS and remote sensing techniques were used to produce thematic maps, which included slope classes, land use and soils. The soils were mapped using a geomorphopedological model that was validated by the field survey. Based on the thematic maps produced it was possible to evaluate the relationships between environment and coffee production, quantifying the occupation of the crop in the regional landscape, especially in relation to the slope surfaces and soils. The methodology used in the work proved to be efficient in the characterisation and monitoring of agricultural ecosystems, providing important information to subsidise rational planning and sustainable management of the sector.

**Key words:** coffee agroecosystem, GIS, remote sensing, environmental characterization, land evaluation.

**INTRODUÇÃO**

Este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café-CBP&D/Café, em desenvolvimento pela equipe de pesquisadores do Laboratório de Geoprocessamento da EPAMIG/CTSM, que avalia os agroecossistemas cafeeiros das principais regiões produtoras de Minas Gerais, por intermédio de atividades de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Minas Gerais é o estado líder na produção cafeeira no Brasil, sendo a região Sul de Minas a mais bem estruturada para a cafeeicultura, dispondo de 55,8% da infra-estrutura total para produção de café no Estado. Esta região encontra-se em fase de franca recuperação e renovação das lavouras (FAEMG, 1996).

A extinção do Instituto Brasileiro do Café (IBC), em 1990, deixou o setor cafeeiro sem as informações estatísticas necessárias ao seu planejamento racional. Qualquer que seja a atividade

agropecuária, o planejamento agrônômico requer, primeiramente, o conhecimento e a caracterização do ambiente em que estará inserido. Da mesma forma, para que se possa fazer uma avaliação do parque cafeeiro do Estado, faz-se necessária a realização de um diagnóstico ambiental das áreas produtoras. Para isso, é preciso levantar informações sobre o meio ambiente, que incluem características de solos, clima, vegetação, geologia, relevo e recursos hídricos, além de fatores atuais da cultura instalada na região, como produção, variedades, produtividade, sistemas de plantio e tratamentos culturais, entre outros.

Nesse contexto, as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto orbital surgem como metodologias a serem utilizadas para subsidiar os levantamentos de dados da cafeicultura (Epiphanyo et al., 1994). Atualmente, as diferentes modalidades de informações espaciais de uma região podem ser armazenadas e manipuladas por sistemas de informações geográficas (SIGs), com vantagens em relação aos métodos manuais, principalmente na dinâmica e na maleabilidade que os SIGs acrescentam à manipulação de informações multitemáticas georreferenciadas, dada a versatilidade propiciada pela informática (Formaggio et al., 1992).

O objetivo deste trabalho foi a caracterização do agroecossistema cafeeiro de Machado, selecionado como representativo da região produtora de café do sul de Minas, por meio de correlações entre parâmetros do meio físico, particularmente relevo e solos, com as áreas cafeeiras, utilizando técnicas de geoprocessamento. Este estudo proporcionará a geração de um banco de dados digitais que poderá subsidiar as atividades de levantamento, monitoramento, planejamento e gerenciamento sustentável do parque cafeeiro da região.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A etapa preliminar constituiu-se de levantamento dos dados secundários disponíveis sobre os recursos naturais e as características da cafeicultura da região de Machado, selecionada como representante da região produtora do sul de Minas. Com as informações adquiridas, realizaram-se campanhas de campo para avaliação do agroecossistema cafeeiro, particularmente a ocupação da cafeicultura em relação aos parâmetros do meio físico. Com base nessas informações, selecionou-se a área-piloto para o desenvolvimento do estudo, totalizando 520 km<sup>2</sup>, delimitada pelas coordenadas UTM 392 km e 418 km de longitude W e 7.620 km e 7.600 km de latitude S.

Como base cartográfica foram utilizadas as cartas planialtimétricas do IBGE, em escala 1:50.000, de Machado e Campestre. Utilizaram-se, também, imagens de satélite TM Landsat 5 de 1999 e TM Landsat 7 de 2000, ambas em formato digital, nas bandas 3, 4 e 5 e banda pancromática para a TM Landsat 7, o que melhorou a resolução espacial das composições RGB para 15 x 15 m. Os dados secundários disponíveis, como mapas de solos, geológicos e geomorfológicos, além de cópias de

fotografias aéreas em escala 1:25.000 do IBC, também foram usados. Para as atividades de implementação do banco de dados digital da área-piloto e tratamento das imagens de satélite elegeu-se o software SPRING/INPE. As cartas planialtimétricas e os mapas temáticos disponíveis foram digitalizados em mesa digitalizadora, gerando diversos planos de informação temática (PIs) de caracterização do meio físico: geologia, rede de drenagem, estradas e manchas urbanas. Gerou-se o PI denominado *Áreas de Cafeicultura*, a partir do levantamento e georreferenciamento, com GPS no campo, das áreas ocupadas com cafeicultura.

No módulo IMAGEM do SPRING, as imagens de satélite bandas 3, 4 e 5, na composição 5R4G3B, foram contrastadas e tratadas. Posteriormente, 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, obtendo-se amostras controladas das seguintes classes temáticas de uso atual das terras: **Café formado**: que equivale 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**: correspondente às áreas ocupadas por vegetação natural de porte elevado, isto é, matas ciliares, resquícios de floresta tropical e cerrado; **Associação vegetação-solo**: que equivale às áreas de vegetação natural de pequeno porte (cerrado), pastagens, culturas anuais, além de áreas de café em formação, que não correspondem aos requisitos da classe café formado e/ou com exposição de solo acima de 50%; e **Solo desnudo**: que compreende as áreas de exposição quase total do solo, ou seja, áreas preparadas para cultivo e núcleos urbanos e antrópicos. A partir da imagem classificada gerou-se o plano temático *Uso Atual das Terras*.

A partir das cartas planialtimétricas, também foram digitalizadas as curvas de nível, gerando Modelos Numéricos do Terreno (MNTs), sendo a declividade gerada por intermédio de grades retangulares e grades triangulares (TINs). Utilizou-se o fatiamento das grades de declividade geradas para a elaboração do mapa temático de classes de declividade. As classes de declividade utilizadas no fatiamento do MNT e sua correspondência com o tipo de relevo e agrupamento de solos foram definidas de acordo com modelo proposto por Andrade et al. (1998), após checagem no campo para averiguar a validade do modelo para a região de Machado. Essa relação é apresentada na Tabela 1.

O mapa de solos (legenda preliminar) foi gerado por modelagem; para sua obtenção utilizou-se o modelo de distribuição de solos na paisagem local, tendo-se como base teórica a correlação geomorfopedológica anteriormente referida. Na operacionalização, utilizou-se o programa LEGAL (Linguagem Espacial de Processamento Algébrico do SPRING), para a realização de cruzamentos entre o mapa de classes de declividade e o mapa hipsométrico, conforme o modelo proposto na Tabela 2.

As relações entre as áreas ocupadas com café e as unidades de relevo e solos foram avaliadas e quantificadas por meio de tabulações cruzadas no SPRING.

**Tabela 1** - Modelo de correlação entre classes de declive, tipo de relevo e agrupamento 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   |

**Tabela 2** - Modelo de correlação entre classes de declividade e classes de domínios hipsométricos para a área-piloto de Machado

| Classes de declive | Domínios hipsométricos | Classes de solo   |
|--------------------|------------------------|---|
| 0 - 12%            | 700 - 950 m            | Associação Latossolo Vermelho-Amarelo + Latossolo Vermelho                                      |
|                    | > 950 m                | Associação Latossolo Vermelho-Amarelo + Latossolo Vermelho A húmico                             |
| 12-24%             | 700 - 950 m            | Associação Argissolo Vermelho-Amarelo + Argissolo Vermelho                                      |
|                    | > 950 m                | Associação Argissolo Vermelho-Amarelo + Argissolo Vermelho A proeminente                        |
| 24-45%             | 700 - 950 m            | Associação Argissolo Vermelho-Amarelo + Argissolo Vermelho + Cambissolo Háptico                 |
|                    | > 950 m                | Associação Argissolo Vermelho-Amarelo + Argissolo Vermelho + Cambissolos Hápticos A proeminente |
| > 45%              | 700 - 950 m            | Associação Cambissolos Hápticos + Neossolos Litólicos   |
|                    | > 950 m                | Associação Cambissolos Hápticos + Neossolos Litólicos A proeminente                             |

## RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO

### Mapeamento de solos

Na área-piloto de Machado o modelo de distribuição de solos na paisagem foi estabelecido com base em interpretações de imagens de satélite, fotografias aéreas e mapas temáticos disponíveis e gerados pelo SPRING, particularmente os mapas de Geologia, Classes de declividade e Hipsometria, validadas por observações de campo.

De acordo com o mapeamento geológico disponível (DNPM/CPRM, 1979), a área-piloto definida para a região de Machado apresenta geologia homogênea, correspondendo ao Complexo Varginha, basicamente constituído por gnaisses e migmatitos oftálmicos, cujas composições mineralógica e química não se refletem em variações nas classes de solo. Assim, a legenda preliminar de solos foi realizada a partir de correlações geomorfopedológicas, com base no modelo estabelecido por Andrade et al. (1998), que, após avaliação em campanhas de campo, mostrou-se válido para a região de Machado. Nos trabalhos de campo, verificou-se a ocorrência de solos com horizonte A húmico/proeminente, distribuídos em altitudes superiores a 950 m. Dessa forma, o mapa preliminar de solos, apresentado na Figura 1, foi executado através do cruzamento entre o mapa de classes de

declividade e o mapa de classes hipsométricas. Para confirmar a ocorrência de solos com A húmico, foram descritos e amostrados dois perfis de solo.

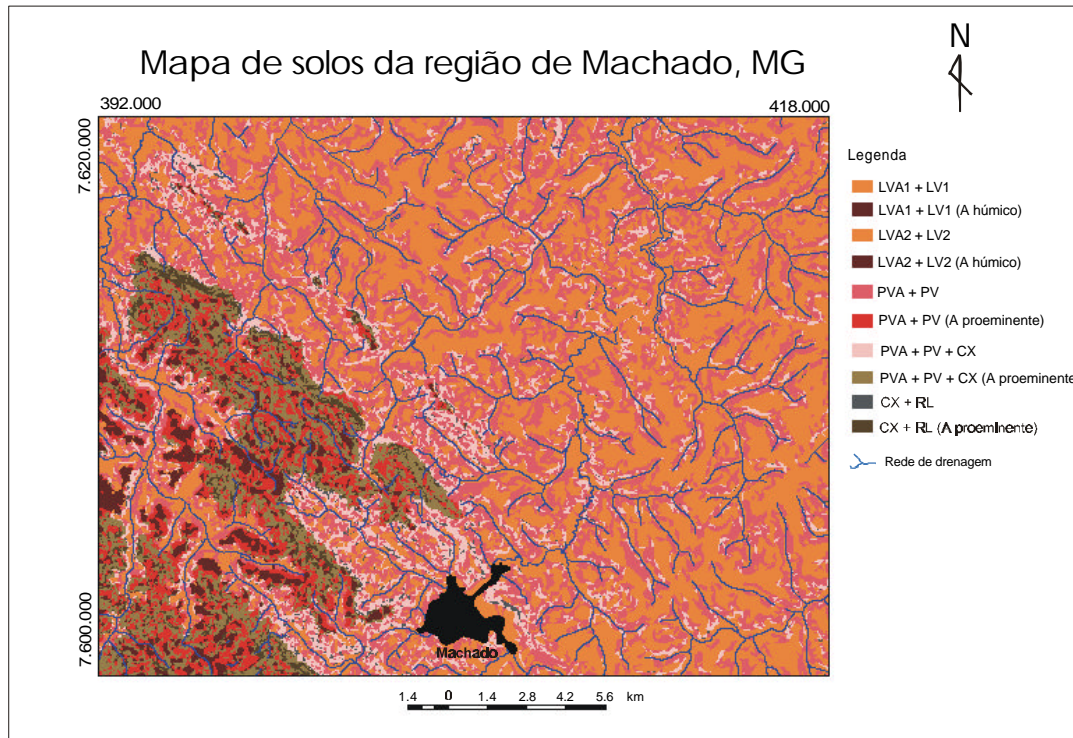


Figura 1

### Caracterização do agroecossistema

As Tabelas 3 e 4 mostram os dados de tabulações cruzadas entre os PIs *Uso atual x Classes de solo* e *Uso atual x Classes de declividade*, respectivamente, para a área-piloto de Machado. Com esses dados foram elaborados diagramas para facilitar a interpretação dos resultados, ou seja: distribuição do uso atual em classes de solo, distribuição das áreas ocupadas por café formado em classes de solo, distribuição do uso atual em classes de relevo e distribuição das áreas ocupadas por café formado em classes de relevo, apresentados, respectivamente, nas Figuras 2, 3, 4 e 5.

A classe **café formado** apresenta 26,44% de ocupação da área-piloto de Machado, distribuídos em praticamente todas as classes de relevo (plano, suave ondulado, ondulado e forte ondulado), com predomínio na classe ondulado, onde representa 9,19%. Esta distribuição reflete a compartimentação geomórfica da região. Na área-piloto de Machado, a análise dos dados obtidos permitiu o zoneamento geomorfopedológico da região em dois grandes ambientes:

1. **Ambiente Geomorfo-pedológico N-NE-E:** com domínio de Latossolos, em relevo predominantemente plano a ondulado, ocorrendo na região norte, nordeste e leste em relação ao núcleo urbano de Machado.
2. **Ambiente Geomorfo-pedológico W-NW:** com domínio de solos com horizonte B textural, além de ocorrências de Cambissolos, em relevo predominantemente ondulado a montanhoso, ocorrendo na região oeste e noroeste em relação ao núcleo urbano de Machado.

A cultura cafeeira distribui-se pelos dois ambientes, observando-se maior concentração no ambiente geomorfo-pedológico W-NW, apesar das condições mais difíceis impostas pelo relevo.

Os solos ocupados pela cafeicultura referem-se às unidades de mapeamento ARGISSOLOS VERMELHOS + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS e LATOSSOLOS VERMELHOS + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, podendo apresentar ocorrência de horizonte A húmico ou proeminente, quando em altitudes superiores a 950 m. Estes últimos, no entanto, correspondem a uma pequena porcentagem de ocorrência no ambiente geomorfo-pedológico W-NW da área-piloto. Fica evidenciado, portanto, que a cafeicultura encontra-se diretamente relacionada à distribuição dos solos na paisagem, conforme o modelo geomorfo-pedológico utilizado na modelagem de solos.

**Tabela 3** - Tabulação cruzada entre Classes de Uso Atual e Classes de Solo para a área-piloto de Machado

| Classes de Uso Atual (%) | Classes de solo – Unidades de mapeamento (%) |                     |              |                     |              |                        |               |                             |             |                       | Total      |
|--------------------------|--|---------------------|--------------|---------------------|--------------|------------------------|---------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|------------|
|                          | LVA1 + LV1                                   | LVA1 + LV1 A húmico | LVA2 + LV2   | LVA2 + LV2 A húmico | PVA + PV     | PVA + PV A proeminente | PVA + PV + CX | PVA + PV + CX A proeminente | CX + RL     | CX + RL A proeminente |            |
| Background               | 1,58   | 0,06                | 2,73         | 0,09                | 2,45         | 0,20                   | 0,69          | 0,34                        | 0,05        | 0,07                  | <b>8,2</b> |
| Mata                     | 1,80   | 0,14                | 3,66         | 0,16                | 3,62         | 0,76                   | 1,40          | 1,12                        | 0,14        | 0,26                  | <b>13,</b> |
| <b>Café formado</b>      | <b>3,71</b>                                  | <b>0,57</b>         | <b>6,24</b>  | <b>1,97</b>         | <b>7,14</b>  | <b>2,05</b>            | <b>2,38</b>   | <b>2,34</b>                 | <b>0,3</b>  | <b>0,68</b>           | <b>26,</b> |
| Vegetação_sol            | 6,51   | 0,65                | 11,27        | 0,63                | 13,88        | 2,19                   | 3,85          | 2,18                        | 0,30        | 0,42                  | <b>41,</b> |
| Solo desnudo             | 2,21   | 0,16                | 3,30         | 0,18                | 3015         | 0,38                   | 0,60          | 0,30                        | 0,04        | 0,04                  | <b>10,</b> |
| <b>Total</b>             | <b>15,81</b>                                 | <b>1,57</b>         | <b>27,21</b> | <b>1,58</b>         | <b>30,24</b> | <b>5,59</b>            | <b>9,43</b>   | <b>6,28</b>                 | <b>0,84</b> | <b>1,46</b>           | <b>10</b>  |

**Tabela 4** - Tabulação cruzada entre classes de uso Atual e classes de declividade para a área-piloto de Machado

| Classes de Uso Atual (%) | Classes de declividade – Unidades de relevo (%) |              |              |              |             | Total         |
|--------------------------|---|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------|
|                          | Plano   | Suave        | Ondulado     | Forte        | Montanhoso  |               |
| Background               | 1,62  | 2,84         | 2,65         | 1,03         | 0,11        | <b>8,25</b>   |
| Mata                     | 1,93  | 3,83         | 4,38         | 2,52         | 0,41        | <b>13,07</b>  |
| <b>Café formado</b>      | <b>4,25</b>                                     | <b>6,79</b>  | <b>9,19</b>  | <b>5,22</b>  | <b>0,99</b> | <b>26,44</b>  |
| Vegetação_solo           | 7,14  | 11,90        | 16,08        | 6,03         | 0,73        | <b>41,88</b>  |
| Solo desnudo             | 2,37  | 3,48         | 3,53         | 0,90         | 0,08        | <b>10,36</b>  |
| <b>Total</b>             | <b>17,31</b>                                    | <b>28,84</b> | <b>35,83</b> | <b>15,70</b> | <b>2,32</b> | <b>100,00</b> |

## CONCLUSÕES

- As técnicas de geoprocessamento utilizadas, aliadas às atividades de campo, mostraram-se eficientes na caracterização do agroecossistema cafeeiro de Machado, especialmente na avaliação da ocupação da cafeicultura em relação às unidades ambientais que caracterizam o meio físico, ou seja: Classes de Declividade, que refletem as unidades de relevo, e Classes de Solo.
- A caracterização geomórfico-pedológica da região de Machado evidenciou dois grandes ambientes: i) Ambiente Geomorfopedológico N-NE-E, com domínio de Latossolos, em relevo predominantemente plano a ondulado, ocorrendo na região norte-nordeste-leste em relação ao núcleo urbano de Machado; e ii) Ambiente Geomorfopedológico W-NW, com domínio de solos com horizonte B textural, além de ocorrências de Cambissolos, em relevo predominantemente ondulado a montanhoso, ocorrendo na região oeste-noroeste em relação ao núcleo urbano de Machado.
- A cultura cafeeira distribui-se pelos dois ambientes, observando-se maior concentração no Ambiente Geomorfopedológico W-NW, apesar das condições dificultadas de relevo.
- Os dados gerados podem ser usados no levantamento e monitoramento dos agroecossistemas cafeeiros e subsidiar o planejamento e gerenciamento racional do setor.

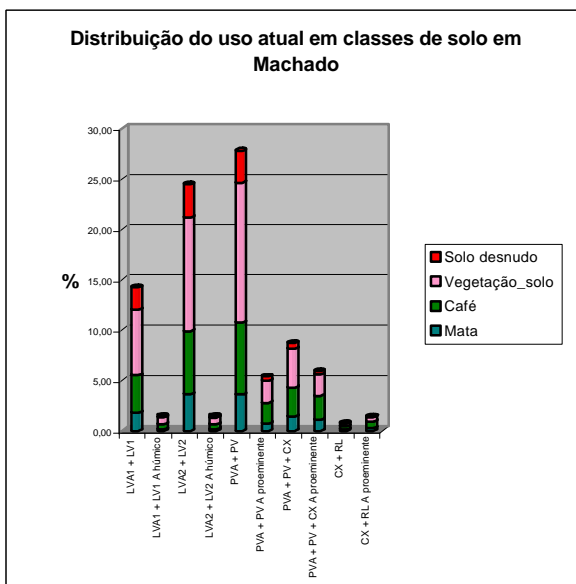


Figura 2

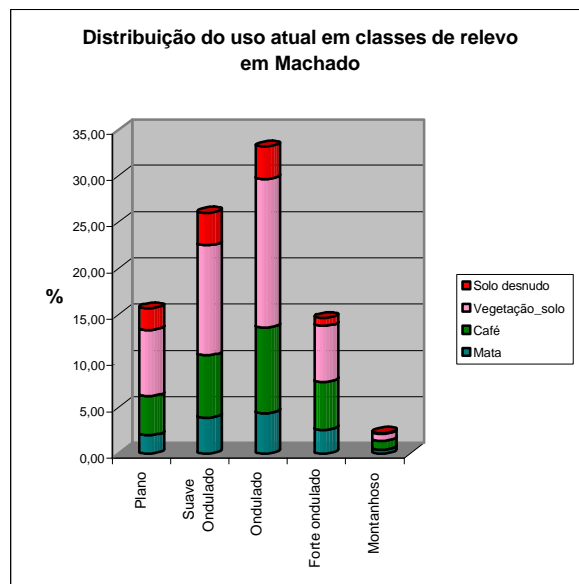


Figura 3



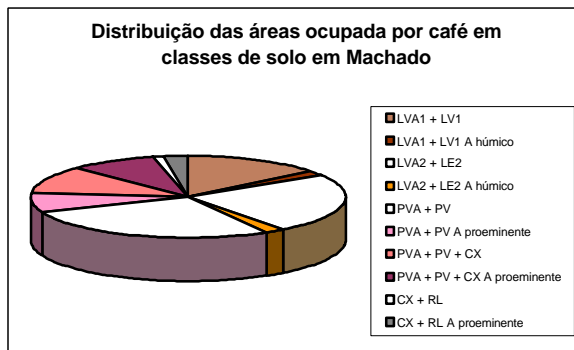


Figura 4

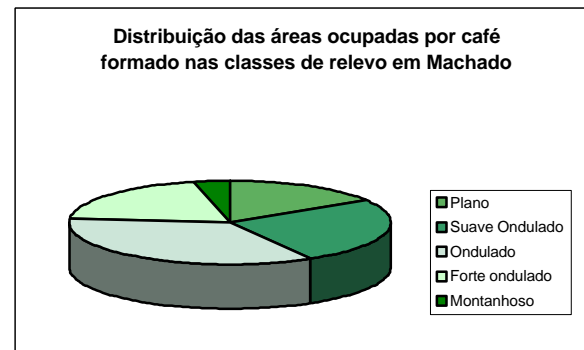


Figura 5

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, H.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.C.G. et al. 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.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS-DNPM/CPRM. **Projeto Sapucaí**. São Paulo: DNPM/CPRM, 1979. n.5, 299p.
- EPIPHANIO, J.C.N.; LEONARDI, L.; FORMAGGIO, A.R. Relações entre parâmetros culturais e resposta espectral de cafezais. **Pesq. agropec. bras.**, Campinas, v.29, n.3, p.439-447,1994.
- FAEMG. **Diagnóstico da cafeicultura em Minas Gerais**. Belo Horizonte: FAEMG, 1996. 52p.
- FORMAGGIO, A.R.; ALVES, D.S.; EPIPHANIO, J.C.N. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. **R. Bras. Ci. Solo**, v.16, p.249-256, 1992.