

**A OCUPAÇÃO ESPAÇO–TEMPORAL DOS  
CAFEZAIS NO MUNICÍPIO DE MACHADO,  
NO SUL DE MINAS: A RELAÇÃO ENTRE  
APTIDÃO AGRÍCOLA DA TERRA E SEU  
USO NA ATIVIDADE CAFEIRA**

**LÚCIO DO CARMO MOURA**

**2007**

LÚCIO DO CARMO MOURA

A OCUPAÇÃO ESPAÇO–TEMPORAL DOS CAFEZAIS NO  
MUNICÍPIO DE MACHADO, NO SUL DE MINAS: a relação entre  
aptidão agrícola da terra e seu uso na atividade cafeeira

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
graduação em Agronomia, área de concentração  
Ciências do Solo, para a obtenção do título de  
“Doutor”.

Orientador  
Prof. Dr. Hécio Andrade

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Moura, Lúcio do Carmo.

A ocupação espaço – temporal dos cafezais no município de Machado,  
no Sul de Minas: a relação entre aptidão agrícola da terra e seu uso na  
atividade cafeeira / Lúcio do Carmo Moura. -- Lavras : UFLA, 2007.

117 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: Hélcio Andrade.

Bibliografia.

1. Aptidão agrícola. 2. Sensoriamento remoto. 3. Café. 4. Uso da terra. 5.  
Sistema de informações geográficas. I. Universidade Federal de Lavras. II.  
Título.

CDD – 631.47

LÚCIO DO CARMO MOURA

A OCUPAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS CAFEZAIS NO  
MUNICÍPIO DE MACHADO, NO SUL DE MINAS: a relação entre  
aptidão agrícola da terra e seu uso na atividade cafeeira

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
graduação em Agronomia, área de concentração  
Ciências do solo, para a obtenção do título de  
“Doutor”.

APROVADA em 30 de julho de 2007

Dra. Helena Maria Ramos Alves

EMBRAPA

Dra. Margarete Marin Lordelo Volpato

EPAMIG

Dr. Antônio Francisco de Sá e Melo Marques

CETEC

Dr. Renato Moreira Hadad

PUCMINAS

Prof. Dr. Hécio Andrade  
UFLA  
(Orientador)

Aos meus FILHOS, **Alice e Vitor** e a minha esposa, **Cristiane**, por serem meu refúgio, meu alicerce, meu porto seguro.

### **OFEREÇO**

A **Deus**, que me permitiu sempre seguir em frente e vencer mais uma etapa na minha vida.

A **meu pai e minha mãe** (*in memoriam*), por toda responsabilidade, ensino de vida, carinho, respeito, e paciência.

### **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por tudo que me propiciou em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela acolhida.

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do café – CBP&D –, pelos recursos financeiros para o desenvolvimento do projeto.

Ao Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, pelo aprendizado e oportunidade de realização do doutorado.

À Fapemig, pela concessão da bolsa de estudos.

À PUCMinas, pela liberalização para a realização do curso.

Ao CETEC, pela liberalização para realização do curso.

Ao professor Dr. Hécio Andrade e Dra. Helena Maria Ramos Alves, pela orientação na pesquisa.

Aos amigos Renato Moreira Hadad e Antônio Francisco Sá e Melo Marques, pela ajuda e apoio na realização dos trabalhos.

Ao colega Tiago Bernardes, pela convivência durante o período de realização do curso.

Aos colegas de curso: Fernanda, Amanda, Janaina, Tácio, Flávio, Sandro, Amaury, Cezar, Aretuza, Adriana e demais, pela companhia, amizade e apoio durante o curso.

A todos aqueles que, de forma positiva ou negativa, contribuíram para a conclusão do trabalho.

A minha família, pela compreensão, paciência e horas de convívio furtados.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT .....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização .....	1
1.2 Objetivos .....	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	10
2.1 Nota introdutória .....	10
2.2 Sensoriamento remoto.....	11
2.3 Sistema de informações geográficas .....	13
2.4 Levantamento de solos .....	16
2.5 Aptidão agrícola das terras.....	19
2.6 Sistema FAO/brasileiro de aptidão agrícola das terras .....	24
2.6.1 Sistema FAO/brasileiro de aptidão agrícola das terras modificado .....	35
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	39
3.1 Levantamento espaço-temporal do uso da terra .....	39
3.2 Base cartográfica.....	41
3.3 Crescimento das lavouras de café e índice de concentração .....	42
3.4 Mapeamento da hipsometria e declividade .....	42
3.5 Mapeamento de solos .....	43
3.6 Confiabilidade dos mapeamentos de solo e uso da terra.....	44
3.7 Análises para caracterização de perfis de solo .....	45
3.8 Mapeamento da aptidão agrícola das terras .....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5 CONCLUSÕES .....	85
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

## RESUMO

Moura, Lúcio do Carmo. **A ocupação espaço-temporal dos cafezais no município de Machado, no Sul de Minas**: a relação aptidão agrícola da terra e seu uso na atividade cafeeira. 2007. 117 pág. Tese (Doutorado em Ciências do solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

O café continua sendo um elemento importante na pauta de exportação dos produtos agrícolas brasileiros, apesar dos baixos preços internacionais e dos problemas ambientais relacionados com a sua produção agrícola. O uso de práticas conservacionistas adequadas do solo, nesta cultura, tem sido alterado ao longo do tempo, sofrendo, recentemente, mudanças no estado de Minas Gerais, o mais importante produtor nacional. Desse modo, além das medidas de conservação, é necessário um grande conjunto de medidas tecnológicas apoiando a sua exploração correta. Este estudo tem como objetivos: o desenvolvimento de um procedimento interativo para aplicação do “Sistema FAO/Brasileiro” de aptidão agrícola com a utilização do SIG SPRING e a respectiva avaliação como apoio para o planejamento do uso da terra para a cultura do café; identificar/localizar as mudanças nas áreas cultivadas com café ao longo do tempo; elaborar o mapeamento da aptidão agrícola para a cultura segundo três classes, consideradas boa, regular e restrita e a construção de um banco de dados georreferenciados para o município de Machado, MG. Como resultado observou-se que: houve um grande aumento de ocupação de áreas com esta cultura, proporcional ao uso das respectivas classes de aptidão. As restrições do solo impõem um grande número de cuidados na sua utilização, especialmente nos NEOSSOLOS LITÓLICOS e CAMBISSOLOS mais ARGISSOLOS. Estes grupos de solos são os que apresentam o maior risco de degradação. A distribuição geográfica das áreas de café é dividida por todo território municipal

---

<sup>1</sup> Comitê de orientação: Prof. Hércio Andrade – DCS/UFLA (Orientador); Helena Maria Ramos Alves – EMBRAPA (Co-orientadora).

e a extensão total demonstra o seu valor econômico. O programa desenvolvido é capaz e eficiente o bastante para a execução da classificação da aptidão agrícola das terras.

## ABSTRACT

Moura, Lúcio do Carmo. **Space and time land occupation with coffee crops in Machado county in southern Minas Gerais:** the relation of soil suitability and land use in coffee production. 2007. 117 pág. Thesis (Doctor Degree in Soil Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>2</sup>

Coffee crop is still an important element of Brazilian exports despite the low international prices and environmental problems related with land use for its production. The use of proper soil conservation practices has been altered a long the time suffering changes recently in Minas Gerais state, the most important national producer. By this way, besides the soil conservation practices, it is necessary a lot of technological actions supporting its correct exploitation. This study has as targets: development of an interactive processment for application of the “FAO/Brazilian system” of Land evaluation, with utilization of GIS (SPRING), and respective evaluation as support for land use planning for coffee; localization/identification changes in coffee crop areas a long the time; suitability land mapping for this crop according three class such as, good, limited and restricted; building a data base of georeferenced information for the municipality of Machado. As results was observed that: there was a great increase of occupation with coffee crop , with the increase of the suitability class. Soils restrictions impose a large number of utilization cares specially at “NEOSSOLOS LITÓLICOS” and “CAMBISSOLOS” plus “ARGISSOLOS”. They present the bigger degradation risk. The geographical distribution of the coffee areas is diversified by all the municipal territory, but the total extension demonstrate its economical value. The software is able, and efficient enough for the application of the land suitability classification of soils.

---

<sup>2</sup> Comitê de orientação: Prof. Hécio Andrade – DCS/UFLA (Orientador); Helena Maria Ramos Alves – EMBRAPA (Co-orientadora).

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

Segundo Diniz (1986), a agricultura é praticada sob a influência de elementos internos e externos. Entre os elementos internos têm-se os elementos sociais (propriedade da terra, tipo de propriedade, característica dos proprietários, distribuição da terra e relações de trabalho), os elementos de produção (produtividade da terra e do trabalho, orientação da agricultura, especialização agrícola) e os elementos funcionais (a utilização da terra, técnicas agrícolas e a intensidade da agricultura).

Os elementos externos referem-se aos elementos ecológicos, demográficos e culturais, à política governamental e econômica e à localização da produção. A importância do elemento político é inegável, desde que se reconheçam as dificuldades da agricultura em resolver seus próprios problemas. A política governamental é, então, uma força ponderável na transformação da atividade agrícola.

Assim sendo, os planos governamentais para a agricultura de qualquer país vão interferir diretamente nessa atividade, promovendo desde projetos administrativos, como a criação de cooperativas, às intervenções ambientais como, por exemplo, a execução de projetos de irrigação e de controle de pragas, entre outros.

As políticas governamentais, aliadas às condições ambientais e ao uso de tecnologias adequadas, podem propiciar a formação de áreas com orientação específica ou dominante para a agropecuária. Essa orientação na agricultura é traduzida pela regionalização territorial, como é o caso da soja no centro-oeste brasileiro, da cana-de-açúcar no nordeste e no estado de São Paulo e os cafezais

do Espírito Santo e de Minas Gerais, promovendo a utilização da terra para cultivo, pastagens e silvicultura de forma intensa.

Entre os cultivos brasileiros, grande destaque é dado ao café. Responsável pela maioria das exportações brasileiras no final do século XIX e século XX, o café passou por várias crises de mercado. Várias intervenções governamentais foram realizadas em função das guerras mundiais, quebra da Bolsa de Nova York, supersafras e outros que interferiram na comercialização do produto.

Mesmo reduzindo sua participação nas exportações brasileiras em função da industrialização, da diversificação de produtos e, principalmente, da redução do preço, o café ainda hoje é importante produto da pauta de exportações brasileiras. Minas Gerais produz, atualmente, mais da metade do café brasileiro. As regiões Sul de Minas, Zona da Mata mineira e Cerrado (Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro) são as principais regiões produtoras, com 49,22%, 28,13% e 22,65% da produção estadual, respectivamente (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais, Fapemig, 2001).

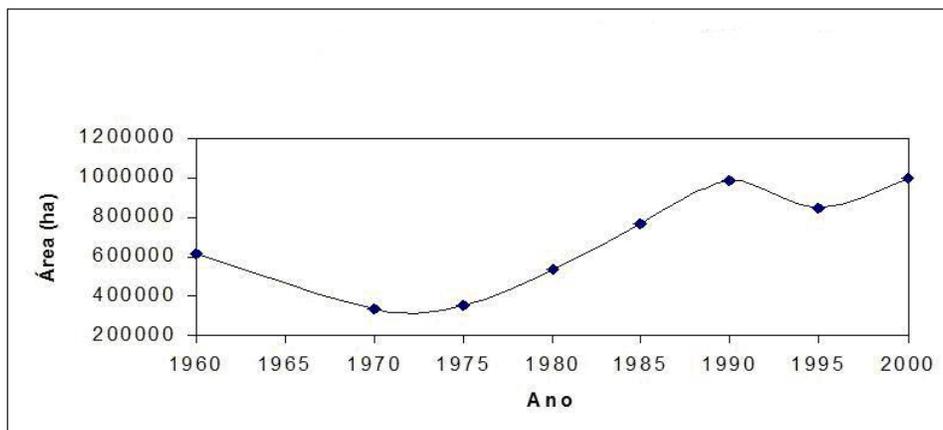
Essa primazia teve início nos primeiros anos da década de 1970, após o Programa Nacional de Erradicação de Cafezais e a implementação do Plano de Renovação e Revigoramento dos Cafezais (PRRC), cujo objetivo era ampliar a capacidade produtiva do café (Simão, 1999). O PRRC alocou recursos que permitiram que o estado de Minas Gerais alcançasse a liderança nacional da produção cafeeira e, conseqüentemente, mudanças no uso do solo, principalmente com a ocupação dos cafezais. Na busca por um produto de melhor qualidade, o setor produtivo de café em Minas Gerais tem passado por mudanças, com a introdução de novos processos de produção. Essas alterações têm como objetivo a melhoria da qualidade, o aumento da produtividade e a redução de custos para tornar mais viável a produção.

Embora beneficiado com os créditos governamentais, principalmente na década de 1970, a supremacia da produção mineira de café pode levar o estado a

ter sérios problemas de ordem social e econômica, uma vez que, dos cerca de R\$30 bilhões que compõem o produto interno bruto (PIB) da agricultura mineira, R\$8 bilhões são oriundos do café, produto que tem se destacado como o mais importante em termos de receita, para a agricultura do estado (Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais, BDMG, 2003). Assim sendo, crises na cultura cafeeira acarretam e acarretarão inconvenientes à economia mineira e à sua estrutura social, fazendo com que, a cada dia, torne-se necessário um maior empenho governamental para a busca da manutenção e ou desenvolvimento sustentável da atividade cafeeira no estado.

Inter-relacionadas às questões sociais e econômicas, as questões ambientais estão diretamente ligadas às atividades cafeeiras, uma vez que a utilização de áreas para sua exploração tem, ao longo do tempo, sofrido alterações com sua ampliação e ou renovação, principalmente em Minas Gerais, como pode ser visto na Figura 1.

A sustentabilidade da atividade deve ser tomada como fator de relevância para o seu desenvolvimento e manutenção. Para Almeida (2002), a noção de desenvolvimento sustentável tem como uma de suas premissas fundamentais o reconhecimento da “insustentabilidade” ou a inadequação econômica, social e ambiental do padrão de desenvolvimento das sociedades contemporâneas. Essa noção nasce da compreensão da finitude dos recursos naturais e das injustiças sociais provocadas pelo modelo de desenvolvimento vigente na maioria dos países.



**FIGURA 1** Área plantada de café em Minas Gerais, 1960-2000

Fonte: IBGE (1960-2000).

Na busca pela preservação dos recursos naturais têm-se tomado medidas, principalmente de caráter legal, que determinam a realização de estudos impactantes ao meio ambiente e o planejamento de utilização, nas diversas atividades de exploração econômica e, especificamente, no que diz respeito à atividade agrícola, na conservação do solo.

Segundo Sano et al. (1998), a disponibilidade de informações confiáveis sobre os tipos de culturas instaladas, área plantada (extensão) e sua distribuição espacial (localização) dentro de uma determinada região são fundamentais na tomada de decisões para o planejamento, a definição de prioridades e a liberação de financiamentos pelos setores públicos ou privados envolvidos na agricultura. Tais informações podem ser obtidas por meio de métodos convencionais, envolvendo questionários aplicados diretamente aos produtores ou pela utilização de dados de sensoriamento remoto.

Dessa forma, nota-se que a utilização do solo para as práticas de cultivo merecem, além das ações conservacionistas, um conjunto de medidas que favoreçam a sua exploração de maneira correta e sustentável. Para Ramalho Filho & Beek (1995), a interpretação de levantamentos de solo é uma tarefa da

mais alta relevância para a utilização racional desse recurso natural na agricultura e em outros setores que utilizam o solo como elemento integrante de suas atividades. Nas interpretações para atividades agrícolas, são realizadas as classificações das terras de acordo com sua aptidão para diversas culturas, sob diferentes tipos de manejo e viabilidade de melhoramento por meio de novas tecnologias.

Para Resende et al. (2002), a classificação ou a avaliação da terra, abrangendo os aspectos físicos (solo, clima e organismos) e socioeconômicos, serve de elemento de transferência de informações e experiências. É um mecanismo de previsão, ou seja, uma síntese do que se sabe e do que se prevê. A avaliação consta de uma parte física, que caracteriza e sintetiza as qualidades da terra, incluindo a identificação dos problemas principais e a previsão da relação entre a aplicação de insumos e a redução desses problemas; o levantamento de solos e outros aspectos ligados a clima, hidrologia e vegetação estão incluídos, como também uma avaliação socioeconômica, que envolve aspectos como preço dos produtos, preço do trabalho, relação entre insumos e produção em termos econômicos, etc.

Segundo Assad et al. (1998), inúmeras são as metodologias para se avaliar a aptidão agrícola das terras. Entre essas metodologias há as que permitem uma avaliação da aptidão para a agricultura. No Brasil, dois sistemas são mais utilizados, ambos estruturados a partir de levantamentos de solos. São eles: o Sistema de Classificação da Capacidade de Uso da Terra (Marques et al., 1949; Lepsch et al., 1983) e o Sistema FAO/Brasileiro de Aptidão Agrícola das Terras, desenvolvido aqui a partir do trabalho de Bennema et al. (1964), citados por Assad et al. (1988).

O primeiro sistema foi desenvolvido nos Estados Unidos, pelo Serviço de Conservação do Solo Americano e adaptado para ser usado no Brasil. O segundo

sistema foi criado no Brasil no início da década de 1960 e, posteriormente, atualizado; sua atual versão foi criada por Ramalho Filho & Beek (1995).

Na versão atual do Sistema FAO/Brasileiro de Aptidão Agrícola das Terras, a metodologia possibilita a estimativa das qualidades do ecossistema em função de cinco fatores de limitação: nutrientes, água, oxigênio, mecanização e erosão. As terras são classificadas em quatro classes de aptidão (boa, regular, restrita e inapta), levando-se em consideração três níveis de manejo: baixo, médio e alto nível tecnológico e quatro tipos de utilização: lavoura, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural.

Segundo Fernandes Filho (1996), citando Resende et al. (2002), o sistema prevê as seguintes etapas no processo de determinação da aptidão agrícola: 1) estimativa dos desvios  $\Delta F$  (fertilidade),  $\Delta A$  (água),  $\Delta O$  (oxigênio),  $\Delta E$  (erosão) e  $\Delta M$  (mecanização) – trabalho de síntese da influência das várias propriedades do ecossistema, em termos daquelas fundamentais para as plantas ou para a utilização agrícola; 2) estimativa da viabilidade de redução dos desvios, nos vários níveis de manejo – balanço entre a intensidade dos desvios e a possibilidade, dificuldade e conveniência de sua redução, considerando-se as opções dos vários níveis de manejo 3) uso de uma tabela de conversão (quadro-guia) para determinar a classe de aptidão – identificação da classe, confrontando-se as informações a respeito dos desvios e da aptidão.

Neste contexto, especialmente no que diz respeito à atividade cafeeira, um maior conjunto de informações sobre as áreas produtoras torna-se de fundamental importância para o planejamento e o acompanhamento do seu desenvolvimento. Para tanto, a conjugação de esforços públicos e privados propiciaria os levantamentos necessários à realização dessa importante tarefa. Não obstante, o desenvolvimento de novas tecnologias (geotecnologias) para análise espacial pode contribuir na execução desses trabalhos, permitindo o conhecimento do real estágio de utilização das terras para o cultivo do café.

## 1.2 Objetivos

Em função do rendimento financeiro oriundo da comercialização do café, ao longo dos anos, seu plantio proliferou pelo estado de Minas Gerais e mais especificamente no Sul de Minas. A formação de grandes lavouras, aliada à agricultura familiar, permitiu que o estado se transformasse no primeiro produtor nacional de café. Entretanto, as crises e as oscilações de mercado têm levado muitos cafeicultores a abandonar, erradicar ou realocar seus cafezais.

Dessa forma, é necessária a verificação das hipóteses descritas a seguir

Em função da expansão cafeeira, principalmente a partir da década de 1970, os cafezais ocuparam grandes áreas:

- essa ocupação, à luz do Sistema FAO/Brasil de Aptidão Agrícola das Terras, deu-se em terras de aptidão com limitações acentuadas ou não para a sua exploração;
- essa avaliação no tempo e no espaço torna-se referência imprescindível para a evolução sustentável do setor e o uso de geotecnologias poderá auxiliar na execução dessa avaliação, fornecendo subsídios às políticas de planejamento do uso do solo para a cafeicultura.

Para testar essas hipóteses, foi escolhido o município mineiro de Machado, situado no sul do estado de Minas Gerais (Figura 2), com uma área total de 587,1 km<sup>2</sup>, à altitude com máxima de 1.310 m (cabeceira do córrego da Barra) e mínima de 835 m (foz do córrego Coroadado). O clima é o Cwa, segundo a classificação de Koppen, apresentando temperaturas moderadas com verão quente e chuvoso. A temperatura média anual é de 21,2°C; a média mensal máxima de 27°C, a média mensal mínima de 14,2°C e o índice pluviométrico médio anual é de 1.824 mm, segundo Machado (2003), citado por Marques (2003). A geologia se apresenta de forma homogênea, conforme mapeamento

disponível, estando inserida no Complexo Varginha, constituído, principalmente, por gnaisses migmatíticos oftálmicos (Departamento Nacional da Produção Mineral, DNPM, 1979).

Foram objetivos da pesquisa:

◆ Objetivo prévio

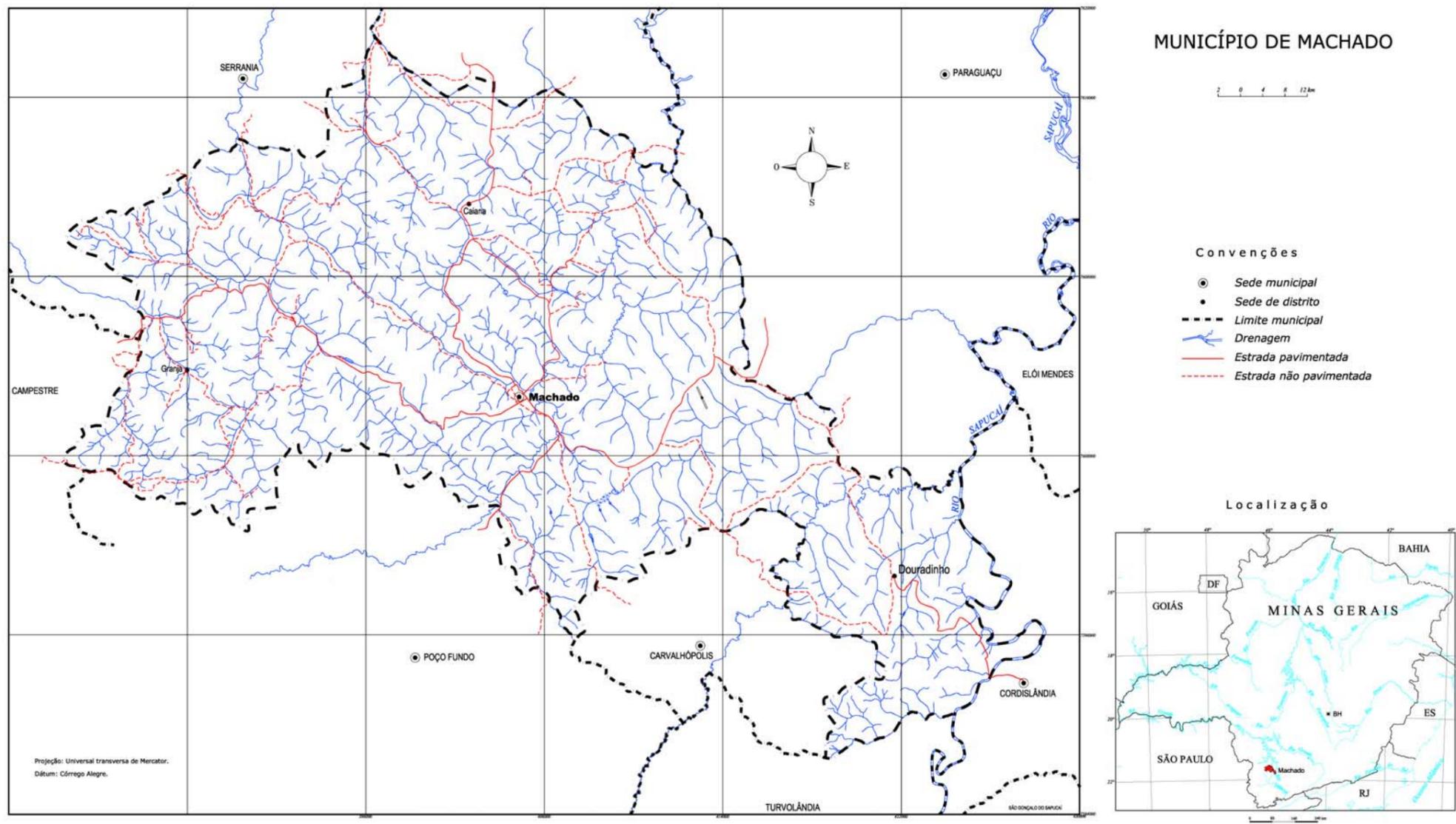
Elaborar o mapeamento das plantações de café a partir da década de 1970 até os dias de hoje, para obter informações quanto à evolução ou à involução dos cafezais e sua alocação em função da aptidão agrícola das terras, direcionada ao café, a luz do Sistema FAO/Brasileiro.

◆ Objetivo principal

Desenvolver uma rotina de processamento interativa do Sistema FAO/Brasileiro para aptidão agrícola da terra, utilizando o Sistema de Informações Geográficas SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), avaliando-a como metodologia fornecedora de subsídios ao planejamento do uso do solo para cafeicultura.

◆ Objetivos secundários:

- identificar as mudanças na paisagem cafeeira e que transformações ocorreram;
- identificar as áreas com aptidão favorável, limitada e restrita para o plantio do café;
- construir um banco de dados georreferenciado para o município de Machado;
- disponibilizar os resultados e banco de dados.



**FIGURA 2** Município de Machado, Minas Gerais

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Nota introdutória**

Segundo Tubaldine (1982), a partir do ano agrícola de 1970/71, o Instituto Brasileiro do café iniciou o Plano de Renovação e Revigoração dos Cafezais, destinando, inicialmente, financiamentos para os estados de São Paulo, Paraná, Sul de Minas, Goiás e Pernambuco, com vistas a alcançar os seguintes objetivos:

- adequar a produção brasileira à sua demanda total;
- produzir mudas de alta qualidade por meio de crédito orientado;
- aumentar a produtividade das lavouras economicamente recuperáveis;
- incentivar os cafeicultores para promoverem o controle de pragas e doenças, principalmente com relação à broca do café e ferrugem do cafeeiro;
- aumentar a rentabilidade das propriedades cafeeiras, por meio da instalação e da condução de cafezais em bases técnicas e o bem-estar social das populações rurais;
- recuperar e aumentar a produtividade de cafezais fechados;
- promover a produção de cafés de melhor qualidade;
- obter altos níveis de produtividade nos cafezais novos (2 e 3 anos) por meio da utilização de fertilizantes e da melhoria dos tratamentos culturais;
- localizar a cafeicultura em regiões ecologicamente favoráveis.

A mesma autora afirma que:

*com o Plano de Renovação e Revigoração dos Cafezais teve início no Sul de Minas uma nova fase da cafeicultura, desenvolvida com moldes técnicos modernos, preocupando-se com implantação de variedades resistentes a doenças como a ferrugem e, com um suporte creditício para dar impulso a esta nova cafeicultura.*

Com o passar dos anos, na busca por um produto de melhor qualidade, o setor produtivo de café em Minas Gerais tem passado por mudanças, com a introdução de novos processos de produção. Essas alterações têm como objetivos a melhoria da qualidade, o aumento da produtividade e a redução de custos para tornar mais viável a produção.

Segundo Reis et al. (2005), para o direcionamento do planejamento e definições de prioridades para o setor de atividade agrícola, tanto para o poder público quanto para a iniciativa privada, é necessário o conhecimento, de forma confiável, das culturas instaladas, da área plantada ou da sua distribuição espacial dentro de uma determinada região.

Não obstante, o conhecimento da ocupação espacial ao longo do tempo acrescenta um número maior de informações, permitindo, além do conhecimento do uso atual da terra, as transformações ocorridas na região alvo num determinado período de tempo, possibilitando, assim, uma avaliação histórica da evolução ou da involução das atividades agrícolas em questão.

Anteriormente, e principalmente nos dias atuais, o uso de sensoriamento remoto tem auxiliado em levantamentos espaço-temporais, propiciando o conhecimento da situação pretérita e presente e também permitindo a realização de prognósticos.

## **2.2 Sensoriamento remoto**

Novo (1989) define sensoriamento remoto como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamento de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o

objetivo de estudar o ambiente terrestre por meio do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações. Sua história se divide em dois períodos principais: o período de 1860 a 1960, no qual o sensoriamento remoto era baseado na utilização de fotografias aéreas e o período de 1960 até os nossos dias, caracterizado pela multiplicidade de sistemas sensores, instrumentos capazes de obter informações em diversas porções do espectro eletromagnético.

Para que se possam extrair informações a partir de dados do sensoriamento remoto, é fundamental o conhecimento do comportamento espectral dos objetos da superfície terrestre e dos fatores que interferem nesse comportamento. O conhecimento do comportamento espectral de alvos não é importante somente para a extração de informações de imagens obtidas pelos sensores, mas é também importante na própria definição de novos sensores, na definição do tipo de pré-processamento a que devem ser submetidos os dados brutos ou, mesmo, na definição da forma de aquisição dos dados, ou seja, a análise pura e simples de uma curva espectral de determinado objeto da superfície terrestre não fornece informações suficientes sobre ele, a menos que se tenham informações sobre as condições de coleta de dados e características ou parâmetros intrínsecos dos alvos (Novo, 1989).

Segundo Meneses & S. Netto (2001):

*Nas imagens de um sensor multiespectral orbital, um dossel vegetal apresenta valores de reflectância relativamente baixo na região do visível, devido à ação dos pigmentos fotossintetizantes que absorvem a radiação eletromagnética (REM) para a realização da fotossíntese. Na região do infravermelho próximo, esses valores apresentam-se elevados, por causa do espalhamento interno sofrido pela REM em função da disposição da estrutura morfológica da folha, aliado, ainda, ao espalhamento múltiplo entre diferentes camadas de folhas. Finalmente, no infravermelho de ondas curtas há diminuição da reflectância em virtude da presença de água no interior da folha.*

Para Garcia (1982), sendo as imagens o resultado da energia refletida e ou transmitida pelos alvos em função das diferentes faixas do espectro eletromagnético, para a sua interpretação, são necessários o conhecimento e a aplicação de elementos básicos de interpretação, tais como: forma, tonalidade, densidade e textura, entre outros (Loch, 2001).

A textura e a tonalidade tornam-se, na avaliação da cobertura vegetal e discriminação de cultivos elementos importantíssimos, aliados à época de tomada das imagens, bandas espectrais utilizadas e escala de trabalho (Rosa, 1990). Dessa forma, o sensoriamento remoto é uma importante ciência que vem, cada vez mais, contribuindo para a obtenção de informações sobre os recursos naturais, de forma mais rápida, sendo, a cada dia, aperfeiçoada tecnológica e metodologicamente, a fim de suprir a alta demanda pelo conhecimento da superfície da Terra. Para tanto, o geoprocessamento, disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas (Câmara & Medeiros, 1998), por meio de sistemas computacionais apropriados, possibilita a melhor utilização das informações levantadas pelos sistemas sensores.

### **2.3 Sistema de informações geográficas**

O final do século XX, sem sombra de dúvida, está consagrado como a era do gerenciamento disciplinado de informações. As inter-relações entre as organizações sociais e a sociedade estão se tornando a cada dia mais complexas e os mecanismos de coexistência harmoniosa com o planeta Terra são freqüentemente questionados, independentemente do grau de desenvolvimento da sociedade e do posicionamento geográfico do país. Os sistemas de informações georreferenciadas ou sistemas de informações geográficas (SIGs) são usualmente aceitos como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece, ao ser

implementada, alternativa para o entendimento da ocupação e a utilização do meio físico, compondo o chamado universo da geotecnologia, ao lado do processamento digital de imagens (PDI) e da geoestatística. A tecnologia SIG está para as análises geográficas, assim como o microscópio, o telescópio e os computadores estão para outras ciências (Geologia, Astronomia, Geofísica, Administração, entre outras) (Silva, 2003).

O mesmo autor ressalta que a utilização dos SIGs não garante a certeza e a segurança de que o produto final corresponda às alternativas de soluções corretas. A qualidade do banco de dados determinará a qualidade dos resultados obtidos, especialmente no que diz respeito às formas de representação geográfica.

Segundo Carvalho et al. (2005), as feições e objetos da superfície da Terra são representados no modelo vetorial usando arcos e nós. Os arcos são usados para representar linhas e os nós para representar polígonos, cruzamentos entre linhas e direções de fluxo. Quando a localização do nó inicial for igual à do nó final, a linha se fecha formando um polígono. Os demais nós de linhas e polígonos são chamados de vértices.

Na representação matricial ou raster, o espaço é representado como uma matriz  $P(m,n)$  composta de  $m$  colunas e  $n$  linhas, na qual cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas. A representação matricial supõe que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, em que cada célula é associada a uma porção do terreno (Câmara & Medeiros, 1998).

Para Carvalho et al. (2005), um banco de dados pode ser considerado um conjunto de dados integrados sobre o mesmo assunto. Um banco de dados geográficos (espacial) é aquele que contém dados geográficos para uma área em particular e sobre um determinado assunto.

Ressalta-se que os principais métodos utilizados para coletar e fornecer dados aos SIGs são: aquisição de dados em formato digital, digitalização de dados analógicos, execução do próprio levantamento, interpolação a partir de informações pontuais, arquivos de texto e georreferenciamento. A verificação da qualidade e as correções são feitas, principalmente, por meio de checagem visual, limpeza de linhas e de polígonos e correções de distorções. As consultas ou saídas são apresentadas em monitores, projetores, plotters e impressoras, após o processamento das informações (Carvalho et al., 2005).

Vários tipos de dados geográficos já foram definidos para processar e representar o espaço em banco de dados, existindo métodos para testar relações de espaço entre estes objetos “geométricos” e suporte às análises espaciais. Cada um leva em consideração duas geometrias (coleções de um ou mais objetos geométricos) e avalia se a relação é verdadeira ou falsa (Longley et al., 2001).

O uso de sistemas de informações geográficas tem introduzido novos métodos para o levantamento e mapeamento de solos, por meio de modelagens, a partir da utilização de mapas temáticos básicos e modelos numéricos de terreno (MNT) ou modelos digitais de elevação (MDE) que possibilitam, principalmente, a compreensão das relações entre a paisagem e os tipos de solo.

Marques et al. (2003) utilizaram cartas planimétricas do IBGE em escala 1:50.000 e imagem do satélite Landsat 7, sensor TM, bandas 3,4 e 5 e pancromática, para gerar um mapa de solos de uma área no município de Machado, MG.

Propondo um procedimento para a extração de informação morfológica relevante para fins de mapeamento pedológico, a partir de dados digitais de elevação baseado em SIG, Ippoliti et al. (2005) realizaram estudo na microbacia do Córrego Ipiúna, em Viçosa, MG, entre as coordenadas 20°41'12" a 20°44'57" S e 42°55'28" a 42°58'54" W Gr, abrangendo uma superfície de 1.796 ha. O trabalho utilizou atributos primários derivados do MNT que possibilitaram a

caracterização de elementos da paisagem relacionados a processos de formação do solo (elevação, declividade e curvatura em cada ponto da superfície).

Usando o geoprocessamento para o mapeamento detalhado do campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Sarcinelli et al. (2005) utilizaram como base um mapa planialtimétrico, com curvas de nível de equidistância de 10 metros, a partir do qual foi gerado um modelo digital de elevação (MDE) por meio software ArcGis 9. Esse MDE foi, posteriormente, convertido em formato raster, a partir do qual foram geradas grades de declividade, concavidade e sombreamento. Interpretando conjuntamente todas as informações, principalmente aspectos de geoforma e declividade, foi realizado o levantamento de solos.

A utilização de sistemas de informações geográficas, por meio de operações geométricas e topológicas referentes aos dados físicos, tem possibilitado o conhecimento da distribuição das principais classes de solos e suas relações com a paisagem.

O desenvolvimento de modelos, para uso em SIGs, com maior base de informações do meio físico, permite maior detalhamento das características físicas das áreas estudadas, possibilitando maior discriminação nos tipos de solo, bem como subsidiar as análises necessárias para o entendimento das correlações geomorfo-pedológicas da área em estudo.

#### **2.4 Levantamento de solos**

O pedólogo encara o solo com atenções diferentes e, antes de tudo, como um objeto completo de estudos básico-aplicados, usando método científico de induções e deduções sucessivas. Para o pedólogo, solo é a coleção de corpos naturais dinâmicos que contêm matéria viva e é resultante da ação do clima e da biosfera sobre a rocha, cuja transformação em solo se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo (Lepsch, 2002).

Tendo distribuição geográfica distinta, a identificação de cada tipo de solo, além de metodologias aplicáveis a seu reconhecimento, deve ser traduzida graficamente por meio de mapas e de relatórios explicativos sobre sua elaboração. Para a obtenção dessas informações, os levantamentos de solo são necessários.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005) define os levantamentos de solo como atividade que envolve pesquisas de gabinete, campo e laboratório, compreendendo o registro de observações, análises e interpretações de aspectos do meio físico e de características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e biológicas dos solos, visando à sua caracterização, classificação e, principalmente, cartografia.

Os levantamentos de solo se diferenciam em função de seus objetivos e da área do levantamento, cada qual correspondendo a um tipo de mapa ou carta de solos. Segundo Embrapa (1979) e Resende et al. (2002), citando Larach (1983), os mapas de solos podem ser originais ou compilados, elaborados em diferentes escalas (generalizado ou esquemático, exploratório, reconhecimento, semidetalhado, detalhado e ultradetalhado), segundo métodos pré-estabelecidos (Tabela 1).

Usualmente, vários métodos são aplicados na coleta de dados, descrição dos solos no campo e delimitação das unidades de mapeamento. Conforme IBGE (2005), os mais utilizados são: método de transeções, levantamentos de áreas piloto, estudo de toposseqüências, sistema de malhas e caminhamento livre.

**TABELA 1** Tipos de mapas de solo, utilização, escala de publicação e área mínima mapeável

Tipo de mapa	Uso do mapa	Escala de publicação	Área mínima mapeável
Ultradetalhado	Planejamento e localização de áreas de exploração muito pequenas	> 1:10.000	< 0,4 ha
Detalhado	Para subsidiar, em bases adequadas, projetos ligados ao meio ambiente, ao uso da terra, à engenharia civil, etc.	1:10.000 a 1:25.000	0,4 a 2,5 ha
Semidetalhado	Seleção de área com maior potencial de uso intensivo da terra, problemas localizados, planejamentos, uso e conservação dos solos	1:25.000 a 1:100.000	2,5 a 40 ha
Reconhecimento	Planejamento para desenvolvimento de novas áreas	1:100.000 a 1:750.000	0,4 km <sup>2</sup> a 22,5 km <sup>2</sup>
Exploratório	Em grandes áreas não desbravadas ou pouco utilizadas	1:750.000 a 1:2.500.000	22,5 km <sup>2</sup> a 250 km <sup>2</sup>
Generalizado	Visualização e planejamento de grandes áreas	< 1:1.000.000	> 40 km <sup>2</sup>
Esquemático	Mapeamento de áreas inexploradas ou desconhecidas	< 1:1.000.000	> 40 km <sup>2</sup>

Fonte: Resende et al., 2002.

Na execução dos métodos de levantamento de solos torna-se necessário determinar a densidade de observações em campo, segundo Embrapa (1995). No que diz respeito ao número de exames visuais por área a ser mapeada, utilizando-se tradagens ou verificações de cortes de estradas, barrancos,

voçorocas e outra escavações preexistentes, recomendam-se as seguintes faixas de observações por áreas específicas:

- levantamento detalhado – 0,20 a 4 obs/ha;
- levantamento semidetalhado – 0,02 a 0,20 obs/ha;
- levantamento de reconhecimento – 0,04 a 2,00 obs/km<sup>2</sup>;
- levantamento exploratório – menos de 0,04 obs/km<sup>2</sup>;
- levantamento esquemático – sem especificação.

A estimativa da densidade de observações é realizada em função da escala de mapeamento, do nível e dos objetivos do levantamento, do grau de heterogeneidade ou de uniformidade da área de trabalho e da eficiência no uso de fotos aéreas, imagens de satélite e os recursos de geoprocessamento disponíveis, que ampliam as alternativas de mapeamento de campo, com redução de tempo de execução, densidade de observações e frequência de amostragens (Embrapa, 1995).

## **2.5 Aptidão agrícola das terras**

No que diz respeito à diversidade na superfície terrestre, aos estágios diferenciados de desenvolvimento da prática agrícola e às diferentes possibilidades de cultivo e criação, a agricultura torna-se de difícil conceituação (Diniz, 1986).

Entretanto, a agricultura pode ser vista “como um conjunto de elementos que interagem, a fim de atingir um certo objetivo. Como este é, geralmente, a obtenção de produtos, podemos entendê-la como um ‘sistema’ bioeconômico cujo fim é o controle da natureza pelo homem”(Diniz, 1986).

Como toda atividade econômica, a prática agrícola, buscando maximizar os lucros e suprir as necessidades humanas, desenvolveu-se ao longo dos tempos, até alcançar o que os estudiosos denominaram Revolução Verde.

Segundo Zamberlam & Froncheti (2001), citando Brum (1988), a Revolução Verde

*é um programa com objetivo aparente de contribuir para o aumento da produção e da produtividade agrícola no mundo, através do desenvolvimento de experiências no campo da genética vegetal, para criação e multiplicação de sementes adequadas às condições de diferentes solos e climas e resistentes às doenças e pragas, bem como da descoberta e aplicação de técnicas agrícolas ou tratos culturais modernos e eficientes.*

Para os mesmos autores, o programa da Revolução Verde teve duas fases:

- a primeira (1934 a 1965) teve caráter experimental e pioneiro, estando os projetos pilotos instalados, principalmente, no México, nas Filipinas, no Brasil, e nos Estados Unidos, gerando pacotes tecnológicos;
- a segunda (a partir de 1965) teve como objetivo difundir os pacotes tecnológicos, ocorrendo intervenções no processo produtivo agrícola quanto à infra-estrutura de produção (sementes, adubos e equipamentos) e à difusão de assistência técnica e orientação do crédito rural.

Como conseqüência para a terra e o homem, Zamberlam & Froncheti (2001) destacam que a Revolução Verde trouxe: alto custo social, econômico e ambiental; efeitos nocivos sobre a população, por contaminação e envenenamento do solo, ar e água, destruição do equilíbrio natural dos ecossistemas por erosão e morte dos solos e o desaparecimento dos inimigos naturais das pragas, entre outros. Ou seja, altas tecnologias, quando aplicadas isoladamente sem contrapartida de outras modalidades de equilíbrio sócio-ambiental, podem traduzir-se em resultados negativos, além dos positivos inerentes aos acréscimos de produtividade.

Vieira et al. (2000), citando Bertoni & Lombardi Neto (1985), afirmam que uma exploração agrícola do solo sem o uso adequado de sistemas de cultivo

pode ocasionar o abandono da área utilizada, em função da não utilização de técnicas preventivas de proteção do solo. Fica, então, a cargo dos profissionais responsáveis a responsabilidade para a orientação do manejo do solo, a fim de tornar possível sua conservação e seu caráter produtivo.

Os mesmos autores descrevem como principais medidas para a conservação do solo o seu uso adequado, o manejo adequado das culturas, o controle da erosão acelerada e o controle da poluição agrícola. Tais práticas, entre outras, possibilitam a obtenção de vantagens, tais como manter boas condições das terras e do ambiente e, simultaneamente, aumentar a produção, tornando o seu uso mais atrativo.

Para Santos et al. (2004), a avaliação da base de recursos naturais é fundamental para qualquer etapa do planejamento e do desenvolvimento sustentável, já que proporciona informações referenciais que ajudarão a formular estratégias de uso e manejo do solo.

Nesse contexto, o mesmo trabalho preconiza que a avaliação da aptidão agrícola das terras permite avaliar o potencial de produção de forma qualitativa, tornando-se importante fonte de informação para a atividade agrícola.

Ramalho Filho & Pereira (1999) salienta, citando Olson (1974) e Beek (1976), que a avaliação das terras desenvolveu-se a partir de levantamentos de solos que podem ser interpretados de acordo com vários sistemas de classificação técnica, seja de capacidade ou aptidão de uso das terras.

O mesmo autor, analisando os processos de classificação de capacidade e aptidão de uso da terra, descreve os mais importantes, conforme se segue:

Sistema americano de classificação da capacidade de uso:

- são estabelecidas várias categorias. A mais elevada compreende as terras recomendadas para cultivo e terras não recomendadas

para cultivo. As categorias mais baixas são classes de capacidade, subclasse de capacidade e unidade de capacidade;

- entre os aspectos favoráveis está sua característica de estar relacionado somente com variáveis físicas, sendo portanto, pouco afetado pelas alterações sociais, econômicas e tecnológicas, tornando-a válida por muito tempo;
- entre os aspectos desfavoráveis estão o fato de a classificação não ser dirigida diretamente para o planejamento do uso da terra, não classificar as terras de acordo com a produtividade e os solos serem classificados de acordo com os requisitos de conservação e o uso de máquinas em larga escala.

Sistema americano de classificação da capacidade de uso, adaptado ao Brasil:

- este método é baseado na premissa de que pode ser aplicado para interpretar levantamentos simplificados;
- seu uso é favorecido pela insuficiência de levantamentos detalhados de solos no Brasil;
- entre seus aspectos desfavoráveis, mantém os mesmos da classificação de capacidade de uso de terras americano.

Sistema FAO para avaliação de terras:

- a terra foi enfocada como sendo utilizada no contexto de um sistema agrícola, sob diferentes níveis tecnológicos;
- apresenta uma estrutura mais dinâmica que o sistema americano de capacidade de uso, utilizando diferentes níveis de tecnologia (qualitativo e quantitativo) para avaliação da aptidão atual e potencial das terras.

Sistema brasileiro de avaliação das terras:

- método resultante do trabalho de pesquisadores brasileiros e especialistas da FAO, procurando integrar, em função das características da agricultura brasileira, a utilização de níveis de tecnologia distintos que, na maioria das vezes, coexistem numa mesma região;
- a aproximação mais recente – Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola da Terras (Ramalho Filho & Beek, 1995) – é uma avaliação física das terras, baseada em suas características qualitativas e em níveis de manejo para diferentes usos da terra.

Resende et al. (2002) enumeram os principais aspectos do método FAO/brasileiro assim discriminando-os:

- o sistema passa a considerar, na sua estrutura, os chamados níveis de manejo;
- o sistema considera também uma estimativa da viabilidade de redução dos problemas por meio do uso de capital e técnica;
- o sistema FAO/brasileiro tem uma estrutura que possibilita seu ajustamento a novos conhecimentos, inclusive adaptações regionais;
- a aplicação do sistema baseia-se em estimativa dos problemas e estimativa da redução desses problemas (nível de manejo);
- confronto das informações, expressa na forma de tabelas, com um quadro-guia ou tabela de conversão para cada grande área climática do Brasil.

## **2.6 Sistema FAO/brasileiro de aptidão agrícola das terras**

A avaliação da aptidão agrícola das terras no Brasil, com base na interpretação dos levantamentos de solos, sofreu incremento acentuado e sistemático a partir dos trabalhos desenvolvidos e publicados, em 1964, por K. J. Beek, J. Bennema e M. N. Camargo sob os auspícios da FAO e do Ministério da Agricultura (Beek et al., 1964). Ulteriormente, sob a égide do SNLCS e da Embrapa/MA (atual Centro Nacional de Pesquisa de Solos ou CNPS) e Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola (Suplan), foi progressivamente alterado. Entre as várias modificações introduzidas destacam-se o aumento do número de alternativas de utilização das terras e dos níveis de manejo e, ainda, a adoção de simbologia representável em um só mapa. Essa nova versão é datada 1978, tendo sua última edição sido revisada e publicada recentemente (Ramalho Filho & Beek, 1995).

A interpretação dos levantamentos de solos é uma tarefa de mais alta relevância para a utilização racional deste recurso natural na agricultura ou em outros setores que utilizam o solo como elemento integrante de suas atividades. Como a classificação da aptidão agrícola é um processo interpretativo, seu caráter é efêmero, podendo sofrer variações com a evolução tecnológica. Entretanto, os levantamentos de solos, baseados em classificações naturais, são de caráter bem mais duradouro, servindo de base para novas interpretações fundamentadas nos resultados mais atuais da pesquisa.

Todas essas interpretações são feitas a partir de classificações técnicas, de escopo definido, revelando o momento e o nível tecnológico da época da sua elaboração. Por essa razão, tanto a metodologia quanto os sistemas técnicos classificativos das interpretações podem e devem ser substituídos e atualizados com a evolução não só dos conhecimentos tecnológicos e científicos, como também do contexto agrário da produção. Entre as alternativas de uso estão contempladas as terras para pastagens e exploração florestal, fazendo parte do

elenco de modificações introduzidas, conforme anteriormente mencionado. Os critérios, normas, metodologia e simbologia adotados são preconizados pela Suplan/Embrapa (Ramalho Filho & Beek, 1995), a qual orienta a avaliação da aptidão agrícola das terras com base em resultados de levantamentos sistemáticos realizados em vários atributos das terras, incluindo solo, clima, vegetação, geomorfologia, etc. Em contraposição ao sistema de capacidade de uso, no qual a classificação se apóia apenas em aspectos relevantes ao uso da terra, este pressupõe a existência de um levantamento de solos do tipo natural ou taxonômico, qualquer que seja o seu nível de detalhamento.

O sistema prevê a existência de três níveis de manejo, A, B e C, que se referem a pouco desenvolvido, semidesenvolvido e desenvolvido, respectivamente. As terras são enquadradas, para cada nível, em uma das quatro classes: boa, regular, restrita e inapta, conforme o grau de intensidade dos cinco fatores que influenciam sua utilização. São eles: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. A quantificação das limitações é feita pelos graus: nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte. São previstos também os seguintes tipos de utilização, sucessivamente menos intensivos: lavouras, pastagem plantada, silvicultura, pastagem natural e preservação/recreação. A diminuição das alternativas de uso, conforme o aumento das limitações, pode ser observada nos dados do Quadro 1.

Grupo de aptidão é o arranjo que permite a identificação da melhor aptidão em qualquer nível de manejo (1, 2 e 3 – lavouras; 4 - pastagem plantada; 5 - silvicultura/pastagem natural; 6 - preservação) e subgrupo é a variação dentro do mesmo grupo, segundo os diferentes níveis de manejo. Neste arranjo estrutural se separam os usos e se juntam os níveis de manejo. No Quadro 2 está representada a simbologia usada nesse sistema; ausência de símbolo no subgrupo indica a classificação inapta no nível de manejo respectivo. Para

enquadramento das terras nos subgrupos de aptidão usam-se como referência os quadros-guia ou quadros de conversão, como o que é apresentado a título ilustrativo, aplicável na região tropical úmida, para o sistema modificado.

**QUADRO 1** Limitações e alternativas de uso da terra

Grupo de aptidão		Intensidade de uso					
		Preservação	Silvicultura e pastagem natural	Pastagem plantada	Lavouras		
					Restritas	Regular	Boa
Intensidade de limitação ↑	1						
	2						
	3						
Alternativa de uso ↓	4						
	5						
	6						

## QUADRO 2 Simbologia da classificação de aptidão agrícola

Grupo de aptidão	Nível de manejo			Tipo de utilização indicada
	A	B	C	
2	Boa	1A	1B	Lavoura
	Regular	2a	2b	
	Restrita	3(a)	3(b)	
3			3(c)	
	Boa		4P	Pastagem plantada
	Regular		4p	
Restrita		4(p)		
4			5S	Silvicultura
	Boa		5s	
	Regular		5(s)	
5	Restrita			Pastagem natural
	Boa	5N		
	Regular	5n		
5	Restrita	5(n)		Preservação da fauna e flora e/ou recreação
	Boa			
	Regular			
6	Sem aptidão para uso agrícola			

Notas: No caso de pastagem plantada e silvicultura está sempre prevista uma aplicação de fertilizantes, corretivos e defensivos, correspondente ao nível de manejo B; para a pastagem natural está sempre implícito que se faz sem qualquer melhoramento tecnológico, o que corresponde ao nível de manejo A.

Fonte: Ramalho Filho & Beek, 1995.

Ramalho Filho & Beek (1995) descrevem o método de classificação de aptidão agrícola do uso das terras a partir dos níveis de manejo, dos fatores de limitação e da viabilidade de melhoramentos, assim definidos:

Níveis de manejo

- **nível de manejo A (primitivo)** – baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível técnico-cultural;
- **nível de manejo B (pouco desenvolvido)** – baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio;

- **nível de manejo C (desenvolvido)** – baseado em práticas agrícolas que refletem alto nível tecnológico.

Fatores de limitação

Graus de limitação por deficiência de fertilidade:

- **nulo (N)** – terras que têm elevadas reservas de nutrientes para as plantas, sem apresentar toxidez por sais solúveis, sódio trocável ou outros elementos prejudiciais ao desenvolvimento das plantas. Praticamente não respondem à adubação e apresentam ótimos rendimentos durante muitos anos (supostamente mais de 20 anos), mesmo sendo de culturas mais exigentes;
- **ligeiro (L)** – terras com boa reserva de nutrientes para as plantas, sem a presença de toxidez por excesso de sais solúveis ou sódio trocável, devendo apresentar complexo de troca bastante alto e baixo alumínio trocável com pH neutro. As terras com essas características têm capacidade de manter boas colheitas durante vários anos (supostamente mais de 10), com pequena exigência de fertilizantes para manter o seu estado nutricional;
- **moderado (M)** – terras com limitada reserva de nutrientes para as plantas, referente a um ou mais elementos, podendo conter sais tóxicos capazes de afetar certas culturas. Durante os primeiros anos de utilização agrícola, essas terras permitem bons rendimentos, verificando-se, posteriormente (supostamente depois de 5 anos), um rápido declínio na produtividade. Torna-se necessária a aplicação de fertilizantes e corretivos após as primeiras safras;
- **forte (F)** – terras com reservas muito limitadas de um ou mais elementos nutrientes, ou contendo sais tóxicos em quantidades

tais que permitem apenas o desenvolvimento de plantas com tolerância. Normalmente, caracterizam-se pela baixa soma de bases trocáveis (S), podendo ter condutividade elétrica elevada e saturação com sódio acima de 15%. Baixos rendimentos da maioria das culturas e pastagens desde o início de sua utilização;

- **muito forte (MF)** – terras mal providas de nutrientes, com remotas possibilidades de serem exploradas com quaisquer tipos de utilização agrícola. Podem ocorrer, nessas terras, grandes quantidades de sais solúveis, chegando até a formar desertos salinos. Apenas plantas com muita tolerância conseguem adaptar-se a essas áreas. Podem incluir terras em que a condutividade elétrica é maior que 15 mmhos/cm a 25°C, compreendendo solos salinos, sódicos e tiomórficos.

Graus de limitação por deficiência de água:

- **nulo (N)** – terras em que não há falta de água para o desenvolvimento das culturas, em nenhuma época do ano. A vegetação natural é, normalmente, de floresta prenifolia, campos hidrófilos e higrófilos, e campos subtropicais sempre úmidos. Em algumas áreas, dependendo da temperatura, da umidade relativa e da distribuição das chuvas, há possibilidade de dois cultivos em um ano;
- **nulo/ligeiro (N/L)** – terras ainda sujeitas à deficiência de água durante um período de 1 a 2 meses, limitando o desenvolvimento de culturas mais sensíveis, principalmente as de ciclo vegetativo longo. A vegetação, normalmente, é constituída de vegetação subperenifolia;

- **ligeiro (L)** – terras em que ocorre uma deficiência de água pouco acentuada, durante um período de 3 a 5 meses por anos. Não está prevista, em áreas com este grau de limitação, irregularidade durante o período de chuvas;
- **moderado (M)** – terras nas quais ocorre acentuada deficiência de água, durante um longo período, normalmente de 4 a 6 meses. As precipitações oscilam de 700 a 1.000 mm por ano, com irregularidade de distribuição, e predominam altas temperaturas. A vegetação que ocupa as áreas dessas terras é, normalmente, de floresta. As possibilidades de desenvolvimento de culturas de ciclo longo, não adaptadas à falta de água, são bastante afetadas e as de ciclo curto dependem muito da distribuição das chuvas na sua estação de ocorrência;
- **forte (F)** – terras com forte deficiência de água durante um período seco, que oscila de 7 a 9 meses. A precipitação está compreendida entre 500 e 700 mm por ano, com muita irregularidade de distribuição e altas temperaturas. A vegetação é tipicamente de caatinga hipoxerófila, espécies de caráter seco muito acentuado;
- **muito forte (MF)** – corresponde a uma severa deficiência de água, que pode durar mais de 9 meses, com precipitação, normalmente, abaixo de 500 mm, baixo índice hídrico ( $I_m = >-0$ ) e alta temperatura. A vegetação relacionada a este grau é a caatinga hiperxerófila.

Graus de limitação por excesso de água:

- **nulo (N)** – terras que não apresentam problemas de aeração ao sistema radicular da maioria das culturas durante todo o ano. São classificadas como bem e excessivamente drenadas;
- **ligeiro (L)** – terras que apresentam certa deficiência de aeração às culturas sensíveis ao excesso de água durante a estação chuvosa. São, em geral, moderadamente drenadas;
- **moderado (M)** – terras nas quais a maioria das culturas sensíveis não se desenvolve satisfatoriamente, em decorrência da deficiência de aeração durante a estação chuvosa. São consideradas imperfeitamente drenadas e sujeitas a riscos ocasionais de inundação;
- **forte (F)** – terras que apresentam sérias deficiências de aeração, só permitindo o desenvolvimento de culturas adaptadas. Demandam intensos trabalhos de drenagem artificial que envolvem obras ainda viáveis para o agricultor. São consideradas, normalmente, mal drenadas, muito mal drenadas e sujeitas a inundações freqüentes, prejudiciais à maioria das culturas;
- **muito forte** – terras que apresentam praticamente as mesmas condições de drenagem do grau anterior, porém, os trabalhos de melhoramento compreendem grandes obras de engenharia, em âmbito de projetos, fora do alcance do agricultor, individualmente.

Graus de limitação por suscetibilidade à erosão:

- **nulo (N)** – terras não suscetíveis à erosão. Geralmente ocorrem em solos de relevo plano ou quase plano (0% a 3% de declive) e com boa permeabilidade. Quando cultivadas por 10 a 20 anos,

podem apresentar erosão ligeira, que pode ser controlada com práticas simples de manejo;

- **ligeiro (L)** – terras que apresentam pouca susceptibilidade à erosão. Geralmente, possuem boas propriedades físicas, variando os declives de 3% a 8%. Quando utilizadas com lavouras, por um período de 10 a 20 anos, mostram, normalmente, uma perda de 25% ou mais no horizonte superficial. Práticas conservacionistas simples podem prevenir contra esse tipo de erosão;
- **moderado (M)** – terras que apresentam moderada suscetibilidade à erosão. Seu relevo é, normalmente, ondulado, com declive de 8% a 13%. Esses níveis de declive podem variar para mais de 13%, quando as condições físicas forem muito favoráveis, ou para menos de 8%, quando muito desfavoráveis, como é o caso de solos com horizonte B, com mudança textural abrupta. Se utilizadas fora dos princípios conservacionistas, essas terras podem apresentar sulcos e voçorocas, requerendo práticas de controle à erosão desde o início de sua utilização agrícola;
- **Forte (F)** – terras que apresentam forte susceptibilidade à erosão. Ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado, com declive, normalmente, de 13% a 20%, os quais podem ser maiores ou menores, dependendo de suas condições físicas. Na maioria dos casos, a prevenção à erosão depende de práticas intensivas de controle;
- **muito forte (MF)** – terras com suscetibilidade maior que a do grau forte, tendo o seu uso agrícola muito restrito. Ocorrem em relevo forte ondulado, com declives entre 20% e 45%. Na maioria dos casos, o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico.

Graus de limitação por impedimento à mecanização:

- **nulo (N)** – terras que permitem, em qualquer época do ano, o emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas ordinariamente utilizados. São, geralmente, de topografia plana e praticamente plana, com declividade inferior a 3% e não oferecem impedimentos relevantes à mecanização. O rendimento do trator (número de horas de trabalhos usadas efetivamente) é superior a 90%;
- **ligeiro (L)** – terras que permitem, durante quase todo o ano, o emprego da maioria das máquinas agrícolas. São quase sempre de relevo suave ondulado, com declives de 3% a 8%, profundas a moderadamente profundas, podendo ocorrer em áreas de relevo mais suave, apresentando, no entanto, outras limitações (textura muito arenosa ou muito argilosa, restrição de drenagem, pequena profundidade, pedregosidade, sulcos de erosão, etc.). O rendimento do trator varia de 75% a 90%;
- **moderado (M)** – terras que não permitem o emprego de máquinas ordinariamente utilizadas durante o ano. Essas terras apresentam relevo moderadamente ondulado a ondulado, com declividade de 8% a 20%, ou topografia mais suave, no caso de ocorrência de outros impedimentos à mecanização (pedregosidade, rochosidade, profundidade exígua, textura muito arenosa ou muito argilosa do tipo 2:1, grandes sulcos de erosão, drenagem imperfeita, etc.). O rendimento do trator normalmente varia de 50% a 75%;
- **forte (F)** – terras que permitem apenas, em quase sua totalidade, o uso de implementos de tração animal ou de máquinas especiais. Caracterizam-se pelos declives acentuados (20% a 45%), em

relevo forte ondulado. Sulcos e voçorocas podem constituir impedimentos ao uso de máquinas, bem como pedregosidade, rochiosidade, pequena profundidade, má drenagem, etc. O rendimento do trator é inferior a 50%;

- **muito forte (MF)** – terras que não permitem o uso de maquinaria, sendo difícil até mesmo o uso de implementos de tração animal. Normalmente, são de topografia montanhosa, com declives superiores a 45% e com impedimentos muito fortes devido a fatores como pedregosidade, rochiosidade, profundidade ou problemas de drenagem.

#### **Viabilidade de melhoramentos das condições agrícolas das terras**

Os graus de limitação são atribuídos às terras em condições naturais e, também, após o emprego de práticas de melhoramento compatíveis com os níveis de manejo B e C. Da mesma forma, nos quadro-guia, estão as classes de aptidão, de acordo com a viabilidade ou não de melhoramentos previstos para os níveis de manejo B e C. Consideram-se quatro classes de melhoramentos das condições agrícolas das terras. São elas:

. classe 1 – melhoramento viável com práticas simples e pequeno emprego de capital;

. classe 2 – melhoramento viável com práticas intensivas e mais sofisticadas, e considerável aplicação de capital. Essa classe ainda é considerada economicamente compensadora;

. classe 3 – melhoramento viável somente com práticas de grande vulto, aplicadas a projetos de larga escala, que estão normalmente além das possibilidades individuais dos agricultores;

. classe 4 – sem viabilidade técnica ou econômica de melhoramento. A ausência de algarismo sublinhado, acompanhando a letra representativa do grau

de limitação, indica não haver possibilidade de melhoramento daquele fator limitante.

### **2.6.1 Sistema FAO/brasileiro de aptidão agrícola das terras modificado**

Em trabalho inédito, Marques (2004) sugere alterações no sistema FAO/brasileiro para aplicação em zoneamento agroecológico, em bacias ou grandes regiões, propondo as alterações constantes a seguir:

- que sejam acrescentadas as subclasses respeitantes ao tipo de limitação que ditou o enquadramento. Essa proposição justifica-se por si mesma, tal a sua obviedade. No próprio manual (Ramalho Filho & Beck, 1995), é apontada essa lacuna explicando-a pela complexidade da simbologia e da falta de espaço para representá-la nos mapas. Tal dificuldade não foi superada até os dias de hoje;
- o grupo 5 envolve dois tipos de utilização bem diferenciados: silvicultura e pastagem natural. Sugere-se que o grupo seja desdobrado contemplando isoladamente cada um dos usos, privilegiando o primeiro. Os atuais métodos de reflorestamento incluem tecnologias muitas vezes sofisticadas que vão além do nível de manejo B, enquanto que a pastagem natural não passa de uma forma de extrativismo vegetal. Aliás, essa constatação relativamente à silvicultura foi já apontada por Pinheiro et al. (1995), propondo considerar-se a sua utilização sob os três níveis de manejo. Assim sendo, a proposição é a de que a silvicultura constitui outro grupo com pelo menos dois níveis de manejo (B e C) ou mesmo três, a pastagem natural passe a constituir mais outro e a preservação constitua o último de todos os grupos;

- deve-se também atentar, o que não está evidenciando no manual, para o fato de que “pastagem natural” deve compreender cobertura florística nativa adequada. Mesmo que a severidade dos fatores de limitação conduza a este enquadramento, se a cobertura vegetal não for apropriada, as terras serão inaptas para esse uso. Obviamente, exposições rochosas e material lenhoso não são pastagem e existem outras formas de extrativismo vegetal (ou mesmo animal) além da pastagem nativa. Situam-se neste caso a extração de lenha, de essências de madeiras selecionadas, etc., além da caça e pesca que conferem a essa forma de utilização da terra características nitidamente extrativas;
- a versão anterior do sistema (Beek et al., 1964) discriminava, nas lavouras, as “culturas de ciclo curto” e “culturas de ciclo longo” (leia-se culturas anuais e permanentes), o que foi suprimido na atual versão. Alega-se que, sendo as primeiras mais exigentes, as terras aptas para elas também o serão para culturas perenes. Essa é uma verdade inquestionável, mas abre uma falha na arquitetura do sistema. E há as terras que, embora não sendo aptas para culturas anuais, o são para as permanentes (essencialmente frutíferas). No sistema atual, fatalmente serão consideradas nos usos menos intensivos que as lavouras. Não se sabe até que ponto seria exequível; talvez o sistema fique demasiado complexo e impraticável. Todavia, propõe-se criar outros três grupos (numerados de 4, 5 e 6 ) para culturas permanentes, com menos exigências nos fatores de limitação. A estrutura de construção seria similar às dos outros grupos 1, 2 e 3 (culturas anuais) e o indicativo numérico expressaria o tipo de uso;

- os restantes grupos de usos menos intensivos seriam alterados de acordo com seqüência numérica. Melhor será, todavia, adotar-se: Grupo 1- lavouras de ciclo curto; Grupo 2 - lavouras de ciclo longo, reservando-se o Grupo 3 para silvicultura, Grupo 4 para pastagem plantada, Grupo 5 para extrativismo e Grupo 6 para Preservação;
- Assim sendo prescinde-se da conotação do numeral do grupo com a classe de melhor aptidão contida no mesmo, preferindo-se o indicativo de uso e deixando-se aquela para a simbologia dos níveis de manejo.

Insiste-se no caráter preliminar dessa proposição, o que só poderia vir a ser adotado em definitivo após exercícios práticos. Ainda seguindo-se a sugestão apresentada por Pinheiro et al. (1995), a classe 6 (inapta) seria desdobrada em dois grupos:

- por limitações ligadas à produção;
- por serem terras consideradas de relevante interesse ecológico (manutenção de espécies endêmicas, de biodiversidade, beleza cênica, etc.).

No Quadro 3 figura, em síntese, a simbologia do sistema com todas as sugestões propostas. Claro que, tratando-se de proposições em aberto, muito poderia ser acrescentado, suprimido e ou alterado, pois, na realidade, não se trata de uma aplicação real e concreta, mas sim de um exercício revestido de toda a subjetividade inerente a esses temas. Do mesmo modo que para o sistema FAO/Brasileiro convencional, o enquadramento das terras nos subgrupos de aptidão agrícola é feito utilizando-se quadros-guia nos quais figuram os graus máximos de cada fator de limitação permissíveis para cada classe em cada nível de manejo.

**QUADRO 3** Simbologia da classificação de aptidão agrícola no sistema  
FAO/Brasileiro modificado

Grupo de aptidão		Nível de manejo			Tipo de utilização indicada
		A	B	C	
<b>1</b>	Boa	1A	1B	1C	Culturas temporárias
	Regular	1a	1b	1c	
	Restrita	1(a)	1(b)	1(c)	
<b>2</b>	Boa	2A	2B	2C	Culturas permanentes
	Regular	2a	2b	2c	
	Restrita	2(a)	2(b)	2(c)	
<b>3</b>	Boa	3A	3B	3C	Silvicultura
	Regular	3a	3b	3c	
	Restrita	3(a)	3(b)	3(c)	
<b>4</b>	Boa		4P		Pastagem plantada
	Regular		4p		
	Restrita		4(p)		
<b>5</b>	Boa	5E			Silvicultura
	Regular	5e			
	Restrita	5(e)			
<b>6</b>	Sem aptidão para uso agrícola			Preservação da fauna e e ou recreação	

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Levantamento espaço-temporal do uso da terra

Para a execução deste estudo foram utilizadas imagens multiespectrais em formato TIFF para os anos de 1975, 1990, 2000 e 2005 sendo:

- Landsat – 1/MSS (*multispectral scanner subsystem*), tomadas em 27 de maio de 1975, com resolução espacial de 80 metros, correspondentes à órbita/ponto 235/75 bandas 4, 5 e 6;
- Landsat – 5/TM (*thematic mapper*), tomadas em 14 de junho de 1990, com resolução espacial de 30 metros, correspondendo à órbita/ponto 219/75, bandas 3, 4 e 5;
- Landsat – 5/TM (*thematic mapper*), tomadas em 14 de junho de 1990, com resolução espacial de 30 metros, correspondendo à órbita/ponto 219/75, bandas 3, 4 e 5;
- Landsat – 7/ETM (*thematic mapper*), tomadas em 17 de junho de 2000, com resolução espacial de 30 metros, correspondendo à órbita/ponto 219/75, bandas 3, 4 e 5;
- Landsat – 5/TM (*thematic mapper*), tomadas em 7 de julho de 2005, com resolução espacial de 30 metros, correspondendo à órbita/ponto 219/75, bandas 3, 4 e 5;
- Spot – pancromáticas, tomadas em 10 de julho de 2005, com resolução espacial de 10 metros, correspondendo à órbita/ponto 716 393.

As imagens foram recortadas e convertidas no módulo IMPIMA, do programa SPRING, para o formato GRIB (*Gridded Binary*). Todas as imagens foram retificadas usando-se o modo tela, com base nas cartas topográficas do

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Elói Mendes (SF-23-I-III-2), Machado (SF-23-I-III-1), São Gonçalo do Sapucaí (SF-23-V-D-V4), Poço Fundo (SF-23-V-D-V-3) e Campestre (SF-23-V-D-IV-2) de escala 1:50000, para reconhecimento dos pontos de controle.

Na Tabela 2 apresenta-se o resultado referentes ao número de pontos de controle, erro de pontos teste (ePT), erro de pontos de controle (eGCP) e o grau do polinômio usado na transformação das coordenadas (linhas e colunas) para as coordenadas de referência (Universal Transverso de Mercator, UTM, Datum Córrego Alegre).

**TABELA 2** Principais parâmetros da definição da qualidade do registro das imagens obtidas por satélite

PARÂMETROS	IMAGENS				
	1975 (MSS)	1990 (TM)	2000 (TM)	2005 (TM)	2005 (PAN)
GCP	10	25	18	13	12
ePT (PIXELS)	0	12,136	6,418	2,573	4,438
eGCP (PIXELS)	0,587	0,976	1,297	0,587	0,859
Polinômio	2º grau	2º grau	2º grau	2º grau	2º grau

GCP = número de pontos de controle, ePT = erro de pontos teste, eGCP = erro de pontos de controle

A interpolação dos valores de pixel foi realizada pelo método do vizinho mais próximo. Esse método utiliza o valor do pixel mais próximo do centro daquele que se quer calcular e produz alterações mínimas nos valores de nível de cinza da imagem (Bernardes, 2006).

As imagens foram interpretadas de forma visual, adotando-se os critérios básicos dos elementos de interpretação, tonalidade, cor, forma, textura, tamanho,

densidade e padrão nas composições coloridas RGB (vermelho, verde e azul) ajustadas para a imagem do sensor MSS em BGR canais em seqüência 4, 5 e 6 ; e para as imagens do sensor TM em BRG canais em seqüência 3, 4 e 5 e monocromática para imagem SPOT/PAN. Foram definidas as classes de reconhecimento Mata (formações florestais densas e florestas de galeria às margens dos cursos d'água), Cafezais (lavouras em idade não produtivas e produtivas), Lâmina d'água (correspondendo a lâminas d'água naturais e artificiais, como lagos e açudes), Reflorestamento (para ocorrências de áreas com exploração de silvicultura) Áreas urbanizadas e outros usos (áreas com culturas anuais em diversos estágios de desenvolvimento, pastagens e vegetação de brejo), com vista a um melhor detalhamento e identificação de áreas ocupadas com cafezais.

A interpretação visual foi inicialmente realizada na imagem PAN, por ter uma melhor resolução espacial (10 m), sendo mais ocorrências definidas por vetorização em tela, utilizando-se o programa SPRING. Posteriormente, as informações foram transferidas para imagem Landsat TM 2005, realizando o reconhecimento dos padrões entre as duas imagens. Definidas as características dos padrões na imagem Landsat TM 2005, o mesmo foi utilizado para interpretação das demais imagens, sendo a definição de classes também vetorizada em tela com a utilização do programa SPRING.

A partir do mapa de classes de uso referente ao ano de 2005, foram utilizados 41 pontos (definidos em conjunto com o mapeamento de solos) para aferição da veracidade da classificação e conseqüente confiabilidade do modelo, por meio de constatação in loco.

### **3.2 Base cartográfica**

Foram selecionadas as cartas topográficas (escala 1:50.000 e equidistâncias de curva de nível de 20 m) do IBGE: Elói Mendes (SF-23-I-III-2),

Machado (SF-23-I-III-1), São Gonçalo do Sapucaí (SF-23-V-D-V4), Poço Fundo (SF-23-V-D-V-3) e Campestre (SF-23-V-D-IV-2), necessárias para o recobrimento da área do município de Machado, situado no Sul do estado de Minas Gerais, com área de 587,1 km<sup>2</sup>. As curvas de nível e os pontos cotados foram vetorizados com a utilização do software AutoCad r.14 e, posteriormente, importadas para uso no programa SPRING.

### **3.3 Crescimento das lavouras de café e índice de concentração**

O cálculo do índice crescimento das lavouras foi realizado utilizando-se a fórmula:

$$C = (Af - Ai)100/Ai$$

Em que:

C = taxa de crescimento;

Af = valor do ano final;

Ai = valor do ano inicial.

O índice de concentração foi calculado a partir da fórmula:

$$IC = AP/AM$$

Em que:

IC = índice de concentração em porcentagem;

AP = área plantada com café;

AM = área municipal.

### **3.4 Mapeamento da hipsometria e declividade**

Utilizando-se os aplicativos do SPRING, foi gerado um modelo numérico de terreno (MNT) a partir do qual, por intermédio de grades triangulares (TINs), foi gerada a hipsometria. Utilizou-se o fatiamento das grades para a elaboração do mapa de altitudes, sendo as classes definidas em função da observação da

distribuição das curvas de nível mestras das cartas topográfica da área em estudo.

Utilizou-se o fatiamento das grades para a elaboração do mapa de declividade, sendo as classes de declividade definidas em função da observação prévia do relevo da área em estudo.

### **3.5 Mapeamento de solos**

As informações sobre diferenciações litoestratigráficas (geologia) não possibilitaram um maior refinamento do levantamento, em virtude da escala de mapeamento disponível (DNPM, 1979). As diferentes classes de declividade foram assumidas como diferenciadas classes de solos, constituindo-se, dessa forma, no modelo para a elaboração do mapa de solos da área de estudo, conforme proposto por Andrade et al. (1998), assim definidas as ocorrências:

- solos litólicos, em declividades superiores a 75%, relevo montanhoso a escarpado;
- solos litólicos associados a solos com horizontes B incipiente e B textural, em declividades entre 45% e 75%, relevo montanhoso;
- solos com horizonte B textural, em declividades entre 20% e 45%, relevo forte ondulado;
- solos com horizonte B textural, em declividades entre 13% e 20%, relevo ondulado;
- solos com horizonte B latossólico (Bw), em declividades entre 0% e 13%, relevo plano a moderadamente ondulado;
- solos de várzea, em declividades entre 0% e 3%, relevo plano e localizados às margens de cursos d'água.

A partir do mapa de classes de solos, foram definidos 41 pontos para aferição da veracidade da classificação e conseqüente confiabilidade do modelo, por meio de análise morfológica in loco. Foram escolhidos sete pontos para

descrição de perfil e coleta de amostras para análise em laboratório e posterior determinação da classe de solo.

### 3.6 Confiabilidade dos mapeamentos de solo e uso da terra

Os resultados da aferição foram analisados estatisticamente pelo método intervalo de confiabilidade para proporção de uma distribuição binomial, em que, segundo Ferreira (2005), o intervalo de confiança para proporção de uma distribuição binomial consiste em encontrar um intervalo de confiabilidade para a amostra, considerando o comportamento dos dados. Pode ser construído por:

$$IC_{1-\alpha}(p) : \left[ P_I = \frac{1}{1 + \frac{(n-y+1)F_{\alpha/2; v_1=2(n-y+1), v_2=2y}}{y}} ; P_S = \frac{1}{1 + \frac{(n-y)}{(y+1)F_{\alpha/2; v_1=2(y+1), v_2=2(n-y)}}} \right]$$

em que:

$1-\alpha$  = nível de confiança estabelecido;  $n$  = número da amostra;  $y$  = contagem de unidades do evento de interesse;  $P_I$  = limite inferior;  $P_S$  = limite superior; e os demais, a representação da distribuição do Teste F, que será utilizada, para a inferência. Este valor é tabelado, obedecendo aos graus de liberdade ( $v$ ), conforme formulados. Se  $y=0$ , então o limite inferior é 0.

O sucesso do evento foi definido como o que se deseja observar e todas as inferências ocorreram em função dele. Há várias maneiras de construir um intervalo de confiança (IC), a vantagem da expressão utilizada, é, além de se aplicar aos dados coletados, oferece valores exatos, embora isso não ocorra em amostras muito pequenas. Outro ponto a referenciar é que os quantis da distribuição F são necessários na aplicabilidade e este é de difícil construção, portanto, há necessidade de auxílios de softwares estatísticos, como o Sisvar, que foi utilizado.

O número total de pontos para conferir o mapeamento foi determinado por método de determinação de amostragem, tendo sido definida a necessidade de 41 pontos. A localização espacial dos pontos foi distribuída após a elaboração

do mapeamento de solos, posicionados segundo avaliação empírica de áreas sujeitas a dúvidas inerentes ao modelo de mapeamento de solos proposto e estendidos ao mapeamento de uso da terra.

### 3.7 Análises para caracterização de perfis de solo

As amostras de solo coletadas foram processadas de forma a satisfazer às exigências metodológicas adotadas pelos laboratórios de análise de solos da Universidade Federal de Lavras. Foram realizadas as análises referentes à granulometria e análises químicas, sendo:

- os cátions trocáveis (Ca, Mg, e Al) foram extraídos por KCl 1N;
- K e P foram extraídos com solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,024N + HCl 0,05N;
- a extração de hidrogênio foi realizada em solução de acetato de cálcio 1N a pH 7,0;
- o pH foi obtido por potenciometria com relação solo/água e solo/KCl de 1:2,5;
- a matéria orgânica foi determinada pelo processo de oxidação com bicromato de potássio a 8%.

A utilização desses dados possibilitou o cálculo da soma de bases (S), CTC efetiva (t), CTC a pH 7 (T), a saturação de base (V) e a saturação por alumínio (m), utilizando-se as seguintes fórmulas:

- $S = Ca^{+2} + Mg^{+2} + K + Na$
- $t = S + Al^{+3}$
- $T = S + Al^{+3} + H+$
- $V = (S/T) \times 100$
- $m = (Al^{+3}/t) \times 100$

Após a realização em extrato do ataque sulfúrico, as relações Ki e Kr foram calculadas pela equações :

- $K_i = \text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3 \times 1,7$
- $K_r = \text{SiO}_2 \times 1,7 / \text{Al}_2\text{O}_3 + (\text{Fe}_2\text{O}_3 \times 0,64)$

Outras três descrições de perfis obtidas em literatura (Marques, 2003) foram utilizadas para a avaliação da distribuição das ocorrências de classes de solo.

### 3.8 Mapeamento da aptidão agrícola das terras

O levantamento da aptidão agrícola das terras foi realizado a partir da metodologia proposta por Ramalho Filho & Beek (1995) e modificações propostas por Marques (2004). O seu resultado é oriundo da comparação entre os graus de limitação e os valores estipulados nos quadros-guia referentes ao clima tropical úmido.

Para a elaboração do mapeamento, foi desenvolvido um aplicativo computacional denominado AvaAgrícola, cuja função é realizar a leitura e a classificação das terras a partir do quadro-guia e da tabela de atributos, bem como gerar uma saída para uso no software SPRING-4.3 (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas). O sistema foi desenvolvido utilizando-se a metodologia proposta por Ramalho & Beek (1995). A linguagem de programação empregada foi o Delphi 7.0 e o gerenciador de base de dados foi o Paradox que é nativo no Delphi. O Inno Setup 5.0 foi a ferramenta para instalação do sistema AvaAgricola, sendo necessário o Windows XP, ou mais recente, para a sua instalação.

O sistema AvaAgricola é composto de um programa e de duas tabelas: quadro guia e mapas. O AvaAgricola gera, como saída, uma classificação da aptidão agrícola, bem como um *script* para o SPRING para visualização do resultado da classificação.

Sua elaboração foi realizada de forma a permitir ao usuário o cadastramento de outros quadros guia, possibilitando o seu uso de forma interativa.

O programa é utilizado seguindo-se três etapas distintas, mas interligadas. Na primeira etapa o usuário promove a inserção de um novo quadro guia ou utiliza os já existentes; na segunda, cadastra ou insere o seu quadro de atributos referente ao mapa a ser gerado (Figuras 3, 4, 5 e 6).



**FIGURA 3** Tela inicial do programa AvaAgrícola.



FIGURA 4 Tela de inserção de Quadros Guia e ou tabelas para avaliação.

Tabela	Linha	Grupo	SubGrupo	Classe	DF A	DF B	DF C	DA A	DA B	DA C	EA A	EA B	EA C	SE A	SE B	SE C	IM A	IM B	IM C	Uso
Subtropical	1 1	1ABC		Boa	N/L	N/L	N	L/M	L/M	L/M	L	L	N/L	L/M	N/L	N	M	L	N	Lavoura
Subtropical	2 2	2abc		Regular	L	L	L	M	M	M	M	L/M	L	M	L	N/L	M/F	M	L	Lavoura
Subtropical	3 2	3(abc)		Restrita	M	L/M	L	M/F	M/F	M/F	M/F	M	M	F	M	L	F	M/F	M	Lavoura
Subtropical	4 4	4P		Boa	n/a	M	n/a	n/a	M	n/a	n/a	F	n/a	n/a	M/F	n/a	n/a	M/F	n/a	Pastagem Plantada
Subtropical	5 4	4p		Regular	n/a	M/F	n/a	n/a	M/F	n/a	n/a	F	n/a	n/a	F	n/a	n/a	F	n/a	Pastagem Plantada
Subtropical	6 4	4p)		Restrita	n/a	F	n/a	n/a	F	n/a	n/a	MF	n/a	n/a	MF	n/a	n/a	n/a	n/a	Pastagem Plantada
Subtropical	7 5	5S		Boa	n/a	M/F	n/a	M	n/a	n/a	L	n/a	n/a	F	n/a	n/a	n/a	M/F	n/a	Silvicultura
Subtropical	8 5	5s		Regular	n/a	F	n/a	n/a	M/F	n/a	n/a	L	n/a	n/a	F	n/a	n/a	F	n/a	Silvicultura
Subtropical	9 5	5(s)		Restrita	n/a	MF	n/a	n/a	F	n/a	n/a	M	n/a	n/a	MF	n/a	n/a	F	n/a	Silvicultura
Subtropical	10 5	5N		Boa	M/F	n/a	n/a	M	n/a	n/a	M/F	n/a	n/a	F	n/a	n/a	MF	n/a	n/a	Pastagem Natural
Subtropical	11 5	5n		Regular	F	n/a	n/a	M/F	n/a	n/a	F	n/a	n/a	F	n/a	n/a	MF	n/a	n/a	Pastagem Natural
Subtropical	12 5	5(n)		Restrita	MF	n/a	n/a	F	n/a	n/a	MF	n/a	n/a	F	n/a	n/a	MF	n/a	n/a	Pastagem Natural
Subtropical	13 6	6		SAA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Preservação
Tropical Semi-árid	1 1	1ABC		Boa	N/L	N	N	L/M	L/M	L/M	L	L	N/L	L	N/L	N	M	L	N	Lavoura
Tropical Semi-árid	2 2	2abc		Regular	L	L	L	M	M	M	M	L/M	L	L/M	M	L/M	F	M	L	Lavoura
Tropical Semi-árid	3 3	3(abc)		Restrita	M	L/M	L/M	M/F	M/F	M/F	F	M	M	M/F	M	L/M	F	M/F	M	Lavoura
Tropical Semi-árid	4 4	4P		Boa	n/a	M	n/a	n/a	M	n/a	n/a	F	n/a	n/a	M/F	n/a	n/a	M	n/a	Pastagem Plantada
Tropical Semi-árid	5 4	4p		Regular	n/a	M/F	n/a	n/a	M/F	n/a	n/a	MF	n/a	n/a	F	n/a	n/a	M/F	n/a	Pastagem Plantada
Tropical Semi-árid	6 4	4p)		Restrita	n/a	F	n/a	n/a	F	n/a	n/a	MF	n/a	n/a	F/M	n/a	n/a	F	n/a	Pastagem Plantada
Tropical Semi-árid	7 5	5S		Boa	n/a	M/F	n/a	M	n/a	n/a	L	n/a	n/a	F	n/a	n/a	n/a	M/F	n/a	Silvicultura
Tropical Semi-árid	8 5	5s		Regular	n/a	F	n/a	n/a	M/F	n/a	n/a	L	n/a	n/a	F	n/a	n/a	F	n/a	Silvicultura
Tropical Semi-árid	9 5	5(s)		Restrita	n/a	MF	n/a	n/a	F	n/a	n/a	L/M	n/a	n/a	MF	n/a	n/a	F	n/a	Silvicultura

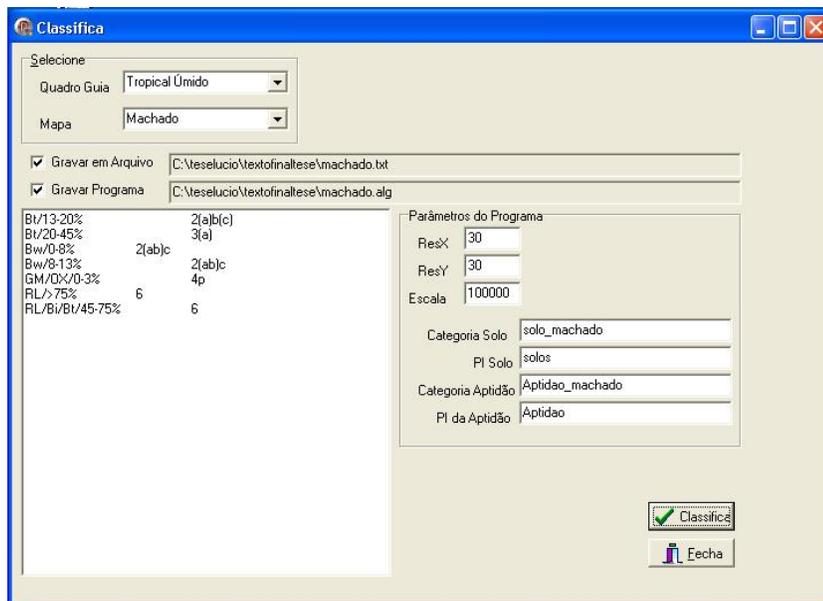
FIGURA 5 Tela de registro de Quadros Guia.

Mapa	Símbolo	Comp	DF_A	DF_B	DF_C	DA_A	DA_B	DA_C	EA_A	EA_B	EA_C	SE_A	SE_B	SE_C	IM_A	IM_B	IM_C
Machado	B1/13-20%		M	L	N	N/L	N/L	N/L	L	L	L	F	L/M	N	M	M	M
Machado	B1/20-45%		L	N/L	N	N/L	N/L	N/L	L	L	L	F	F	M/F	L/M	F	MF
Machado	Bw/0-8%		M/F	M	L	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Machado	Bw/8-13%		M/F	M	L	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Machado	GM/0x/0-3%		F	M/F	M	N	N	N	F	F	F	N	N	N	F	F	F
Machado	RL/>75%		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Machado	RL/B1/45-75%		M	L	N	L	L	L	N	N	N	MF	MF	MF	MF	MF	MF

**FIGURA 6** Tela de registro de tabelas para avaliação.

Na terceira, o usuário opta pela forma de resultado pretendida, sendo permitida a escolha do resultado na tela, em forma de arquivo e também a elaboração do programa Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico, ou simplesmente LEGAL, utilizado pelo SPRING. Para a efetiva finalização da terceira opção de resultados, é necessária a existência do mapa de solos devidamente construído na plataforma de banco de dados do SPRING, uma vez que, ao ser processado, o programa em LEGAL gerará o mapa de aptidão agrícola das terras (Figura 7).

No processo de avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Machado/MG, foram utilizados os Quadros Guia referentes ao Clima Tropical úmido proposto por Ramalho Filho & Beek (1995), assim como o quadro modificado, proposto por Marques (2004) (Quadros 4, 5 e 6).



**FIGURA 7** Tela de resultados.

**QUADRO 4** Quadro-guia de avaliação da aptidão agrícola das terras – Clima tropical úmido

Aptidão agrícola			Graus de limitação das condições agrícolas das terras para os níveis de manejo A, B e C															Tipo de utilização indicado
Grupo	subgrupo	classe	Deficiência de fertilidade			Deficiência de água			Excesso de água			Suscetibilidade à erosão			Impedimentos a mecanização			
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	1ABC	Boa	N/L	<u>N/L1</u>	N2	L/M	L/M	L/M	L	<u>L1</u>	<u>N/L1</u>	L/M	<u>N/L1</u>	N2	M	L	N	Lavouras
2	2abc	Regular	L/M	<u>L1</u>	<u>L2</u>	M	M	M	M	<u>L/M1</u>	<u>L2</u>	M	<u>L/M1</u>	<u>N2/L2</u>	M/F	M	L	
3	3(abc)	Restrita	M/F	<u>M1</u>	<u>L2/M2</u>	M/F	M/F	M/F	M/F	<u>M1</u>	<u>L2/M2</u>	F	<u>M1</u>	<u>L2</u>	F	M/F	M	
4	4P	Boa		<u>M1</u>			M			<u>F1</u>			<u>M/F1</u>			<u>M/F</u>	Pastagem plantada	
	4p	Regular		<u>M/F1</u>			M/F			<u>F1</u>			<u>F1</u>			F		
	4(p)	Restrita		<u>F1</u>			F			<u>F1</u>			<u>MF</u>			F		
5	5S	Boa		<u>M1</u>			M			<u>L1</u>			<u>F1</u>			<u>M/F</u>	Silvicultura e/ou Pastagem natural	
	5s	Regular		<u>F1</u>			M/F			<u>L1</u>			<u>F1</u>			F		
	5(s)	Restrita		<u>MF</u>			F			<u>L/M1</u>			<u>MF</u>			F		
	5N	Boa	M/F				M/F			M/F			F			MF		
	5n	Regular	F				F			F			F			MF		
5(x)	Restrita	MF				MF			F			F			MF			
6		S/aptidão		-			-			-			-			-	Preservação	

Notas: Os algarismos sublinhados correspondem aos níveis de viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras. A ausência de algarismos sublinhados acompanhando a letra representativa do grau de limitação indica não haver possibilidade de melhoramento naquele nível de manejo. Grau de limitação: N- nulo; L – ligeiro; M – moderado; F – forte; MF – muito forte; / intermediário

**QUADRO 5** Graus de limitação atribuídos às terras do município de Machado, MG.

Aptidão agrícola		Graus de limitação das condições agrícolas das terras para os níveis de manejo A, B e C														
solos	Relevo	Deficiência de fertilidade			Deficiência de água			Excesso de água			Suscetibilidade à erosão			Impedimentos a mecanização		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
GMa	Plano/praticamente plano	F	<u>M/F</u>	M	N	N	N	F	F	F	N	N	N	F	F	F
LVd+LVAd (0 - 8%)	Plano/suave ondulado	<u>M/F</u>	M1	L2	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N
LVd+LVAd (8 - 13%)	Moderadamente ondulado	<u>M/F</u>	M1	L2	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N
PVd+PVe+PVAd (13-20%)	Ondulado	M	L1	N2	<u>N/L</u>	<u>N/L</u>	<u>N/L</u>	L	L	L	F	<u>L/M1</u>	N2	M	M	M
RLd+PVd+PVe+PVAd (20-45%)	Forte ondulado	L	<u>N/L1</u>	N1	<u>N/L</u>	<u>N/L</u>	<u>N/L</u>	L	L	L	<u>MF</u>	F1	<u>M/F1</u>	F	F	F
RLd+PVd+PVe+PVAd (45 - 75%)	Montanhoso	M	L	N	L	L	L	N	N	N	<u>MF</u>	<u>MF</u>	<u>MF</u>	<u>MF</u>	<u>MF</u>	<u>MF</u>
RLd (+75%)	Montanhoso/escarpado	F	F	F	F	F	F	N	N	N	<u>MF</u>	<u>MF</u>	<u>MF</u>	<u>MF</u>	<u>MF</u>	<u>MF</u>

Notas: Os algarismos sublinhados correspondem aos níveis de viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras. A ausência de algarismos sublinhados acompanhando a letra representativa do grau de limitação indica não haver possibilidade de melhoramento naquele nível de manejo. Grau de limitação: N- nulo; L – ligeiro; M – moderado; F – forte; MF – muito forte; / intermediário

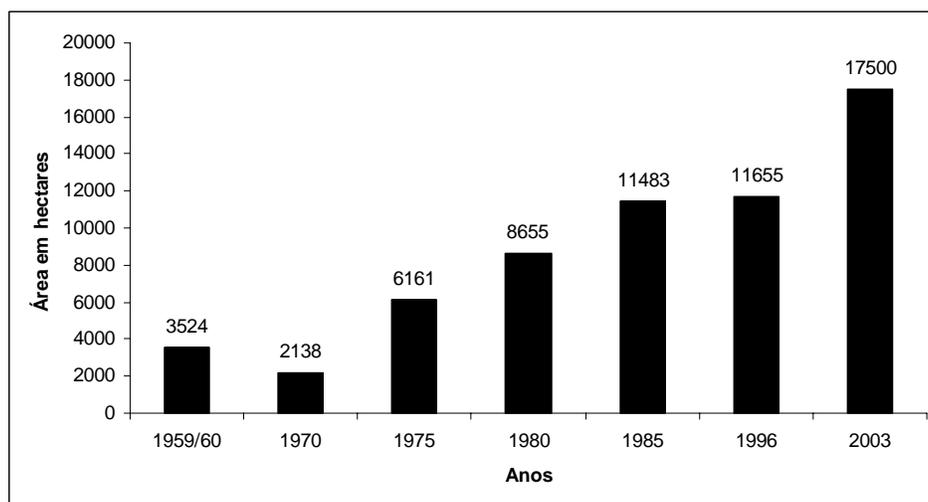
**QUADRO 6** Quadro-guia de avaliação da aptidão agrícola das terras (MODIFICADO) – Clima tropical úmido

Aptidão agrícola			Graus de limitação das condições agrícolas das terras para os níveis de manejo A, B e C															Tipo de utilização indicado
Grupo	subgrupo	classe	Deficiência de fertilidade			Deficiência de água			Excesso de água			Susceptibilidade à erosão			Impedimentos à mecanização			
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	1ABC	Boa	NL	<u>NL</u>	N	LAM	<u>LAM</u>	<u>LAM</u>	L	L	NL	LAM	<u>NL</u>	N	M	L	N	
	1abc	Regular	LAM	L	L	M	M	M	M	LAM	L	M	LAM	NL	M/F	M	L	
	1(abc)	Restrita	M/F	M	LAM	M/F	<u>M/F</u>	<u>M/F</u>	M/F	M	LAM	F	M	L	F	M/F	M	
2	2ABC	Boa	LAM	L	N	LAM	<u>LAM</u>	<u>LAM</u>	NL	NL	N	M	L	NL	M	LAM	L	
	2abc	Regular	M	LAM	L	M	M	M	L	L	NL	M/F	M	L	M/F	M/F	M	
	2(abc)	Restrita	F	M	LAM	F	F	F	M	LAM	L	F	M/F	LAM	F	F	F	
3	3ABC	Boa	M	M/F	LAM	M	M	LAM	M	L	NL	F	F	M	M/F	M/F	L	
	3abc	Regular	F	F	M/F	M/F	<u>M/F</u>	M	M/F	L	L	F	F	M/F	F	F	M	
	3(abc)	Restrita	M/F	<u>M/F</u>	F	F	F	M/F	F	LAM	L	M/F	M/F	F	F	F	M/F	
4	4P	Boa		M			M			F			M/F		M/F			
	4p	Regular		<u>M/F</u>			M/F			F			F		F			
	4(p)	Restrita		F			F			F			M/F		F			
5	5E	Boa	M/F			M/F			M/F			F			M/F			
	5e	Regular	F			F			F			F			M/F			
	5(e)	Restrita	M/F			M/F			F			F			M/F			
6		S/aptidão															Preservação	

Notas: Os algarismos sublinhados correspondem aos níveis de viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras. A ausência de algarismos sublinhados acompanhando a letra representativa do grau de limitação indica não haver possibilidade de melhoramento naquele nível de manejo. Grau de limitação: N- nulo; L – ligeiro; M – moderado; F – forte; MF – muito forte; / intermediário

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados provenientes dos levantamentos censitários realizados, principalmente pelo IBGE, permitem uma avaliação do crescimento das áreas ocupadas com cafezais no município de Machado, MG. Pelo gráfico da Figura 8 podem-se visualizar esses dados inferindo-se as alterações ocorridas ao longo dos anos na paisagem do município quanto aos valores da ocupação com cafezais.



**FIGURA 8** Evolução da área plantada com cafeeiros no município de Machado, MG, entre os anos de 1959/60 a 2003 (Dados do IBGE).

Observa-se que, de modo geral, a tendência de crescimento positivo relacionado às áreas ocupadas com cafezais é marcante. Os dados da Tabela 3 demonstram que o crescimento ocorreu de forma negativa apenas no período entre os anos 1959/60 e 1970, da ordem de -39,33%.

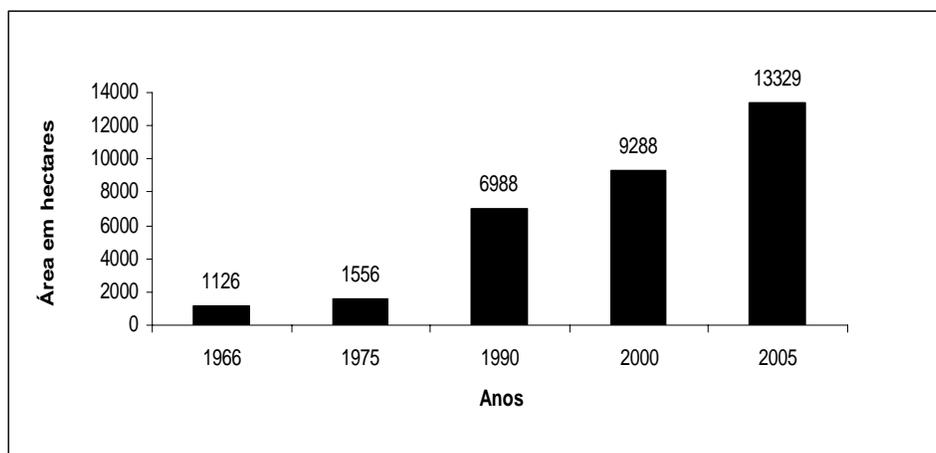
Entretanto, nota-se que, entre os anos 1970 e 2003, o crescimento foi da ordem de 718,52% e, notadamente, detecta-se um crescimento da ordem de 188,16%, entre os anos de 1970 e 1975, período inicial do Plano de Renovação da Cafeicultura.

**TABELA 3** Taxa de crescimento das áreas ocupadas com cafezais, Machado, MG (dados do IBGE).

Período	Taxa de crescimento (%)
1959/60 - 2003	396,59
1959/60 - 1970	-39,33
1970 - 1975	188,16
1975 - 1980	40,48
1980 - 1985	32,67
1985 - 1996	1,50
1996 - 2003	50,15
1975 - 1996	89,17
1970 - 2003	718,52

Fonte: IBGE (1960-2000)

Utilizando-se dos dados obtidos com o levantamento do uso e ocupação das terras do município de Machado, MG, nota-se, pelo gráfico da Figura 9, que houve um considerável crescimento das áreas ocupadas com cafezais. Avaliando-se os dados do crescimento relativo das áreas ocupadas com cafezais, apresentado na Tabela 4, observa-se que, no período inicial do Plano de Renovação da Cafeicultura (1966–1975) houve um aumento de 38,15%. A partir daí ocorreu um fluxo constante de crescimento nas áreas plantadas que atingiu 349,06%, entre 1975 a 1990, taxa superior ao segundo período de 15 anos, quando o crescimento foi de 90,74%. O crescimento total do período analisado, de 1966 a 2005, foi de 1.083,37%.



**FIGURA 9** Evolução da área plantada com cafeeiros no município de Machado, MG, entre os anos de 1966 a 2005.

**TABELA 4** Taxa de crescimento das áreas ocupadas com cafezais/Machado, MG (dados da interpretação de imagens obtida por satélite).

Período	Taxa de crescimento (%)
1966-2005	1083,37
1966-1975	38,15
1990-2000	32,91
2000-2005	43,5
1975-1990	349,06
1990-2005	90,74

Observando-se as Figuras 10, 11, 12, 13, e 14, nota-se que o crescimento da ocupação da área municipal com cafezais não ocorreu de forma orientada, com as terras ocupadas de forma praticamente uniforme, sendo os cafezais distribuídos por todo o município.

As divergências entre os valores obtidos entre o levantamento do uso da terra e os dados do IBGE podem ser explicadas em função da metodologia aplicada para a sua obtenção, bem como os diferentes períodos analisados. Os dados do IBGE foram obtidos a partir de métodos estatísticos e de pesquisa com

aplicação de questionários, enquanto o levantamento do uso da terra foi realizado por interpretação de imagens obtidas por satélite.

No processo de verificação de confiabilidade dos obtidos pela interpretação de imagens de satélite para o ano de 2005, realizada em loco no ano de 2006, o método Intervalo de confiabilidade para a proporção de uma distribuição binomial mostrou um resultado com um coeficiente de confiança de 95,00% para um intervalo de confiança entre 0,91 (limite inferior) e 1,00 (limite superior). Obteve-se um resultado considerado altamente confiável da exatidão do mapeamento, dos 41 pontos aferidos “in loco”, em função da interpretação referente ao ano de 2005, possibilitando considerar como correto o uso do padrão determinado para interpretação das imagens dos anos anteriores.

Dessa forma, mesmo com valores nominais divergentes, é evidente o crescimento das áreas ocupadas com cafezais no município, constatando-se o incremento na atividade ao longo dos anos.

O cruzamento de informações do banco de dados georreferenciados possibilitou a realização de análise referente às áreas ocupadas, sabendo-se que a declividade do terreno pode ser fator impeditivo à utilização de mecanização no manejo e na colheita das lavouras. Os dados da Tabela 5 mostram que o maior crescimento de área ocupada pela cafeicultura ocorreu na classe de 0% a 8% de declividade, em que houve um aumento relativo de 2.080,44% no período de 1966 a 2005, em função, provavelmente, da incorporação das áreas de Cerrado ao processo produtivo. Na classe de declividade de 8% a 13%, houve um incremento de 1.589,03% e, na classe de 13% a 20%, um aumento de 1.055,80% no mesmo período, demonstrando uma adaptação ao relevo mais acidentado. O aumento natural na dificuldade de manejo em declividades maiores fica evidenciado na taxa de crescimento referente às classes de declividade de 20% a 45% e 45% a 75%, com 644,90% e 489,80%, respectivamente e, principalmente, nas áreas onde a declividade é superior a 75%, com crescimento de 2,25%,

demonstrando que, nessas áreas, a prática de manejo caracteriza-se pela utilização do trabalho braçal.

**TABELA 5** Taxa de crescimento da ocupação por cafezais em função da declividade, em Machado, MG.

Declividade (%)	Taxa de crescimento na ocupação (%)
0%-8%	2080,44
8%-13%	1589,03
13%-20%	1055,80
20%-45%	644,90
45%-75%	489,80
>75%	2,25

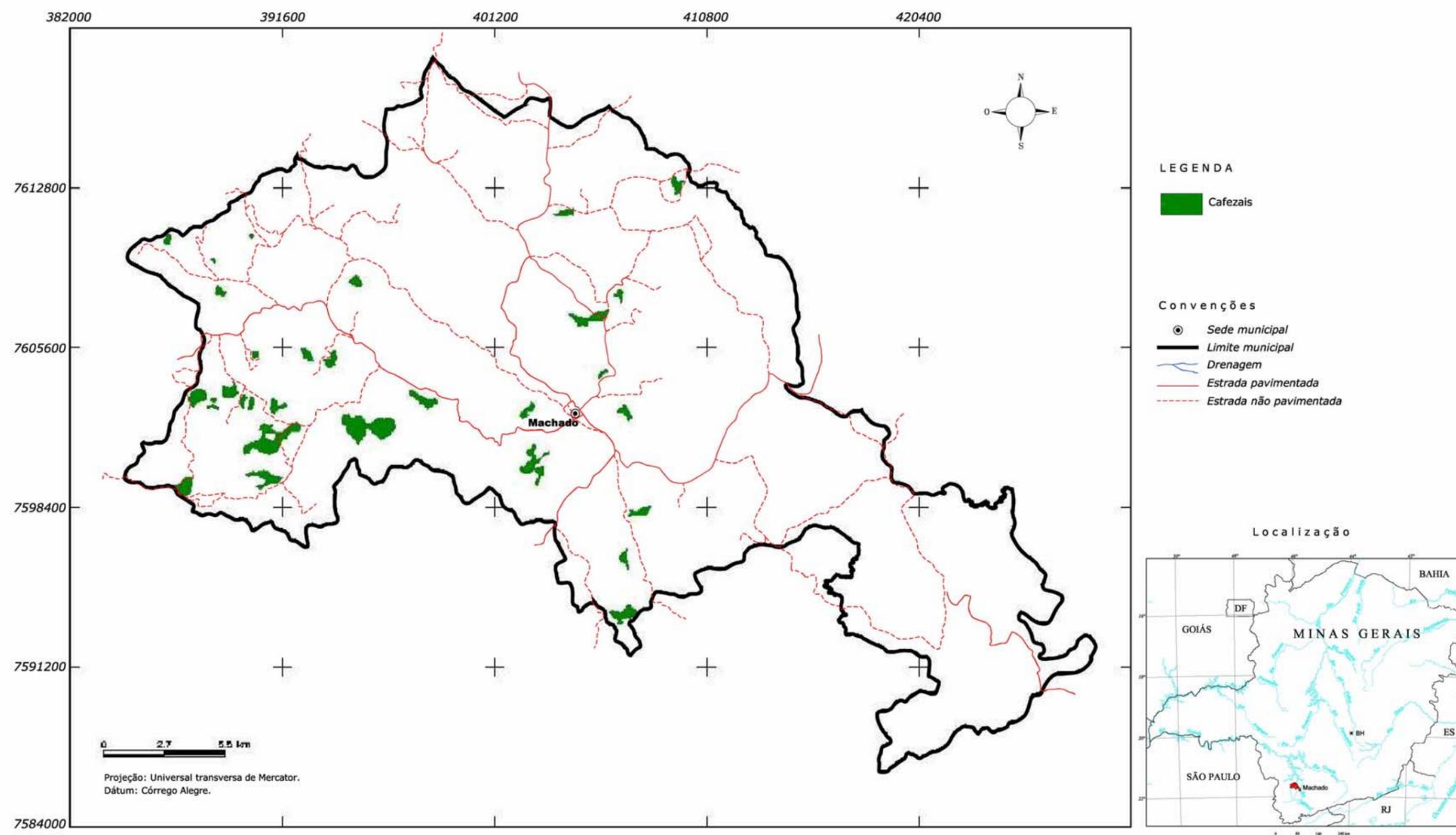
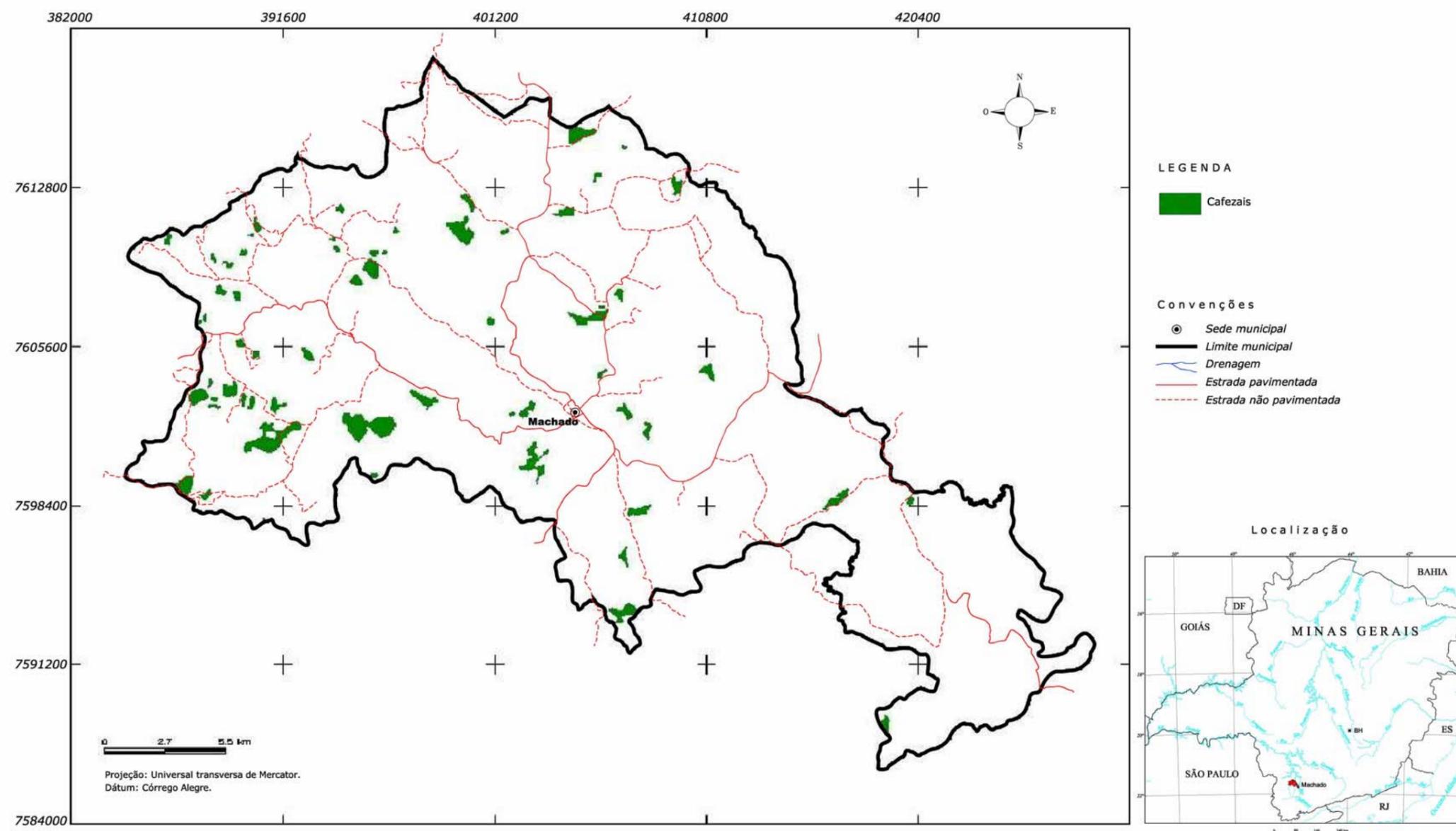
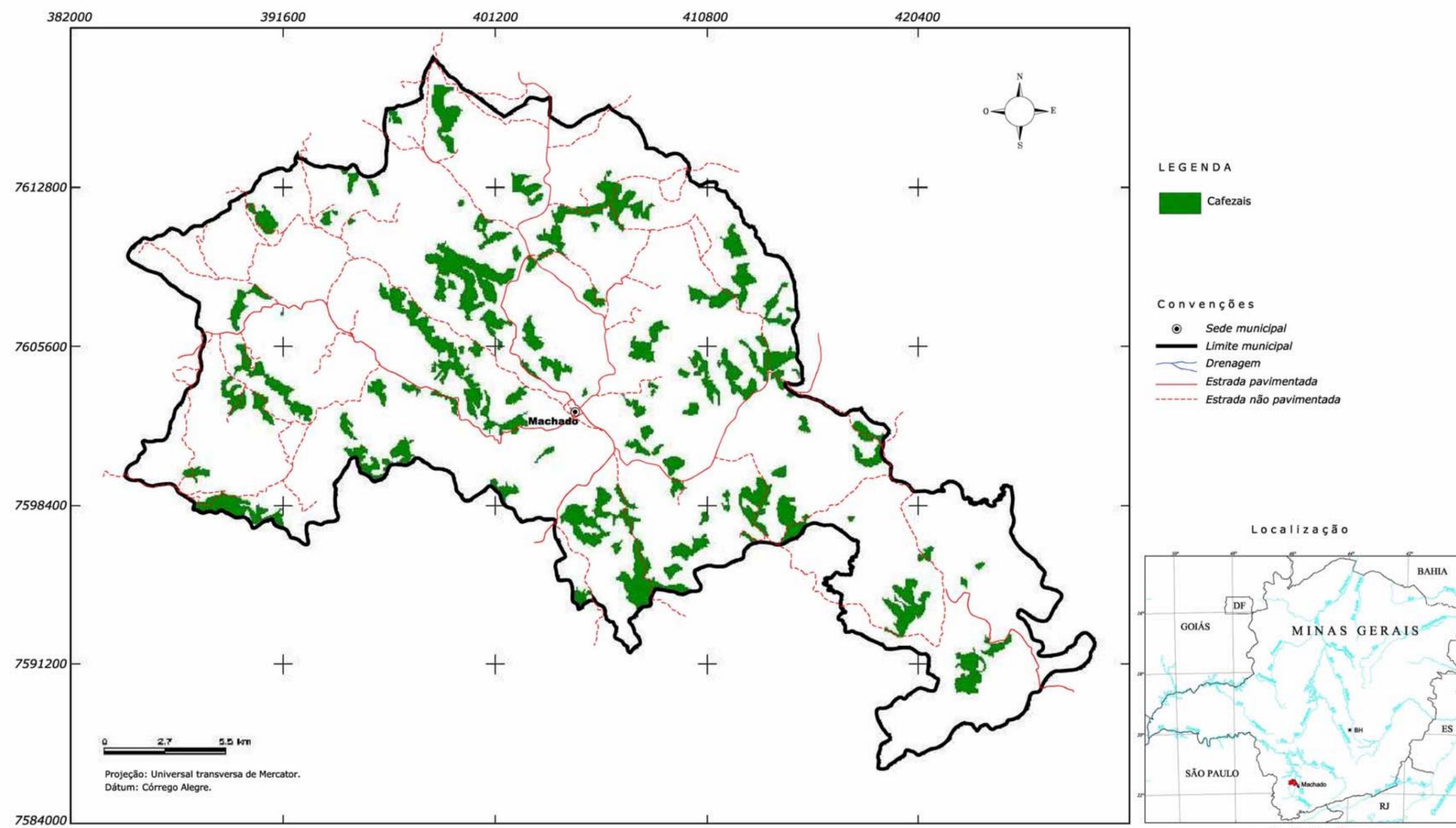


FIGURA 10 Mapa das áreas ocupadas por cafezais no município de Machado, MG, 1966.



**FIGURA 11** Mapa das áreas ocupadas por cafezais no município de Machado, MG, 1975.



**FIGURA 12** Mapa das áreas ocupadas por cafezais no município de Machado, MG, 1990.

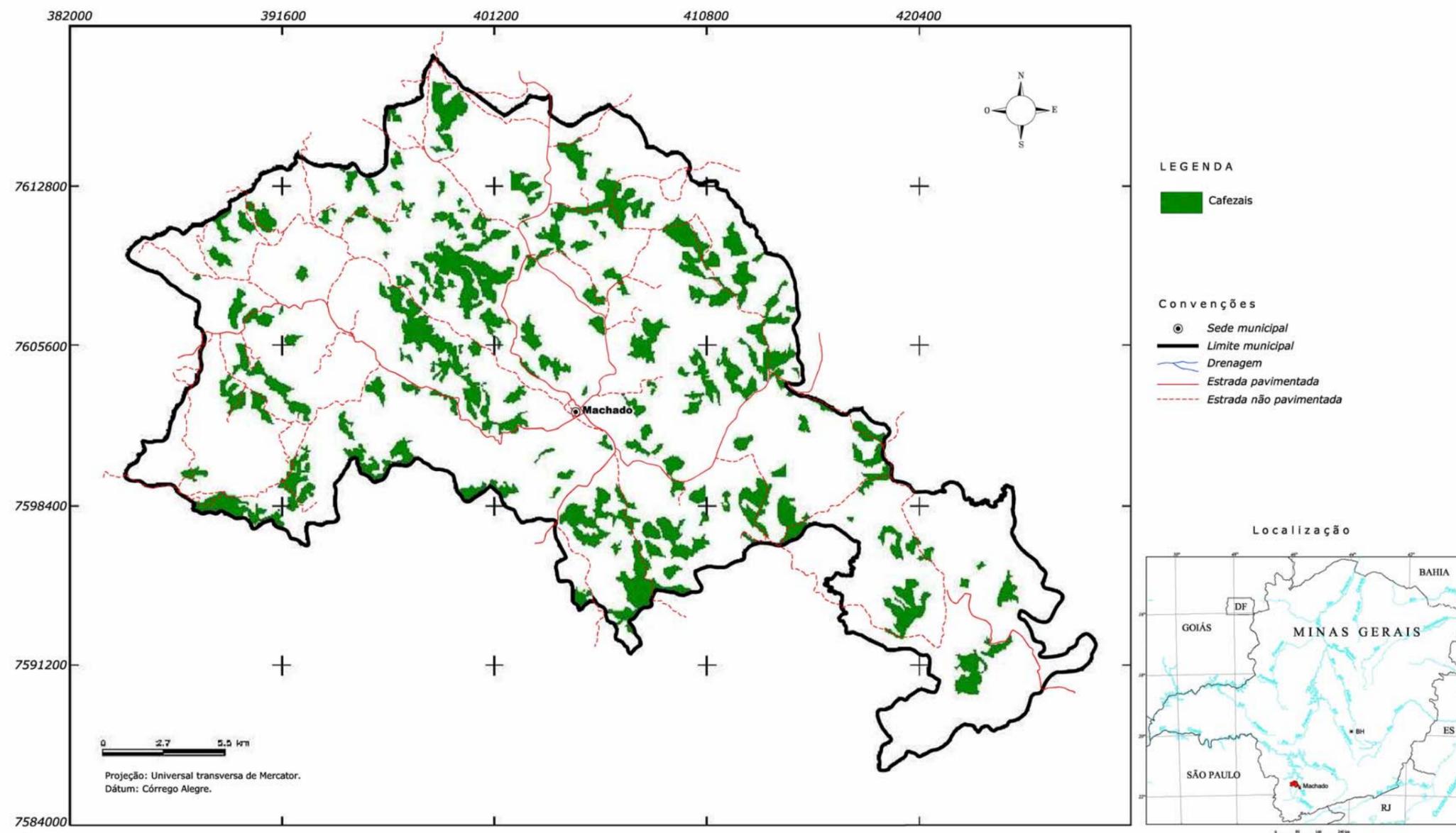


FIGURA 13 Mapa das áreas ocupadas por cafezais no município de Machado, MG, 2000.

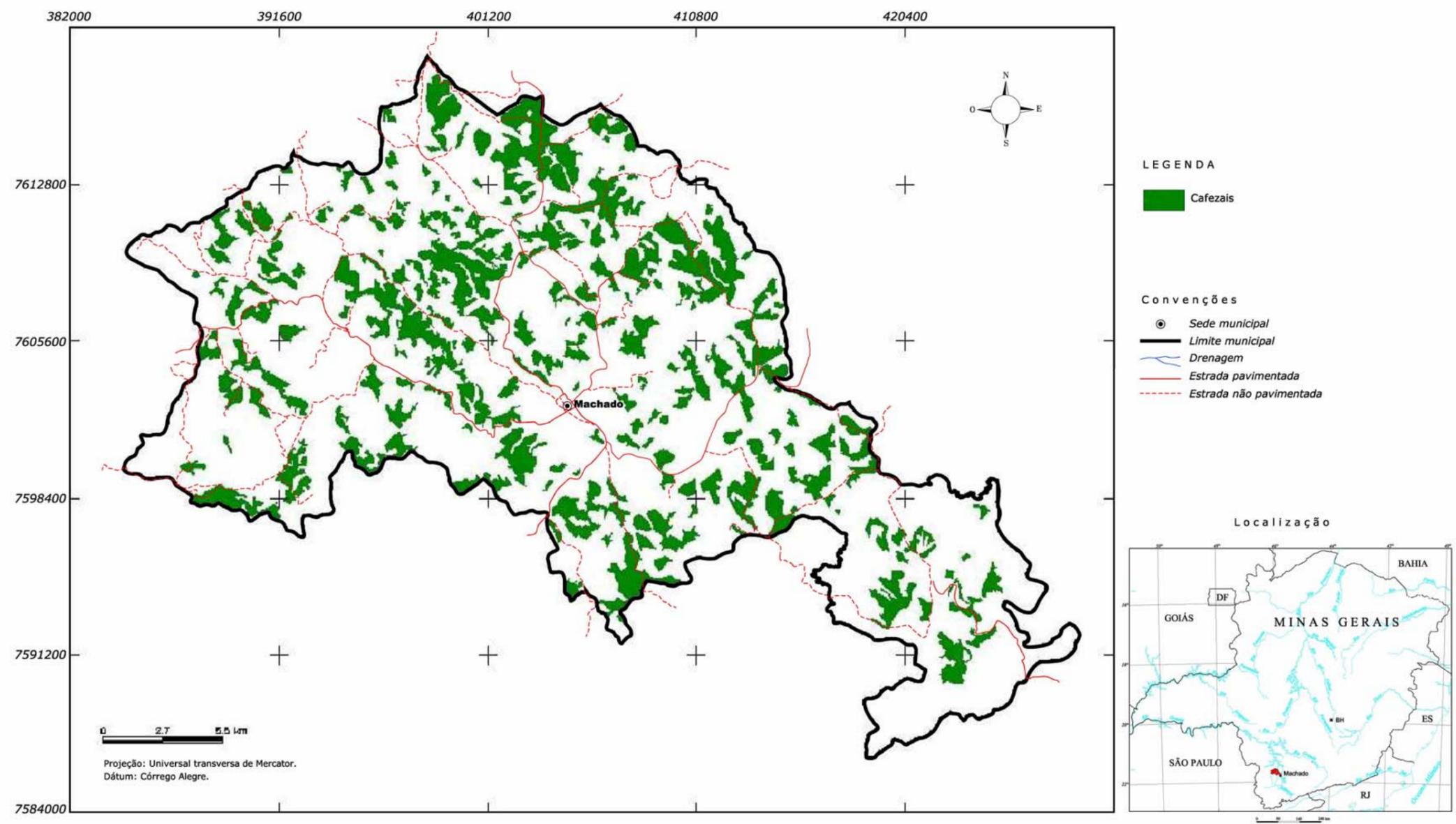
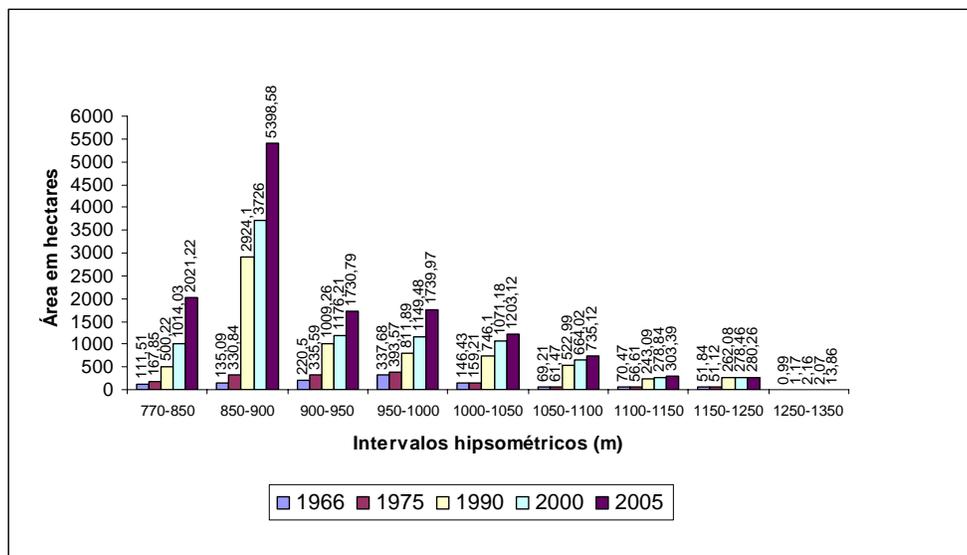


FIGURA 14 Mapa das áreas ocupadas por cafezais no município de Machado, MG, 2005

Com respeito à distribuição dos cafezais em relação às classes de altitude, observa-se, pelo gráfico da Figura 15, que as áreas com altitude entre 770 a 850 metros e 850 a 900 metros são as mais representativas para a cafeicultura da região de Machado. Observa-se que houve maior crescimento na altitude de 850 a 900 m, evidenciando um direcionamento preferencial ao uso dessas áreas, embora outros níveis de altitude tenham sido utilizados.



**FIGURA 15** Áreas ocupadas por cafezais em relação às classes de altitude no município de Machado, MG, no período de 1966 a 2005.

Pelos dados da Tabela 6, observa-se que o aumento crescente nas áreas ocupadas com a cultura do café repercutiu diretamente na ocupação do uso do solo no município. Isso porque a área destinada a outros usos e mata nativa sofreu redução expressiva, tendo o destino de áreas para outras atividades econômicas agropastoris sido reduzido de 51.180 ha, em 1966, para 25.166 ha, praticamente a metade da área.

Quanto às áreas de mata, nota-se que a sua redução é evidenciada, principalmente, se observados os valores referente ao intervalo entre os anos de 1975 e 2005. Isso porque os valores de 1966 estão subestimados em função de a fonte (cartas topográficas do IBGE) não registrar no mapeamento as áreas de mata fluviais.

**TABELA 6** Uso da terra em Machado, MG - Área em hectares

<b>USO</b>	<b>1966</b>	<b>1975</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>
Mata	6150	23171	20360	19639	18821
Cafê em produção	1141	1581	7045	9378	13440
Outros usos	51180	33693	30297	28502	25166
Urbanização	0	130	541	567	618
Reflorestamento	95	91	243	381	389
Represas	0	0	80	99	132
Total	58566	58666	58566	58566	58566

Fonte: Interpretação de imagens multitemporais.

Embora as taxas de crescimento sejam expressivas, a avaliação da ocupação espacial com o cultivo de café, por meio de índice de crescimento, evidencia o aumento na ocupação da área municipal com esse tipo de cultivo. Em 1966, era de 0,019 e, em 2005, atingiu 0,227, demonstrando o avanço dos cafezais como importante atividade econômica municipal, como pode ser visto pelos dados na Tabela 7.

**TABELA 7** Índice de concentração de cafezais em Machado, MG

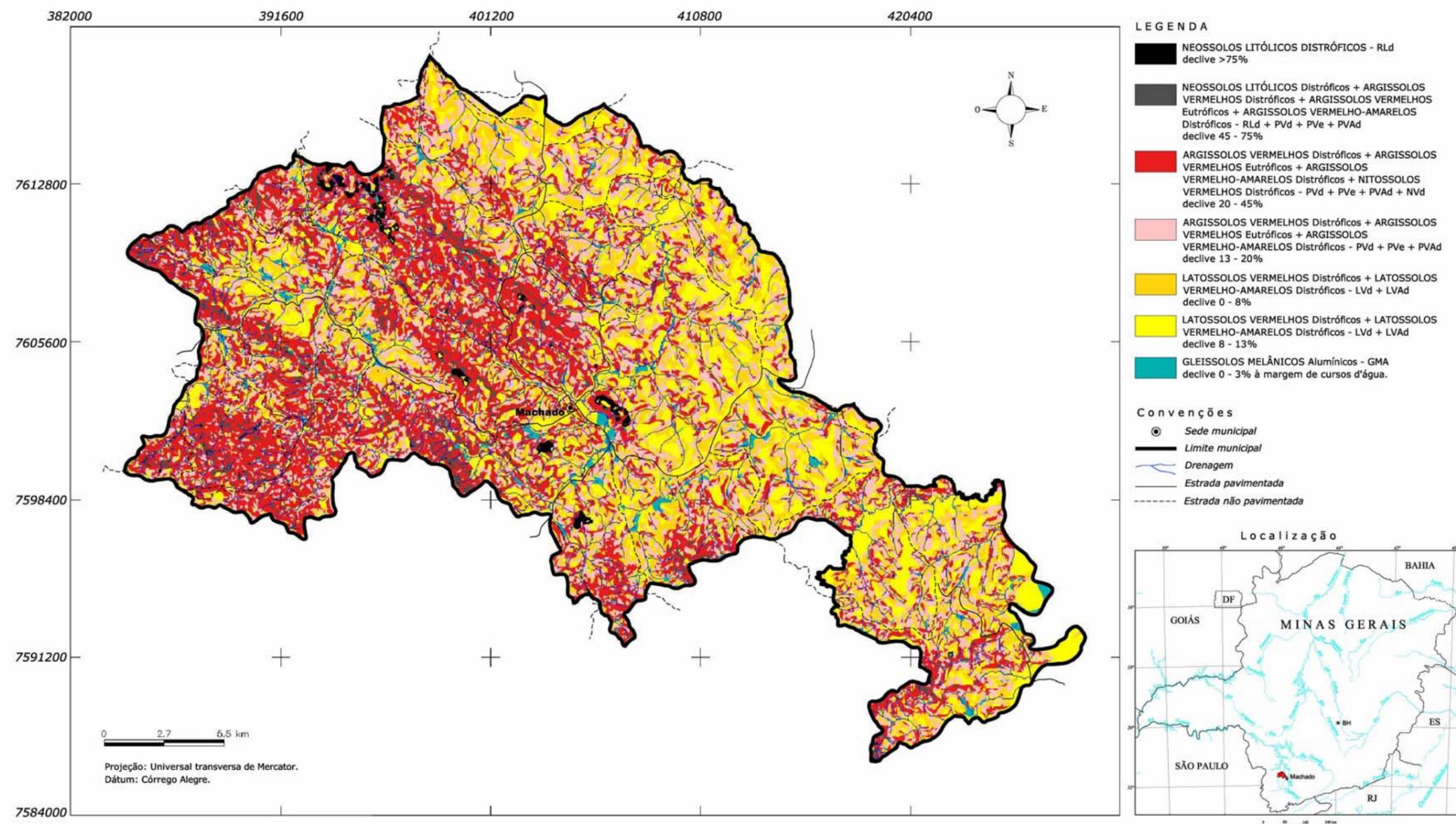
<b>Ano</b>	<b>1966</b>	<b>1975</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>
Índice de concentração	0,019	0,026	0,119	0,158	0,227

Fonte: Interpretação de imagens multitemporais

Dentro do modelo proposto para o mapeamento de solos da área e a análise dos perfis, o resultado demonstra as diversas classes de solo previstas para a área (Figura 16), sendo encontradas as seguintes relações solos/modelo/perfis:

- solos Litólicos, em declividades superiores a 75%, relevo montanhoso a escarpado – Neossolos Litólicos (RLd);
- solos litólicos associados a solos com horizontes B incipiente e B textural, em declividades entre 45% e 75%, relevo montanhoso, Neossolos Litólicos, e Argissolos (RLd + PVd + PVe + PVAd);
- solos com horizonte B textural, em declividades entre 20% e 45%, relevo forte ondulado, Argissolos e Nitossolos (PVd + PVe + PVAd + NVd);
- solos com horizonte B textural, em declividades entre 13% e 20%, relevo ondulado; Argissolos (PVd + PVe + PVAd);
- solos com horizonte B latossólico (Bw), em declividades entre 0% e 13%, relevo plano a moderadamente ondulado, Latossolos (LVd + LVAd );
- solos de várzea, em declividades entre 0% e 3%, relevo plano e localizados as margens de cursos d'água, Gleissolos e Organossolos (GMa).

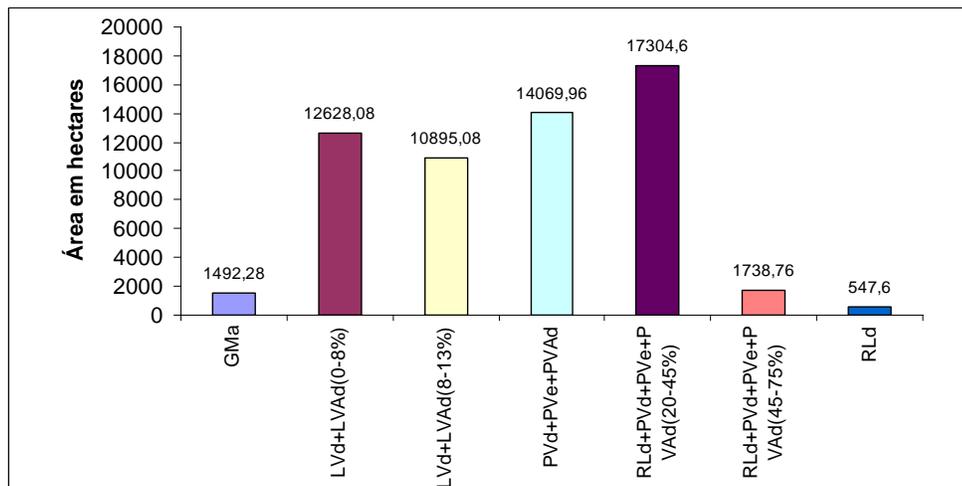
O resultado demonstra uma distribuição caracterizada pela ocorrência de solos latossólicos predominantes nas porções leste e oeste do município, enquanto solos com horizonte B textural foram predominantes nas porções norte e sul, correspondendo à região onde longitudinalmente encontra-se a Serra Laranja Azeda. Solos Glei/organossolos e Neossolos flúvicos apresentam-se distribuídos esparsamente em toda área do município, acompanhando os cursos d'água.



**FIGURA 16** Solos – município de Machado, MG.

Nota: As cores utilizadas diferem das padronizadas para os mapeamentos de solos, no Brasil, em função de uma melhor visualização.

A preponderância da ocorrência de Latossolos pode ser vista nos valores referentes à área ocupada por classe de solos (Figura 17)



**FIGURA 17** Distribuição da área em função da classe de solos no município de Machado, MG.

Para o reconhecimento da exatidão do processo de mapeamento, os 41 pontos foram caracterizados morfologicamente “in loco” e comparados ao mapeamento realizado. Obteve-se um total de acertos de 40 pontos. Fez-se a análise estatística pelo método Intervalo de Confiabilidade para proporção de uma distribuição binomial, representando um coeficiente de confiança de 95,00% para um intervalo de confiança entre 0,87 (limite inferior) e 0,99 (limite superior), o que resulta em um grau de aceitabilidade considerado confiável dentro do modelo proposto.

As análises de rotina permitiram esclarecer as características químicas dos horizontes superficiais dos solos e sua correlação com as características geomorfo-pedológicas, confirmando a diferenciação das classes de solos. Nas Tabelas 8 e 9, são apresentados os resultados das análises de rotina e das análises

TABELA 8 Propriedades químicas dos perfis de solo

Hor.	Prof. cm	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO dag.kg <sup>-1</sup>
			Mg.dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>							%		
ARGISSOLO VERMELHO Distrófico - PVd														
A	0-20	5,5	1,2	44	1,5	0,5	0,6	4,5	2,1	2,7	6,6	31,9	22,0	2,2
B	20-60	5,5	0,6	16	1,1	0,8	0,6	3,6	1,9	2,5	5,5	35,0	24,0	1,3
BC	60-140 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico - LVd														
AP	0-30	4,8	0,9	23	0,3	0,1	0,9	6,3	0,5	1,4	6,8	6,8	66,0	2,2
A2	30-68	5,1	0,6	5,0	0,3	0,1	0,5	5,0	0,4	0,9	5,4	7,6	55,0	1,5
BA	68-90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BW	90-120	5,4	0,6	0,0	0,4	0,1	0,4	4,5	0,5	0,9	5,0	10,0	44,0	1,1
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico - LVd														
A	0-25	5,4	1,4	66,0	1,4	0,6	0,3	2,9	2,2	2,5	5,1	42,8	12,0	1,6
B	25-110	5,1	0,4	53,0	0,8	0,2	0,0	1,5	1,1	1,1	2,6	43,2	0,0	0,5
BC	110-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acafé		7,4	4,0	190,0	6,9	0,9	0,0	1,2	8,3	8,3	9,5	87,4	0,0	2,9
GLEISSOLO MELÂNICO Aluminico - GMa														
A1	0 - 10	5,3	14,5	108,0	3,4	1,6	1,5	13,7	5,3	6,8	19,0	27,8	22,0	8,7
A2	10 - 20	5,0	5,8	86,0	2,3	0,6	4,5	23,9	3,1	7,6	27,0	11,5	59,0	10,6
A3	20 - 40	5,0	2,5	67,0	0,8	0,2	3,9	21,4	1,2	5,1	22,6	5,2	77,0	9,5
NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico - RLd														
A	0 - 35	4,6	14,5	64,0	1,3	0,7	1,5	9,8	2,2	3,7	12,0	18,1	41,0	6,7
ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico - PVe														
A	0 - 30	5,3	2,3	234,0	2,2	0,8	0,3	2,9	3,6	3,9	6,5	55,4	8,0	1,9
AB	30 - 45	6,2	2,0	462,0	2,0	1,0	0,0	2,1	4,2	4,2	6,3	66,6	0,0	1,3
B	45 - 120	6,1	0,6	256,0	1,5	0,5	0,0	1,7	2,7	2,7	4,3	60,9	0,0	0,5
BC	120 - 200 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NITOSSOLO VERMELHO Distrófico - NVd														
A	0 - 23	5,2	1,2	36,0	0,8	0,2	0,7	4,0	1,1	1,8	5,1	21,4	39,0	2,1
B	23 - 40	4,9	0,9	17,0	0,4	0,2	0,8	4,0	0,6	1,4	4,6	13,8	56,0	1,8
BC	40 - 200 <sup>+</sup>	5,1	2,3	8,0	0,5	0,2	1,0	5,6	0,7	1,7	6,3	11,4	58,0	1,1

Continua...

TABELA 8, Cont.

Hor.	Prof. cm	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO
			Mg.dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>						%		dag.kg <sup>-1</sup>		
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico – LVAd*														
A1	0-40	4,7	1,7	25,0	0,3	0,1	1,9	13,7	0,5	2,4	14,2	3,2	81,0	2,7
A2	40-80	4,9	1,4	14,0	0,3	0,1	1,8	12,3	0,4	2,2	12,7	3,5	80,0	2,2
A3	80-105	4,8	3,4	30,0	0,3	0,1	1,6	11,0	0,5	2,1	11,5	4,2	77,0	2,1
AB	105-135	4,8	1,2	16,0	0,3	0,1	1,1	7,0	0,4	1,5	7,4	5,9	7,1	1,2
Bw	135-230 <sup>+</sup>	5,1	1,4	16,0	0,4	0,1	0,2	2,6	0,5	0,7	3,1	17,2	27,0	0,4
ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico – PVe*														
A	0-35	5,4	2,3	92,0	2,0	1,0	0,3	4,5	3,2	3,5	7,7	41,9	8,0	2,9
AB	35-60	5,5	1,7	42,0	2,3	0,8	0,3	4,5	3,2	3,5	7,7	41,6	9,0	1,9
BT	60-200 <sup>+</sup>	5,8	3,1	22,0	1,6	1,2	0,0	1,5	2,9	2,9	4,4	65,6	0,0	0,3
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – PVAd*														
A	0-30	5,1	0,6	34,0	0,8	0,2	0,7	4,0	1,1	1,8	5,1	21,4	39,0	1,4
AB	30-45	5,3	0,6	16,0	0,5	0,2	0,7	5,0	0,7	1,4	5,7	12,9	49,0	1,6
Bt1	45-85	5,3	0,4	11,0	0,5	0,2	0,4	2,9	0,7	1,1	3,6	20,1	35,0	1,0
Bt2	85-140	5,4	0,4	8,0	0,8	0,2	0,2	1,9	1,0	1,2	2,9	34,9	16,0	0,5
BC	140-200 <sup>+</sup>	5,7	0,1	8,0	0,8	0,2	0,2	1,7	1,0	1,2	2,7	37,5	16,0	0,4

SB= Soma de bases; t = CTC efetiva; T = CTC potencial; m = saturação por alumínio; V = saturação por bases.

\*: resultados dos perfis obtidos em literatura (\*Marques, 2003)

TABELA 9 Características físicas dos perfis de solos.

Hor.	Prof. cm	Areia	silte	Argila	Silte/argila dag.kg <sup>-1</sup>	Classe textural
ARGISSOLO VERMELHO Distrófico - PVd						
A	0-20	47	20	33	0,60	TEXTURA MÉDIA
B	20-60	39	13	48	0,27	ARGILOSА
BC	60-140 <sup>+</sup>	40	13	47	0,27	ARGILOSА
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico - LVd						
AP	0-30	32	10	58	0,17	ARGILOSА
A2	30-68	27	7	66	0,10	MUITO ARGILOSА
BA	68-90	25	7	68	0,10	MUITO ARGILOSА
BW	90-120	24	6	70	0,08	MUITO ARGILOSА
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico - LVd						
A	0-25	37	11	52	0,21	ARGILOSА
B	25-110	31	12	57	0,21	ARGILOSА
BC	110-200	29	13	58	0,22	ARGILOSА
Acafé		41	20	39	0,51	ARGILOSА
GLEISSOLO MELÂNICO Alumínico – GMa						
A1	0-10	0	100	0	-	SILTOSA
A2	10-20	0	100	0	-	SILTOSA
A3	20-40	0	100	0	-	SILTOSA
NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico –RLd						
A	0-35	0	100	0	-	SILTOSA
ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico – PVe						
A	0-30	47	20	33	0,60	TEXTURA MÉDIA
AB	30-45	37	14	49	0,28	ARGILOSА
B	45-120	31	13	56	0,23	ARGILOSА
BC	120-200 <sup>+</sup>	47	19	34	0,55	TEXTURA MÉDIA
NITOSSOLO VERMELHO Distrófico – NVd						
A	0-23	33	16	51	0,31	ARGILOSА
B	23-40	28	16	56	0,28	ARGILOSА
BC	40-200 <sup>+</sup>	23	15	62	0,24	MUITO ARGILOSА
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico – LVAd*						
A1	0-40	32	9	59	0,15	ARGILOSА
A2	40-80	29	7	64	0,11	MUITO ARGILOSА
A3	80-105	29	6	65	0,09	MUITO ARGILOSА
AB	105-135	30	6	64	0,09	MUITO ARGILOSА
Bw	135-230 <sup>+</sup>	27	7	66	0,11	MUITO ARGILOSА

Continua...

TABELA 9, Cont.

Hor.	Prof. cm	Areia	Silte	Argila	Silte/argila dag.kg <sup>-1</sup>	Classe textural
ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico – PVe*						
A	0-35	47	13	40	0,33	ARGILOSА
AB	35-60	35	15	50	0,30	ARGILOSА
BT	60-200 <sup>+</sup>	30	12	58	0,21	ARGILOSА
ARGISSOLOVERMELHO-AMARELO Distrófico típico – PVAd*						
A	0-30	58	8	34	0,24	TEXTURA MÉDIA
AB	30-45	52	14	34	0,41	TEXTURA MÉDIA
Bt1	45-85	46	13	41	0,32	ARGILOSА
Bt2	85-140	39	15	46	0,33	ARGILOSА
BC	140-200 <sup>+</sup>	41	19	40	0,48	ARGILOSА

\*: resultados dos perfis obitidos em literatura (Marques, 2003)

Granulométricas dos solos. Pode-se observar os baixos valores de silte para os Latossolos, ocasionando uma relação silte/argila que demonstra seu mais elevado grau de intemperismos, ao contrário, principalmente, do Neossolo e Gleissolos.

Os Argissolos analisados mostram um resultado em que há maior proporção de areia em relação à argila, principalmente nos horizontes superficiais.

Segundo o mapeamento de solos obtido e os atributos característicos, as terras do município de Machado, de acordo, com as especificações expressas no Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras, para atribuição dos graus dos fatores de limitação, bem como os valores referentes a cada classe de solo constantes nas tabelas dos dados analíticos, obteve-se o conseqüente mapeamento (Figura 19), em que foram obtidas as seguintes classes:

2(a)b(c) – terras pertencentes à classe de aptidão REGULAR no nível de manejo B e RESTRITA nos níveis de manejo A e C;

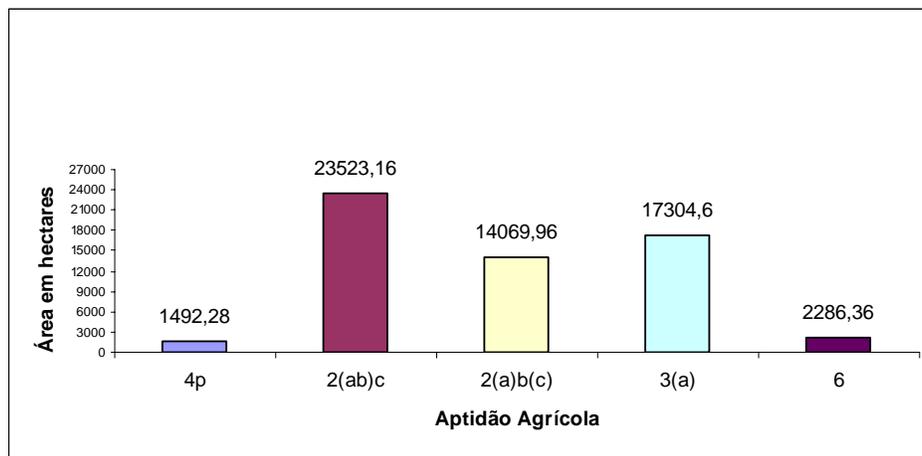
2(ab) – terras pertencentes à classe de aptidão REGULAR no nível de manejo C e RESTRITA nos níveis de manejo A e B;

3(a) – terras pertencentes à classe de aptidão RESTRITA no nível de manejo A e inapta nos níveis de manejo B e C;

4p – terras pertencentes à classe de aptidão REGULAR para pastagem plantada;

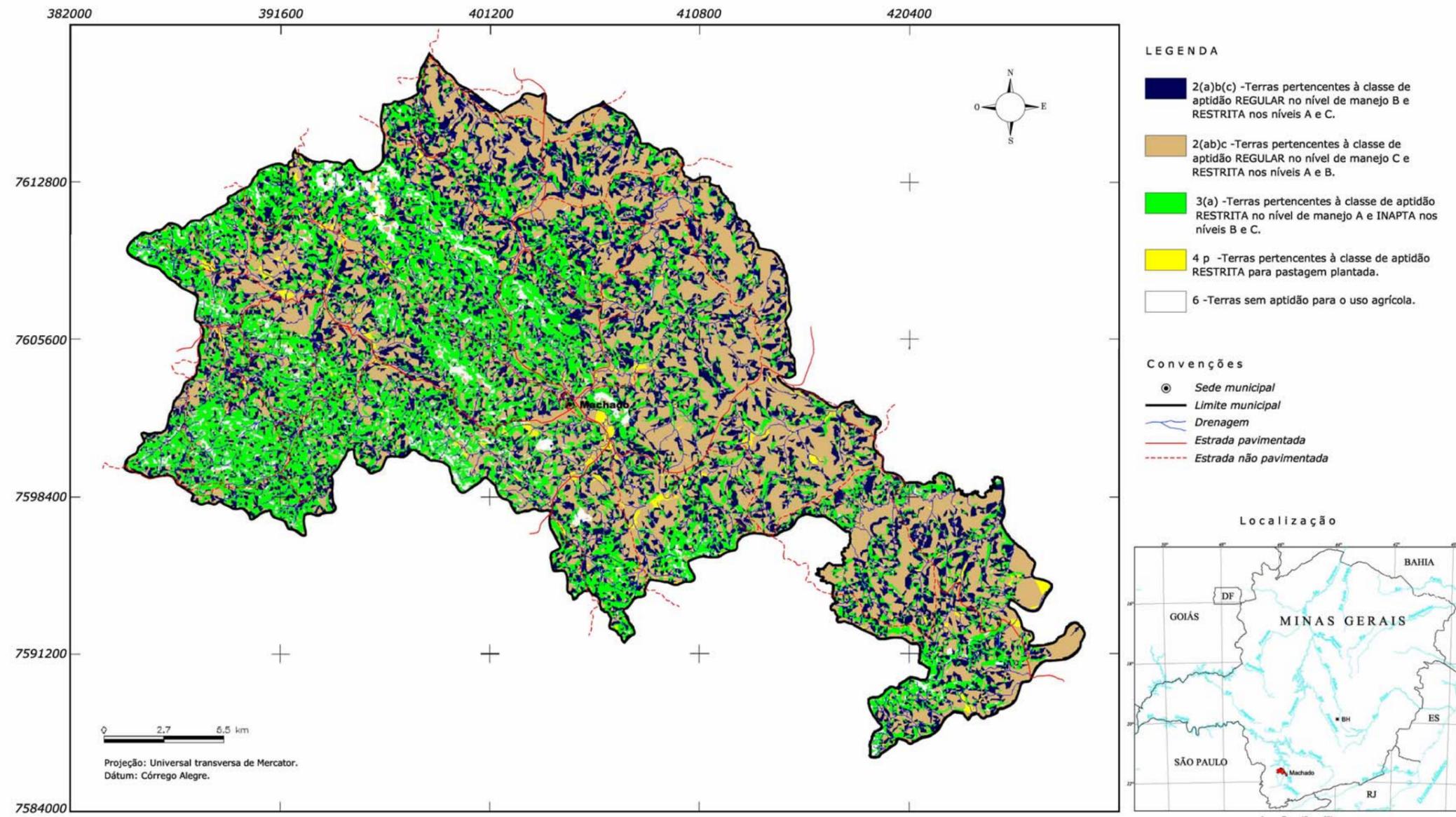
6 - terras sem aptidão para o uso agrícola.

A ocorrência 2(ab)c é a predominante no município, correspondendo a 40,09% da área total, seguido da ocorrência 3(a) e 2 (a)b(c), com 29,49 e 23,98%, respectivamente, demonstrando que a área necessita da utilização de cuidados especiais referentes ao manejo adotado (Figura 18).



**FIGURA 18** Área em função da classe de aptidão agrícola das terras no município de Machado, MG

A classificação 4p ocorre nas áreas onde os solos dominantes são os Gleissolos e Organossolos, em função de atributos limitantes referentes à deficiência de fertilidade, excesso de água e impedimentos à mecanização, ocupando 2,54% da área do município.



**FIGURA 19** Aptidão agrícola das terras, município de Machado, MG.

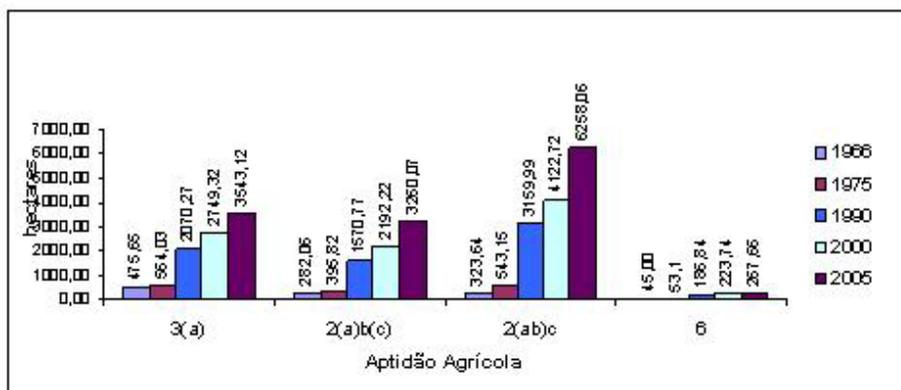
Nota: As cores utilizadas diferem das padronizadas para os mapeamentos da aptidão agrícola das terras, no Brasil, em função de uma melhor visualização

A ocorrência 2(a)b(c) ocorre nos solos com ocorrência de horizonte Bt em declividade entre 13% e 20%. Sua principal limitação está relacionada com as práticas de manejo que possam levar o solo a um processo erosivo, uma vez que a sua susceptibilidade a erosão é forte, principalmente nos níveis de manejo.

A classe 2(ab)c ocorre nos solos latossólicos, com declividades entre 0%-8% e 8%–13%, sendo a fertilidade natural a sua maior limitação. As terras com aptidão agrícola da classe 3(a) ocorrem nos solos com horizonte Bt em declividade entre 20% e 45%, com limitações quanto à susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. As terras destinadas à preservação (classificação 6) ocorrem nos Neossolos em associação com Bi e Bt, sendo a deficiência de fertilidade, susceptibilidade a erosão e impedimentos à mecanização os fatores limitantes mais importantes, representando 2,54% da área total do município de Machado.

A ocupação das áreas com cafezais, quando confrontada com a aptidão agrícola das terras, mostra uma proporcionalidade entre o uso e a classe de solos, com exceção da associação das classes de solos Gleissolos e Organossolos, em que não foram observadas áreas ocupadas com cafeeiros.

Os dados do gráfico da Figura 20 demonstram tendências contínuas de aumento das áreas ocupadas pela cultura, com maior crescimento na classe 2(ab)c. Isso sugere que as terras mais utilizadas para o plantio de café demandam cuidados especiais na sua manutenção, uma vez que são restritas nos níveis de manejo A e B e regulares no manejo C, o que demanda um maior aporte de investimentos por parte dos produtores.



**FIGURA 20** Áreas ocupadas com cafezais em função da aptidão agrícola das terras no município de Machado, MG

As limitações das diversas classes de solos que ocorrem no município determinam um maior cuidado na sua utilização, especialmente nos Neossolos Litólicos e associação com Bi e Bt. Embora sejam os de menor ocupação, eles apresentaram crescimento positivo em área ocupada ao longo dos anos, o que representa um alto risco de degradação dos solos. Isso porque a área é classificada como sendo de preservação da fauna e flora e sua utilização é desaconselhada para outros fins.

A distribuição espacial dos cafezais e suas respectivas ocupações territoriais ocorrem de maneira discriminada em toda a área do município, não sendo caracterizada uma área de concentração específica, como pode ser visualizado nas Figuras 21, 22, 23, 24 e 25. Essa observação possibilita visualizar um quadro futuro de ocupação das terras com cafezais, caracterizado pelo incremento do cultivo e com a ocupação contínua de novas áreas, em função da adequação das técnicas de cultivo utilizadas e as características inerentes à aptidão agrícola das terras.

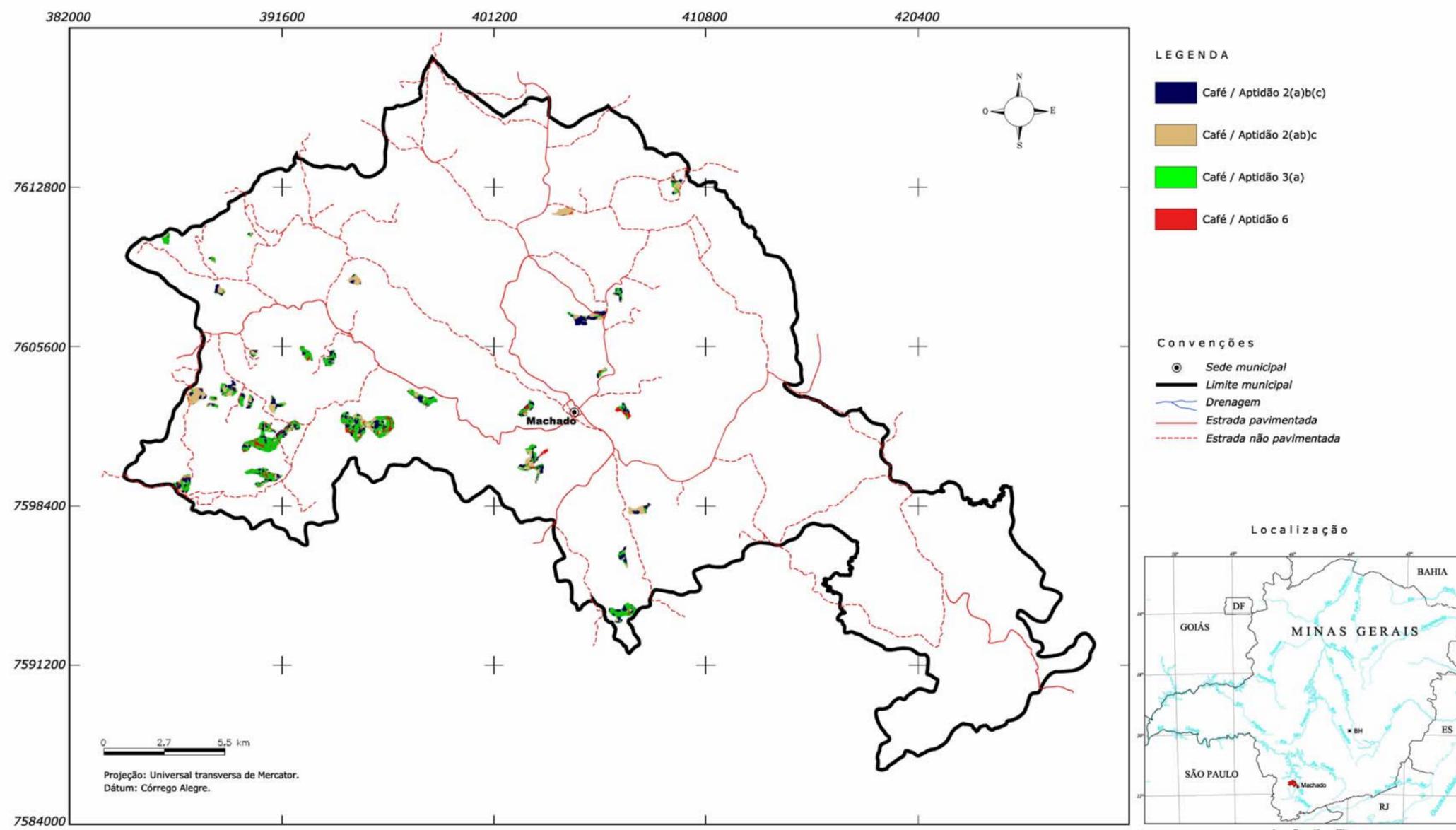


FIGURA 21 Ocupação com cafezais em função da aptidão agrícola das terras, município de Machado, MG, 1966.

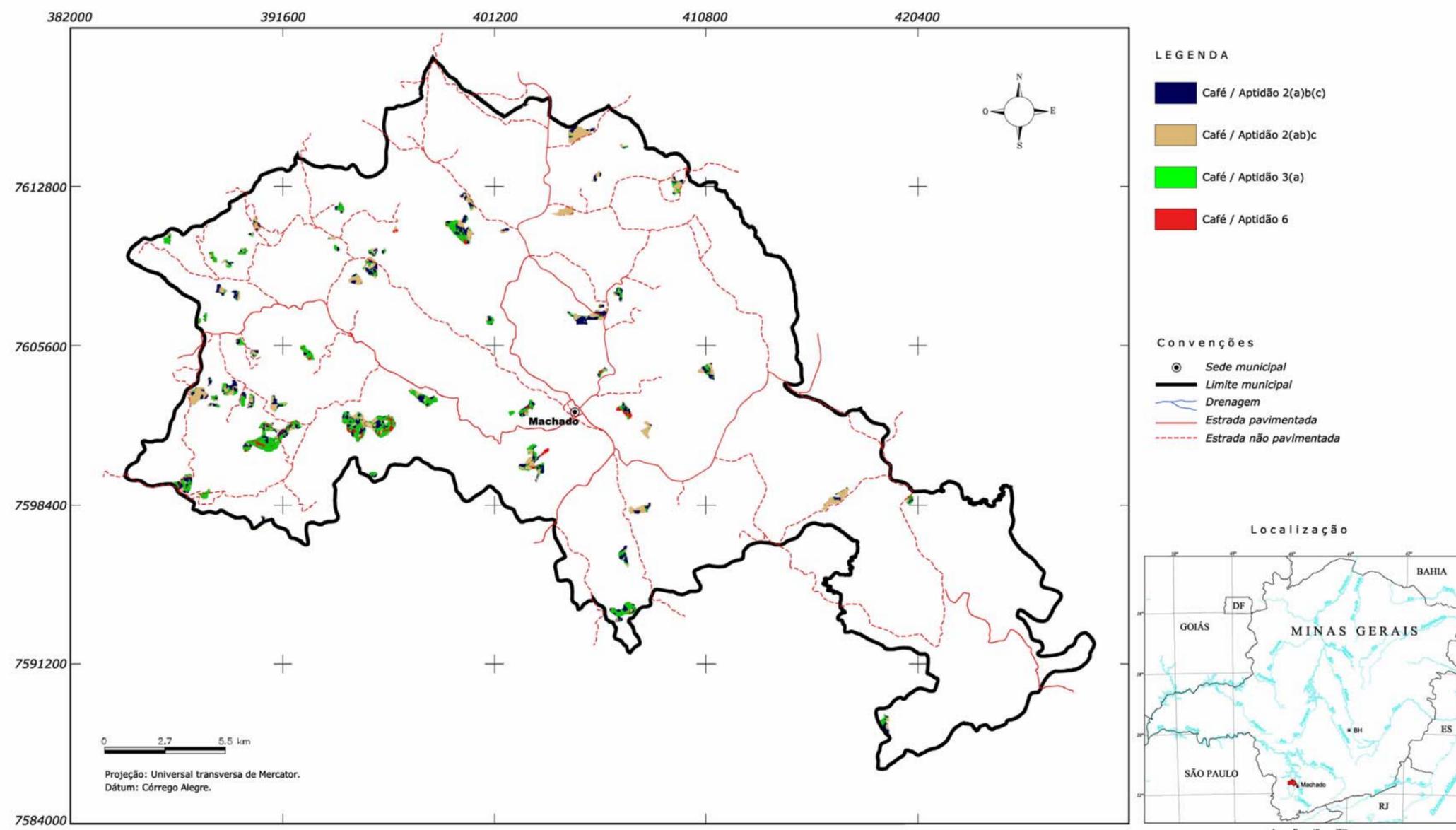
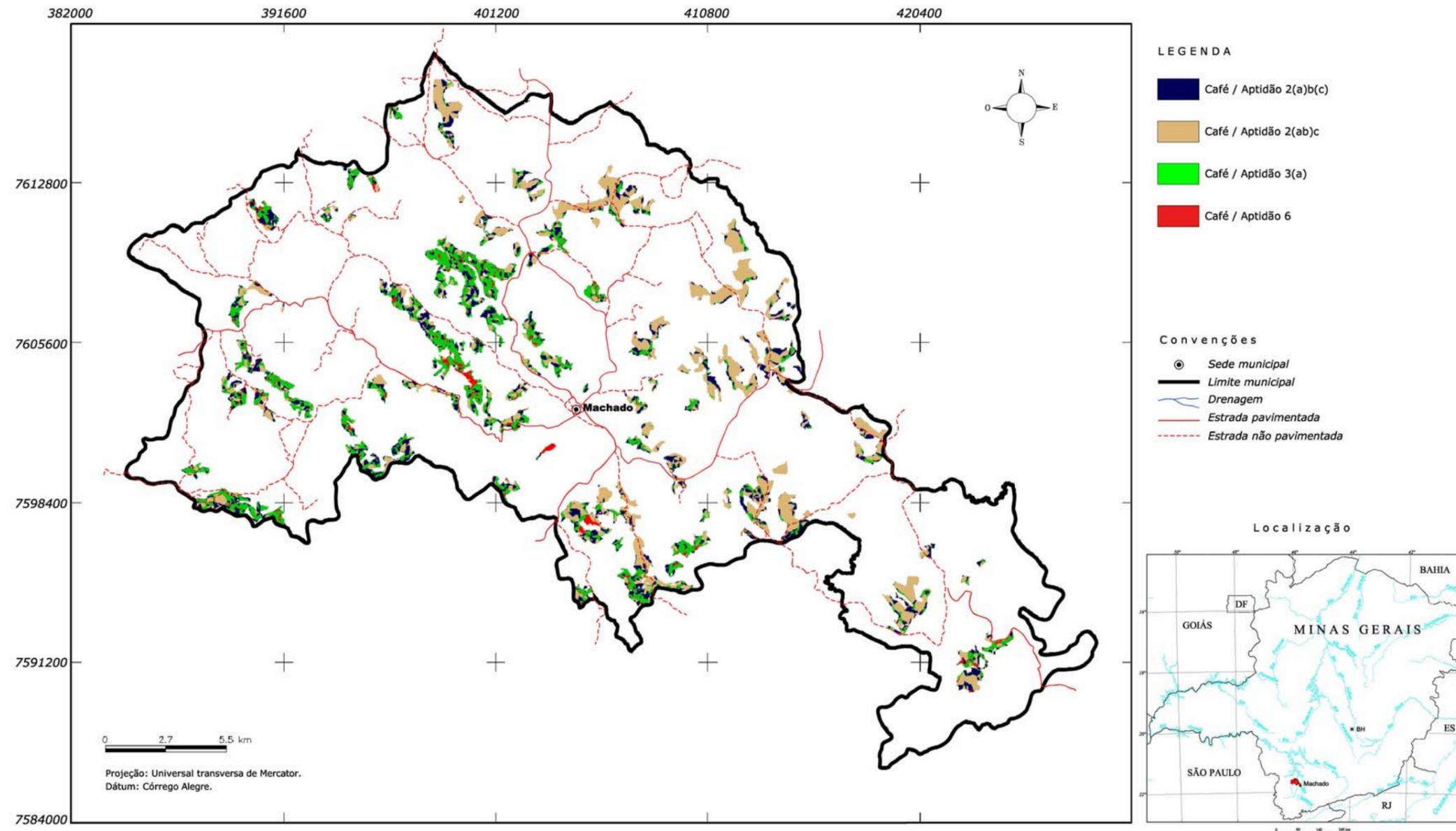
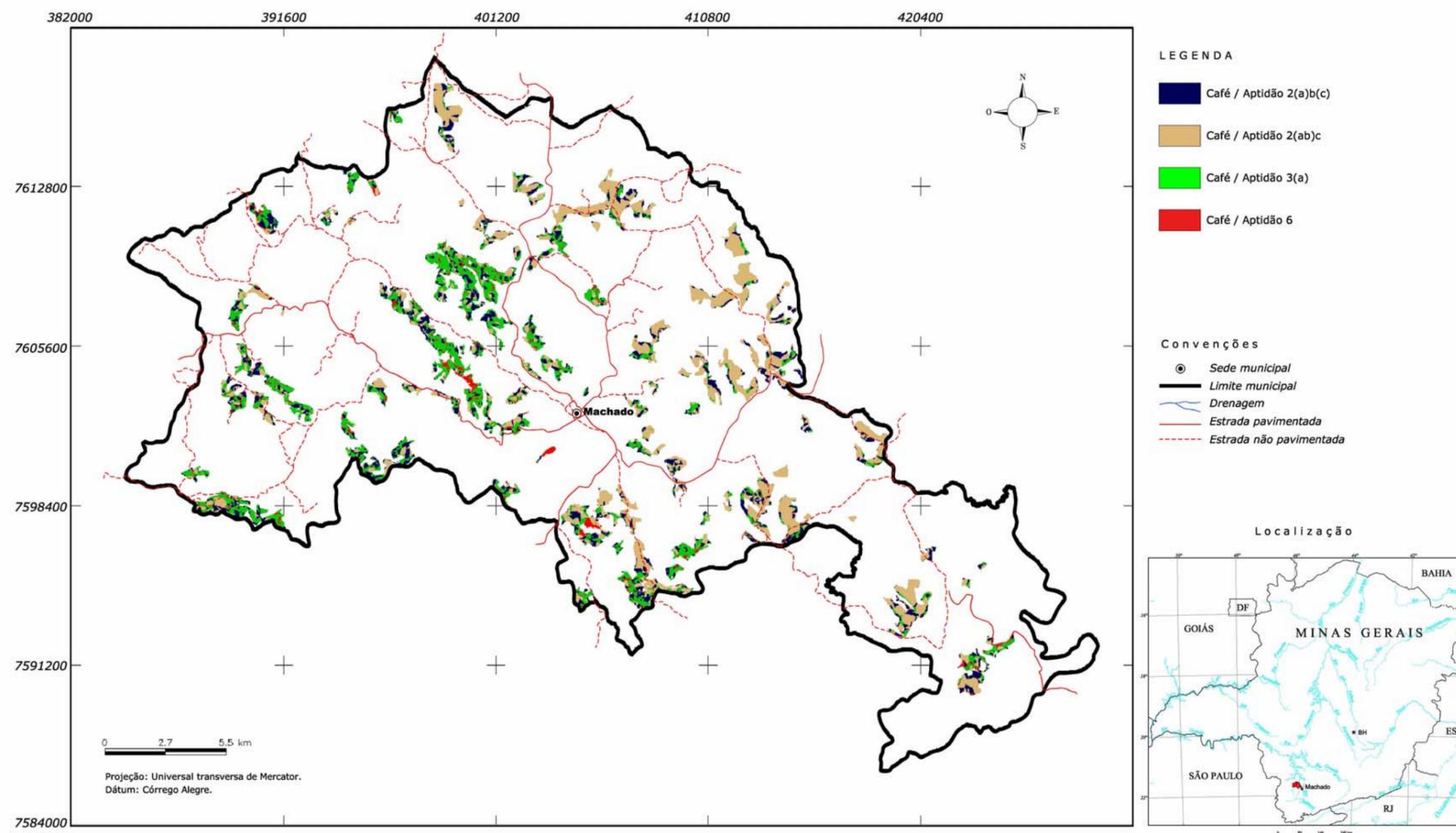


FIGURA 22 Ocupação com cafezais em função da aptidão agrícola das terras, município de Machado, MG, 1975.



**FIGURA 23** Ocupação com cafezais em função da aptidão agrícola das terras, município de Machado, MG, 1990.



**FIGURA 24** Ocupação com cafezais em função da aptidão agrícola das terras, município de Machado, MG, 2000.

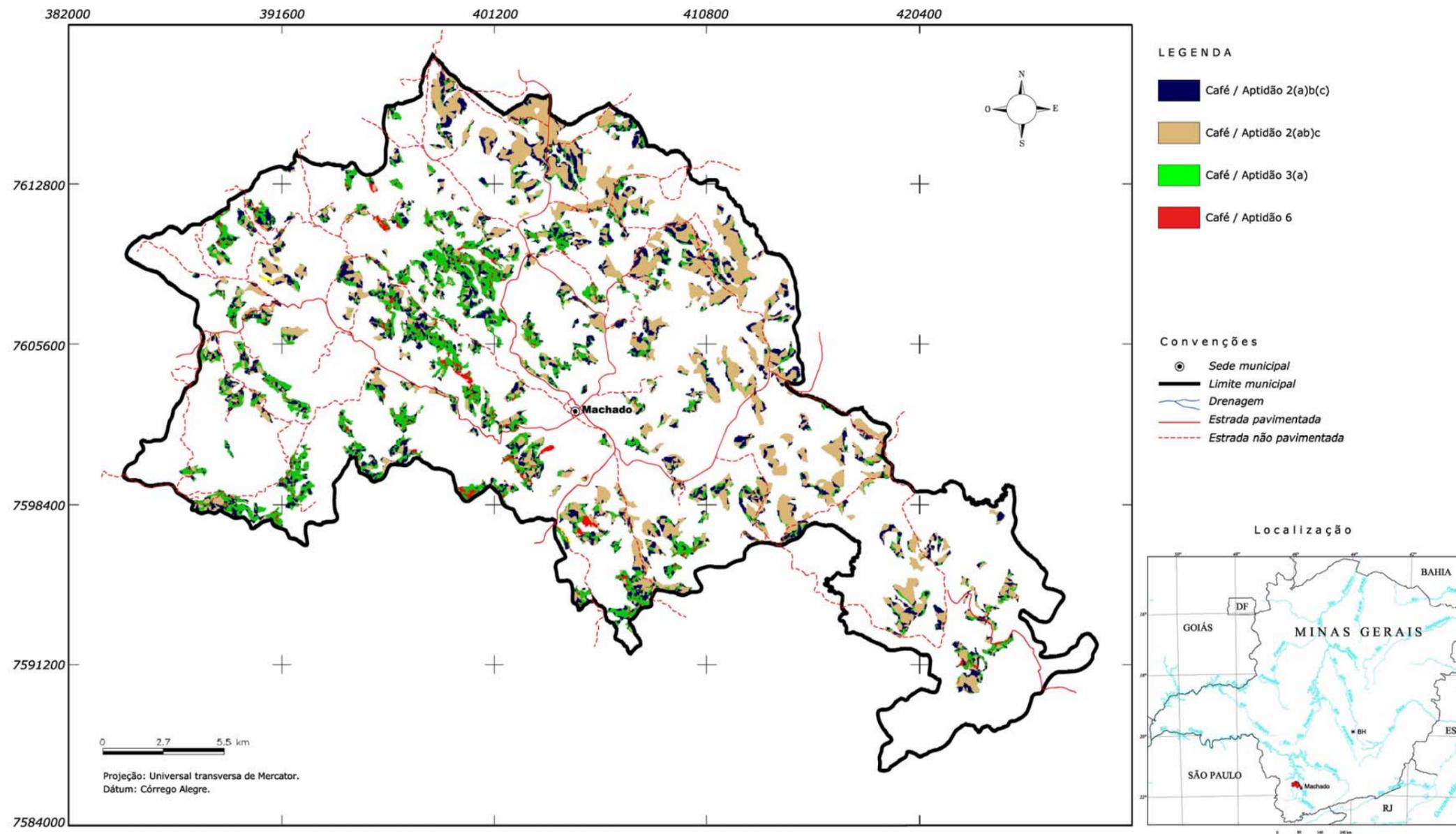


FIGURA 25 Ocupação com cafezais em função da aptidão agrícola das terras, município de Machado, MG, 2005.

Fazendo-se uma análise comparativa, no Quadro 6 pode-se visualizar a relação entre a classificação da aptidão agrícola das terras pelo sistema FAO/brasileiro, o sistema FAO/brasileiro modificado e solos.

Observa-se que as restrições de uso da terra para o cultivo continuam sendo caracterizadas, basicamente, pelas mesmas limitações. Entretanto, o mapeamento da aptidão agrícola das terras (Figura 26) pelo sistema modificado incluiu a utilização das terras do município como aptas para culturas temporárias, sendo largamente ocupadas com cafezais.

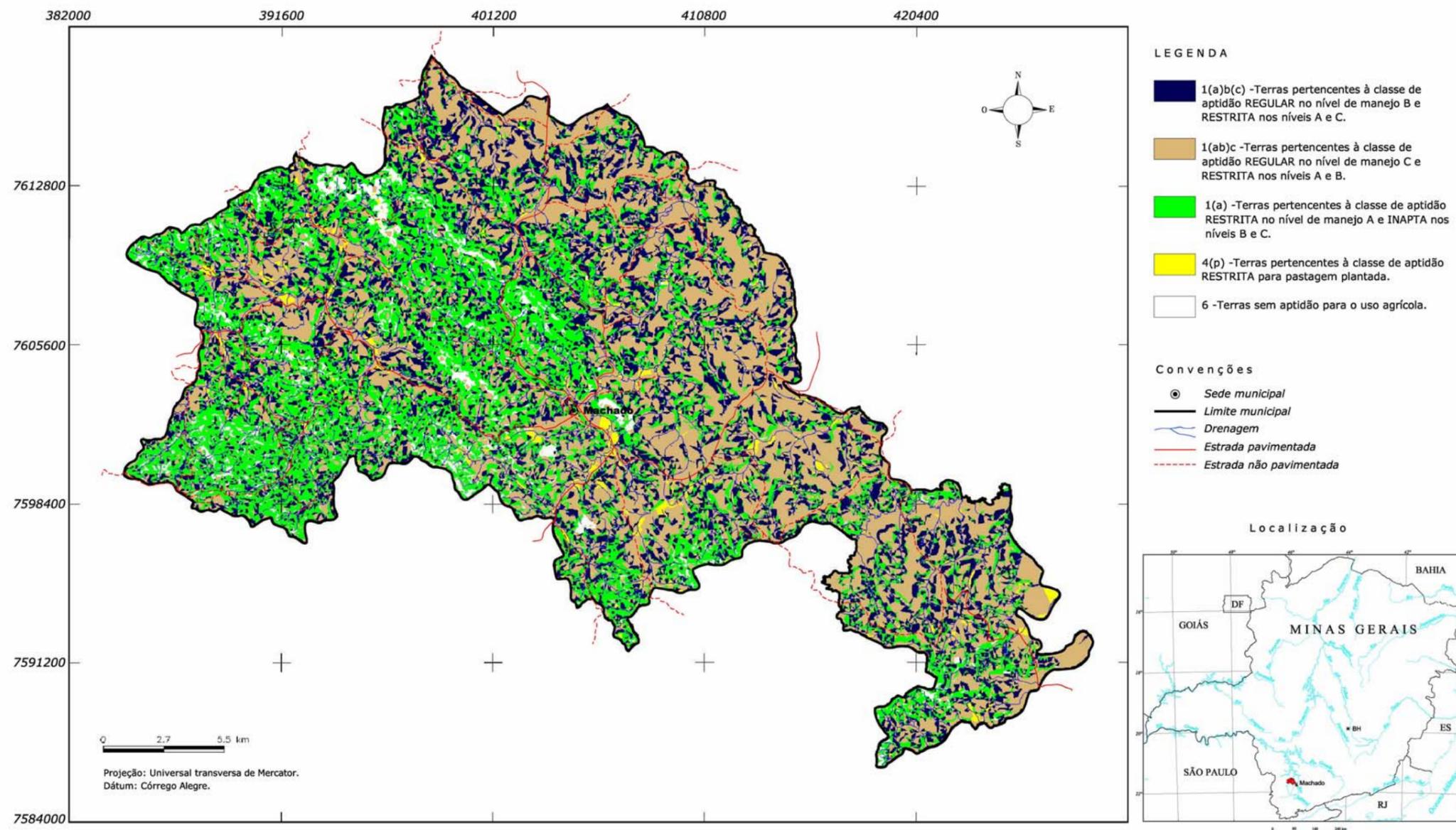
**QUADRO 7** Relação entre as classificações de aptidão agrícola e solos.

Solos	Classificação sistema FAO/brasileiro	Classificação sistema FAO/brasileiro modificado
GMa	4p	4(p)
LVd+LVAd (0 – 8%)	2(ab)c	1(ab)c
LVd+LVAd (8 – 13%)	2(ab)c	1(ab)c
PVd+PVe+PVAd (13-20%)	2(a)b(c)	1(a)b(c)
RLd+PVd+PVe+PVAd (20-45%)	3(a)	1(a)
RLd+PVd+PVe+PVAd (45 - 75%)	6	6
RLd	6	6

Dessa forma, pode-se afirmar que as modificações realizadas no sistema FAO/brasileiro consideram essas áreas plenamente utilizáveis para o plantio de café, ressalvados os cuidados necessários ao manejo. Isso porque as terras

destinadas ao cultivo temporário estão, no sistema modificado, classificadas como melhor categoria de terras, o que significa que, mesmo com o aumento do rigor na adoção de atributos de limitação, poderiam, ainda, ser classificadas nas categorias indicadas à utilização de culturas permanentes, caso no qual se enquadraram os cafezais.

O formato adotado nas modificações do sistema FAO/brasileiro de Aptidão Agrícola das Terras possibilita melhor orientação quanto à utilização das terras. Isso porque discrimina de forma mais direta a utilização referente aos tipos de cultura a serem utilizados, fornecendo subsídios para análise de uso e ocupação das terras e, conseqüentemente, parâmetros para a definição do direcionamento a ser dado em possível planejamento do uso e ocupação da área rural do município de Machado.



**FIGURA 26** Aptidão agrícola das terras, município de Machado, MG – Sistema FAO/brasileiro – modificado

Nota: As cores utilizadas diferem das padronizadas para os mapeamentos da aptidão agrícola das terras, no Brasil, em função de uma melhor visualização

## 5 CONCLUSÕES

As alterações que ocorreram no uso da terra do município de Machado foram identificadas e quantificadas, ficando evidente o crescimento ocorrido nas áreas destinadas ao cultivo do café. A distribuição espacial não ocorreu de maneira orientada, sendo distribuída aleatoriamente por todo o território municipal.

As áreas ocupadas com os cafezais atingiram localizações diversas, indiferentemente de suas características físicas restritivas ao cultivo do café. Entretanto, nota-se que houve uma adaptação ao relevo da região, em função do crescimento da área ocupada com a atividade produtiva. A ocupação do território municipal com a cultura do café evidencia sua importância econômica para o município.

As técnicas de geoprocessamento utilizadas demonstraram ser eficientes para a elaboração de mapeamentos de solos, baseadas, especialmente, na implementação do modelo proposto, se aceitas associações na classificação. A utilização de mapas temáticos em escalas maiores, especialmente de geologia, torna-se necessária para um melhor refinamento de modelos para mapeamentos pedológicos, principalmente em áreas onde não há elaborações anteriores de mapas de solos. Os dados gerados podem ser utilizados em análises das condições ambientais do município, resguardadas as características de generalização ocorridas e a ausência de informações adicionais para o refinamento do modelo.

O aplicativo computacional desenvolvido mostrou-se eficiente na execução do processo de classificação da aptidão agrícola das terras, bem como na elaboração do programa em Legal, para a produção do mapa de aptidão agrícola utilizando-se o software SPRING.

A aptidão agrícola das terras demonstra que a utilização com cafeeiros ocorre em praticamente todos os tipos de classe, com exceção da classe 4p. O crescimento no cultivo do café proporcionou ocupação territorial com cafezais distribuída por todo o município, sem determinação de áreas específicas. Assim, e como consequência, da mesma maneira ocorreu a ocupação em função da aptidão agrícola.

As terras demonstram ser aptas aos cultivos, embora tenham que ser tomadas medidas preventivas quanto à potencial degradação do solo, em função das restrições impostas pelos sistemas de manejo.

Os Neossolos Litólicos também são ocupados com cafezais. Entretanto, sua utilização não é recomendada para o cultivo, devendo essas áreas serem destinadas à preservação.

O sistema modificado apresentou resultados incluídos no tipo de utilização para culturas temporárias, estando a maior parte das áreas ocupada com cafezais, com base no sistema modificado, incluída no tipo de utilização desse tipo de cultura. A classificação como áreas aptas ao cultivo temporário respalda o seu uso para o cultivo do café, uma vez que essas terras são consideradas de melhor qualidade.

O formato adotado nas modificações ao sistema FAO/brasileiro de aptidão agrícola das terras possibilita melhor orientação quanto à utilização das terras porque discrimina de forma mais direta a utilização referente aos tipos de cultura a serem utilizados.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. A problemática do desenvolvimento sustentável. In: BECKER, D.F. **Desenvolvimento sustentável** – necessidade e/ou possibilidade? 4.ed. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2002. p.21-97.
- ANDRADE, H. et al. Comparação entre dois processos de extração de classes de declividade. In: PIBIC, 6.; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 11., 1998, Lavras. **Anais...** Lavras, MG: UFLA, 1998. v.1, p.120-120.
- ASSAD, M.L.L. et. al. Sistema de informações geográficas na avaliação de terras para agricultura. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p.191-232.
- BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS. **Minas Gerais do século XXI: transformando o desenvolvimento da agropecuária**. Belo Horizonte, 2003. v.4, 199p.
- BEEK, K.J.; BENNEMA, J.; CAMARGO, M.N. **Soil survey interpretation in Brazil**. A system of land capability classification for reconnaissance surveys. Wageningen: DPES/FAO/STIBOKA, 1964. 36p.
- BERNARDES, T. **Caracterização do ambiente agrícola do Complexo Serra Negra por meio de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica**. 2006. 119p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p.3-11.
- CARVALHO, L.M.T.; BERNARDES, T.; MOURA, L.C. Relações entre objetos geográficos. In: CARVALHO, L.M.T. **Sistemas de informações geográficas e sensoriamento remoto dos recursos florestais**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2005a. p.29-33.

- CARVALHO, L.M.T.; MOURA, L.C.; BERNARDES, T. Representações computacionais. In: CARVALHO L.M.T. **Sistemas de informações geográficas e sensoriamento remoto dos recursos florestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005b. p.23-28.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. **Projeto Sapucaí**. São Paulo, 1979. n.5, 299p.
- DINIZ, J.A F. **Geografia da agricultura**. 2.ed. São Paulo: Difel, 1986. 278p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Procedimentos normativos de levantamento pedológicos**. Brasília, 1995. 116p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Súmula da X reunião técnica de levantamento de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. 83p. (Série Miscelânea, 1).
- FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DE MINAS GERAIS. Café: mais sabor, qualidade e tecnologia em Minas Gerais. **Minas Faz Ciência**, Belo Horizonte, n.8, p.10-14, set./nov. 2001.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**: manuais técnicos em geociências. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. 461p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agrícola , 1960. Censo agropecuário 1970, 1 975, 1980, 1985. Base de dados agropecuários IBGE 1990, 1995, 2000**. Disponível em: < [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) >. Acesso em: 3 set. 2005.
- FERNANDES FILHO, E.I. **Desenvolvimento de um sistema especialista para determinação da aptidão agrícola de duas bacias hidrográficas**. 1996. 71p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- FERREIRA, D.F. **Estatística básica**. Lavras: UFLA, 2005. 664p.
- GARCIA. G.J. **Sensoriamento remoto princípios e interpretação de imagens**. São Paulo: Nobel, 1982. 357p.

IPPOLITI, G.A.R. et al. Análise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de “mar de morros” (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, n.1, p.269-276, 2005.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. 4.ed. Florianópolis: UFSC, 2001.

LONGLEL, Y.P.; GOODCHILD, M.F.; MAGUIRE, D.J.; RHIND, W. **Geographic Information systems and science**. New York: J. Wiley, 2001. 454p.

MARQUES, A.F.S.M. **Proposta de modificações ao sistema brasileiro de aptidão agrícola das terras**. Belo Horizonte: FAO, 2004.

MARQUES, H.S. **Uso de geotecnologias no estudo das relações entre solos, orientação de vertentes e o comportamento espectral de áreas cafeeiras em Machado, Minas Gerais**. 2003. 82p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARQUES, H.S.; BERTOLDO, M.A.; ANDRADE, H.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C.; OLIVEIRA, M.L.R. Mapeamento das classes de solos da região de Machado – MG, a partir da correlação entre solos e relevo, utilizando técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2003. CD-ROM.

MENESES, P.R.; S. NETTO, M.J. **Sensoriamento remoto**. Reflectância dos alvos naturais. Brasília: UnB/Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 262p.

NOVO, E.M.L de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: E. Blucher, 1989. 308p.

PINHEIRO, L.B.A.; DUARTE, S.T.; ANJOS, L.H.C. Proposta de alteração do sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos Expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995. v.3. p.1576-1577.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65p.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L.C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999. 36p. (Documentos).

REIS, T.E.S.; BARROS, O.N.F.; REIS, L.C. Determinação do uso do solo do município de Bandeirantes, Estado do Paraná, através de imagem do Landsat 7 Etm+ e técnicas de geoprocessamento. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.26, n.1, p.41-48, 2005.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia base para distinção de ambientes.** 4.ed. Viçosa, MG: NEPUT, 2002. 338p.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 1990. 136p.

SANO, E.E. et. al. Monitoramento da ocupação agrícola. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura.** 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p.179-190.

SANTOS, H.G.; CALDERANO FILHO, B.; RAMALHO FILHO, A.; CLAESSEN, M.E.C.; JÚNIOR WALDIR, C.; CHAGAS, C.S. **Aptidão agrícola das terras da microbacia do ribeirão São Domingos, Município de Santa Margarida, Estado de Minas Gerais.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 38p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 51).

SARCINELLI, T.S. et al. Utilização de ferramentas de geoprocessamento no levantamento de solos do Campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife, 2005. 1 CD-ROM.

SILVA, A.B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas: Unicamp, 2003. 236p.

SIMÃO, M.L.R. **Caracterização espacial da produção cafeeira de Minas Gerais: um estudo exploratório utilizando técnicas de análise espacial e de estatística multivariada.** 1999. 248p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Informação)-Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte,

TUBALDINI, M.A.S. **Caracterização: a organização da cafeicultura em São Sebastião do Paraíso.** 1982. 265p. Dissertação (Mestrado)-Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro, SP.

VIEIRA, M.N.F. et al. **Levantamento e conservação do solo**. 2.ed. Belém: FCAP, 2000. 320p.

ZAMBERLAM, J.; FRONCHETI, A. **Agricultura ecológica**: preservação do pequeno agricultor e do meio ambiente. Petrópolis: Vozes, 2001. 214p.

## ANEXOS

ANEXO A – DESCRIÇÃO DOS PERFIS ESTUDADOS.....	93
ANEXO B – LISTA DE TABELAS.....	113
ANEXO C – LISTA DE QUADROS .....	114
ANEXO D – LISTA DE FIGURAS .....	115
ANEXO E – PONTOS DE AFERIÇÃO.....	117

## **ANEXO A – DESCRIÇÃO DOS PERFIS ESTUDADOS**

### **DESCRIÇÃO GERAL (P1)**

#### **PERFIL 1**

**DATA** – 19/09/2006

**CLASSIFICAÇÃO** – ARGISSOLO VERMELHO Distrófico

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – PVd

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Machado, MG, UTM 23K 0389453 7609543, Datum Córrego Alegre, MG.

**SITUAÇÃO, DECLIVE, COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Corte de estrada, terço inferior de estrada, com declividade de 40%, sob pastagem de brachiária.

**ALTITUDE** – 954 m.

**LITOLOGIA** – gnaisses charnockíticos, enderbíticos, sieníticos e noríticos, com intercalações de granulitos básicos.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Bloco São Paulo, cinturão de Alto Grau Alfenas, Complexo Varginha.

**PERÍODO** – arqueano.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – gnaisses.

**PEDREGOSIDADE** – não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – não rochosa.

**RELEVO LOCAL** – forte ondulado

**RELEVO REGIONAL** – forte ondulado a montanhoso

**EROSÃO** – não aparente

**DRENAGEM** – bem drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Mata atlântica

**USO ATUAL** – pastagem

**CLIMA** – Cwa, na classificação de köppen

**DESCRITO E COLETADO POR** – Hélcio Andrade e Lúcio do Carmo Moura

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A 0-20 cm; bruno escuro (7,5YR 3/4 úmido), bruno avermelhado (5 YR 4/4 úmido amassado) e bruno escuro (7,5 YR 4/4 seco); moderada; muito pequena, pequena, média; granular; ligeiramente dura; muito friável; muito plástica; pegajosa.

B 20-60 cm; vermelho-escuro (2,5YR 5/6 úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/6 seco); forte; muito pequena, pequena, média; blocos angulares; comum; moderada; ligeiramente dura; muito friável; muito plástica; pegajosa, muito pegajosa.

BC 60-140+ cm; vermelho (2,5YR 4/6 úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/8 seco); fraca; muito pequena, pequena, média; blocos angulares; pouca; fraca; macia; muito friável; muito plástica; pegajosa, muito pegajosa.

*Foto1*



ARGISSOLO VERMELHO Distrófico

## DESCRIÇÃO GERAL (P2)

### **PERFIL 2**

**DATA** – 19/09/2006

**CLASSIFICAÇÃO** – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – LVd

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Machado, MG, UTM 23K 0390683 7610343, Datum Córrego Alegre, MG.

**SITUAÇÃO, DECLIVE, COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – corte de estrada, terço inferior de encosta, com declividade de 6%, sob eucalipto.

**ALTITUDE** – 1.026 m

**LITOLOGIA** – gnaisses charnockíticos, enderbíticos, sieníticos e noríticos, com intercalações de granulitos básicos.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Bloco São Paulo, cinturão de Alto Grau Alfenas, Complexo Varginha.

**PERÍODO** – arqueano.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – gnaisses.

**PEDREGOSIDADE** – não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – não rochosa.

**RELEVO LOCAL** – plano a moderadamente ondulado

**RELEVO REGIONAL** – forte ondulado a montanhoso

**EROSÃO** – não aparente

**DRENAGEM** – bem drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Mata atlântica

**USO ATUAL** – reflorestamento (eucalipto)

**CLIMA** – Cwa, na classificação de köppen

**DESCRITO E COLETADO POR** – Hélcio Andrade e Lúcio do Carmo Moura

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

AP 0-30 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido), vermelho escuro (2,5YR 3/6 úmido amassado) e vermelho-amarelado (5YR 5/6 seco); moderada; muito pequena, pequena, média; granular; macia; muito friável; plástica; pegajosa.

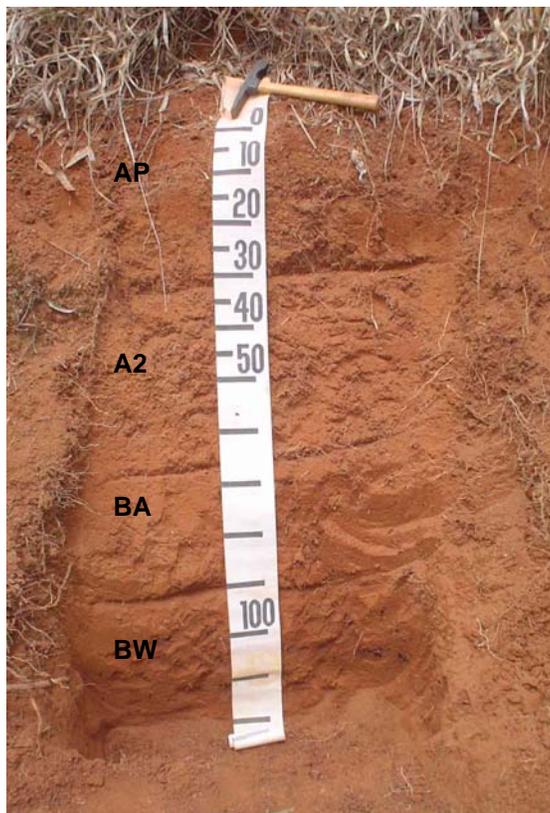
A2 30-68 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido) e vermelho-amarelado (5YR 4/6 seco); moderada; muito pequena, pequena, média; granular; macia; muito friável; muito plástica; pegajosa.

BA 68-90 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido) e vermelho-amarelado (5YR 4/6 seco); forte; muito pequena; granular; macia; muito friável; muito plástica; pegajosa.

BW 90-120+ cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido) e vermelho-amarelado (5YR 4/6 seco); forte; muito pequena; granular; macia; muito friável; muito plástica; pegajosa.

**RAÍZES** – Raízes finas abundantes no AP e, no A2 comuns, poucas no BA, raras no B, presença de carvão vegetal no BA e B

**Foto2**



**LATOSSOLO VERMELHO Distrófico**

## DESCRIÇÃO GERAL (P3)

### **PERFIL 3**

**DATA** – 19/09/2006

**CLASSIFICAÇÃO** – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – LVd

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Machado, MG, UTM 23K 0392319 7611330, Datum Córrego Alegre, MG.

**SITUAÇÃO, DECLIVE, COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Corte de barranco de terreiro de café, com declividade de 8%, sob plantação de café.

**ALTITUDE** – 989 m

**LITOLOGIA** – gnaisses charnockíticos, enderbíticos, sieníticos e noríticos, com intercalações de granulitos básicos.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Bloco São Paulo, cinturão de Alto Grau Alfenas, Complexo Varginha.

**PERÍODO** – arqueano.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – gnaisses.

**PEDREGOSIDADE** – não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – não rochosa.

**RELEVO LOCAL** – plano a moderadamente ondulado

**RELEVO REGIONAL** – forte ondulado a montanhoso

**EROSÃO** – não aparente

**DRENAGEM** – bem drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Mata atlântica

**USO ATUAL** – cafezal

**CLIMA** – Cwa, na classificação de köppen

**DESCRITO E COLETADO POR** – Hécio Andrade e Lúcio do Carmo Moura

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-25 cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6 úmido), vermelho-amarelado (5YR 4/6 úmido amassado) e bruno forte (7,5YR 5/6 seco); moderada; muito pequena, pequena, média; granular; ligeiramente dura; muito friável; plástica; pegajosa.

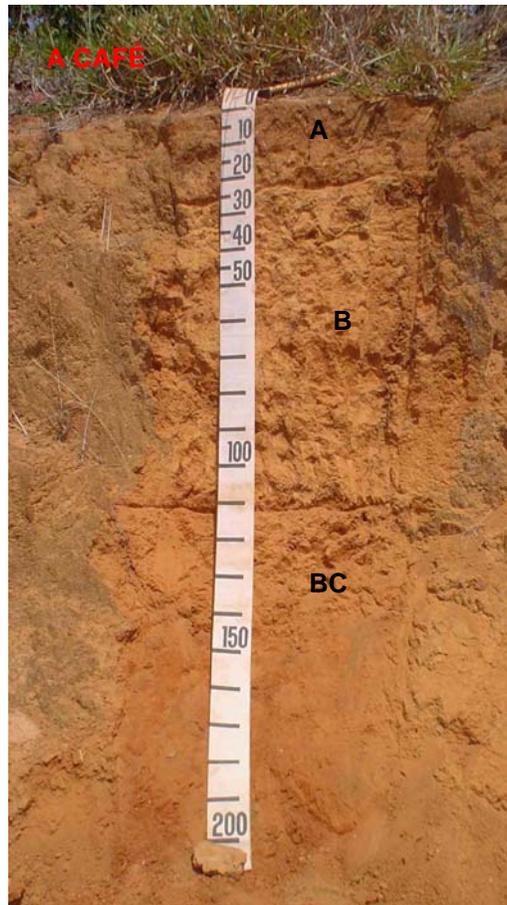
B 25-110 cm; vermelho (2,5YR 4/6 úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8 seco); forte; muito pequena; granular; macia; muito friável; plástica; pegajosa.

BC 110-200 cm; vermelho (2,5YR 4/6 úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8 seco); forte; muito pequena; granular; macia; muito friável; plástica; pegajosa.

A café; bruno avermelhado escuro (5YR 3/3 úmido), bruno avermelhado (5YR 4/4 úmido amassado) e bruno (7,5YR 4/4 seco); moderada; muito pequena, pequena, média; granular; dura; muito friável; muito plástica; pegajosa.

**OBSERVAÇÕES:** Perfil descrito e coletado em barranco de terreiro de café, parte do horizonte A decapitado

*Foto3*



LATOSSOLO VERMELHO Distrófico

## DESCRIÇÃO GERAL (P4)

### **PERFIL 4**

**DATA** – 19/09/2006

**CLASSIFICAÇÃO** – GLEISSOLO MELÂNICO Alumínico

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – GMa

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Machado, MG, UTM 23K 0396565 7604089, Datum Córrego Alegre, MG.

**SITUAÇÃO, DECLIVE, COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Coleta do horizonte A em vala de dreno (várzea), com declividade de 0-3%, sob pastagem

**ALTITUDE** – 934 m

**LITOLOGIA** – gnaisses charnockíticos, enderbíticos, sieníticos e noríticos, com intercalações de granulitos básicos.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Bloco São Paulo, cinturão de Alto Grau Alfenas, Complexo Varginha.

**PERÍODO** – arqueano.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – gnaisses.

**PEDREGOSIDADE** – não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – não rochosa.

**RELEVO LOCAL** – plano

**RELEVO REGIONAL** – forte ondulado a montanhoso

**EROSÃO** – não aparente

**DRENAGEM** – mau drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Mata atlântica

**USO ATUAL** – pastagem

**CLIMA** – Cwa, na classificação de köppen

**DESCRITO E COLETADO POR** – Hécio Andrade e Lúcio do Carmo Moura

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A1 0-10 cm; preto (2,5YR 2,5/0 úmido), preto (2,5YR 2,5/0 úmido amassado) e cinzento muito escuro (2,5YR 3/0 seco); moderada; muito pequena, pequena, média; granular; ligeiramente dura; friável; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajosa.

A2 10-20 cm; preto (2,5YR 2,5/0 úmido), preto (2,5YR 2,5/0 úmido amassado) e preto (2,5YR 2,5/0 seco); moderada; muito pequena, pequena, média; granular; dura; friável; plástica; pegajosa.

A3 20-40 cm; preto (2,5YR 2,5/0 úmido), preto (2,5YR 2,5/0 úmido amassado) e preto (2,5YR 2,5/0 seco); moderada; muito pequena, pequena, média; granular; dura; friável; plástica; ligeiramente pegajosa.

*Foto4*



GLEISSOLO MELÁNICO Aluminico

## DESCRIÇÃO GERAL (P5)

### **PERFIL 5**

**DATA** – 19/09/2006

**CLASSIFICAÇÃO** – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – RLd

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Machado, MG, UTM 23K 0402240 7602564, Datum Córrego Alegre, MG.

**SITUAÇÃO, DECLIVE, COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Corte em predeira, ombro de vertente de estrada, com declividade de 46%, sob pastagem de brachiária.

**ALTITUDE** – 943 m.

**LITOLOGIA** – gnaisses charnockíticos, enderbíticos, sieníticos e noríticos, com intercalações de granulitos básicos.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Bloco São Paulo, cinturão de Alto Grau Alfenas, Complexo Varginha.

**PERÍODO** – arqueano.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – gnaisses.

**PEDREGOSIDADE** – não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – não rochosa.

**RELEVO LOCAL** – montanhoso

**RELEVO REGIONAL** – forte ondulado a montanhoso

**EROSÃO** – não aparente

**DRENAGEM** – bem drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Mata atlântica

**USO ATUAL** – pastagem

**CLIMA** – Cwa, na classificação de Köppen

**DESCRITO E COLETADO POR** – Hécio Andrade e Lúcio do Carmo Moura

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A 0 – 35 cm; bruno muito escuro (10YR 2/2 úmido), bruno muito escuro (10YR 2/2 úmido) e bruno escuro (10YR 3/3 seco); fraca; muito pequena, pequena, média; granular; macia; muito friável; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajosa.

**RAÍZES** – raízes fasciculada comuns

*Foto5*



NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico

## DESCRIÇÃO GERAL (P6)

### **PERFIL 6**

**DATA** – 19/09/2006

**CLASSIFICAÇÃO** – ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – PVe

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Machado, MG, UTM 23K 0402695 7602164, Datum Córrego Alegre, MG.

**SITUAÇÃO, DECLIVE, COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Corte de estrada, terço médio de encosta, com declividade de 40%, sob bananal.

**ALTITUDE** – 892 m

**LITOLOGIA** – gnaisses charnockíticos, enderbíticos, sieníticos e noríticos, com intercalações de granulitos básicos.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Bloco São Paulo, cinturão de Alto Grau Alfenas, Complexo Varginha.

**PERÍODO** – arqueano.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – gnaisses.

**PEDREGOSIDADE** – não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – não rochosa.

**RELEVO LOCAL** – forte ondulado

**RELEVO REGIONAL** – forte ondulado a montanhoso

**EROSÃO** – não aparente

**DRENAGEM** – bem drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Mata atlântica

**USO ATUAL** – pastagem

**CLIMA** – Cwa, na classificação de Köppen

**DESCRITO E COLETADO POR** – Hécio Andrade e Lúcio do Carmo Moura

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

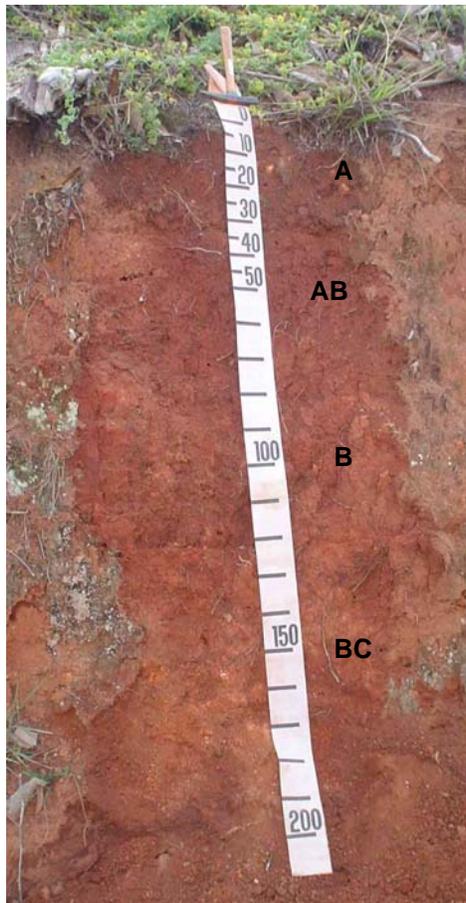
A 0 – 30 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido), vermelho (2,5YR 4/6 úmido amassado) e bruno forte (7,5YR 4/6 seco); moderada; muito pequena, pequena, média; granular; ligeiramente dura; muito friável; muito plástica; pegajosa.

AB 30 – 45 cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6 úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/6 seco); forte; muito pequena, pequena; blocos angulares; dura; muito friável; muito plástica; pegajosa.

B 45 – 120 cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6 úmido) e vermelho (2,5YR 5/8 seco); forte; muito pequena, pequena, média; blocos angulares; abundante; moderada; dura; muito friável; muito plástica; pegajosa.

BC 120 – 200+ cm; vermelho (2,5YR 4/8 úmido) e vermelho (2,5YR 4/6 seco); moderada; muito pequena, pequena, média; blocos subangulares; pouca; fraca; dura; muito friável; muito plástica; pegajosa.

**Foto6**



**ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico**

## DESCRIÇÃO GERAL (P7)

### **PERFIL 7**

**DATA** – 20/09/2006

**CLASSIFICAÇÃO** – NITOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – NVd

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Machado, MG, UTM 23K 0412928 7600584, Datum Córrego Alegre, MG.

**SITUAÇÃO, DECLIVE, COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Corte de estrada, terço inferior de estrada, com declividade de 30%, sob pastagem de brachiária.

**ALTITUDE** – 837 m

**LITOLOGIA** – gnaisses charnockíticos, enderbíticos, sieníticos e noríticos, com intercalações de granulitos básicos.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Bloco São Paulo, cinturão de Alto Grau Alfenas, Complexo Varginha.

**PERÍODO** – arqueano.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – gnaisses.

**PEDREGOSIDADE** – não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – não rochosa.

**RELEVO LOCAL** – forte ondulado

**RELEVO REGIONAL** – forte ondulado a montanhoso

**EROSÃO** – não aparente

**DRENAGEM** – bem drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Mata atlântica

**USO ATUAL** – pastagem

**CLIMA** – Cwa, na classificação de Köppen

**DESCRITO E COLETADO POR** – Hélcio Andrade e Lúcio do Carmo Moura

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

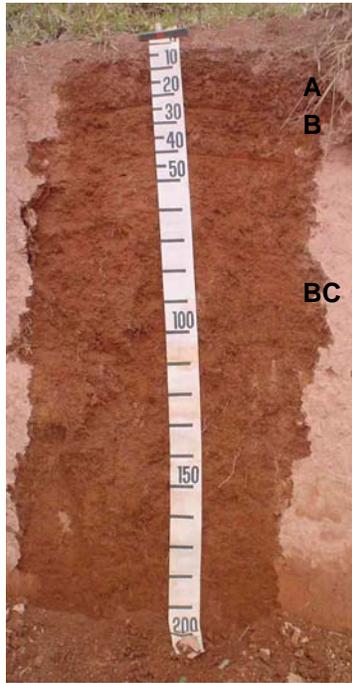
A 0-23 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido), vermelho (2,5YR 4/6 úmido amassado) e vermelho-amarelado (5YR 4/6 seco); forte; muito pequena, pequena, média; granular; ligeiramente dura; muito friável; plástica; pegajosa.

B 23-40 cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6 úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/6 seco); forte; muito pequena, pequena, média; granular; pouca; fraca; dura; friável; muito plástica; pegajosa.

BC 40-200+ cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6 úmido) e vermelho-escuro (2,5YR 5/6 seco); moderada; muito pequena, pequena, média; blocos subangulares; comum; moderada; dura; friável; muito plástica; pegajosa.

**RAÍZES** – Raízes fasciculadas comuns, poucas e raras no B.

**Foto7**



**NITOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO**

## DESCRIÇÃO GERAL (P8)

### **PERFIL 8**

**DATA** – 07/10/2002

**CLASSIFICAÇÃO** – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – LVAd

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Machado, MG, UTM 23K 402299 E 7605180 N, Datum Córrego Alegre, MG.

**SITUAÇÃO, DECLIVE, COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – descrito e coletado em barranco de corte de estrada no terço médio da encosta em declividade de 10% sob mata de reserva.

**ALTITUDE** – 960 m.

**LITOLOGIA** – gnaisses charnockíticos, enderbíticos, sieníticos e noríticos, com intercalações de granulitos básicos.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Bloco São Paulo, cinturão de Alto Grau Alfenas, Complexo Varginha.

**PERÍODO** – arqueano.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – gnaisses.

**PEDREGOSIDADE** – não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – não rochosa.

**RELEVO LOCAL** – ondulado.

**RELEVO REGIONAL** – forte ondulado a montanhoso.

**EROSÃO** – não aparente.

**DRENAGEM** – acentuadamente drenado.

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – floresta tropical subcaducifólia.

**USO ATUAL** – mata de reserva.

**CLIMA** – Cwa – tropical de altitude com chuvas de verão e verões brandos (köppen)

**DESCRITO E COLETADO POR** – H. S. Marques e Hécio Andrade

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0 – 40 cm; bruno escuro (7,5YR 3/4, seca) e bruno avermelhado escuro (5 YR 3/2, úmida); argilosa; forte; muito pequena a pequena, granular; ligeiramente dura, friável, ligeiramente pegajosa e plástica; transição ondulada clara.

A2 40 – 80 cm; bruno (7,5YR 4/4, seca) e bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmida); argilosa; moderada a forte, muito pequena a pequena, granular; ligeiramente dura, firme, ligeiramente pegajosa e plástica; transição ondulada e clara.

A3 80 – 105 cm; bruno avermelhado (5YR 4/4, seca) e Bruno avermelhado escuro (5YR 3/2, úmida); argilosa; forte, muito pequena a pequena, granular; dura; firme, ligeiramente pegajosa e plástica a muito plástica; transição ondulada e clara.

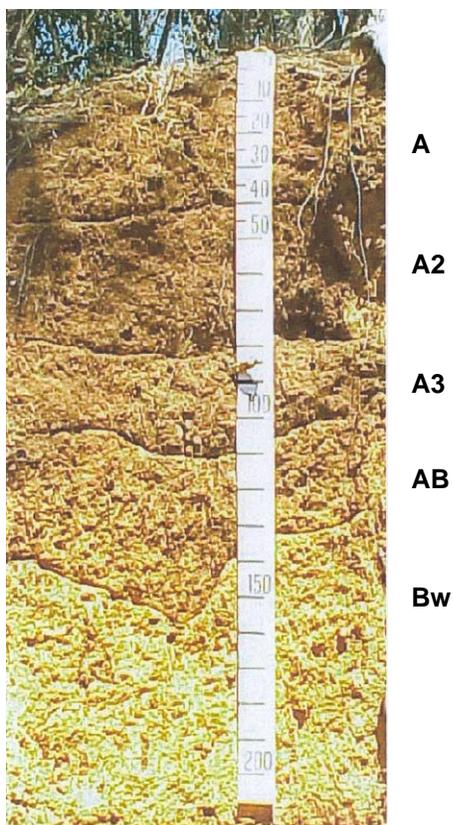
AB 105 – 135 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/6, seca) e bruno avermelhado escuro (5YR 4/4, úmida); argilosa; forte, pequena a média, granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente pegajosa e plástica; transição irregular e clara.

Bw 135 – 230+ cm; amarelo-avermelhado (7,5YR 7/8, seca) e vermelho-amarelado (5YR, úmida); argilosa; moderada a forte, muito pequena a pequena; macia; friável a muito friável, ligeiramente pegajosa e plástica a muito plástica.

RAÍZES – abundantes e muito firmes; médias no A1; comuns e finas nos A2, A3, e AB e raras; muito finas a finas no Bw.

OBSERVAÇÕES: existe grande atividade biológica do A1 até o Bw, no qual se destacam galerias de térmitas.

*Foto8*



LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico

## DESCRIÇÃO GERAL (P9)

### **PERFIL 9**

**DATA** – 07/10/2002

**CLASSIFICAÇÃO** – ARGISSELO VERMELHO Eutrófico típico.

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – PVe.

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Machado, MG, UTM 23K 402184 E 7606100 N, Datum Córrego Alegre, MG, fuso 23.

**SITUAÇÃO, DECLIVE, COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – descrito e coletado em barranco de corte de estrada entre terço médio e inferior da encosta em declividade de 22%, sob pastagem plantada.

**ALTITUDE** – 1.025 m.

**LITOLOGIA** – gnaisses charnockíticos, enderbíticos, sieníticos e noríticos, com intercalações de granulitos básicos.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Bloco São Paulo, cinturão de Alto Grau Alfenas, Complexo Varginha.

**PERÍODO** – arqueano.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – gnaisses.

**PEDREGOSIDADE** – não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – não rochosa.

**RELEVO LOCAL** – forte ondulado.

**RELEVO REGIONAL** – forte ondulado a montanhoso.

**EROSÃO** – não aparente.

**DRENAGEM** – moderadamente drenado.

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – floresta tropical subcaducifólia.

**USO ATUAL** – pastagem plantada.

**CLIMA** – Cwa – tropical de altitude com chuvas de verão e verões brandos (köppen)

**DESCRITO E COLETADO POR** – H. S. Marques e Hécio Andrade

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 35 cm; bruno (7,5YR 4/4, seca) e bruno avermelhado escuro (5 YR 3/3, úmida); argilosa; forte; muito pequena a pequena, blocos angulares e subangulares; dura, friável, ligeiramente pegajosa e plástica; transição ondulada e clara.

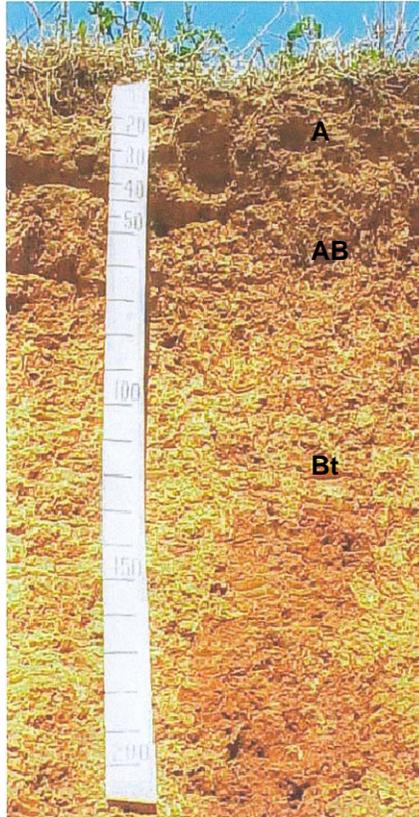
AB 35 – 60 cm; bruno forte ou bruno carregado (7,5YR 3/6, seca) e vermelho-escuro (10R 3/6, úmida); argilosa; forte, grande, blocos angulares e subangulares; extremamente dura, muito firme, cerosidade forte e abundante; pegajosa e plástica a muito plástica.

Bt 60 – 200+ cm; vermelho escuro (2,5YR 4/4, seca) e bruno avermelhado escuro (5YR 3/2, úmida); argilosa; forte, muito pequena a pequena, granular; dura; firme, ligeiramente pegajosa e plástica a muito plástica; transição ondulada e clara.

**RAÍZES** – abundantes e muito finas a finas e fasciculadas no A; comuns; muito finas e fasciculadas no AB e raras e muito finas no Bt.

**OBSERVAÇÕES:** horizonte A proeminente.

**Foto9**



**ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico**

## DESCRIÇÃO GERAL (P10)

### **PERFIL 10**

**DATA** – 07/10/2002

**CLASSIFICAÇÃO** – ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico.

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – PVAd.

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Machado, MG, UTM 23K 401036 E 7605111 N, Datum Córrego Alegre, MG.

**SITUAÇÃO, DECLIVE, COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – descrito e coletado em barranco de corte de estrada em terço inferior da encosta em declividade de 14%, sob pastagem plantada.

**ALTITUDE** – 895 m.

**LITOLOGIA** – gnaisses charnockíticos, enderbíticos, sieníticos e noríticos, com intercalações de granulitos básicos.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Bloco São Paulo, cinturão de Alto Grau Alfenas, Complexo Varginha.

**PERÍODO** – arqueano.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – gnaisses.

**PEDREGOSIDADE** – não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – não rochosa.

**RELEVO LOCAL** – ondulado.

**RELEVO REGIONAL** – forte ondulado.

**EROSÃO** – não aparente.

**DRENAGEM** – moderadamente drenado.

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – floresta tropical subcaducifólia.

**USO ATUAL** – pastagem plantada.

**CLIMA** – Cwa – tropical de altitude com chuvas de verão e verões brandos (köppen)

**DESCRITO E COLETADO POR** – H. S. Marques e Hécio Andrade

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0-30 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/6, seca) e vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmida); textura média; forte; pequena a média, blocos angulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente pegajosa e plástica; transição plana e clara.

AB 30-45 cm; amarelo-avermelhado (5YR 6/6, seca) e vermelho (2,5YR 4/6, úmida); textura média; forte, pequeno a média, blocos angulares; ligeiramente dura, muito friável a friável; ligeiramente pegajosa e plástica; transição plana e clara.

Bt1 45-85 cm; vermelho (2,5YR 5/6, seca) e vermelho (2,5YR 4/8, úmida); argilosa; forte, média a grande, blocos angulares; ligeiramente dura; muito friável; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente pegajosa e muito plástica; transição plana e clara.

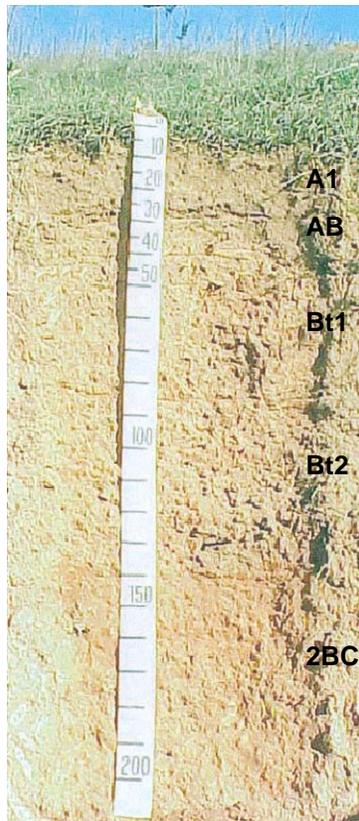
Bt2 85-140 cm; vermelho (2,5YR 5/8, seca) e vermelho (2,5YR 4/8, úmida); argilosa; moderada a forte, média a grande, blocos angulares; ligeiramente dura a dura; friável a firme; cerosidade fraca e pouca; pegajosa e muito plástica; transição plana e clara.

2BC 140-200+ cm; vermelho-claro (10R 6/6, seca) e vermelho (10R 4/8, úmida); argilosa; fraca a moderada, grande, blocos angulares; ligeiramente dura; muito friável; pegajosa e muito plástica.

RAÍZES – abundantes e finas a médias e fasciculadas no A1; comuns; finas e fasciculadas no AB, poucas e finas a muito finas nos Bt1 e Bt2 e raras e muito finas no 2BC.

OBSERVAÇÕES: linhas de pedras a 100-150 cm de profundidade no perfil, contendo cascalhos argilosos, quartzos angulosos, nódulos argilo-arenosos e concreções.

*Foto10*



ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico

## **ANEXO B – LISTA DE TABELAS**

<b>ANEXO B</b>		<b>Página</b>
TABELA 1	Tipos de mapas de solo, utilização, escala de publicação e área mínima mapeável.....	18
TABELA 2	Principais parâmetros da definição da qualidade do registro das imagens obtidas por satélite.....	40
TABELA 3	Taxa de crescimento das áreas ocupadas com cafezais / Machado – MG (dados do IBGE).....	55
TABELA 4	Taxa de crescimento das áreas ocupadas com cafezais/Machado – MG (dados da interpretação de imagens obtida por satélite).....	56
TABELA 5	Taxa de crescimento da ocupação por cafezais em função da declividade/Machado - MG.....	58
TABELA 6	Uso da terra em Machado/MG - Área em hectares....	65
TABELA 7	Índice de concentração de cafezais de Machado/MG	65
TABELA 8	Propriedades químicas dos perfis de solo.....	69
TABELA 9	Características físicas dos perfis de solos.....	71

## **ANEXO C – LISTA DE QUADROS**

<b>ANEXO C</b>	<b>Página</b>
QUADRO 1 Limitações e alternativas de uso da terra.....	26
QUADRO 2 Simbologia da classificação de aptidão agrícola.	27
QUADRO 3 Simbologia da classificação de aptidão agrícola no sistema FAO/brasileiro modificado.....	38
QUADRO 4 Quadro-guia de avaliação da aptidão agrícola das terras – Clima tropical úmido.....	51
QUADRO 5 Graus de limitação atribuídos às terras do município de Machado/MG.....	52
QUADRO 6 Quadro-guia de avaliação da aptidão agrícola das terras (modificado) – Clima tropical úmido.....	53
QUADRO 7 Relação entre as classificações de aptidão agrícola e solos.....	82

## ANEXO D – LISTA DE FIGURAS

<b>ANEXO D</b>		<b>Página</b>
FIGURA 1	Minas Gerais – Área plantada de café 1960 – 2000 ..	4
FIGURA 2	Município de Machado – Minas Gerais.....	9
FIGURA 3	Tela inicial do programa AvaAgrícola.....	47
FIGURA 4	Tela de inserção de Quadros Guia e/ou tabelas para avaliação.....	48
FIGURA 5	Tela de registro de Quadros Guia.....	48
FIGURA 6	Tela de registro de tabelas para avaliação.....	49
FIGURA 7	Tela de resultados.....	50
FIGURA 8	Evolução da área plantada com cafeeiros no município de Machado–MG, entre os anos de 1959/60 a 2003 (dados do IBGE).....	54
FIGURA 9	Evolução da área plantada com cafeeiros no município de Machado–MG, entre os anos de 1966 a 2005.....	56
FIGURA 10	Mapa das áreas ocupadas por cafezais no município de Machado-MG em 1966.....	59
FIGURA 11	Mapa das áreas ocupadas por cafezais no município de Machado-MG em 1975.....	60
FIGURA 12	Mapa das áreas ocupadas por cafezais no município de Machado-MG em 1990.....	61
FIGURA 13	Mapa das áreas ocupadas por cafezais no município de Machado-MG em 2000.....	62
FIGURA 14	Mapa das áreas ocupadas por cafezais no município de Machado-MG em 2005.....	63

FIGURA 15	Áreas ocupadas por cafezais em relação às classes de altitude no município de Machado, MG, no período de 1966 a 2005.....	64
FIGURA 16	Solos – Município de Machado/MG.....	67
FIGURA 17	Distribuição da área em função da classe de solos no município de Machado/MG.....	68
FIGURA 18	Área em função da classe de aptidão agrícola das terras no município de Machado/MG.....	73
FIGURA 19	Aptidão agrícola das terras, município de Machado, MG.....	74
FIGURA 20	Áreas ocupadas com cafezais em função da aptidão agrícola das terras no município de Machado/MG.....	76
FIGURA 21	Ocupação com cafezais em função da aptidão Agrícola das terras - município de Machado/MG 1966.....	77
FIGURA 22	Ocupação com cafezais em função da aptidão Agrícola das terras - município de Machado/MG 1975.....	78
FIGURA 23	Ocupação com cafezais em função da aptidão Agrícola das terras - município de Machado/MG 1990.....	79
FIGURA 24	Ocupação com cafezais em função da aptidão Agrícola das terras - município de Machado/MG 2000.....	80
FIGURA 25	Ocupação com cafezais em função da aptidão Agrícola das terras - município de Machado/MG 2005.....	81
FIGURA 26	Aptidão agrícola das terras, município de Machado/MG – Sistema FAO/brasileiro – modificado.....	84

## ANEXO E – PONTOS DE AFERIÇÃO

UTM Norte	UTM Leste
388791	7605723
389445	7609568
389445	7609568
389453	7609543
390231	7609557
390683	7610343
390894	7610399
391064	7609207
392299	7611332
392319	7611330
392493	7602076
392543	7611145
392750	7613213
394035	7607935
395675	7611232
396565	7604089
399571	7604183
399612	7603237
401036	7605111
402184	7606100
402240	7602564
402299	7605180
402695	7602164
402699	7602161
403467	7615769
403499	7611732
405285	7597377
406908	7602563
408065	7611058
409702	7611296
412471	7607215
412914	7600559
412928	7600584
413726	7605142
414064	7599670
420287	7597065
421973	7598349
422700	7593688
423618	7592601
424247	7593044
424407	7592567