

**Universidade de São Paulo
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**Sistema de informações geográficas e classificação de capacidade de uso
da terra aplicados no diagnóstico de intensidade de uso na bacia
hidrográfica do rio Ji-Paraná (RO)**

André Marcondes Andrade Toledo

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Química na
Agricultura e no Ambiente**

**Piracicaba
2006**

André Marcondes Andrade Toledo
Engenheiro Agrônomo

**Sistema de informações geográficas e classificação de capacidade de uso da terra aplicados
no diagnóstico de intensidade de uso na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná (RO)**

Orientadora:
Profa. Dra. MARIA VICTORIA RAMOS BALLESTER

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Química na Agricultura
e no Ambiente**

Piracicaba
2006

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Toledo, André Marcondes Andrade

Sistema de informações geográficas e classificação de capacidade de uso da terra aplicados no diagnóstico de intensidade de uso na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná (RO) / André Marcondes Andrade Toledo. - - Piracicaba, 2006.

107 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2006.

Bibliografia.

1. Bacia hidrográfica
 2. Fertilidade do solo
 3. Geoestatística
 4. Geoprocessamento
 5. Proteção ambiental
 6. Recurso natural
 7. Sensoriamento remoto
- I. Título

CDD 551.483

Aos meus pais, Wilmony (in memorian) e Cecília,
minha avó Zilda (in memorian),
minhas referências, fontes de energia e inspiração,
por minha formação pessoal e acadêmica,

meus filhos Diego e o bebê (prestes a chegar),
por proporcionarem-me a alegria de ser pai,
a coragem e a força para vencer os desafios

e à minha querida esposa Juliana
pelo carinho, compreensão e apoio

dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, a saúde e a união da minha família.

À Profa. Dra. Maria Victória Ramos Ballester, pela orientação, confiança, amizade e paciência durante todos esses anos de convivência.

Aos professores Dr. Reynaldo Luiz Victória e Luiz Antonio Martinelli, pelos ensinamentos e constante apoio.

Ao Dr. Franciso Lombardi Neto e Dra. Monica Luri Giboshi, pelo apoio, paciência e a expressiva contribuição para o delineamento deste trabalho.

Aos amigos Ana Luíza, Fabrício (i.m.) e Letícia, pela paciência e ajuda, os quais foram extremamente importantes para a execução deste trabalho.

Aos amigos e integrantes do LGTI e laboratório de Ecologia Isotópica, Alailson, Alex, Alexandre, Cátia, Daniel, Daniela, Erich, Ana Luíza, Fátima, Gabi, José Mauro, Laís, Letícia, Marcos, Michelle, Nei, Neusa, Perinho, Pira, Salomão, Sandra, Sérgio, Vânia aos colegas da pós-graduação, e às meninas da secretaria de pós-graduação Neuda, Alzira, Cláudia e Regina, pela amizade, constante apoio e as palavras de incentivo.

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, pela oportunidade concedida.

À FAPESP, pela bolsa de estudo concedida.

Aos profissionais do SEDAM e INCRA, em Porto Velho, e EMATER, no interior do estado de Rondônia, pela atenção, ajuda e esclarecimentos.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e proporcionaram-me, durante esses quatro anos de convivência, a alegria de ser um privilegiado membro da família do CENA,

MUITO OBRIGADO.

“Não se queixe diante da dificuldade; veja nela a oportunidade de evoluir”.

- SEICHO-NO-IE -

SÚMARIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 DESENVOLVIMENTO.....	18
2.1 Material e Métodos.....	18
2.1.1 <i>Área de estudo</i>	18
2.1.2 <i>Aquisição de dados e sistema de informações geográficas</i>	19
2.1.3 <i>Digitalização de dados e mapas e projeção dos mapas de solos</i>	24
2.1.4 <i>Análise geoestatística para elaboração do mapa de capacidade de troca de cátions</i>	25
2.1.5 <i>Levantamentos de campo</i>	26
2.1.6 <i>Sistema de classificação de capacidade de uso da terra</i>	27
2.1.6.1 <i>Categorias do sistema de classificação de capacidade de uso da terra</i>	27
2.1.6.2 <i>Sistema especialista para determinação das classes de capacidade de uso da terra</i>	30
2.1.6.3 <i>Fator erodibilidade do solo utilizado na classificação de capacidade de uso</i>	34
2.1.7 <i>Álgebra de mapas para análise espacial da intensidade de uso da terra</i>	35
2.2 Resultados e Discussão.....	37
2.2.1 <i>Bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná</i>	37
2.2.1.1 <i>Histórico do processo de ocupação da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná</i>	37
2.2.1.2 <i>Levantamentos de campo na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná</i>	39
2.2.1.3 <i>Distribuição espacial da capacidade de troca de cátions do solo</i>	44

2.2.1.4 Características físicas	44
2.2.1.5 Uso da terra.....	53
2.2.1.6 Classificação de capacidade de uso das terras da bacia do rio Ji-Paraná.....	55
2.2.1.7 Intensidade de uso das terras da bacia do rio Ji-Paraná	58
2.2.2 Sub-regiões	63
2.2.2.1 Observações de campo	63
2.2.2.2 Características dos aspectos físicos, químicos e do uso das terras nas sub-regiões.....	65
2.2.2.3 Classificação de capacidade de uso das terras das sub-regiões.....	71
2.2.2.4 Intensidade de uso das terras das sub-regiões.....	71
2.2.2.5 Desmatamentos em um período de três anos nas sub-regiões Cujubim e Urupá e a distribuição espacial da capacidade de troca de cátions efetiva	79
2.2.3 Análise de similaridade das classes de solos e de capacidade de uso das terras das sub-regiões em escalas distintas	84
3 CONCLUSÃO	92
REFERÊNCIAS	93
ANEXOS	102

RESUMO

Sistema de informações geográficas e classificação de capacidade de uso da terra aplicados no diagnóstico de intensidade de uso na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná (RO)

Nas últimas três décadas, a bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná, localizada no Estado de Rondônia, vem apresentando um cenário com altas taxas de desmatamento e intensificação do uso e manejo da terra, resultante dos projetos de colonização agrícola efetuados pelo Governo Federal. Nesse processo, as atividades agrícolas têm sido estabelecidas em ritmo muito acelerado e muitas vezes as características físicas da área são ignoradas como, por exemplo, o solo e a declividade do terreno, ocasionando o uso inadequado da terra e, conseqüentemente, a degradação dos recursos naturais. Este trabalho teve como objetivo geral identificar as relações entre o uso da terra e as características físicas da bacia do rio Ji-Paraná, tendo como foco a análise do uso sustentável do solo. Utilizou-se o sistema de classificação da capacidade de uso da terra com a entrada de dados referentes às características físicas e químicas dos solos e de declividade do terreno na bacia sob estudo e de quatro sub-regiões inseridas na mesma. Mapas de uso da terra foram utilizados, originados da classificação de imagens LANDSAT 7 ETM+ e CBERS-2, assim como outros mapas temáticos necessários para caracterização dos aspectos físicos. Além desses, mapas de distribuição espacial da capacidade de troca de cátions dos solos foram elaborados, através da interpolação de pontos de fertilidade do solo, os quais foram obtidos de levantamentos pedológicos realizados para o estado de Rondônia. Para o desenvolvimento da pesquisa foi empregado o Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os principais programas utilizados para a conversão, edição, processamento e exposição dos planos de informação, bem como para o processamento de imagens, foram o SPRING 4.0, ERDAS 8.7 e ArcGIS 9.0. Para a análise geoestatística foi utilizado o programa GS⁺5.0. Os resultados indicam a predominância de baixos valores da capacidade de troca de cátions efetiva dos solos da bacia. Este fato é corroborado com a expressiva ocorrência de limitações ao uso da terra relacionadas à fertilidade do solo, conforme resultados gerados da classificação da capacidade de uso da terra. A análise integrada das classes de capacidade de uso com as classes de uso da terra permitiu realizar o diagnóstico de intensidade de uso das terras da bacia do rio Ji-Paraná e das sub-regiões. Os resultados mostram que as terras das áreas sob estudo estão, em sua maioria, sendo utilizadas abaixo da capacidade de suporte, ou seja, subutilizadas. Por outro lado, interferências da ação antrópica foram identificadas em áreas de preservação permanente, configurando cenário de uso inadequado, com maior ocorrência na região central da bacia.

Palavras-chave: bacia do Ji-Paraná; geoprocessamento; geoestatística; área de preservação; sensoriamento remoto; recursos naturais; fertilidade do solo

ABSTRACT

Geographic Information system and classification of land use capacity applied in land use intensity analysis in Ji-Parana river basin (Rondônia - Brazil)

In the last three decades, the Ji-Paraná river basin, located in the Rondônia State - Brazil experienced high deforestation rates and an intensification of the land use and management, as a result of the colonization projects from the Federal Government. Agricultural activities have been established rapidly, sometimes ignoring the physical characteristics of the land causing degradation of the natural resources. The objective of this research was to identify the relationships between land use and the physical characteristics of the Ji-Paraná river basin, focusing in the natural resources sustentability. The land use capacity classification system was used. Data about physical and chemical characteristics of the soil and land slope of the entire basin and four detailed sub-areas were used. Along with land use maps and other thematic maps necessary for the characterization of the physical aspects and the land use intensity. In addition, spatial distribution map of soil cation exchange capacity (CEC) were elaborated, through the interpolation of soil fertility sample points, obtained from soil maps of Rondônia state. The programs SPRING 4.0, ERDAS 8.7 and ArcGIS 9 were used for conversion, edition, processing and exhibition of thematic maps and image processing. The program GS+5.0 was used for the geostatistical analisys. Results indicate the prevalence of low CEC values in the basin. This fact is corroborated with the expressive occurrence of land use limitations due to low soil fertility, according to results obtained in the land use capacity classification. The integrated analysis of the land use capacity map with the current land use resulted in the evaluation of land use intensity of the Ji-Paraná river basin and sub-areas. Results show that the land of the study area, in its majority, are being used below the support capacity, i.e., sub-used. On the other hand, interferences of the antropic action were identified in areas of preservation, configuring scenery of inadequate use, with larger occurrence in the central area of the basin.

Keywords: Ji-Paraná basin; geoprocessing; geostatistical; preservation area; remote sensing; natural resources; soil fertility

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná e das sub-regiões 19
- Figura 2 - Distribuição espacial dos perfis de solos, referente ao SIGTERON (Cochrane e Cochrane, 1998)..... 23
- Figura 3 - Distribuição dos pontos coletados nas atividades de campo realizadas em (1) novembro de 2002, na bacia do rio Ji-Paraná, e (2) dezembro de 2004, nas sub-regiões (a) Urupá, (b) Machadinho, (c) Cujubim e (d) Ariquemes 27
- Figura 4 - Esquema das categorias do sistema de classificação da capacidade de uso da terra (Lepsch, 1991) 28
- Figura 5 - Diagrama de fluxo do sistema especialista desenvolvido por GIBOSHI (1999) 31
- Figura 6 - Exemplo de classificação segundo a capacidade de uso da terra, obtida com a aplicação do sistema especialista desenvolvido por Giboshi (1999)..... 32
- Figura 7 - Resumo com alternativas de uso da terra e intensidade máxima de utilização (Adaptado de LEPSCH et al., 1991) 36
- Figura 8 - Atividades agrícolas diversificadas; fotos de algumas culturas identificadas durante levantamento de campo realizado na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná 40
- Figura 9 - Fotos (nov.2002) de área desmatada (a), no município de Vilhena, em solo de textura arenosa (b), com eliminação da mata ciliar nas APPs (c) e alta concentração de sedimento no rio decorrente das alterações da paisagem (d), perceptível pela diferença de tonalidade das águas no ponto de união de dois rios (e)..... 43
- Figura 10 - (1) Mapa de distribuição espacial da capacidade de troca de cátions efetiva (CTCef) e, (2) mapa com a CTCef dividida em classes; semivariograma ajustado com modelo exponencial; variância pepita: 0,29; patamar: 0,75; alcance (km): 47,4; coef. determ. (R²): 0,98; soma quad. resíd. (SQR): 0,000598 45
- Figura 11 - Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná (Fonte: IBGE, 1980 - Cartas do Brasil) 47
- Figura 12 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná 48

Figura 13 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná (EMBRAPA, 1983)	49
Figura 14 - Mapa de uso da terra (situação em 1999) da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná (Ballester et al., 2003).....	54
Figura 15 - Mapa de capacidade de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná	56
Figura 16 - Mapa de intensidade de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná.....	59
Figura 17 - Lavouras mal manejadas, identificadas durante levantamento de campo realizado nas sub-regiões	64
Figura 18 - Dados necessários para caracterização da sub-região Ariquemes e para aplicação do sistema de classificação de capacidade de uso da terra, com informações referentes à (a) localização dos perfis, (b) amostras de fertilidade do solo, (c) Imagem Landsat7 de 2001, (d) distribuição das classes de solos, (e) modelo digital de elevação do terreno e (f) declividade.....	66
Figura 19 - Dados necessários para caracterização da sub-região Urupá e para aplicação do sistema de classificação de capacidade de uso da terra, com informações referentes à (a) localização dos perfis, (b) amostras de fertilidade do solo, (c) Imagem Landsat7 de 2001, (d) distribuição das classes de solos, (e) modelo digital de elevação do terreno e (f) declividade	67
Figura 20 - Dados necessários para caracterização da sub-região Cujubim e para aplicação do sistema de classificação de capacidade de uso da terra, com informações referentes à (a) localização dos perfis, (b) amostras de fertilidade do solo, (c) Imagem Landsat7 de 2001, (d) distribuição das classes de solos, (e) modelo digital de elevação do terreno e (f) declividade.....	68
Figura 21 - Dados necessários para caracterização da sub-região Machadinho e para aplicação do sistema de classificação de capacidade de uso da terra, com informações referentes à (a) localização dos perfis, (b) amostras de fertilidade do solo, (c) Imagem Landsat7 de 2001, (d) distribuição das classes de solos, (e) modelo digital de elevação do terreno e (f) declividade	69
Figura 22 - (a) Mapa de capacidade de uso da terra da sub-região Ariquemes e (b) gráfico de área (em %) das classes de capacidade de uso	72
Figura 23 - (a) Mapa de capacidade de uso da terra da sub-região Urupá e (b) gráfico de área (em %) das classes de capacidade de uso	73

- Figura 24 - (a) Mapa de capacidade de uso da terra da sub-região Cujubim e (b) gráfico de área (em %) das classes de capacidade de uso..... 74
- Figura 25 - (a) Mapa de capacidade de uso da terra da sub-região Machadinho e (b) gráfico de área (em %) das classes de capacidade de uso..... 75
- Figura 26 - Mapa de intensidade de uso das terras das sub-regiões Ariquemes (a) e Urupá (b).. 76
- Figura 26 (continuação) - Mapa de intensidade de uso das terras das sub-regiões Cujubim (a) e Machadinho (b)..... 77
- Figura 27 - Mapas de situação de áreas ocupadas com floretas e sob atividades agropecuárias, na sub-região Cujubim, em 2001 (1) e 2004 (2); destaque da área desflorestada no período de três anos (3) e mapa de distribuição da CTCef do solo (4), determinado com os seguintes ajustes de semivariograma: *modelo*: exponencial; *variância pepita*: 0,042; *patamar*: 0,107; *alcance* (m): 8.430; coef. determ. (R^2): 0,80; soma quad. resíd. (SQR): 0,0012 80
- Figura 28 - Gráficos de área ocupada com floresta e atividade agropecuária em 2001 e 2004 (1) e gráfico da CTCef média nas área desmatadas antes de 2001 e no período entre 2001 e 2004 (2) 80
- Figura 29 - Intenso processo de desmatamento e exploração de madeira na sub-região Cujubim 81
- Figura 30 - Mapas de situação de áreas ocupadas com floretas e sob atividades agropecuárias, na sub-região Urupá, em 2001 (1) e 2004 (2), destaque da área desflorestada no período de três anos (3) e mapa da distribuição espacial da CTCef do solo (4), determinado com os seguintes ajustes de semivariograma: *modelo*: exponencial; *variância pepita*: 0,78; *patamar*: 2,01; *alcance* (m): 3.760; coef. determ. (R^2): 0,82; soma quad. resíd. (SQR): 0,24..... 82
- Figura 31 - Gráficos de área ocupada com floresta e atividade agropecuária, na sub-região Urupá, em 2001 e 2004 (1) e gráfico da CTCef média nas área desmatadas antes de 2001 e no período entre 2001 e 2004 (2) 83
- Figura 32 - Sub-região Ariquemes; (a) mapa de solos - escala 1:50.000, (b) mapa de solos - escala 1:500.000, (c) mapa de capacidade de uso da terra - escala 1:50.000 e, (d) mapa de capacidade de uso - escala 1:500.000 87
- Figura 33 - Sub-região Urupá; (a) mapa de solos - escala 1:50.000, (b) mapa de solos - escala 1:500.000, (c) mapa de capacidade de uso da terra - escala 1:50.000 e, (d) mapa de capacidade de uso - escala 1:500.000 88

- Figura 34 - Sub-região Cujubim; (a) mapa de solos - escala 1:50.000, (b) mapa de solos - escala 1:500.000, (c) mapa de capacidade de uso da terra - escala 1:50.000 e, (d) mapa de capacidade de uso - escala 1:500.000 89
- Figura 35 - Sub-região Machadinho; (a) mapa de solos - escala 1:50.000, (b) mapa de solos - escala 1:500.000, (c) mapa de capacidade de uso da terra - escala 1:50.000 e, (d) mapa de capacidade de uso - escala 1:500.000..... 90
- Figura 36 - Análise de similaridade das classes apresentadas nos mapas de solo e de capacidade de uso da terra, das sub-regiões Ariquemes, Urupá, Cujubim e Machadinho, nas escalas 1:50.000 e 1:500.000..... 91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Imagens CBERS-2, sensor CCD, de recobrimento das sub-regiões Urupá e Cujubim, referentes ao ano de 2004 (www.dgi.inpe.br/CDSR/)	20
Tabela 2 - Classes de declividade (CD), expressa em porcentagem.	22
Tabela 3 - Diâmetro médio de cada classe textural para o cálculo do diâmetro médio ponderado das partículas.	35
Tabela 4 - Classes de capacidade de troca de cátions efetiva (CTCef) determinadas na bacia do rio Ji-Paraná	46
Tabela 5 - Representação gráfica do modelo digital de elevação do terreno da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná.	50
Tabela 6 - Distribuição das classes de declividade determinadas na bacia bacia do Ji-Paraná.	50
Tabela 7 - Classificação taxonômica e área dos solos mapeados na bacia do rio Ji-Paraná	51
Tabela 8 - Distribuição das classes de uso da terra (ano - 1999) na bacia bacia do Ji-Paraná	55
Tabela 9 - Classes de capacidade de uso da terra da bacia do rio Ji-Paraná	58
Tabela 10 - Grau de intensidade de uso da terra na bacia do rio Ji-Paraná	60
Tabela 11 - Grau de intensidade de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APPs) na bacia do Ji-Paraná	61
Tabela 12 - Distribuição das classes de solo das sub-regiões.	70
Tabela 13 - Distribuição das classes de declividade das sub-regiões	70
Tabela 14 - Grau de intensidade de uso das terras das sub-regiões.	78
Tabela 15 - Grau de intensidade de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APPs) nas sub-regiões	78

1 Introdução

A colonização agrícola da região norte do Brasil, iniciada a partir de 1970, atraiu milhares de migrantes. Este processo estava associado à modernização no campo que ocorria nas regiões sul e sudeste do país, onde as tradicionais formas de cultivo do café estavam sendo substituídas por plantações mecanizadas, em larga escala, de soja, trigo, cana-de-açúcar e pela pecuária. Estas mudanças reduziram a necessidade de trabalhadores no campo, forçando a migração para outras regiões. A modernização no campo também acelerou o êxodo rural para as grandes metrópoles e as regiões de fronteira, no norte do país, passaram a ser vistas pelo poder público como uma forma de desacelerar este processo.

A partir de 1970, os projetos de colonização oficial do Governo Federal, gerenciados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), foram gradativamente implantados na região norte, alterando a estrutura de posse e uso da terra no decorrer de três décadas. Esses projetos tinham como objetivo disciplinar o assentamento desordenado de colonos que vinha ocorrendo (MATRICARDI, 1997). Entretanto, devido ao estabelecimento apressado de áreas destinadas para tais propósitos, as variações na qualidade dos solos e as características topográficas e hidrográficas das mesmas foram ignoradas e alguns projetos foram implantados em áreas provavelmente inadequadas (FEARNSIDE, 1987). Além disso, muitas áreas preservadas, determinadas como reserva legal, foram invadidas por migrantes e posseiros, os quais fizeram uso do desmatamento como meio de legitimar a ocupação.

Neste contexto, a intensificação do desmatamento, visando a exploração comercial da madeira e abertura de áreas para a introdução de atividades agropecuárias, tem promovido expressiva alteração da paisagem da Amazônia legal brasileira. Até o ano de 1999 a área desmatada na mesma foi estimada em 589.000 km² (BRASIL, 2001). Desse total, o estado de Rondônia tem uma expressiva participação, 58.000 km² (9,8%), o que corresponde a aproximadamente 24% da área total do Estado.

Analisando as taxas de desmatamento no estado de Rondônia nos últimos 25 anos, observa-se uma tendência de aumento exponencial (BRASIL, 2001). Em 1978 a área desmatada correspondia a 1.216 km², ou seja, 0,5% da área total do Estado. Em apenas dois anos a área aumentou para 7.579 km² (3,1%). Quatro anos mais tarde esse número praticamente dobrou, passando para 13.955 km². A partir de 1984, com o término da pavimentação da rodovia Cuiabá-

Porto Velho (BR-364), observou-se uma grande migração de colonos para o Estado de Rondônia, acentuando ainda mais a derrubada de florestas e intensificando o uso e manejo da terra. O resultado do processo de ocupação e colonização agrícola desta região, concentrado no entorno da BR-364, foi a substituição de áreas de vegetação nativa por cultivos agrícolas e a formação de pastagens.

Diante deste cenário de expansão das áreas agrícolas e do aumento dos problemas ambientais decorrentes da utilização inadequada da terra, não somente em Rondônia, mas também em todo o território nacional, tem sido de extrema importância o desenvolvimento de pesquisas com o objetivo de diagnosticar os problemas e indicar o potencial das terras para a determinação do seu melhor uso. Neste contexto, é imprescindível a aplicação de um sistema de classificação da capacidade do uso das terras (SCCUT), tal qual o desenvolvido por Lepsch et al. (1991), para orientar ações que visam promover o uso e manejo sustentável dos recursos naturais, garantindo sua conservação para gerações futuras.

A classificação da capacidade de uso das terras foi definida por Marques (1971) como a identificação, discriminação, quantificação, interpretação e mapeamento de um conjunto mínimo de condições e características da terra, condicionadores de sua capacidade de uso. Elaborado, primordialmente, para trabalhos de conservação do solo, leva em consideração fatores que não dizem respeito apenas a este fim. Assim, face ao grande número de informações geradas, o SCCUT permite uma ampla utilização.

Nos últimos anos, esse sistema tem sido muito aplicado em pesquisas que visam o planejamento de uso da terra, zoneamentos agrícolas, valoração das terras e legalização de áreas de preservação ambiental, utilizando como áreas de estudo microbacias hidrográficas ou municípios (GIBOSHI, 2005; FARIA FILHO e ARAUJO, 2003; FUJIHARA, 2002; OLIVEIRA, 2001; YOUNG, 2000; PARISE, 1999; FOCHT, 1998; FIORIO et al., 2000; SPAROVEK e LEPSCH, 1998; STEFANI et al., 1996).

Através do levantamento de dados, acompanhado de uma base cartográfica com escala compatível à proposta do estudo, da aquisição de produtos de sensoriamento remoto e utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e, ainda, atividades de campo, é possível traçar um perfil da capacidade de uso das terras para posterior recomendação do melhor aproveitamento dos solos da área sob estudo. Neste contexto, de posse de todos esses componentes, o SCCUT

pode ser utilizado como elemento enriquecedor para nortear novos estudos realizados na mesoescala, como a bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná, situada no estado de Rondônia, a qual abrange aproximadamente 1/3 da área do estado.

Neste sentido, frente à grande quantidade de informações disponíveis referentes aos aspectos físicos e antrópicos da bacia do rio Ji-Paraná, as quais fornecem uma excelente base para o estabelecimento de novas aplicações do SCCUT, este trabalho teve como objetivo geral identificar as relações entre o uso da terra e as características físicas e socioeconômicas da bacia, tendo como foco o uso sustentável do solo.

Face aos aspectos anteriormente mencionados, foram levantadas as seguintes hipóteses:

- I. A intensificação do desmatamento no estado de Rondônia, decorrente dos programas de colonização, iniciados na década de 70 pelo Governo Federal, tem promovido a introdução de atividades agropecuárias em extensas áreas com características físicas impróprias para o uso e manejo intensivo, ocasionando a degradação dos recursos naturais.
- II. Na bacia do rio Ji-Paraná as maiores influências na degradação do ambiente devem ser provenientes das zonas que predominam as maiores propriedades, nas quais ocorre maior intensidade de uso e revolvimento do solo, em comparação àquelas em que predominam os colonos, com posse de pequenos lotes de terra, em função de suas limitações econômicas.

2 Desenvolvimento

2.1 Material e Métodos

2.1.1 Área de estudo

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná, localizada na porção leste do estado de Rondônia (Figura 1), a qual estende-se por aproximadamente 75.400 km² em uma região com uma das maiores taxas de desmatamento da Amazônia (Brasil, 2001).

O curso do rio Ji-Paraná projeta-se na direção sul-norte vindo do planalto de Vilhena, onde ficam as cabeceiras de seus formadores, os rios Comemoração de Floriano e Pimenta Bueno. Tanto a região das nascentes, como o trecho final, próximo a sua foz no rio Madeira, apresentam baixo grau de alteração na cobertura e uso do solo (menos de 10%). Em contrapartida, na região central da bacia o cenário é caracterizado por um processo intenso de ocupação, configurando uma típica região alterada, na qual predomina um mosaico de pastagens com ilhas remanescentes de florestas, principalmente ao longo da BR 364. Tal cenário decorre da implantação de grandes projetos de colonização a partir do início da década de 70 e abriga a maior parte das áreas alteradas do estado de Rondônia.

O clima predominante na região, segundo a classificação de Koppen, é Aw (Tropical quente-úmido), com duas estações definidas: seca (junho a setembro) e chuvosa (outubro a maio). Considerando a média anual, a temperatura é de 25,2° C, a precipitação pluviométrica varia entre 1750 mm e 2750 mm e a Umidade Relativa é de 85% (FUJISAKA, 1996). O relevo da bacia do Ji-Paraná é suave em toda sua extensão, com altitudes variando entre um mínimo de 55m e um máximo de 640m (BALLESTER et al., 2003).

A Figura 1 também mostra a localização de quatro sub-regiões distribuídas na bacia do Ji-Paraná. Estas áreas foram selecionadas por apresentarem informações detalhadas com relação às propriedades dos solos, as quais são adequadas para atender o objetivo da pesquisa e auxiliar na avaliação da classificação de capacidade de uso da terra na escala dos dados disponíveis para toda a bacia do rio Ji-Paraná. As sub-regiões Ariquemes, Cujubim e Machadinho localizam-se na porção norte da bacia e possuem área de aproximadamente 482, 350 e 1700 km²,

respectivamente. A sub-região Urupá localiza-se na parte central, área mais alterada e sob maior influência da ação antrópica, com área de aproximadamente 652 km².

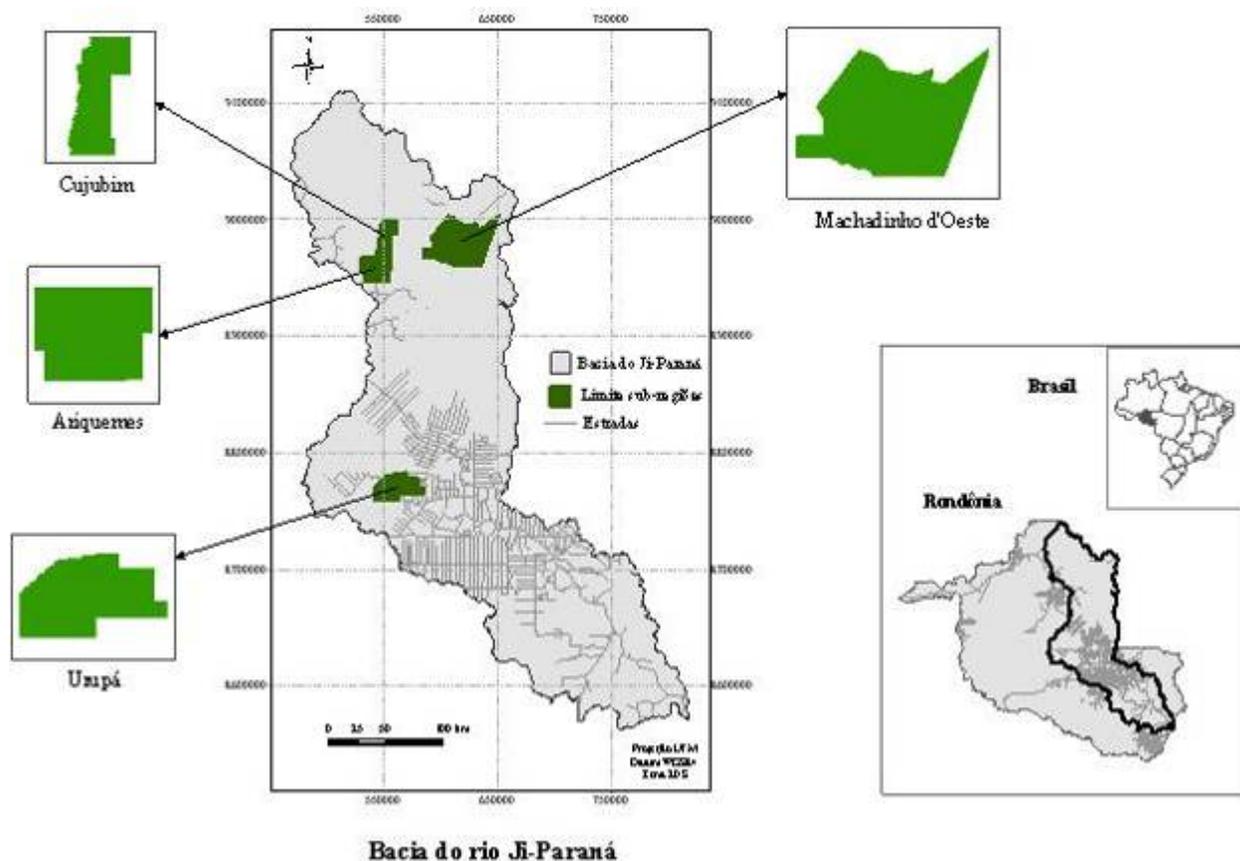


Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná e das sub-regiões

2.1.2 Aquisição de dados e sistema de informações geográficas

Os planos de informação referentes aos fatores físicos do terreno, isto é, o modelo digital de elevação do terreno (MDET), a rede de drenagem e a carta do mapeamento de reconhecimento dos solos do estado de Rondônia, foram obtidos no banco de dados digital georeferenciado do projeto temático “Alterações na dinâmica da matéria orgânica em rios de micro e meso-escala do Estado de Rondônia, em função de mudanças no uso da terra” (FAPESP Proc. Num. 99/01159-4, juruti.cena.usp.br). Os planos de informação foram projetados em um sistema único UTM (Universal Transversa de Mercator), zona 20 sul, datum WGS-84, permitindo a análise e sobreposição com outras informações disponíveis. Todas as etapas desenvolvidas com uso da

técnica de Geoprocessamento, envolvendo processamento e classificação de imagens, digitalização, edição e álgebra de mapas, foram realizadas através de operação conjunta com uso dos programas ERDAS IMAGINE 8.7, SIG-SPRING 4.1 e ArcGIS 9 para computadores pessoais.

Para elaborar os mapas de uso da terra foram utilizadas imagens CBERS-2, sensor CCD, com resolução espacial de 20 metros, referentes ao ano de 2004, cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e imagens LANDSAT 7 ETM+, ano de 2001, adquiridas junto à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). As imagens foram utilizadas para análise de áreas desflorestadas em um período de três anos nas sub-regiões Cujubim e Urupá. As cenas do CBERS-2, que abrangem as áreas das sub-regiões e as respectivas datas de registro, estão apresentadas na Tabela 1. A etapa de processamento das imagens para identificação de áreas desmatadas envolveu os seguintes passos:

- correção geométrica;
- exportação para o formato geoTIFF, para manipulação das cenas no SIG-SPRING 4.1 ;
- realce das bandas, ajustando-as com média e variância semelhantes;
- segmentação e classificação;
- mapeamento;

Tabela 1 - Imagens CBERS-2, sensor CCD, de recobrimento das sub-regiões Urupá e Cujubim, referentes ao ano de 2004 (www.dgi.inpe.br/CDSR/)

Órbita_ponto	Data	Sub-regiões
173_112	22.07.2004	Urupá
174_112	19.07.2004	Urupá
174_110	23.06.2004	Cujubim

Para o desenvolvimento da etapa de elaboração dos mapas de uso da terra foram utilizados os três programas supracitados para proceder a correção geométrica e classificação das imagens e, posteriormente, edição dos mapas. Cada programa apresenta alguma vantagem no processamento de imagens e na elaboração de mapas. A correção geométrica das imagens foi realizada utilizando o programa ERDAS IMAGINE 8.7, considerando como referência as imagens do LANDSAT 7 ETM+, na qual obteve-se erro quadrado médio inferior a 10 metros ($RMSE < 0,5$ pixel). O SIG-SPRING tem como vantagens a facilidade de ajuste do realce de

contraste de imagens, através da manipulação de histograma, e a técnica de segmentação de imagens que auxilia na etapa de elaboração do mapa de uso da terra. As operações de cruzamento dos mapas, envolvendo álgebra, edição e exposição dos mesmos, foram realizadas com o ArcGIS 9. Neste contexto, para desenvolver todas as operações envolvidas no processamento digital de imagens, tomou-se o cuidado de investigar quais desses programas dispõem de ferramentas que atendam de forma satisfatória o rigor científico que a análise em questão requer.

Com relação ao mapa de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná, considerou-se o mapa referente ao ano de 1999 (BALLESTER et al., 2003).

No presente trabalho foram considerados os seguintes produtos e dados para caracterização dos aspectos físicos e **socioeconômicos** da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná:

- **Base cartográfica:** a escala dos mapas que servem como base e que contêm as características de interesse, são as Cartas do Brasil, escala 1:100.000 (IBGE, 1980). A partir das mesmas foram extraídas as informações referentes à topografia e vias de integração, sendo estas atualizadas com as imagens de 2001. As cartas foram obtidas no formato digital junto à Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral, Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária e do Instituto de Terras e Colonização de Rondônia. A rede de drenagem foi obtida através do processo de digitalização, realizado pela equipe do laboratório de Geoprocessamento.
- **Relevo:** o Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDET) foi elaborado de acordo com a metodologia descrita por Ballester et al. (2003). De modo resumido, foi realizada a interpolação das curvas de nível pelo método de rede de triangulação irregular, convertido para o formato em grade, gerando uma rede de altitude com resolução vertical de 100 metros. As inconsistências nos valores de altitude detectadas pela presença de picos e sumidouros foram corrigidas através da análise de vizinhança. As características derivadas do MDET incluem: altitude mínima, média e máxima e seus desvios padrões; declividade mínima, média e máxima (graus).

Declividade: informação básica de topografia utilizada nas metodologias de identificação de áreas potenciais para os processos de erosão e nos sistemas de avaliação do planejamento de uso da terra. Este plano de informação foi gerado no programa ArcGIS 9, a partir do MDET,

e foram estabelecidas sete classes de declividade, de acordo com Giboshi (1999), as quais são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de declividade (CD), expressa em porcentagem

CD	Declividade (%)
A	0 – 3
B	3 – 6
C	6 – 9
D	9 – 12
E	12 – 18
F	18 – 25
G	> 25

- **Solos:** O mapa digital das unidades de solo do estado de Rondônia, escala 1:500.000, foi adquirido junto à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), bem como o resultado analítico dos parâmetros físico-químicos de aproximadamente 2.500 perfis analisados. A elaboração do mapa de solos foi realizada por EMBRAPA (1983) e foi criado o Sistema Geográfico de Informação de Solos e Terrenos do estado de Rondônia, SIGTERON (COCHRANE e COCHRANE, 1998).

Do total de perfis analisados no estado, 993 estão inseridos na bacia do Ji-Paraná (Figura 2), aos quais foram obtidas informações referentes aos atributos morfológicos (textura, cor e estrutura) e químicos (capacidade de troca de cátions, pH, saturação por bases, saturação por alumínio, retenção de cátions, teores de enxofre e carbonato de cálcio, entre outros). As 86 unidades de solo, apresentadas na legenda do mapa pedológico da bacia, foram renomeadas, de acordo com a classificação atual (EMBRAPA, 1999), agrupadas e apresentadas no 2º nível categórico da classificação de solos.

Com relação às sub-regiões Ariquemes, Urupá, Cujubim e Machadinho, os mapas pedológicos adquiridos no formato analógico, em escala mais detalhada (1:50.000), correspondem aos levantamentos de solos realizados pela EMBRAPA e Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), compreendendo os seguintes levantamentos:

- **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos de uma área da gleba Machadinho-RO**, situada entre os paralelos 9° 00' e 9° 25' S e os meridianos 61° 20' e 62° 20' W, efetuado pela EMBRAPA (1982). Neste levantamento, 36 perfis foram observados

para analisar as propriedades físico-químicas dos solos, tais como: granulometria, densidade, porosidade, pH, teores de matéria orgânica, bases trocáveis, fósforo assimilável e grau de saturação de bases e alumínio. Adicionalmente 25 amostras, coletadas nos horizontes A e B, foram analisadas em laboratório para determinar o pH, saturação de alumínio, matéria orgânica e fertilidade do solo (conteúdo de cálcio, magnésio, potássio e fósforo).

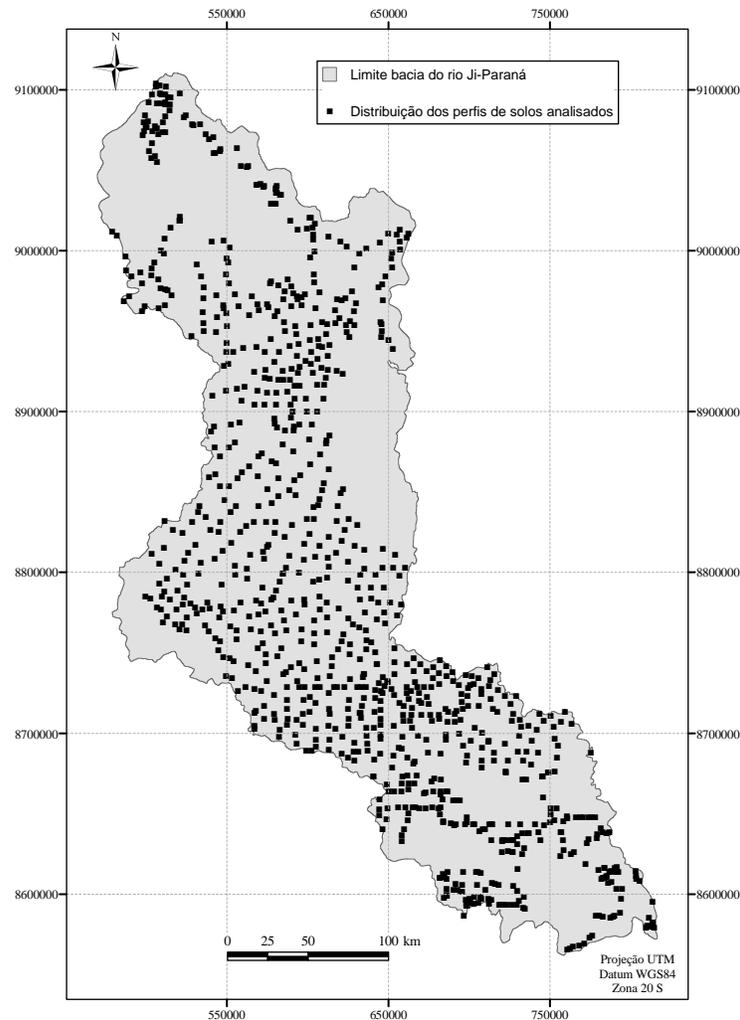


Figura 2 - Distribuição dos perfis de solos, referente ao SIGTERON (COCHRANE e COCHRANE, 1998)

- **Levantamento de solos e inventário florestal na gleba Cujubim II**, situada entre os paralelos $9^{\circ} 02'$ e $9^{\circ} 19'$ S e os meridianos $62^{\circ} 28'$ e $62^{\circ} 38'$ W, efetuado pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC, 1985). Neste levantamento, foram analisados 20 perfis para identificar as propriedades físicas e químicas dos solos e 278

amostras de solos foram coletadas nas profundidades de 0-20 e de 60-80 cm para determinar o pH, saturação de alumínio, matéria orgânica e fertilidade do solo.

- **Levantamento pedológico reconhecimento com detalhes de área na bacia do rio Urupá-RO**, situada entre as coordenadas 11° 00' e 11° 15' latitude sul e 62° 06' e 62° 37' longitude oeste (CETEC, 1981). Neste levantamento 26 perfis foram observados, para analisar as propriedades físico-químicas dos solos. Além disso, 315 amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-20 e de 60-80 cm para determinar os parâmetros pH, saturação de alumínio, matéria orgânica e fertilidade do solo.
- **Levantamento de recursos naturais para fins de colonização em Ariquemes – RO**, entre os paralelos 9° 20' 30" e 9° 32' 08" S e os meridianos 62° 29' 08" e 62° 43' 15" W, na escala (CETEC, 1984). Neste levantamento, 22 perfis foram analisados para identificar as propriedades físico-químicas dos solos e 282 amostras, coletadas na profundidade de 0-20 cm, foram submetidas para análise em laboratório para determinar pH, saturação de alumínio e fertilidade do solo.

As classes de solo descritas no mapa pedológico original, com a nomenclatura antiga, foram renomeadas de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999) e, ainda, com auxílio de Prado (2001).

- **Sócio-economia:** Os dados sócio-econômicos utilizados para auxiliar no desenvolvimento da pesquisa foram os dados do levantamento sócio-econômico-agrícola da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná, realizado por Marconato⁽¹⁾.

2.1.3 Digitalização de dados e mapas e projeção dos mapas de solos

As unidades de mapeamento de solo na escala 1:50.000, bem como os pontos referentes a distribuição espacial dos perfis e das amostras de fertilidade de solo das quatro sub-regiões, foram extraídas dos mapas de solos no formato analógico e convertidas para o formato digital utilizando-se o programa Arc-Info 7.3 para estação de trabalho e mesa digitalizadora CalComp 9500. Além disso, todas as informações apresentadas nos relatórios dos levantamentos pedológicos, referentes aos parâmetros físicos e químicos das quatro sub-regiões supracitadas, foram convertidas para o formato digital e armazenadas em planilhas eletrônicas. Para

⁽¹⁾ Marconato, R "Ocupação e uso do solo na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná (Rondônia): levantamento sócio-econômico-agrícola". Relatório de bolsa de Iniciação Científica (FAPESP: Processo Nº 00/09030-0). 2002.

exemplificar, o **Anexo 2** apresenta os parâmetros físico-químicos da análise de um perfil observado na sub-região Cujubim e os resultados das análises de fertilidade das amostras coletadas na mesma.

2.1.4 Análise geoestatística para elaboração do mapa de capacidade de troca de cátions

A partir dos dados obtidos do levantamento pedológico do estado de Rondônia, foi elaborado o mapa de distribuição espacial do parâmetro capacidade de troca de cátions efetiva (CTCef) dos solos da bacia do rio Ji-Paraná, considerando a média ponderada calculada, correspondente à profundidade de 0-100 cm, dos valores de 993 perfis analisados.

Para tal, usou-se a geoestatística, sendo a análise de dependência espacial realizada através do ajuste dos dados ao semivariograma experimental, pela equação:

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [z(\mathbf{x}_i) - z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})]^2 \quad (1)$$

Em que, $\hat{\gamma}(\mathbf{h})$ é a semivariância estimada a partir dos dados experimentais; Z são os valores medidos nos pontos x_i e x_i+h ; $Z(x_i)$ = variável regionalizada; $N(h)$ = é o número de pares de pontos separados por uma distância h . Esta estimativa foi realizada utilizando-se o programa GS^+ v. 5.1 (*Geostatistic for the Environmental Sciences*). A seleção dos modelos foi realizada com base no melhor R^2 (coeficiente de determinação) e menor SQR (soma do quadrado do resíduo). Após as estimativas dos parâmetros dos semivariogramas experimentais, fez-se a interpolação de dados por krigagem simples, visando definir o padrão espacial das variáveis estudadas. Definiu-se o modelo exponencial com o melhor ajuste, com alcance de 47,4 km, efeito pepita 0,29 e patamar 0,75.

Mapas de CTCef dos solos das sub-regiões Cujubim e Urupá também foram elaborados com uso da geoestatística. Utilizou-se valores médios calculados, profundidade de 0-80 cm, para análise da variabilidade espacial deste parâmetro relacionado às áreas convertidas de floresta para atividades agropecuárias em dois períodos, correspondentes à área desmatada antecedente ao ano de 2001 e a ocorrida entre 2001 e 2004.

2.1.5 Levantamentos de campo

Esta etapa do trabalho teve como objetivo principal auxiliar a classificação das imagens de satélite mais recentes, referentes aos anos de 2001 e 2004, para elaboração dos mapas de uso das terras e conhecer melhor a área de estudo no que diz respeito aos aspectos físicos, socioeconômicos e dos distintos níveis de manejo do solo.

O primeiro levantamento de campo foi realizado no final de novembro e início de dezembro de 2002, quando foram coletados dados sobre o uso da terra em 230 pontos com o auxílio de um computador portátil, tipo “*notebook*”, com imagens de satélite para identificação dos alvos, um receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS), Garmin MAP76, e uma câmera fotográfica digital. Foram percorridos aproximadamente 3.500 km, em toda extensão da bacia do rio Ji-Paraná (Figura 3). Para cada local de observação o uso da terra ao redor de cada ponto foi anotado, as coordenadas gravadas e a área fotografada.

Além disso, durante as atividades de campo foram coletadas um total de 61 medidas de larguras de cursos d’água das áreas sob estudo. Essas coletas foram realizadas para auxiliar a determinação e processamento da largura de bordas da rede de drenagem, referentes às áreas de preservação permanente (APPs), de acordo com o artigo 2º do Código Florestal vigente (Lei Federal 4.771/65; alterada pela Lei 7.803/89), as quais estão sendo consideradas na elaboração dos mapas de capacidade de uso da terra.

Diversas visitas e entrevistas foram realizadas em empresas atuantes em variadas atividades, dentre as quais podem ser destacadas a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e empresas que atuam na comercialização de produtos agropecuários. Além destas, também foram realizadas visitas ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) e às Secretarias Municipais da Agricultura e de Desenvolvimento Social. Tais visitas foram realizadas com o intuito de conhecer, com mais detalhe, o histórico dos assentamentos realizados nos municípios inseridos na bacia do rio Ji-Paraná, buscar informações sobre dados temáticos (mapas, imagens, dados socioeconômicos etc) e o histórico da dinâmica do uso da terra.

No período de 05 a 17 de dezembro de 2004 foi realizado um segundo levantamento de campo. Foram percorridos aproximadamente 1.900 km, principalmente em estradas não-

pavimentadas, nas quatro sub-regiões. Foram observados um total de 305 pontos, sendo 95 em Urupá, 97 em Machadinho, 57 em Cujubim e 56 em Ariquemes (Figura 3).

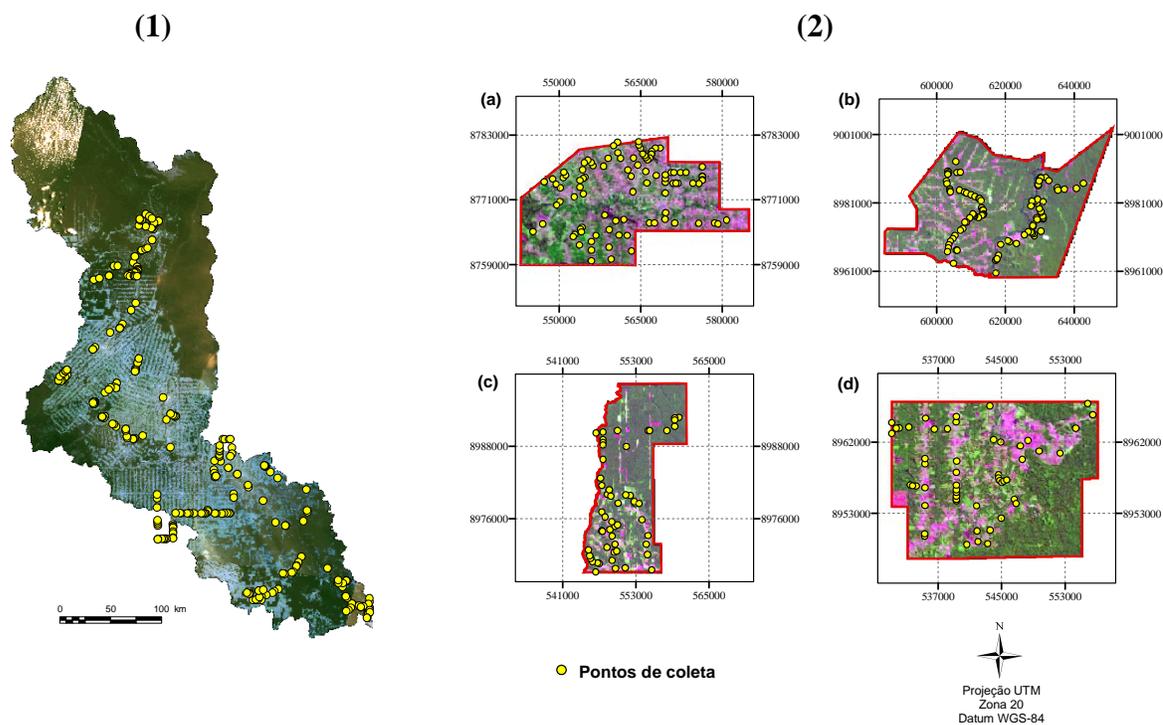


Figura 3 - Distribuição dos pontos coletados nas atividades de campo realizadas em (1) novembro de 2002, na bacia do rio Ji-Paraná, e (2) dezembro de 2004, nas sub-regiões (a) Urupá, (b) Machadinho, (c) Cujubim e (d) Ariquemes

2.1.6 Sistema de classificação de capacidade de uso da terra

2.1.6.1 Categorias do sistema de classificação de capacidade de uso da terra

Conforme descrito por Lepsch et al. (1991), da inter-relação das inúmeras informações disponíveis no banco de dados, as unidades de solos e as características do relevo, na bacia de drenagem, são essenciais dentro das categorias que fazem parte do sistema de classificação da capacidade de uso da terra (SCCUT). A hierarquização do sistema é apresentada na Figura 4.

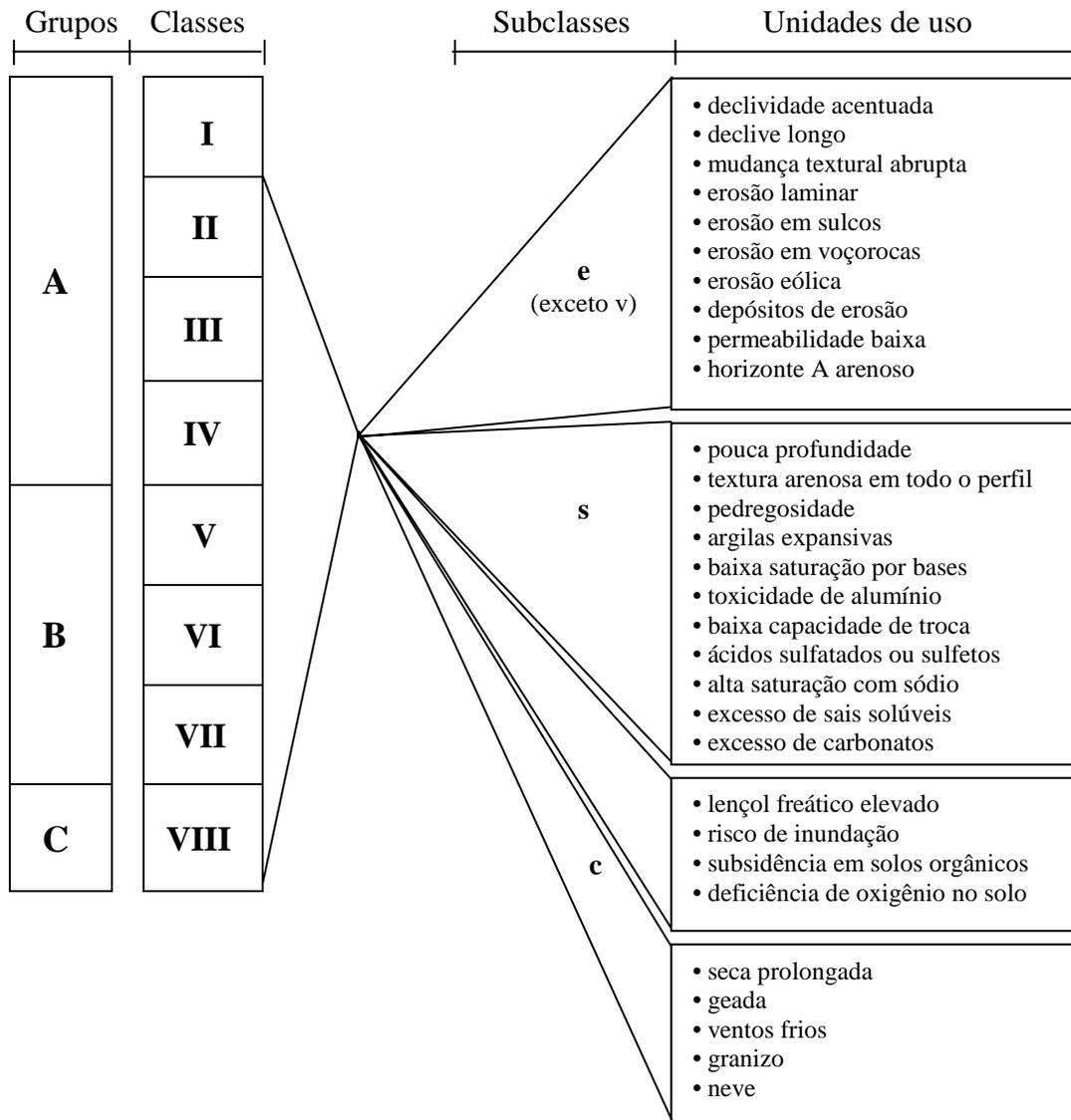


Figura 4 - Esquema das categorias do sistema de classificação da capacidade de uso da terra (LEPSCH, 1991)

Assim, o sistema é organizado da seguinte forma:

- **Grupos de capacidade de uso (A, B e C):** estabelecidos com base no ordenamento das culturas agropecuárias, por ordem decrescente de intensidade de uso, em culturas anuais, perenes, pastagens/ reflorestamento e vegetação natural.
- **Classes de capacidade de uso (I a VIII):** estabelecidas com base nos graus de limitação de uso. O grupo A identifica terras passíveis de qualquer utilização, seguindo-se as indicações

das classes I a IV, que indicam as restrições quanto às práticas de conservação. As terras do grupo B são impróprias para cultivos intensivos, mas são adequadas para pastagens, reflorestamento e vida silvestre, com as devidas restrições indicadas pelas classes V a VII. O grupo C comporta somente a classe VIII e indicam terras impróprias para qualquer tipo de cultivo, destinadas apenas para proteção e abrigo da fauna e flora silvestre, para fins de recreação e turismo ou de armazenamento de água. As classes foram estabelecidas da seguinte forma (LEPSCH et al., 1991):

Classe I: terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação do solo.

Classe II: terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos.

Classe III: terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos.

Classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação.

Classe V: terras adaptadas em geral para pastagens e, em alguns casos, para reflorestamento, sem necessidade de práticas de conservação, são cultiváveis apenas em casos muito especiais.

Classe VI: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação. São cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo.

Classe VII: terras adaptadas em geral somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação.

Classe VIII: terras impróprias para cultura, pastagens ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água.

Nesse trabalho, adotou-se a simbologia “VIIIff” para essas áreas que devem ser preservadas por fragilidade ambiental, e “VIIIFF” para as APPs, protegidas por lei, de forma semelhante à adotada por Pereira (2002) e Giboshi (2005).

- **Subclasses de capacidade de uso** (IIe, IIIa, etc): baseadas na natureza da limitação de uso, as quais referem-se aos seguintes aspectos: *erosão, solo, água ou clima*.
- **Unidades de capacidade de uso** (IIe-1, IIe-2, IIIe-1, etc): baseadas em condições específicas que afetam o uso ou manejo da terra.

O sistema visa identificar as limitações permanentes e possibilidades de uso das terras, através da sistematização das informações de uma determinada área para definir a máxima capacidade de uso, sem que esta corra o risco de degradação do solo, especialmente no que diz respeito à erosão acelerada (LEPSCH et al., 1991). Em contrapartida, os autores argumentam que a aplicação dessa metodologia para estudos em âmbito regional, ou seja, na meso (ou macro) escala, apresenta algumas limitações. A utilização de mapas com escalas menores que 1:100.000 não é recomendada, devido às limitações decorrentes do nível de generalização do levantamento. O SCCUT não leva em consideração diferenças de níveis de manejo, porque pressupõe que o mesmo é moderadamente alto. Além disso, o SCCUT apresenta alguns aspectos desfavoráveis como o grande número de informações necessárias para sua utilização, fato que demanda tempo e custos elevados para obtenção das mesmas. No entanto, diante da riqueza e do detalhamento de dados sobre os aspectos físicos, climáticos e antrópicos da bacia do rio Ji-Paraná, eliminando, assim, os fatores tempo e custo para obtenção dos dados, observou-se uma excelente oportunidade para aplicar o SCCUT em escala regional e nortear novas pesquisas fazendo uso do referido sistema.

2.1.6.2 Sistema especialista para determinação das classes de capacidade de uso da terra

Para executar a classificação de capacidade de uso da terra, foi utilizado o Sistema Especialista (SE), um programa computacional que executa a classificação da terra, segundo sua capacidade de uso, a partir da entrada de dados referentes propriedades dos solos e às características físicas do terreno (GIBOSHI, 1999). Para utilizar este SE são necessários dados de déficit hídrico anual, textura e profundidade do solo, classe de drenagem, Capacidade de Troca de Cátions (CTC), saturação por bases, saturação por alumínio, erodibilidade do solo (denominado fator K da Equação Universal de Perda de Solo), além das classes de declividade apresentadas na Tabela 2.

Sistemas especialistas são programas computacionais que permitem a sistematização da lógica utilizada por especialistas, em suas áreas de domínio. Como os especialistas humanos, estes sistemas usam lógica simbólica e heurística para encontrar soluções (GIBOSHI, 1999). Tais sistemas apresentam inúmeras vantagens, entre as quais a capacidade de armazenar e processar

uma vasta quantidade de informações e conhecimentos necessários para avaliar e resolver problemas.

A base de conhecimento do SE para determinar as classes e subclasses de capacidade de uso da terra, de acordo com Giboshi (1999), está dividida em três partes (Figura 5):

- a) Solos: conjunto de regras que representam os graus de restrição ao uso dos fatores limitantes de algumas classes de solo;
- b) Limitações: conjunto de regras que representam o conhecimento necessário para determinar os graus de limitação ao uso da terra para as classes de solo que não fazem parte da base de conhecimento Solos;
- c) Classe e subclasse: conjunto de regras que representam o conhecimento necessário para determinar as classes e subclasses de capacidade de uso da terra.

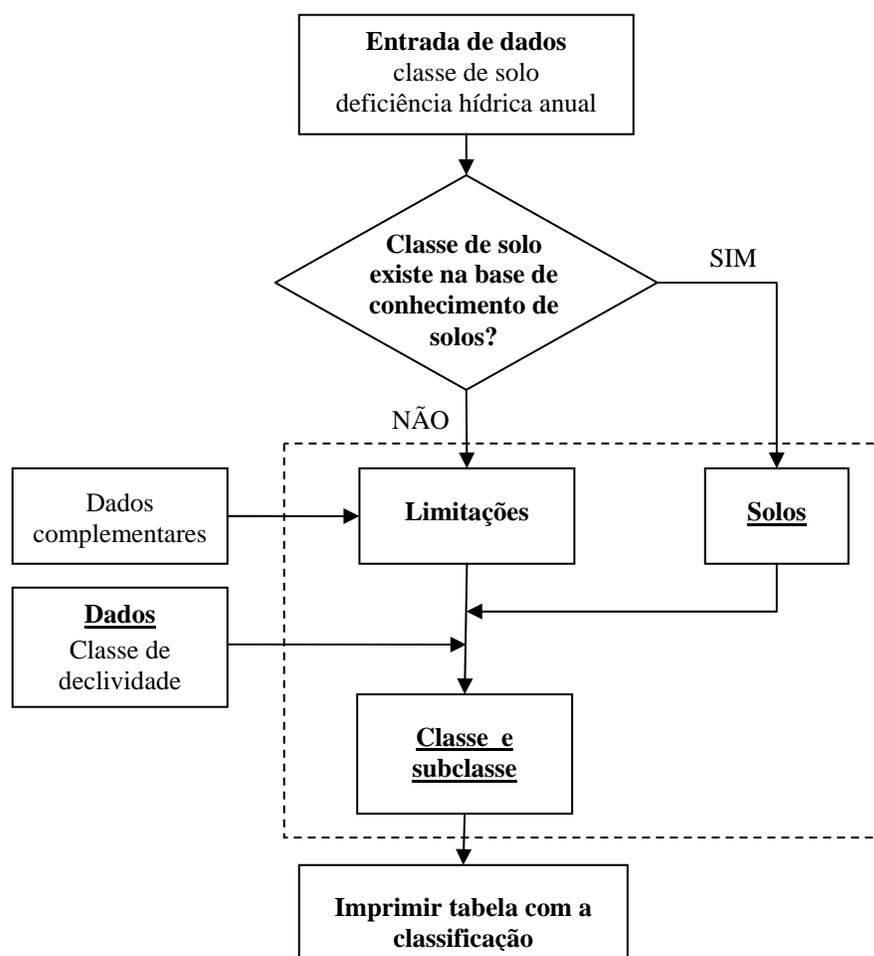


Figura 5 - Diagrama de fluxo do sistema especialista desenvolvido por Giboshi (1999)

O usuário do sistema não precisa ser um especialista, mas é necessário que tenha algum conhecimento sobre o assunto para responder as perguntas que são feitas pelo SE para obter informações a respeito da natureza do solo, do relevo e do clima.

A classificação segundo a capacidade de uso da terra da área sob estudo, obtida com a aplicação do sistema, é apresentada em um arquivo que pode ser facilmente impresso. Como exemplo, a Figura 6 mostra o resultado do processamento das propriedades de um latossolo para obter as classes de capacidade de uso.

Solo-1: Latossolo Vermelho-Amarelo													
Fatores Limitantes													
CD	g	i	pd	r	p	w	d	er	m	v	f	a	CCU
A	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1	3	II f
B	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4	1	3	III ef
C	0	0	0	0	0	0	0	3	2	4	1	3	IV ef

CD: classes de declividade	d: drenagem interna
g: geada	er: risco de erosão
i: inundação	m: mecanização
pd: pedregosidade	v: disponibilidade de nutrientes
r: rochoso	f: fixação de fósforo
p: profundidade efetiva	a: toxicidade por alumínio
w: disponibilidade de água	CCU: classes de capacidade de uso

Graus de limitação: 0 - nulo	2 - moderado	4 - muito forte
1 - ligeiro	3 - forte	

IIIf - Classe II de capacidade de uso com limitações relativas à fertilidade
 IIIIf - Classe III de capacidade de uso com limitações relativas à fertilidade e risco de erosão
 IVIf - Classe IV de capacidade de uso com limitações relativas à fertilidade e risco de erosão

Figura 6 - Exemplo de classificação segundo a capacidade de uso da terra, obtida com a aplicação do sistema especialista desenvolvido por Giboshi (1999)

Para testar o SE Giboshi (1999) escolheu como área de estudo uma microbacia com área de aproximadamente 1.920 ha, próxima à cidade de Mogi Guaçu (SP), e utilizou o levantamento pedológico semidetalhado do estado de São Paulo, quadrícula de Mogi Mirim, na escala 1:100.000. A autora concluiu que a técnica de sistemas especialistas mostrou ser eficaz para a classificação de terras segundo a sua capacidade de uso, facilitando a manipulação e o

processamento das informações. Dessa forma, contribui para dar apoio e mais agilidade ao processo de tomada de decisão para o planejamento do uso da terra. Através de uma análise comparativa, observou que o SE foi mais rigoroso que os especialistas (profissionais/pesquisadores) ao determinar as classes de capacidade de uso.

Os fatores limitantes ao uso da terra considerados pelo SE para determinar a capacidade de uso são: pedregosidade, rochosidade, risco de geada, risco de inundação, profundidade efetiva, drenagem interna, risco de erosão, restrição à mecanização, disponibilidade de nutrientes, toxicidade por alumínio, disponibilidade de água e fixação de fósforo. Dentre estes, os fatores risco de geada e de inundação não foram considerados neste trabalho pelo fato dos mesmos não ocorrerem nas áreas sob estudo. Nas Tabelas A3 a A11 (Anexo 1) são descritos os graus de limitação ao uso da terra devido aos fatores limitantes, relacionando os parâmetros considerados na classificação efetuada no SE para a bacia do Ji-Paraná e para as quatro sub-regiões.

Com relação ao parâmetro CTC (Tabela A11), as faixas de concentrações consideradas no SE foram determinadas por Oliveira & Berg (1985), referentes à CTC a pH 7,0. No último trabalho de campo realizado nas sub-regiões, foi constatado que a maioria dos agricultores não corrige a fertilidade do solo devido ao alto custo para a aquisição de insumos agrícolas. Por essa razão, neste trabalho foi considerada a CTC_{ef} do solo.

Com as planilhas de dados referentes às propriedades dos solos foram realizadas operações para determinação dos parâmetros CTC_{ef}, saturação por bases e alumínio, classe textural e fator erodibilidade do solo. Em seguida, com a entrada desses dados no sistema especialista (SE) foi possível determinar as classes de capacidade de uso da terra.

A primeira etapa na geração dos mapas de capacidade de uso foi construir bordas para a rede de drenagem, referentes às áreas de preservação permanente (APPs). Foram consideradas bordas de 30 metros para os cursos d'água com até 10 metros de largura, de 50 metros para rios de 10 a 50 metros e de 100 metros para aqueles acima de 50 metros de largura. As APPs receberam a designação "VIIIFF". Em seguida, através do agrupamento dos polígonos com atributos físicos semelhantes, do mapa resultante do cruzamento das classes de solo com as classes de declividade, elaborou-se o mapa de capacidade de uso das terras da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná e das sub-regiões.

O emprego do fator erodibilidade do solo (fator K) no SE assume um papel imprescindível para assegurar resultados substanciais no processo de classificação de capacidade

de uso da terra e contribue expressivamente para minimizar o efeito da subjetividade da classificação por especialistas. Portanto, a associação de métodos, tais como fatores relacionados ao processo de risco de erosão e classificação de capacidade de uso da terra, mostra-se extremamente eficaz em pesquisas que envolvem o planejamento do uso da terra com implicação na sustentabilidade dos recursos naturais.

2.1.6.3 Determinação do fator erodibilidade do solo utilizado na classificação de capacidade de uso da terra

A determinação do fator **K** foi efetuada conforme a metodologia adotada por Cerri (1999). O significado da erodibilidade do solo é diferente de erosão do solo. A intensidade de erosão de uma área qualquer pode ser influenciada mais pelo declive, características das chuvas, cobertura vegetal e manejo, do que pelas propriedades do solo. Contudo, alguns solos são mais erodíveis que outros, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de conservação são as mesmas. Essa diferença, devido às propriedades inerentes ao solo, é referida como erodibilidade do solo (WISCHMEIER et al., 1971).

Para o cálculo do fator **K** foi utilizada a equação apresentada por Denardin (1990), que se baseia no monograma de Wischmeier et al. (1971), como segue:

$$K = 0,00000748 (M) + 0,00448059 (P) - 0,06311750 (DMP) + 0,01039567 (R) \quad (3)$$

Na qual:

K = valor estimado para o fator erodibilidade do solo, em $t h MJ^{-1} mm^{-1}$;

M = variável adimensional calculada a partir de parâmetros granulométricos, ou seja: % novo silte x (% novo silte + % nova areia);

P = permeabilidade do solo conforme Wischmeier et al. (1971), no qual foram estabelecidas as seguintes classes de permeabilidade: 1 = rápida, 2 = moderada a rápida; 3 = moderada; 4 = lenta a moderada; 5 = lenta; 6 = muita lenta;

DMP = diâmetro médio ponderado das partículas menores que 2mm (mm);

R = relação entre teor de matéria orgânica e o teor da nova areia ($MO \times \% \text{ nova areia}$)/100.

O modelo foi testado para os solos do Brasil e utiliza variáveis de análises de rotina. Porém, o parâmetro “M” é calculado dividindo a fração areia em: areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa e areia muito grossa. Como na base de dados disponível havia apenas a divisão areia grossa e areia fina, a equação de Denardin (1990), foi adaptada por Levy (1995). A partir desta adaptação, a fração novo silte, foi substituída pelas frações silte e areia fina e a fração nova areia, por areia grossa.

Os valores dos diâmetros médios das partículas foram obtidos a partir de Ranieri (1996), que utilizou a seguinte expressão:

$$DMP = \Sigma (Ct \times Pm) \quad (4)$$

Sendo: Pm = peso médio de cada classe

Ct = centro de cada classe textural expresso em mm pela escala phi.

Os valores dos diâmetros médios das classes texturais, obtidos por Ranieri (1996), encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Diâmetro médio de cada classe textural para o cálculo do diâmetro médio ponderado das partículas

Classe textural	Diâmetro médio (escala phi)
Areia grossa	0,65000
Areia fina	0,15000
Silte	0,01170
Argila	0,00024

Fonte: Ranieri (1996)

A partir da conversão para o formato digital das informações contidas nos relatórios dos levantamentos pedológicos foi possível determinar o fator K para as quatro sub-regiões.

2.1.7 Álgebra de mapas para análise espacial da intensidade de uso da terra

Nos últimos anos, a metodologia do SCCUT vem sendo utilizada para verificar a intensidade de uso da terra através da análise de adequabilidade entre o uso atual e a capacidade de uso da terra (CAVALIERI, 1998; PARISE, 1999; RODRIGUES et al., 2001; GIBOSHI,

2005). Neste contexto, o acelerado desenvolvimento e aperfeiçoamento tecnológico de programas para computadores pessoais, envolvidos em SIG, tem contribuído no sentido de promover maior suporte e agilidade aos trabalhos relacionados com diagnóstico de intensidade de uso da terra.

O mapa de intensidade de uso da terra foi elaborado a partir do cruzamento do mapa de uso da terra, situação em 1999, com o mapa de capacidade de uso, utilizando o programa ArcGIS 9. As áreas com uso adequado, adequado com restrição, inadequado ou subutilizadas foram identificadas e representadas no mapa. A Figura 7 mostra as alternativas de uso da terra e a intensidade máxima de utilização, sob o ponto de vista do uso sustentável dos recursos naturais, em função das classes de capacidade de uso.

SENTIDO DAS APTIDÕES E DAS LIMITAÇÕES	CLASSES DE CAPACIDADE DE USO	SENTIDO DO AUMENTO DA INTENSIDADE DE USO →							
		Área de preservação Uso restrito Conservação biológica	Reflorestamento			Cultivo ocasional ou limitado	Cultura anual e/ou perene		
			Restrito	Moderado	Adequado		Problema de conservação		
		Complexo				Simplex	Não aparente		
↑ Aumento das limitações e dos riscos de erosão e degradação ↓ Aumento da adaptabilidade e da liberdade de escolha de uso	I	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	
	II	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	
	III	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	Amarelo	
	IV	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo	
	V	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	
	VI	Amarelo	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	
	VII	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	
	VIII	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	

Figura 7 - Resumo com alternativas de uso da terra e intensidade máxima de utilização (Adaptado de LEPSCH et al., 1991)

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná

2.2.1.1 Histórico do processo de ocupação e fatores relacionados às mudanças no uso das terras no estado de Rondônia

A preocupação de ocupar o território amazônico pelo governo brasileiro data desde o século XIX, tendo como principais objetivos proteger a soberania nacional e expandir as fronteiras agrícolas (BECKER, 1997). Os primeiros colonizadores da região amazônica chegaram em torno de 1912, devido à expansão do ciclo da borracha.

A partir da década de 1950, o governo cria oficialmente o Território Federal do Guaporé, que em 1956 passa a ser chamado de Território Federal de Rondônia. Por volta de 1953 o governo brasileiro criou a “Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia” (SPVEA), com o objetivo de desenvolver a agricultura. Surgiram então os primeiros planos que encorajaram a imigração para a região. Em 1966 foi criada a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), que tinha como objetivo coordenar e supervisionar programas e planos regionais e redistribuir incentivos fiscais (BECKER, 1997).

No ano de 1981, o então Território Federal de Rondônia foi transformado em estado de Rondônia. No decorrer das três últimas décadas do século passado, esse Estado sofreu intenso processo de ocupação populacional, cujos imigrantes eram oriundos de diversas regiões do país. Nesse período, a ocupação e o desenvolvimento foram impulsionados por meio de uma série de programas financiados pelo Banco Mundial e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (HANADA, 2004). Em 1970, foi criado o Programa de Integração Nacional (PIN), cujo principal objetivo era a construção de estradas, e infra-estrutura associada, para ligar o centro-sul ao norte do país. Esta linha de financiamento permitiu o melhoramento da BR-364, entre Cuiabá e Porto Velho, construída em 1965, e finalmente pavimentada em 1984 (FUJISAKA et al., 1996). A dinâmica populacional foi acompanhada da transformação da paisagem, principalmente na região do arco do desmatamento, o qual estende-se desde o estado de Rondônia até o Maranhão (NEPSTAD et al., 1997; LAURANCE et al., 1998).

Neste contexto, viu-se no estado de Rondônia, um expressivo aumento do número de municípios, passando de dois em 1970 para sete em 1980 e, finalmente, totalizando 57 municípios no ano de 2000. Nesse período, a população aumentou de 111.064 habitantes (1970), para 1.379.787 (2000), ou seja, um aumento de cerca de 12 vezes (MARCONATO, 2002).

Portanto, o processo de crescimento populacional em Rondônia é o resultado de projetos governamentais e privados, bem como de migrações espontâneas, principalmente de pequenos produtores, atraídos pelas perspectivas de conseguir terras, invadindo áreas de florestas e desmatando com o intuito de adquirir direito de posse pelo uso (CALDAS, 2001).

Os projetos de colonização ficaram sob a coordenação do INCRA e do Governo Federal através de programas de desenvolvimento (Polamazônia e Polonoroeste). Os Projetos Integrados de Colonização (PIC's) foram destinados à população de baixa renda, principalmente agricultores sem terra. Os primeiros PIC's foram criados no período de 1970 a 1975, quando as áreas foram divididas, predominantemente, em lotes de 100 ha (HANADA, 2004). O PIC Ouro Preto, que visava inicialmente assentar 500 famílias, ao final de um ano contava com mais de cinco mil famílias (LISBOA, 1990). Contudo, as mudanças no uso da terra ocorreram de modo mais acentuado nas duas últimas décadas, como resultado do programa POLONOROESTE, iniciado em 1981. Em 1982, as iniciativas de colonização foram retomadas e o primeiro programa de assentamento implantado na década de 80 foi na região de Urupá, na qual houve a distribuição de lotes de terra de 50 ha. Em Machadinho d'Oeste, projeto iniciado em 1984, cada família obteve lotes de 60 ha.

Neste cenário, houve na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná um aumento significativo da população ao longo das últimas quatro décadas. No período de 1960 a 1970, ocorreu um aumento de 69.792 habitantes (IBGE, 2000). Na década de 70, este número triplicou, ocorrendo um incremento de 115.200 habitantes. Entre 1980 e 1990, a contagem da população mostrou um expressivo aumento de 321.863 habitantes na bacia. Já no período de 1991 a 2000, ocorreu uma considerável desaceleração na tendência de aumento, quando somaram-se 75.784 habitantes.

Até o final da década de 80, a região nordeste da bacia, onde está localizado o município de Machadinho d'Oeste, era uma das áreas mais preservadas na mesma. Entretanto, naquela região, em meados da década de 90, foram estabelecidos os assentamentos rurais Santa Maria (1995), Tabajara (1995), Tabajara II (1996), Santa Maria II (1996), Lajes (1996) e União (1996). Este fato contribuiu para a intensificação do desmatamento no município. Em quatro anos,

referente ao período de 1997 a 2000, a área desmatada no município aumentou de 9 para 13%, correspondente a 32.500 ha de floresta derrubada no período (SEDAM, 2002).

Roberts et al. (2002), analisando três áreas localizadas na parte central de Rondônia, abrangendo a bacia do rio Ji-Paraná, atribuíram a intensificação das taxas de desmatamento, no período de 1975 a 1999, devido, principalmente, aos novos assentamentos, a fatores econômicos e infraestrutura (construção de estradas). Entretanto, os mesmos não descartaram a possibilidade de que outros fatores, como, por exemplo, a fertilidade do solo, também podem ter contribuído para estas diferenças regionais. Ballester et al. (2003), analisando a bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná, também verificaram que as áreas mais desmatadas correspondiam aos projetos de assentamentos próximos à BR-364. Aproximadamente 50% da área desmatada até o ano de 1999 ocorreram a uma distância de 10 km dessa estrada. Os autores verificaram, ainda, que as áreas ocupadas com pastagem estão espacialmente relacionadas com solos de maiores valores de saturação por bases.

2.2.1.2 Levantamentos de campo na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná

As observações da paisagem e o contato com diversas fontes de informação, durante os levantamentos de campo realizados nos anos de 2002 e 2004, permitiram caracterizar a relação entre o uso da terra e os aspectos socioeconômicos na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná.

A diversificação das atividades agrícolas e a criação de associações de pequenos produtores rurais, como forma de integrar a comunidade e gerenciar a produção agrícola, demonstram ser a melhor alternativa encontrada pelos colonos para gerar empregos, resgatar recursos e protegerem-se da ação dos especuladores que atuam na comercialização de produtos agrícolas. A identificação de inúmeras áreas com culturas de arroz, soja, milho e café confirmam a tendência de diversificação das atividades agrícolas (Figura 8).

Segundo Marconato (2002), no período de 1990 a 1995, no estado de Rondônia, a participação dos produtos agrícolas correspondia, em média, a 60% do valor total da produção gerada, enquanto os produtos oriundos da pecuária representavam 40% nesse mesmo período. Entre 1996 e 2000 esses valores se inverteram, passando os grãos produzidos nas lavouras a corresponder 40%, enquanto os produtos provenientes da pecuária de corte e leite passaram a ter

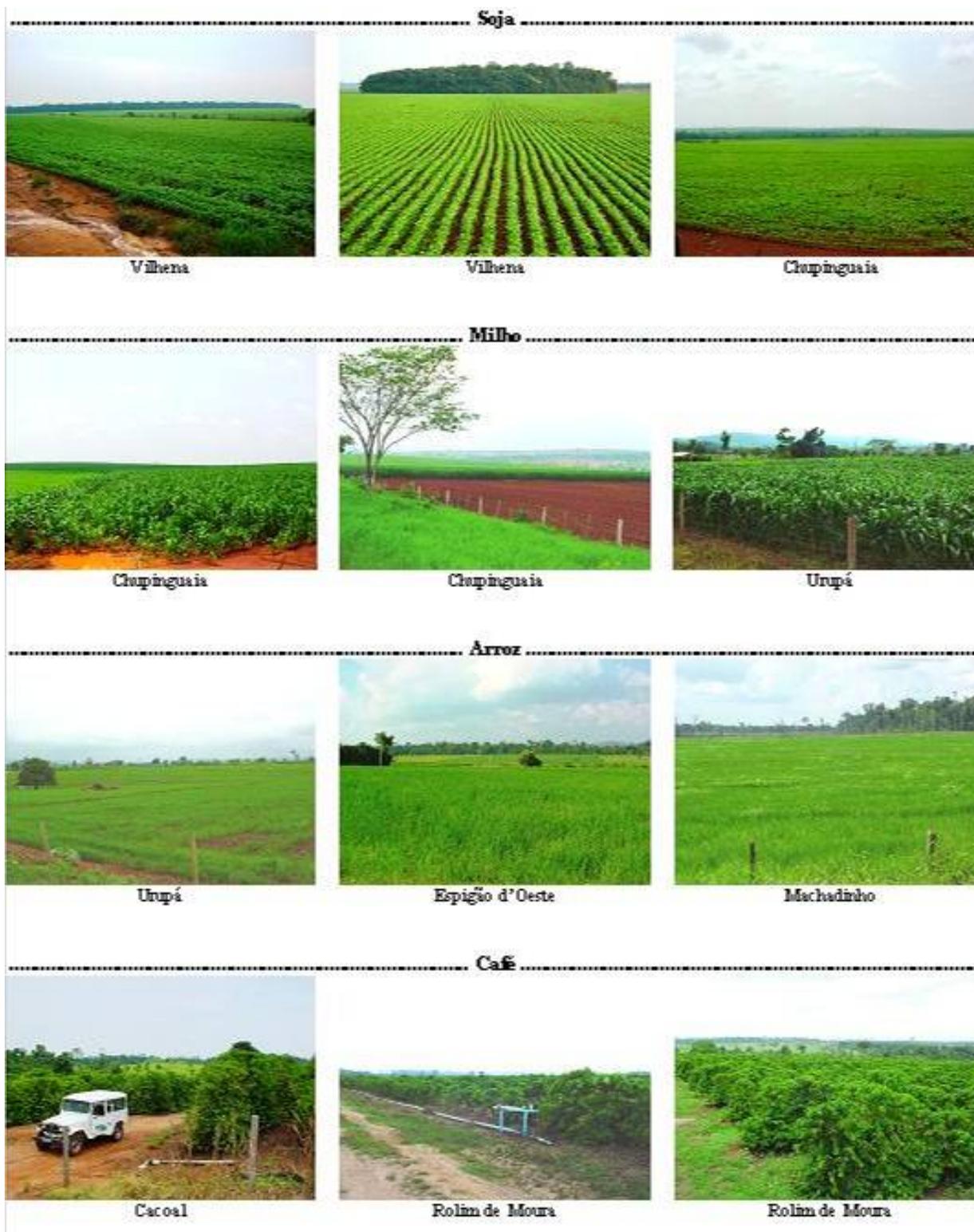


Figura 8 - Atividades agrícolas diversificadas; fotos de algumas culturas identificadas durante levantamento de campo realizado na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná

maior representatividade, em média 60% do valor da produção nesses cinco anos. No decorrer da década de 90, o rebanho bovino no estado de Rondônia aumentou em 3,3 vezes, passando de 1,7 milhões, em 1990, para 5,6 milhões de cabeças em 2000 (IBGE, 2000). Nesse último ano, entre as atividades agrícolas desenvolvidas no Estado, o café, com aproximadamente 61%, representava a maior contribuição do valor total gerado da produção das mesmas, movimentando aproximadamente 253,5 milhões de reais. De fato, durante os levantamentos de campo pôde-se notar que a cafeicultura caracteriza-se como uma atividade extremamente relevante para o desenvolvimento socioeconômico do Estado, gerando recursos e empregos no campo e em toda a cadeia envolvida com a comercialização do produto, principalmente no período de colheita.

É interessante notar que, a inversão da participação das atividades agrícolas com a pecuária, com relação ao montante do valor arrecadado com a produção agropecuária do Estado, na segunda metade da década de 90, coincidiu com o período de desaceleração do crescimento populacional na bacia do rio Ji-Paraná. Tal fato sugere que esses fatores podem estar relacionados. A expressiva queda do preço do café no início dos anos 90, principalmente em 1992 e 1993 (MORICOCI ET AL., 2001), possivelmente determinou a desistência da atividade cafeeira por muitos produtores. Neste sentido, diante da falta de recursos, esses produtores optaram por negociar as terras e partir para outros estados em busca de novas oportunidades de trabalho. Como resultado desse processo, ocorreu em Rondônia a entrada de pecuaristas de outras regiões, impulsionados pela oportunidade de compra de terras a baixo custo e com a perspectiva de bons negócios com o promissor mercado da carne bovina, o qual vinha apresentando considerável aumento das exportações (DANTAS e FONTELES, 2005).

Neste contexto, na bacia do rio Ji-Paraná, a cultura do café apresenta uma expressiva dinâmica no histórico do uso das terras como consequência das constantes variações do preço do produto no mercado internacional. O preço em baixa promove o abandono de lavouras ou a substituição das mesmas por outras atividades, principalmente pela pastagem.

Além disso, a maioria das propriedades rurais e das empresas visitadas confirmou a baixa ocorrência de práticas de adubação das lavouras cafeeiras. Muitos produtores acreditam que os solos do estado de Rondônia são ricos em nutrientes e, diante disso, não há necessidade de corrigir a fertilidade do solo. Este fato está relacionado às boas colheitas obtidas nos primeiros anos de produção em áreas recém desmatadas e sob solos com boas características para a agricultura. Inicialmente, o processo de derrubada e queima da mata enriquece a superfície do

solo em cátions provenientes da biomassa vegetal queimada e transferida para o mesmo na forma de cinzas (KAUFFMAN et al., 1998; MARKEWITZ et al., 2001). Porém, geralmente após um período de seis a oito anos de cultivo ocorre expressiva redução da produtividade, promovendo a substituição das lavouras por pastos. Este tipo de processo é comum na bacia do rio Ji-Paraná, onde tem sido observada a intensificação da atividade pecuária, principalmente na região central da mesma (MARCONATO, 2002).

Diante disso, pode-se considerar ainda que o processo dinâmico da cultura do café ocorre não somente em decorrência das variações do preço, mas também devido ao abandono de lavouras velhas, as quais não dispoem de boas condições de fertilidade do solo, como de outrora, favorecem a implantação de novas lavouras em áreas recém desmatadas.

Todo este processo apresenta uma relação direta, onde a condição desfavorável do preço do produto inibe ações no sentido de corrigir a fertilidade do solo e, diante da falta de recursos, torna-se mais viável a alternativa de explorar novas áreas para garantir uma boa produtividade. Observa-se uma tendência de exploração excessiva do solo, onde extensas áreas estão sendo desmatadas e, possivelmente, promovendo a degradação dos recursos naturais.

Com relação aos produtores que dispõem de tecnologia, assistência técnica e fazem uso intensivo da terra, a prática de corrigir a fertilidade do solo e conduzir a plantação seguindo a orientação das curvas de nível, aparentemente, apresenta um caráter mais conservacionista do solo. Porém, no percurso das atividades desenvolvidas em campo, foram identificadas extensas áreas ocupadas com monoculturas, nas quais foi possível notar a ausência ou reduzido número de fragmentos florestais. Este cenário foi observado com maior frequência na região dos municípios de Vilhena e Chupinguaia, no extremo sul da bacia, onde ocorrem algumas classes de solo do grupo Latossolo. A topografia e uma considerável porção das terras desses municípios são extremamente favoráveis para desenvolver as atividades agrícolas e os produtores vêm-se inclinados à exploração total da propriedade, inclusive as terras correspondentes às APPs ao longo dos cursos d'água.

Além disso, no município de Vilhena, foram identificadas áreas manejadas de forma inadequada com derrubada de extensa área de floresta sob Neossolo Quartzarênico. A Figura 9 mostra fotos da referida região com alterações na paisagem devido aos desmatamentos, inclusive nas APPs, em solos de textura arenosa, os quais apresentam baixas concentrações de capacidade de troca de cátions efetiva (CTCef), portanto, com características impróprias para uso intensivo.

Nas fotos, pode-se notar a característica arenosa do solo e o resultado do carreamento de sedimentos para o curso d'água, decorrente do processo de erosão na área desmatada, perceptível pela diferença de tonalidade das águas no ponto de união de dois rios.

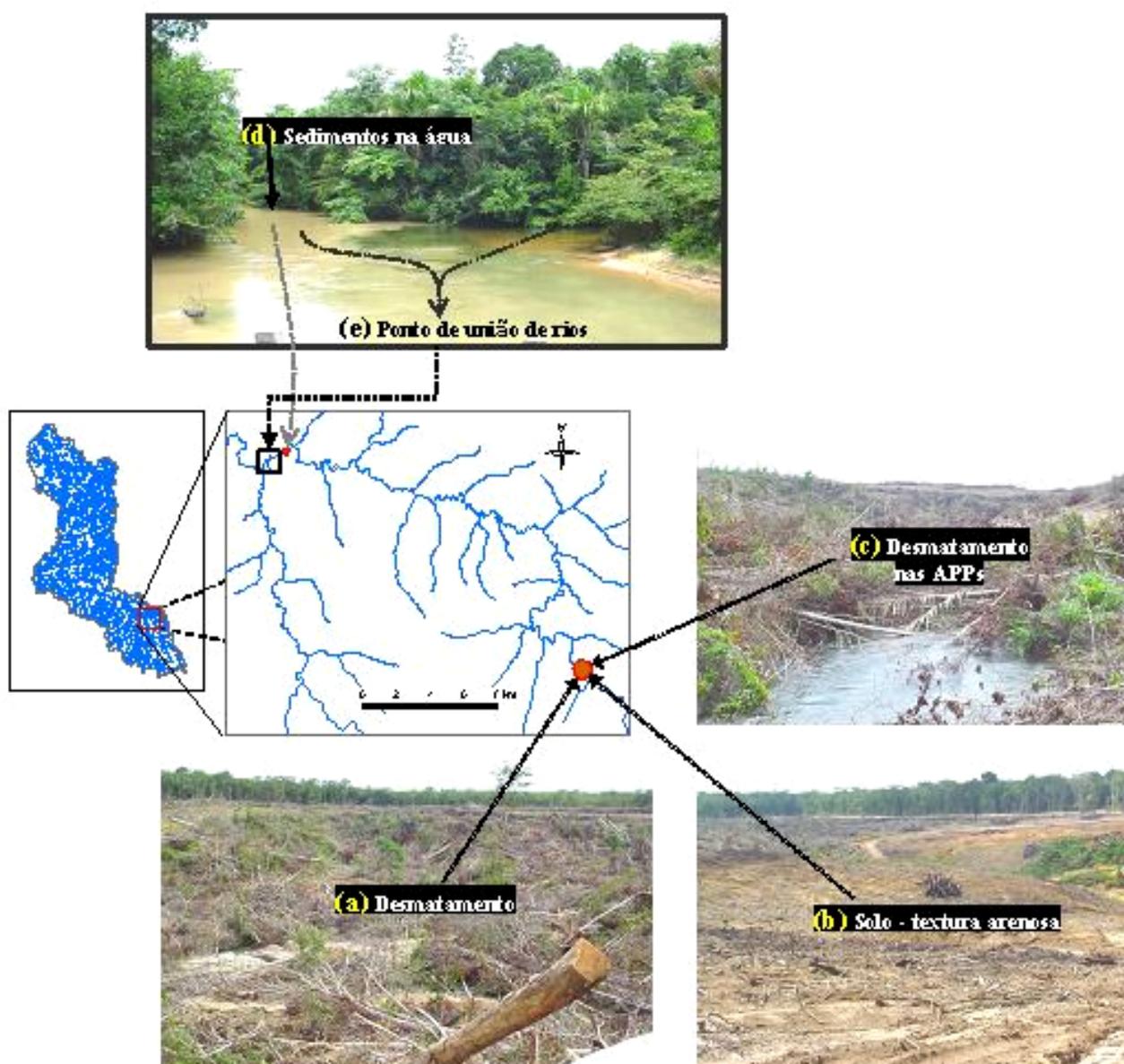


Figura 9 - Fotos (nov.2002) de área desmatada (a), no município de Vilhena, em solo de textura arenosa (b), com eliminação da mata ciliar nas APPs (c) e alta concentração de sedimento no rio decorrente das alterações da paisagem (d), perceptível pela diferença de tonalidade das águas no ponto de união de dois rios (e)

Com relação à reserva legal, determinada em 50% no Código Florestal (alterada para 80% com a M.P. N° 2.166-67, de 24 de agosto de 2001), os produtores a declaram em outras áreas dentro do município, adquiridas a baixo custo, com predominância de cobertura florestal e com características de solos e relevo indesejáveis para desenvolver as atividades agrícolas.

Portanto, atividades desenvolvidas sob esta óptica configuram cenários com uso e manejo intensivo dos recursos naturais, desmatamentos de extensas áreas e falta de consciência com relação à manutenção da biodiversidade.

2.2.1.3 Distribuição espacial da capacidade de troca de cátions efetiva do solo

A Figura 10 apresenta o mapa com a distribuição espacial da CTCef dos solos na bacia do rio Ji-Paraná, profundidade de 0 a 100 cm. A análise deste mapa indica que a CTCef varia de 0,9 a 14,1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo e as maiores concentrações são observadas nas regiões sudoeste e central da bacia (Figura 10a).

Com base nos intervalos de CTC definidos por Oliveira e Berg (1985), os quais são relacionados com intervalos de saturação por bases na determinação das classes de capacidade de uso da terra, foi elaborado o mapa de CTCef subdividido em classes (Figura 10b). Os valores apresentados na Tabela 4 indicam que predominam concentrações muito baixas de CTCef, principalmente menores que 2 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo, as quais estão distribuídas em 39% da bacia, com maior ocorrência nos municípios de Vilhena e Pimenta Bueno, situados na região sul, e Cujubim e Machadinho D'Oeste, na região norte (Figura 10b). Observa-se, também, expressiva ocorrência de concentrações situadas no intervalo entre 2 e 3 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, com ampla distribuição e abrangência de 35% da área de estudo. Valores correspondentes ao intervalo de 3 a 5 ocorrem em 18% e os maiores valores, acima de 5 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo, são encontrados em 8%, principalmente nas regiões central e sudoeste da bacia (Figura 10b).

2.2.1.4 Características físicas

As Figuras 11, 12, 13 apresentam os mapas referentes à hipsometria, declividade e solos, respectivamente, da área de estudo.

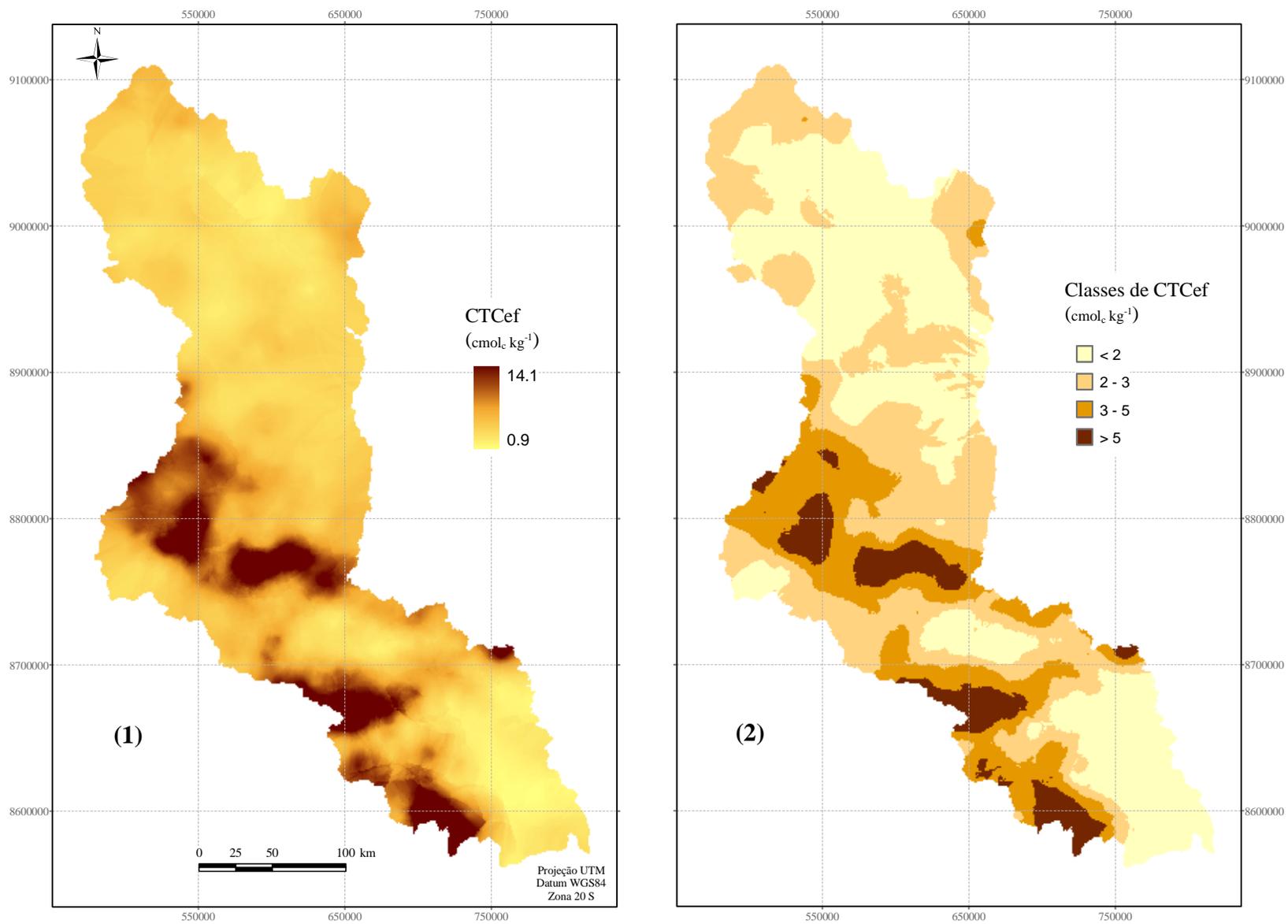


Figura 10 - (1) Mapa de distribuição espacial da capacidade de troca de cátions efetiva (CTCef) e, (2) mapa com a CTCef dividida em classes; semivariograma ajustado com modelo exponencial; variância pepita: 0,29; patamar: 0,75; alcance (km): 47,4; coef. determ. (R^2): 0,98; soma quad. resíd. (SQR): 0,000598

Tabela 4 - Classes de capacidade de troca de cátions efetiva (CTCef) determinadas na bacia do rio Ji-Paraná

Classes de CTC ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo)	Área (ha)	Distribuição (%)
< 2	2.951.305	39,3
2 - 3	2.630.102	35,0
3 - 5	1.358.992	18,1
> 5	567.996	7,6

A hipsometria, gerada a partir da reclassificação do modelo digital de elevação do terreno (MDET), subdivide a bacia em sete intervalos de altitude equidistantes em 100 metros (Figura 11). Em geral, predominam as baixas altitudes, inferiores a 700m, com maior predominância de valores correspondentes às subdivisões 100-200 e 200-300m, as quais abrangem, respectivamente, 40 e 36% da área total da bacia (Tabela 5). As cotas de altitude inferiores a 100 m ocorrem na região da foz do rio Ji-Paraná e correspondem a 6% da bacia. As altitudes entre 300-400 m representam 13% e ocorrem principalmente nas regiões central, próximo ao limite da bacia, e centro-sul. As demais subdivisões, somadas, com cotas de altitude variando de 400 a 700m, correspondem a 5% e ocorrem principalmente na região sul, onde encontram-se as nascentes do rio Ji-Paraná.

O mapa de declividade, também derivado do MDET, foi reclassificado considerando os intervalos descritos na Tabela 6, gerando o mapa com sete classes de declividade (Figura 12). Verifica-se a predominância da classe de declividade de 0-3%, a qual abrange aproximadamente 81% da área total da bacia, caracterizando uma topografia predominantemente suave. A topografia suave ondulada, referente à classe de declive de 3-6%, ocorre em cerca de 12% da área de estudo (Tabela 6). As classes de declividade de 6-9 e 9-12%, as quais correspondem à topografia moderadamente ondulada, abrangem, respectivamente, 3,3 e 1,3% da bacia. As demais classes, correspondentes a relevo mais acidentado, ou seja, topografia ondulada e forte ondulada, com declividades situadas entre 12-18% e maiores que 18%, ocorrem em 1,0 e 0,8%, respectivamente, principalmente na região central, próximo ao limite da bacia (Figura 12).

A Figura 13 apresenta o mapa pedológico, no qual as classes de solo são apresentadas no 2º nível categórico da classificação de solos, de acordo com EMBRAPA (1999). Na Tabela 7 estão relacionadas as classificações taxonômicas e as áreas de ocorrência das classes de solo.

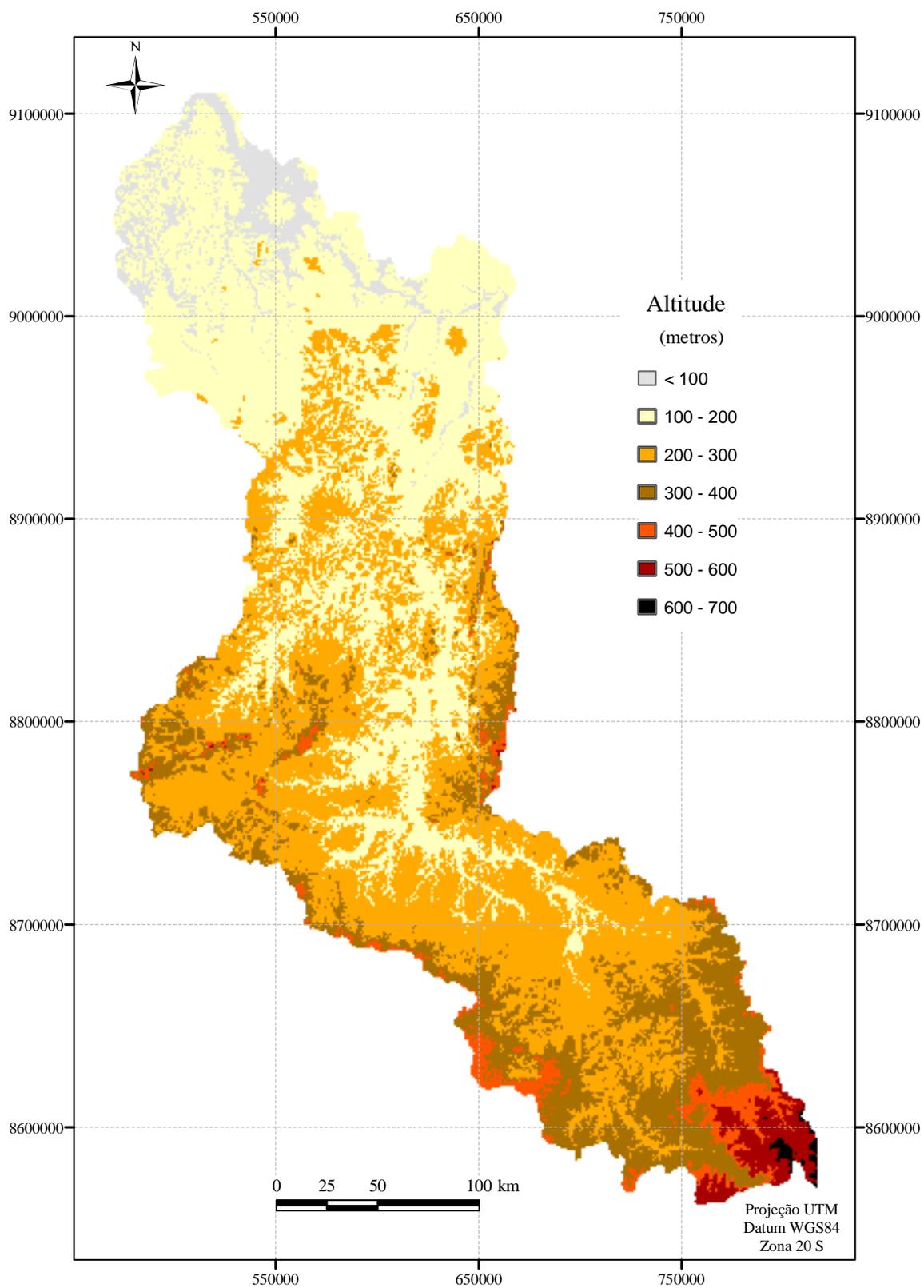


Figura 11 - Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná (Fonte: IBGE, 1980 – Cartas do Brasil)

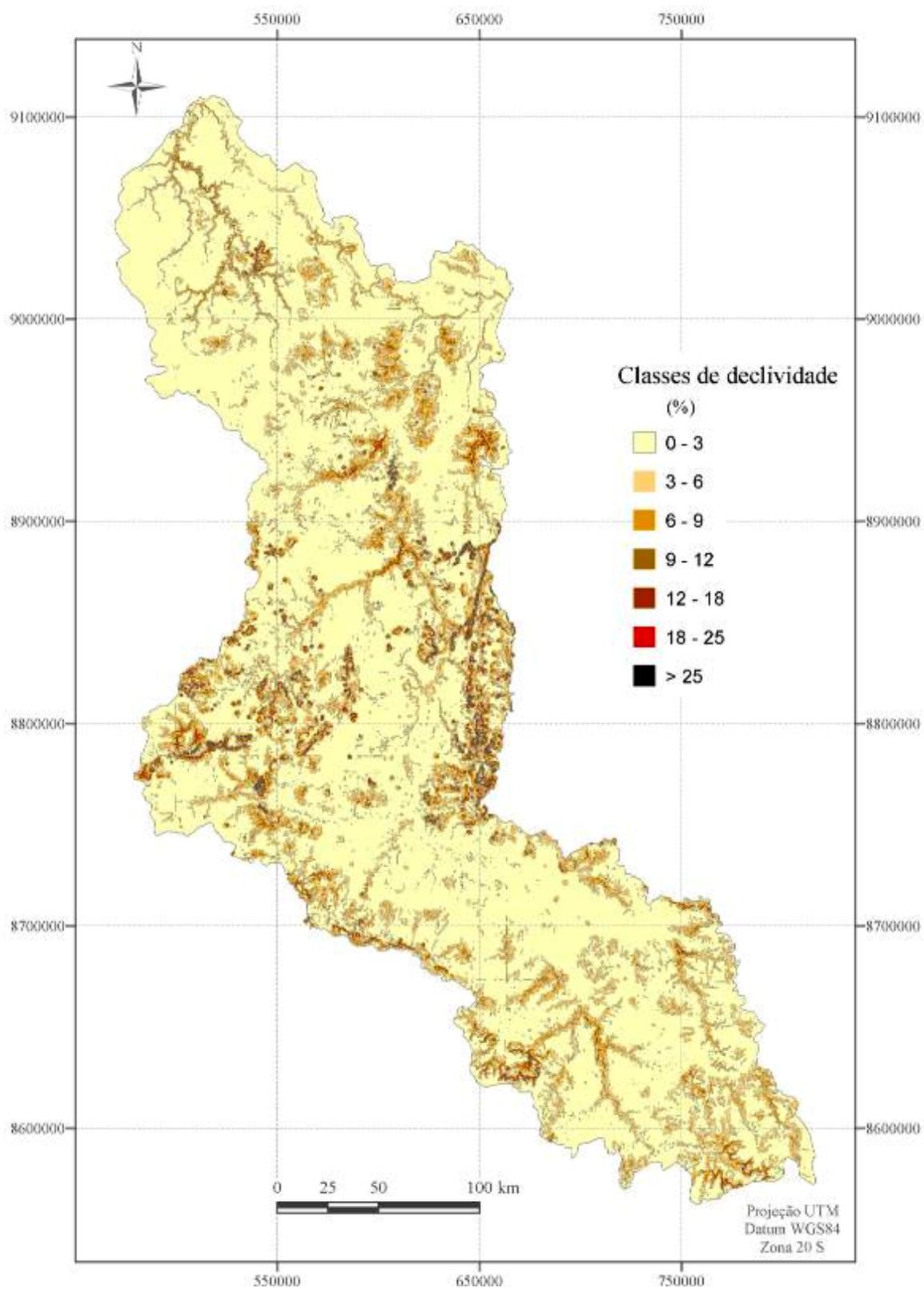


Figura 12 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná

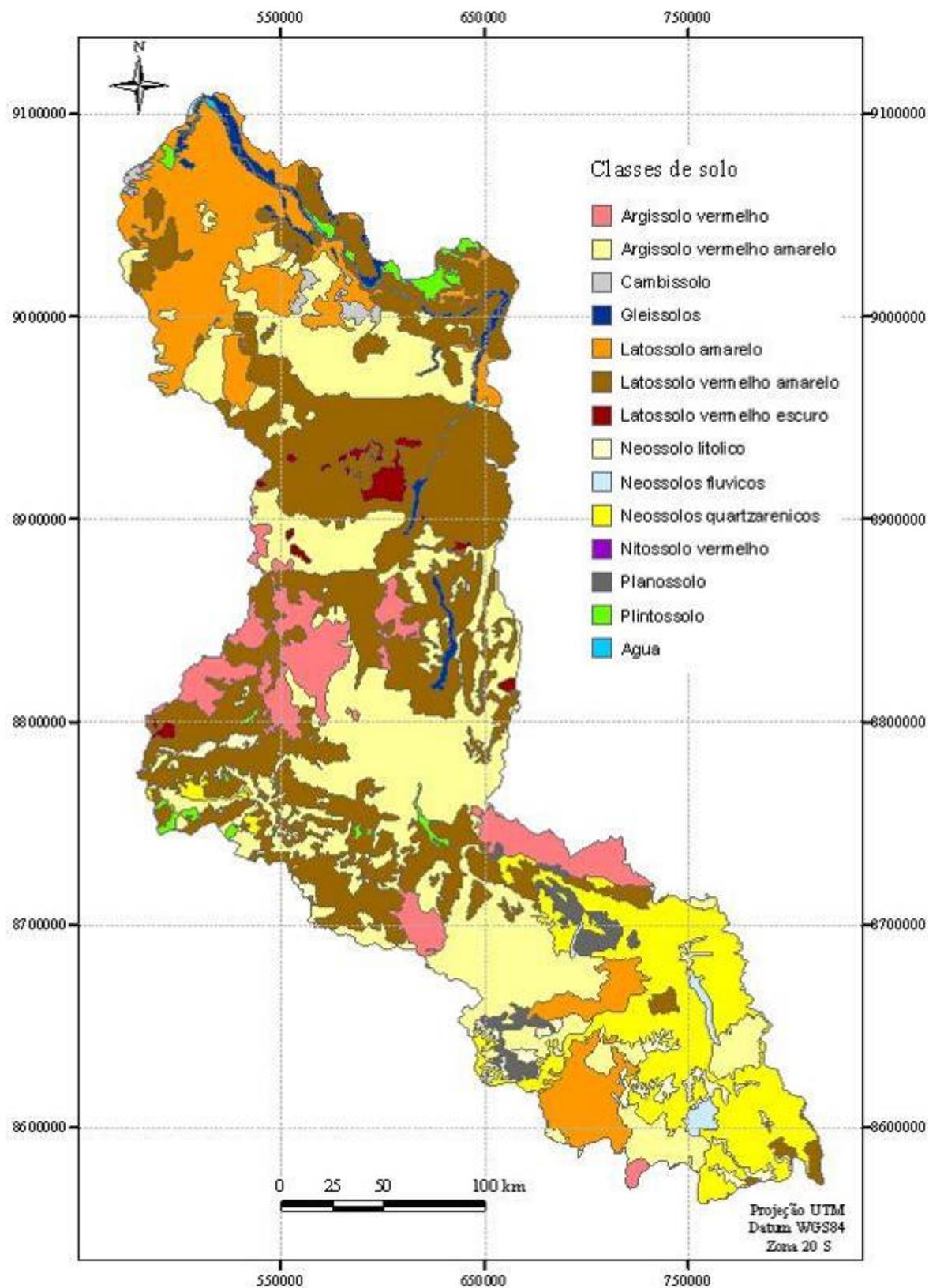


Figura 13 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná (EMBRAPA, 1983)

Tabela 5 - Representação gráfica do modelo digital de elevação do terreno da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná

Cotas (metros)	Distribuição (%)
< 100	6,4
100 - 200	40,3
200 - 300	36,2
300 - 400	12,7
400 - 500	2,6
500 - 600	1,7
600 - 700	0,2

Tabela 6 - Distribuição das classes de declividade determinadas na bacia do Ji-Paraná

Classes de declive (%)	Área (ha)	Distribuição (%)
0 - 3	6.088.384	81,3
3 - 6	922.757	12,3
6 - 9	250.644	3,3
9 - 12	98.080	1,3
12 - 18	74.610	1,0
18 - 25	31.189	0,5
> 25	24.515	0,3

Os Latossolos predominam na área mapeada, distribuídos em aproximadamente 46% da área da bacia do Ji-Paraná, compreendendo o Latossolo Amarelo (13%), Latossolo Vermelho-Amarelo (32%) e Latossolo Vermelho-Escuro (1%) (Tabela 7). Compreendem uma categoria de solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico em um perfil normalmente profundo. São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, Distróficos ou Álicos, atributos químicos que necessitam de correção para melhorar a fertilidade e conseqüentemente as explorações agrícolas (EMBRAPA, 1999). Apresentam capacidade de troca de cátions baixa, inferior a $17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo, e variam de fortemente a bem drenados. De acordo com Prado (2001), o teor de argila pode variar nesses solos, o que possibilita a sua diferenciação em solos de textura média, com teor de argila no horizonte B variando de 15 a 35%, de textura argilosa variando de 35 a 60% e de textura muito argilosa com teor superior que

60%. Ocorrem em relevo plano a suave ondulado, podendo, com certa frequência, ser encontrados também em áreas onduladas.

Tabela 7 - Classificação taxonômica e área dos solos mapeados na bacia do rio Ji-Paraná

Classificação taxonômica	Área (ha)	%
Argissolo vermelho	494.396	6,6
Argissolo vermelho amarelo	2.185.772	29,1
Cambissolo	38.650	0,5
Gleissolos	109.976	1,5
Latossolo Amarelo	969.423	12,9
Latossolo Vermelho-Amarelo	2.409.100	32,1
Latossolo Vermelho-Escuro	75.112	1,0
Neossolo Litólico	133.174	1,8
Neossolo Flúvico	39.995	0,5
Neossolo Quartzarênico	840.461	11,2
Nitossolo Vermelho	759	0,1
Planossolo	106.173	1,4
Plintossolo	76.597	1,0
Água	23.597	0,3
TOTAL	7.503.200	100

A classe dos Argissolos abrange 35,7% da área da bacia. Foram identificados Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos. Os Argissolos Vermelhos distribuem-se em 6,6% e os Argissolos Vermelho-Amarelos em 29,1% da área total da bacia do rio Ji-Paraná. (Tabela 7). Esta classe, de acordo com EMBRAPA (1999), compreende solos constituídos por material mineral, com marcante individualização de horizontes decorrentes de acentuada diferença em textura, cor ou estrutura. Apresentam uma camada no horizonte B de acúmulo de argila, tendo

esse tipo de horizonte a denominação de B textural. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, com saturação por bases alta, ou baixa, com variação de forte a moderadamente ácidos. Estão situados, geralmente, em relevo suave ondulado e ondulado, podendo apresentar problemas no uso do solo, em função da declividade e da diferença textural. São solos de fácil preparo para o plantio, em vista da textura relativamente grosseira na camada superficial. A classe dos Argissolos inclui os seguintes solos da antiga classificação: Podzólico Vermelho-Amarelo argila de atividade baixa, pequena parte de Terra Roxa Estruturada, de Terra Roxa Estruturada Similar, de Terra Bruna Estruturada e Terra Bruna Estruturada Similar, todos com B textural, em qualquer caso Eutróficos, Distróficos ou Álicos, e mais recentemente o Podzólico Vermelho-Escuro, com B textural e o Podzólico Amarelo.

A classe dos Neossolos estende-se em 13,5% da bacia, subdivida em Neossolo Quartzarênico (11,2%), Neossolo Litólico (1,8%) e Neossolo Flúvico (0,5%). São solos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 30 cm de espessura. Admite diversos tipos de horizontes superficiais e não apresenta qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 1999). Nesta classe estão incluídos os seguintes solos da antiga classificação: Litossolos e Solos Litólicos, Regossolos, Solos Aluviais e Areias Quartzosas (Distróficas, Marinhas e Hidromórficas).

Os Gleissolos compreendem solos hidromórficos, permanente ou periodicamente saturados por água, ocasionalmente podem ter textura arenosa (areia ou areia franca) somente nos horizontes superficiais, desde que seguidos de horizonte glei de textura franco arenosa ou mais fina. Os Gleissolos ocorrem próximos aos cursos d'água, ocupando aproximadamente 1,5% da área da bacia do Ji-Paraná.

A classe dos Planossolos ocupa aproximadamente 1,4% da bacia. Compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta. Os solos dessa classe ocorrem preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem vigência periódica anual de excesso de água, mesmo que de curta duração.

Os Plintossolos estão distribuídos em 1,0% da bacia, compreendendo os solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de

excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados. Predominantemente são solos fortemente ácidos, com saturação por bases baixa. Usualmente a ocorrência de solos desta classe está relacionada a terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suavemente ondulado.

Os Cambissolos compreende os solos de mesma nomenclatura da classificação antiga, inclusive os desenvolvidos em sedimentos aluviais. Essa classe ocupa 0,5% da bacia.

Os Nitossolos compreendem solos constituídos por material mineral, com argila de atividade baixa, textura argilosa ou muito argilosa. São, em geral, moderadamente ácidos a ácidos, com saturação por bases baixa a alta, às vezes álicos. É a classe de menor ocorrência, representada pelo Nitossolo Vermelho, o qual ocupa aproximadamente 0,1% da área da bacia.

As áreas com relevo mais ondulado na bacia, com declividade superior a 12%, correspondem a 135.314 ha, nos quais os Argissolos ocorrem em 62%, os Latossolos em 25%, os Neossolos em 11% e os Planossolos em 1%. O resultado do cruzamento do mapa de solos com o mapa de declividade, indicando a área percentual de abrangência das classes de solo em cada classe de declividade, é apresentado no quadro do Anexo B (pág. 107).

2.2.1.5 Uso da terra

O mapa de uso da terra, situação em 1999 (BALLESTER et al., 2003), pode ser visualizado na Figura 14. Conforme apresentado na Tabela 8, a floresta nativa predomina, ocupando aproximadamente 62% da área da bacia, seguida das áreas utilizadas com pasto, as quais estendem-se por cerca de 30%. As áreas de regeneração representam 3,6%, enquanto os cerrados recobrem 1,4%. As culturas ocupam 0,1% e as áreas com solo exposto, as quais possivelmente também são utilizadas com culturas anuais ou perenes, foram identificadas em 0,6% na bacia. As demais classes correspondem à interferência de nuvens (2,0%), cursos d'água (0,4%) e urbanização (0,2%).

Com relação à distribuição das atividades agropecuárias, Marconato (2002) verificou que a pecuária de corte distribue-se amplamente na bacia, enquanto a pecuária de leite está mais concentrada na região central, principalmente nos municípios de Ji-Paraná, Presidente Médici, Jaru e Ouro Preto D'Oeste. A soja vem apresentando expansão da área cultivada nos últimos oito anos, sobretudo, na região sul da bacia, a qual encontra-se sob considerável influência da

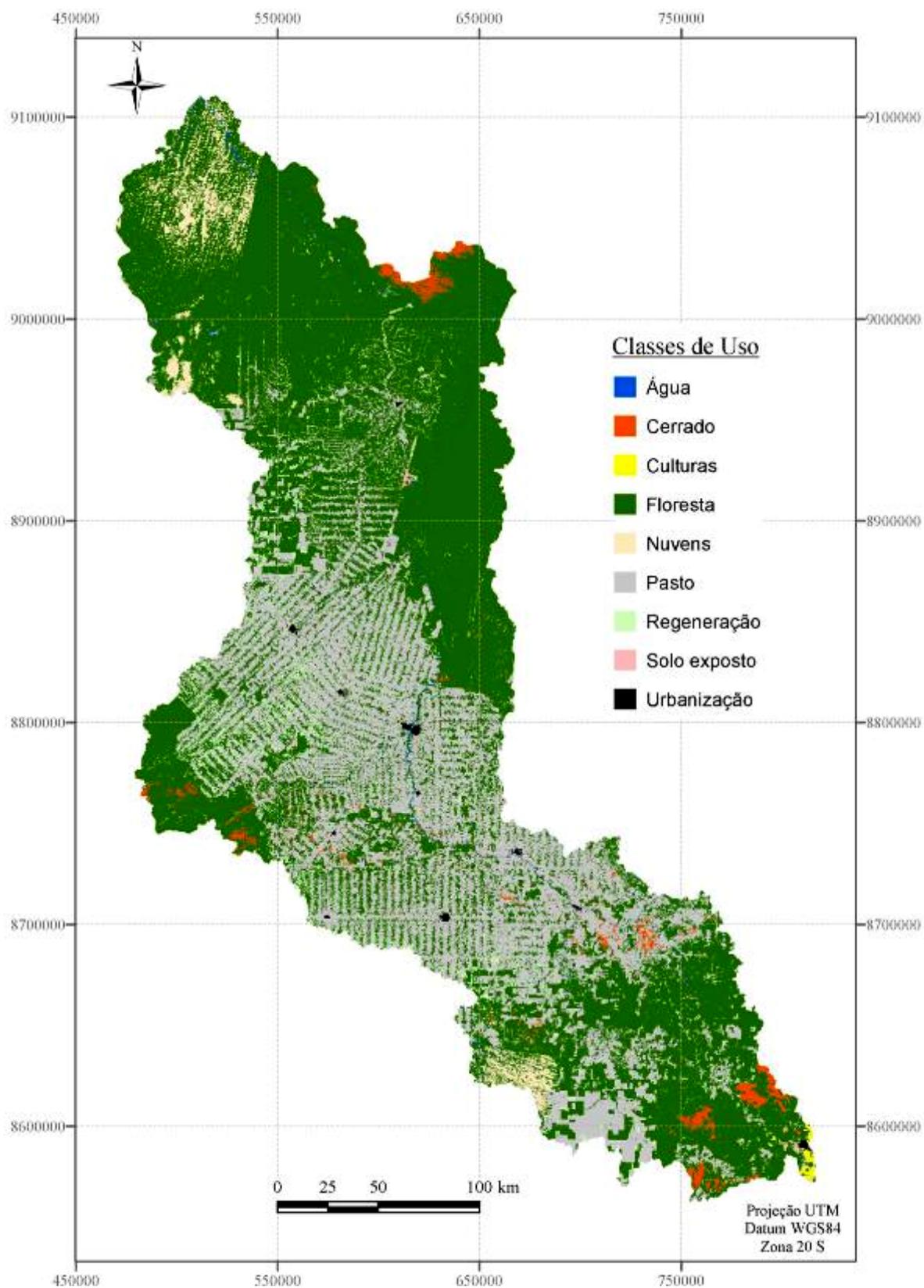


Figura 14 - Mapa de uso da terra (situação em 1999) da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná (Ballester et al., 2003)

propagação dessa cultura no estado do Mato Grosso. As lavouras de milho e arroz distribuem-se amplamente em toda extensão da bacia. Apresentam variações em área cultivada e produção ao longo do tempo, devido às constantes oscilações do valor pago ao produtor. Nos trabalhos de campo foi possível notar que as maiores áreas sob cultivo e manejadas de forma adequada, com relação à conservação dos recursos naturais, ocorrem próximas aos grandes centros urbanos. Este fato, possivelmente, está relacionado às melhores condições para o escoamento da produção. A cafeicultura também apresenta-se bem distribuída na bacia, porém está mais concentrada na região central, principalmente no município de Cacoal. Nessa região, verifica-se, ainda, maior ocorrência de práticas adequadas de manejo com relação aos tratos culturais como, por exemplo, correção da fertilidade do solo e controle de invasoras, pragas e doenças (MARCONATO, 2002).

Outras culturas, como cacau, seringueira, banana, feijão e mandioca são frequentemente encontradas na bacia do rio Ji-Paraná, distribuídas em pequenas lavouras, porém no montante das atividades agropecuárias são menos representativas comparadas às culturas supracitadas.

Tabela 8 - Distribuição das classes de uso da terra (situação em 1999) na bacia do Ji-Paraná

Classes de uso (%)	Área (ha)	Distribuição (%)
Floresta	4.641.782	61,9
Pasto	2.235.635	29,8
Regeneração	270.962	3,6
Cerrado	104.575	1,4
Solo exposto	41.857	0,6
Urbanização	13.790	0,2
Culturas	9.717	0,1
Nuvens	153.486	2,0
Água	28.726	0,4

2.2.1.6 Classificação de capacidade de uso das terras da bacia do rio Ji-Paraná

A Figura 15 apresenta o mapa de capacidade de uso da terra da bacia do rio Ji-Paraná. Em geral, a maior limitação ao uso está relacionada ao fator fertilidade do solo, o qual ocorre nas 16 classes de capacidade de uso identificadas na área de estudo. Em termos de extensão, predomina a classe “II” de capacidade de uso, subdividida em “II^f” (36%), “II^{ef}” (29%), “II^{sf}” (9%) e

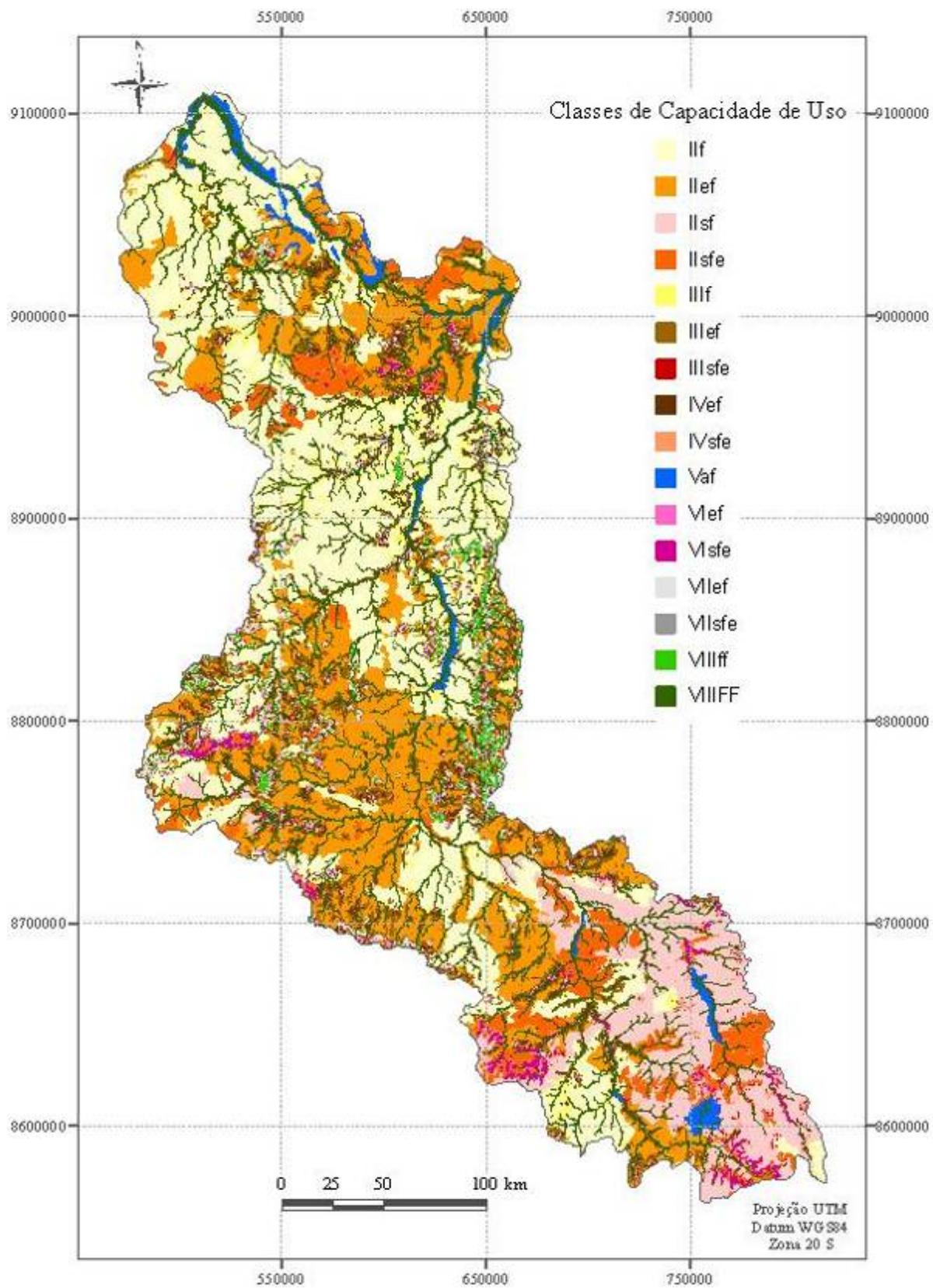


Figura 15 - Mapa de capacidade de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná

“IIsfe” (6%), isto é, com limitações ao uso relativas à fertilidade (f), erosão (e) e propriedades dos solos (s) (Tabela 9).

Apesar de alguns solos apresentarem elevada CTCef os resultados indicam considerável limitação ao uso relativa à fertilidade. Este fato está relacionado ao elevado teor de alumínio na maioria dos solos que ocorrem na bacia, o qual determina baixos valores de saturação por bases, resultando graus de limitação com variação de moderado a muito forte, relacionado à disponibilidade de nutrientes em função da CTCef e da saturação por bases e alumínio (Anexo 1; Tabelas A10 e A11).

De modo inverso, solos muito intemperizados com baixa CTCef, podem apresentar elevada saturação por bases, como algumas classes de Latossolo, as quais ocupam extensa área da bacia do Ji-Paraná (OLIVEIRA, 2001). Contudo, neste caso os nutrientes esgotam-se rapidamente nesses solos devido ao teor em bases trocáveis ser muito baixo. Após a primeira ou poucas colheitas, observa-se um decréscimo acentuado de produção, quando os mesmos não são fertilizados. Durante os trabalhos de campo, verificou-se que 100% das propriedades visitadas com lavouras de café sob Latossolos apresentaram acentuadas quedas de produtividade após seis anos de cultivo, nas quais não houve aplicação de fertilizantes. Após período de seis a dez anos de cultivo as lavouras são substituídas por outras atividades, principalmente por pastagem.

As terras passíveis de utilização com culturas anuais e/ou perenes, pastagem e reflorestamento representam aproximadamente 92, 5% da bacia, com ampla distribuição, e correspondem às classes II, III e IV de capacidade de uso. A bacia possui aproximadamente 4,4% de terras impróprias para culturas, mas adaptadas para pastagem ou reflorestamento, que correspondem às classes V, VI e VII de capacidade de uso. As classes VIIIff e VIIIFF abrangem aproximadamente 3%, com terras impróprias para qualquer tipo de cultivo, pastagem ou reflorestamento. A primeira corresponde às áreas com declividade superior a 25%, as quais ocorrem principalmente próximas ao divisor de águas na região central da bacia. A segunda corresponde às APPs, definidas de acordo a largura dos rios e, também, são identificadas com ampla distribuição na área de estudo (Figura 15). Devem, portanto, ser utilizadas como áreas de preservação ambiental ou de conservação hídrica.

Portanto, a maioria das terras na bacia do rio Ji-Paraná apresenta-se com grande potencial para o uso agrícola. Porém, para o estabelecimento e condução adequada das atividades agrícolas devem ser realizadas as correções da fertilidade do solo e seguidas as recomendações de uso e

manejo da terra fornecidas por agentes ou empresas de assistência técnica para obter ganhos em produtividade e controle do processo de erosão do solo.

Tabela 9 - Classes de capacidade de uso da terra da bacia do rio Ji-Paraná

Classes de capacidade de uso	Área (ha)	Distribuição (%)
IIf	2.662.908	35,5
IIef	2.179.010	29,1
IIsf	680.301	9,1
IIsfe	416.666	5,6
IIIf	184.833	2,5
IIIef	442.517	5,9
IIIsfe	176.969	2,4
IVef	175.990,	2,3
IVsfe	39.091	0,5
Vaf	124.918	1,7
VIef	79.013	1,1
VIIsfe	17.714	0,2
VIIef	88.550	1,2
VIIIsfe	15.809	0,2
VIIIff	24.330	0,3
VIIIFF	184.498	2,5

2.2.1.7 Intensidade de uso das terras da bacia do rio Ji-Paraná

O mapa de intensidade de uso da terra foi elaborado com base no cruzamento dos resultados da classificação das terras segundo sua capacidade de uso com as informações referentes ao uso da terra, situação em 1999 (Figura 16). Os resultados apresentados na Tabela 10 indicam que predomina a subutilização das terras, abrangendo 89,3% da bacia. As áreas identificadas com utilização inadequada do solo, ou seja, sob uso intensivo, correspondem somente a 0,9%. As áreas manejadas de forma adequada ocorrem em 6,2%, enquanto outras utilizadas de forma adequada, mas com restrições para culturas e para pastagem, conforme as

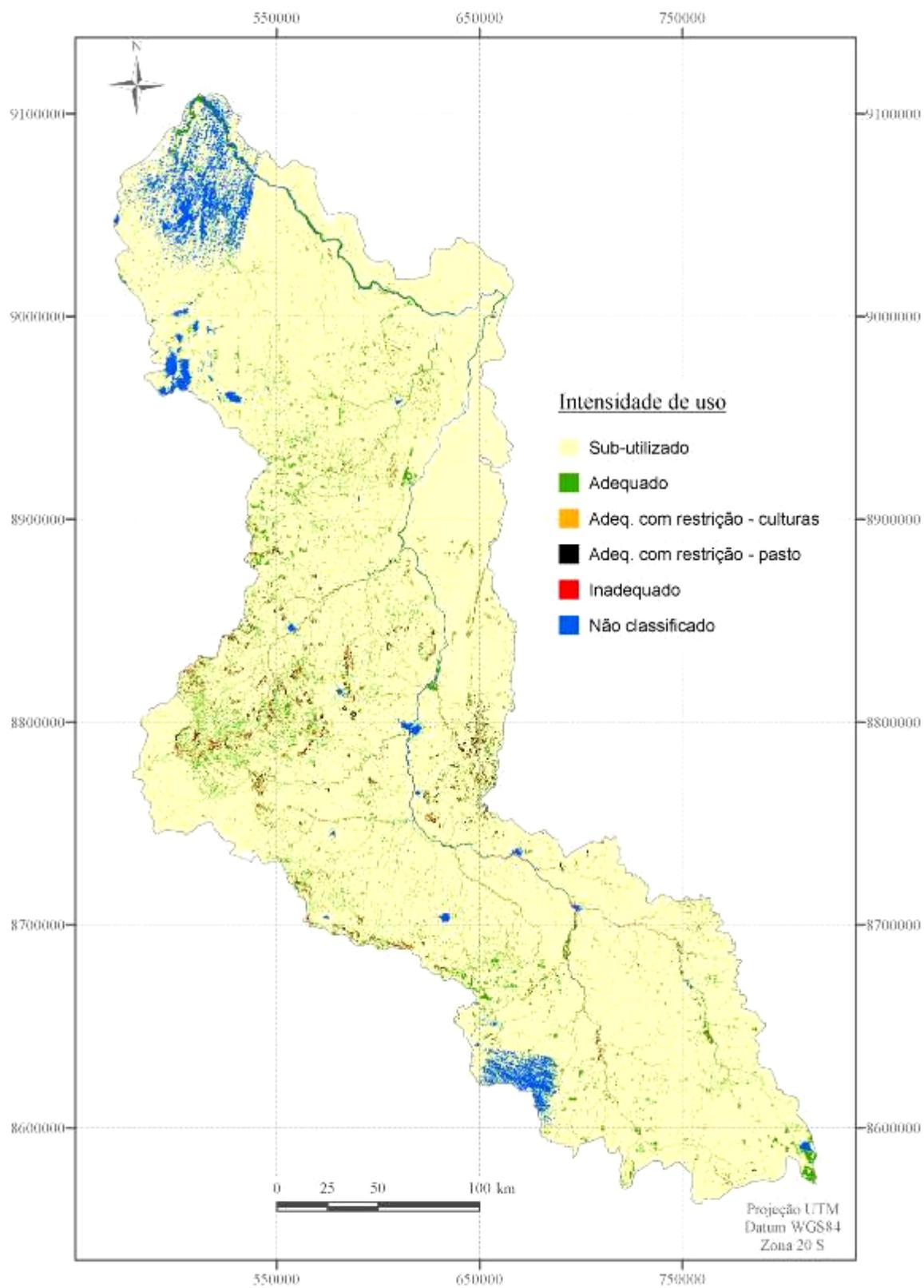


Figura 16 - Mapa de intensidade de uso da terra, no ano de 1999, da bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná

classes IV e VII determinadas na classificação de capacidade de uso da terra, abrangem respectivamente 0,3 e 0,2% da bacia. Essas duas últimas, bem como as áreas utilizadas de forma inadequada, concentram-se na região central da bacia (Figura 16), correspondente à porção sob maior influência da ação antrópica ao longo das três últimas décadas (BALLESTER et al., 2003).

Tabela 10 - Grau de intensidade de uso da terra na bacia do rio Ji-Paraná

Intensidade de uso	Área (ha)	Distribuição (%)
Sub-utilizado	6.686506	89,3
Adequado	467.146	6,2
Adequado com restrição (pasto)	23.507	0,3
Adequado com restrição (culturas)	16.561	0,2
Inadequado	65.570	0,9
Não classificado	234.898	3,1

Para realizar criteriosa avaliação da intensidade de uso da terra da área sob estudo é importante considerar a resolução espacial das imagens utilizadas, com a qual seja possível discriminar de forma detalhada as classes definidas na etapa de elaboração do mapa de uso da terra. Diversos estudos realizados na mesoescala demonstram que o uso de imagens LANDSAT 7 ETM⁺ proporcionam excelentes resultados na elaboração de mapas de uso da terra (BALLESTER et al., 2003; ROBERTS et al., 2002; HANADA, 2004).

Porém, a bacia do rio Ji-Paraná apresenta comportamento peculiar, na qual o tamanho das propriedades, bem como o uso e manejo da terra, são extremamente variados. Tais variações conferem considerável amplitude da assinatura espectral e, conseqüentemente, maior dificuldade para a identificação e quantificação das mesmas na etapa de classificação de imagens. Neste sentido, áreas de reduzido tamanho sob cultivo de culturas anuais ou perenes possivelmente não foram identificadas. Portanto, acredita-se que na análise da intensidade de uso da terra muitas áreas utilizadas de forma inadequada também não foram identificadas.

Nas terras correspondentes às APPs, o resultado da análise de intensidade de uso indica que 65% dessas áreas estão sendo utilizadas de forma adequada (Tabela 11), ou seja, sob ocupação com floresta nativa. Por outro lado, os resultados também indicam que 18,3% das terras

pertencentes às APPs estão sendo utilizados de forma inadequada, principalmente sob uso de atividades agropecuárias. A área abrangida pelos cursos d'água e cobertura de nuvens, referente ao item '*não classificado*' na Tabela 11, corresponde a 16,7% das APPs.

Tabela 11 - Grau de intensidade de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APPs) na bacia do Ji-Paraná

Intensidade de uso	Área (ha)	Distribuição (%)
Adequado	120.065	65,1
Inadequado	33.690	18,3
Não classificado	30.743	16,7

Com base nesses resultados, pode-se inferir que a exploração irregular de aproximadamente 33.690 ha das terras correspondentes às APPs possivelmente está promovendo o carreamento de sedimentos para os rios e, portanto, maior degradação dos recursos naturais, tal como o cenário apresentado na Figura 9.

Além disso, deve-se considerar o sistema tradicional de criação bovina que prevalece na bacia do Ji-Paraná, ou seja, sistema de manejo extensivo, para o qual preconiza-se a lotação média anual de 1,05 unidade animal (UA = 450 kg) por hectare, ou 1,63 cabeça ha⁻¹ (ICHIHARA, 2003). Este autor argumenta que a falta de procedimentos visando a recuperação de pastagens, como, por exemplo, o pastejo rotacionado, determina o decréscimo linear da capacidade de suporte das mesmas, estimada em 5% ao ano. Desta forma, após cinco anos de pastoreio a capacidade de suporte é reduzida para 0,86 UA ha⁻¹, ou 1,33 cabeça ha⁻¹. Em 1996, a lotação média identificada nos municípios do estado de Rondônia foi de 1,41 cabeça ha⁻¹. Os maiores valores foram encontrados na região central da bacia, sobretudo, nos municípios de Novo Horizonte, Urupá e Cacoal, nos quais a lotação média anual era, respectivamente, de 2,08, 1,94 e 1,91 cabeça ha⁻¹ (MARCONATO, 2002). Neste cenário, considerando a ausência de práticas conservacionistas de manejo de pastagem e correção da fertilidade do solo, a pressão de pastoreio acima da capacidade de suporte do pasto, ao longo dos anos, acarreta em sérios problemas de compactação do solo. Ocorre o impedimento à infiltração da água da chuva e, conseqüentemente, promove o escoamento superficial, podendo ocasionar o processo de erosão. Esta observação é extremamente importante ao considerar as classes de capacidade de uso da terra determinadas com limitações ao uso relacionado ao processo de erosão.

O cenário observado na bacia do rio Ji-Paraná descreve uma tendência similar à exploração dos recursos naturais da mata Atlântica, ocorrida principalmente ao longo do século passado. Este argumento baseia-se em alguns estudos realizados no Estado de São Paulo, envolvendo análise temporal de mudanças no uso da terra, os quais identificaram extensas áreas com regeneração de florestas, principalmente nas APPs, outrora desmatadas para introdução de atividades agropecuárias (TOLEDO, 2001; FIORIO, 2000; SPAROVEK e LEPSCH, 1998). Este fato está relacionado à exploração de terras sem critérios pré-estabelecidos, nas quais as características dos solos e do relevo não eram favoráveis para uso agrícola, com maiores ocorrências na primeira metade do século passado. Naquele período não havia ainda a obrigatoriedade de manutenção da reserva legal e das APPs estabelecidas no código florestal, o qual passou a vigorar a partir do ano de 1965. Posteriormente, com a alteração do referido código, em 1989, quando foi determinado o aumento das áreas de preservação, começaram a ser identificadas muitas áreas com regeneração de floresta, principalmente sob solos com características inadequadas para uso e manejo intensivo e, também, naquelas correspondentes às APPs.

Atualmente, na região norte do país, o mesmo cenário se repete inexplicavelmente, quando já existem inúmeras leis de proteção ambiental e maior consciëntização dos produtores rurais com relação aos benefícios da manutenção das reservas florestais, das APPs e, conseqüentemente, manutenção da biodiversidade. A intensificação do desmatamento mostra o descaso de um considerável número de pessoas diante dessas considerações, além das questões referentes às alterações climáticas e com relação à qualidade de vida das futuras gerações da humanidade. Com relação ao aquecimento global, espera-se que ações sejam tomadas no sentido de reduzir os desmatamentos e promover o uso e manejo sustentável do solo, de forma a contribuir para a mitigação do efeito estufa e para que sejam cumpridas as metas de redução de gases estabelecidas no Protocolo de Kioto.

Diante do atual cenário e do crescente aumento da população no planeta, acredita-se que o desafio é ainda maior que se imagina e neste contexto surge uma questão: “seremos capazes de produzir alimentos para atender toda a humanidade no decorrer do século que se inicia, utilizando os recursos naturais de forma sustentável, reduzindo os desmatamentos e a emissão de gases que causam o aquecimento global?”

2.2.2 Sub-regiões

2.2.2.1 Observações de campo

Durante o levantamento de campo realizado nas quatro sub-regiões estudadas, pôde-se observar que não há um padrão, ou até mesmo um critério adequado, com relação ao preparo do terreno para o cultivo e os tratos culturais. Observou-se a ocorrência de muitas lavouras intercaladas com espécies invasoras, às vezes abandonadas e outras cultivadas entre troncos e áreas recém queimadas (Figura 17).

Diante do exposto, não foi possível elaborar os mapas de uso das terras das sub-regiões com todas as classes inicialmente planejadas. Conforme mencionado anteriormente, a maior dificuldade encontrada foi discriminar áreas cultivadas com culturas anuais e perenes das demais classes de uso da terra devido à ampla variação da assinatura espectral das mesmas, decorrente das distintas formas de manejo e, principalmente, do tamanho reduzido das lavouras. Adicionalmente, as imagens obtidas correspondem ao período de entressafra das culturas anuais (junho a agosto), fato que também dificulta a identificação das mesmas.

Em todos os municípios do estado de Rondônia existe uma predominância da área ocupada com pastagem. Entre aqueles que apresentam relação mais equilibrada entre área ocupada com agricultura e a ocupada com pastagem destacam-se os municípios de Urupá e Machadinho D'Oeste, com aproximadamente 30% de lavouras e 70% de pastagem (SEDAM, 2002). Porém, no município de Urupá, no decorrer dos últimos cinco anos tem sido observada a intensificação da pecuária destinada à produção de leite devido ao incentivo das indústrias de laticínio instaladas naquela região. Além disso, a queda do preço do café, ocorrido nos anos de 2001 e 2002 (ABIC, 2005), também pode ter sido um fator que estimulou a substituição da atividade cafeeira por bovinocultura de leite.

Nas sub-regiões Ariquemes e Cujubim a atividade pecuária está relacionada, principalmente, à produção de carne. Em ambas, a relação entre a área ocupada com agricultura e a ocupada com pastagem corresponde, aproximadamente, a 8 e 92 %, respectivamente.

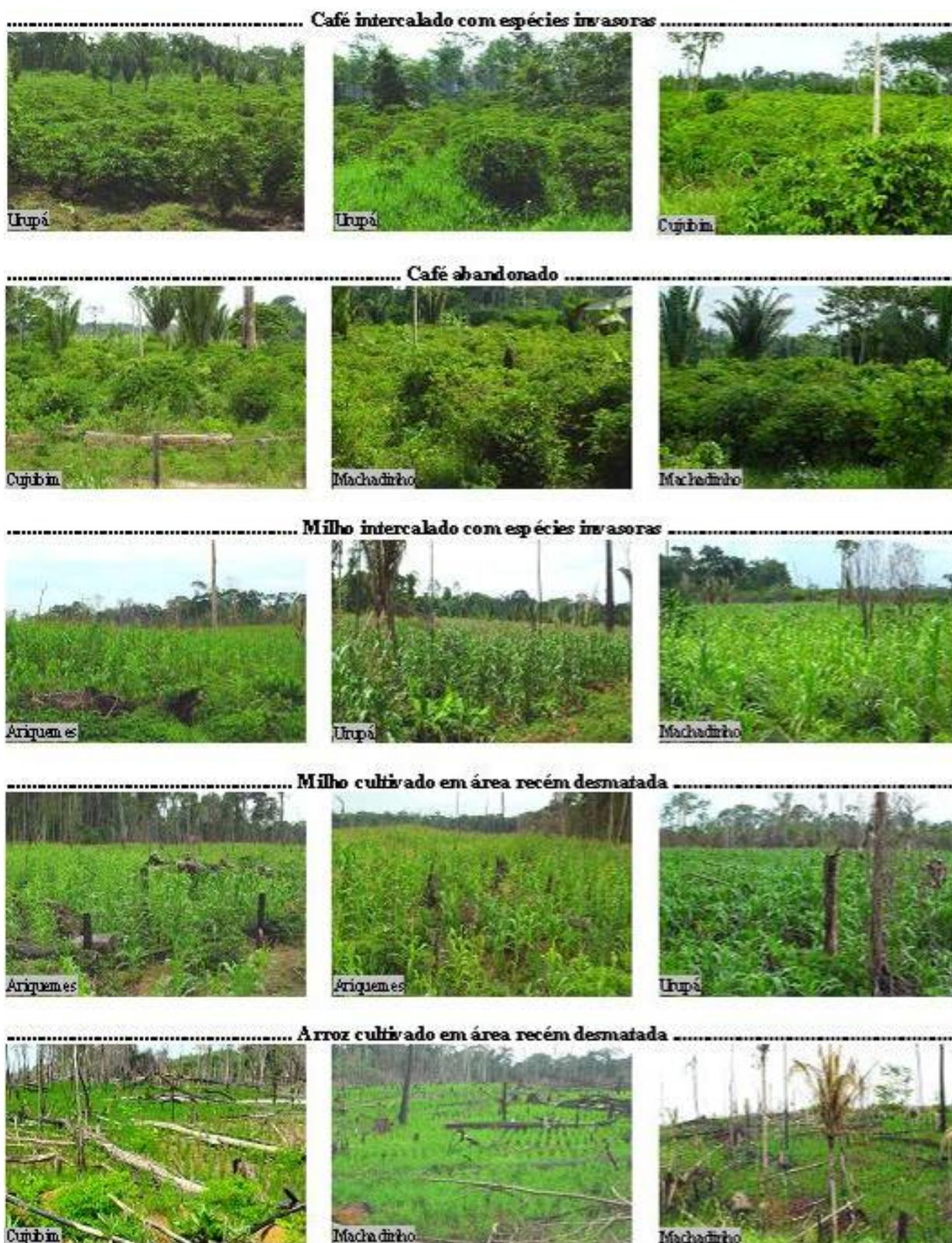


Figura 17 - Lavouras mal manejadas, identificadas durante levantamento de campo realizado nas sub-regiões

2.2.2.2 Características dos aspectos físicos, químicos e do uso das terras nas sub-regiões

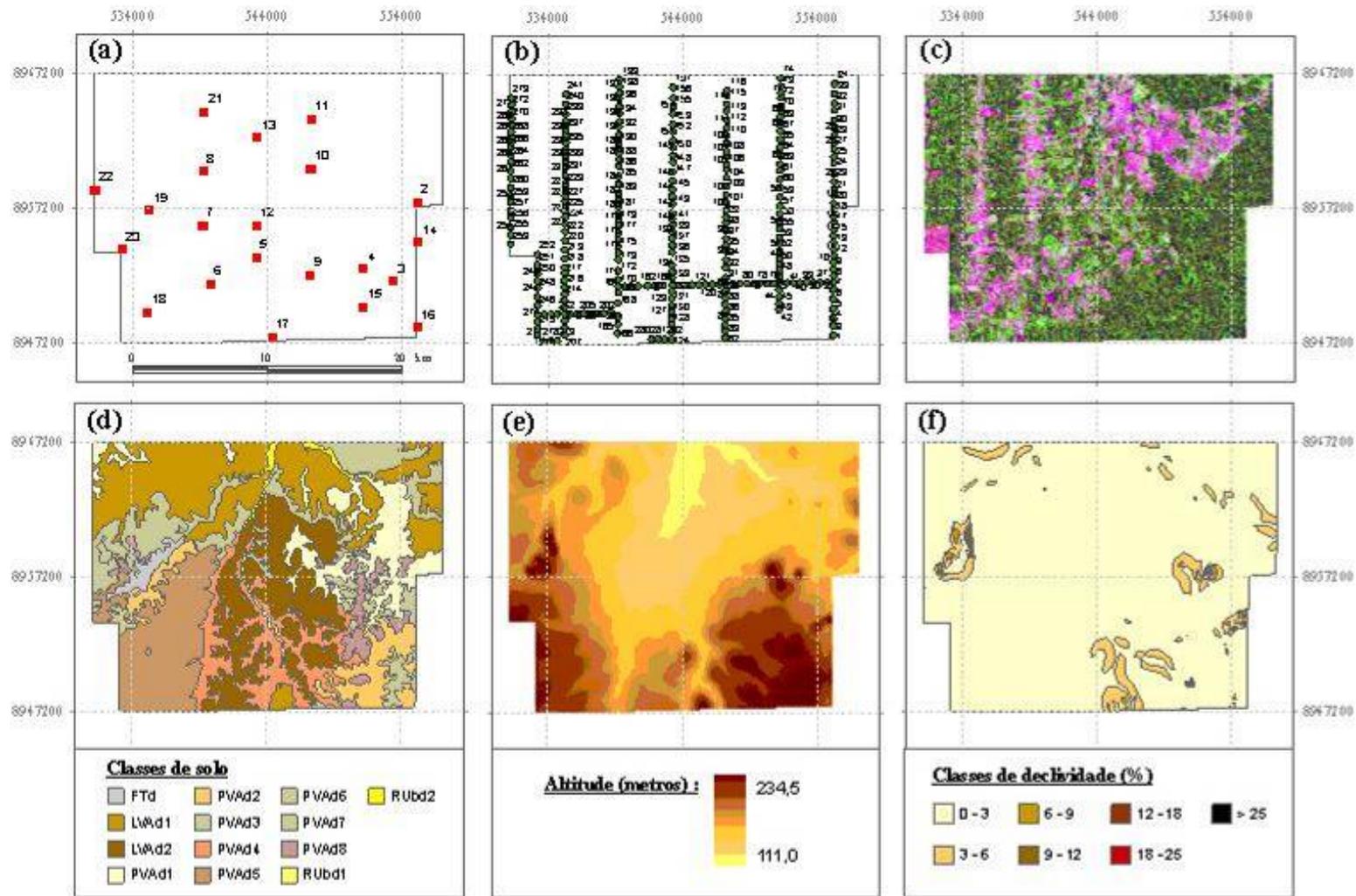
Os mapas das quatro sub-regiões foram elaborados tomando-se o contorno do mapa pedológico como referência para a obtenção e apresentação dos demais planos de informação, os quais foram gerados com o intuito de analisar as características físicas e antrópicas das mesmas.

Todas as informações temáticas, processadas e armazenadas no formato digital, necessárias para a caracterização dos aspectos físicos e de ocupação do solo das sub-regiões, bem como para o processamento da classificação de capacidade de uso da terra, podem ser visualizadas nas Figuras 18, 19, 20 e 21, referentes às sub-regiões Ariquemes, Urupá, Cujubim e Machadinho, respectivamente.

Na sub-região Urupá a distribuição das classes de solos é mais equitativa comparada com as demais sub-regiões (Tabela 12). Nessa sub-região predominam os argissolos (45%), seguidos dos latossolos (21%), neossolos (12,4%), luvisolos (9,6%), plintossolos (5,9%), nitossolos (3,8%), gleissolos (1,9%) e cambissolos (0,1%). Em Ariquemes os argissolos são predominantes, os quais distribuem-se em 58,7% da área total da sub-região, enquanto os latossolos ocorrem em 38,6%, neossolos em 1,4% e plintossolos em 1,3%. Nas sub-regiões Cujubim e Machadinho predominam os latossolos estendendo-se, respectivamente, por 82,5 e 95,9%. Na primeira há também argissolos (10,5%), gleissolos (4,0%) e neossolos (2,3%), enquanto na segunda observa-se ainda a ocorrência de gleissolos (3,8%).

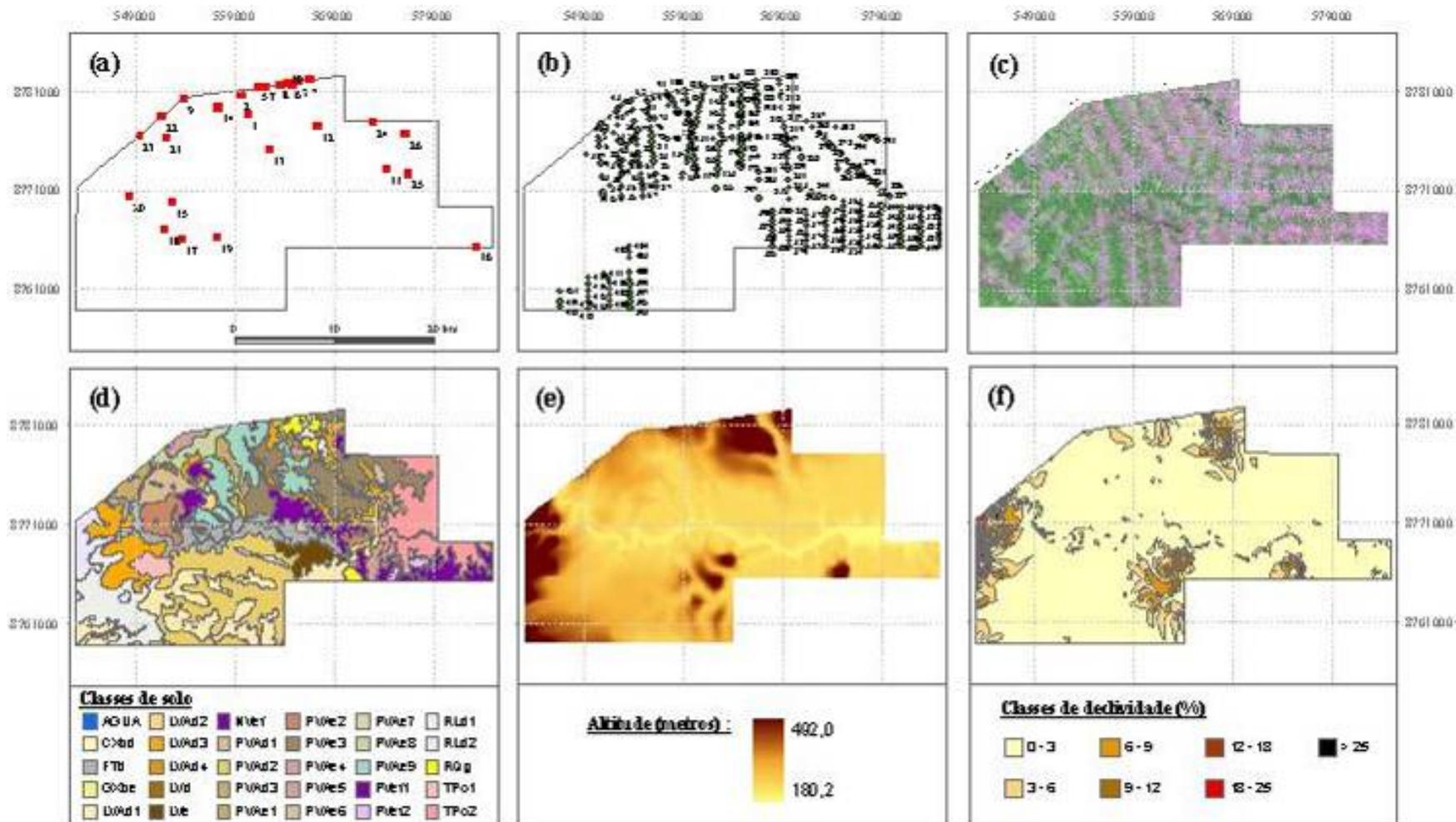
A característica do relevo é predominantemente suave nas sub-regiões (Tabela 13), principalmente nas sub-regiões Ariquemes e Cujubim, nas quais a classe de declividade 0-3% abrange aproximadamente 93% da área total das mesmas. Nas sub-regiões Urupá e Machadinho esta classe também predomina, com abrangência de 82,5 e 68,5%, respectivamente, porém com maior ocorrência das demais classes de declividade, comparadas às outras duas sub-regiões, configurando relevo mais acidentado.

Nas imagens de satélite, referente ao ano de 2001, composição colorida do Landsat 7 sensor ETM⁺, pode-se observar a tendência do desmatamento ocorrer, principalmente, no entorno das estradas nas quatro sub-regiões, concordando com os resultados dos trabalhos desenvolvidos por Hanada (2004), Ballester et al. (2003), Roberts et al. (2002), Laurance et al. (2002) e Alves et al. (1999).



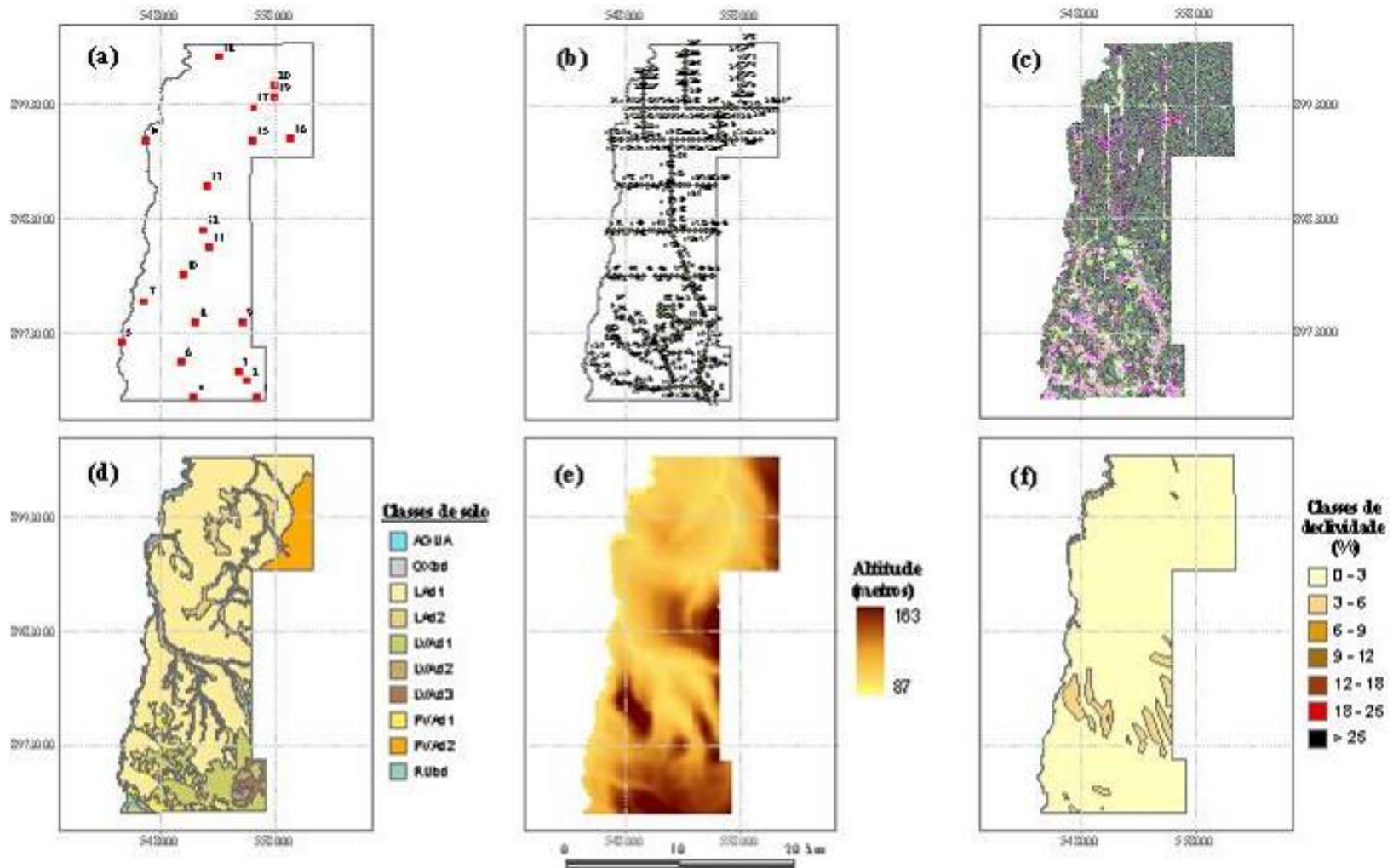
Classes de solo: FTd - PLINTOSSOLOS ARGILÚVICOS Distróficos; LVAAd - LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos; PVAd - ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos; RUbd - NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos

Figura 18- Dados necessários para caracterização da sub-região Ariquemes e para aplicação do sistema de classificação de capacidade de uso da terra, com informações referentes à (a) distribuição espacial dos perfis de solos, (b) amostras de fertilidade do solo, (c) Imagem Landsat7 de 2001, (d) distribuição das classes de solo, (e) modelo digital de elevação do terreno e (f) declividade



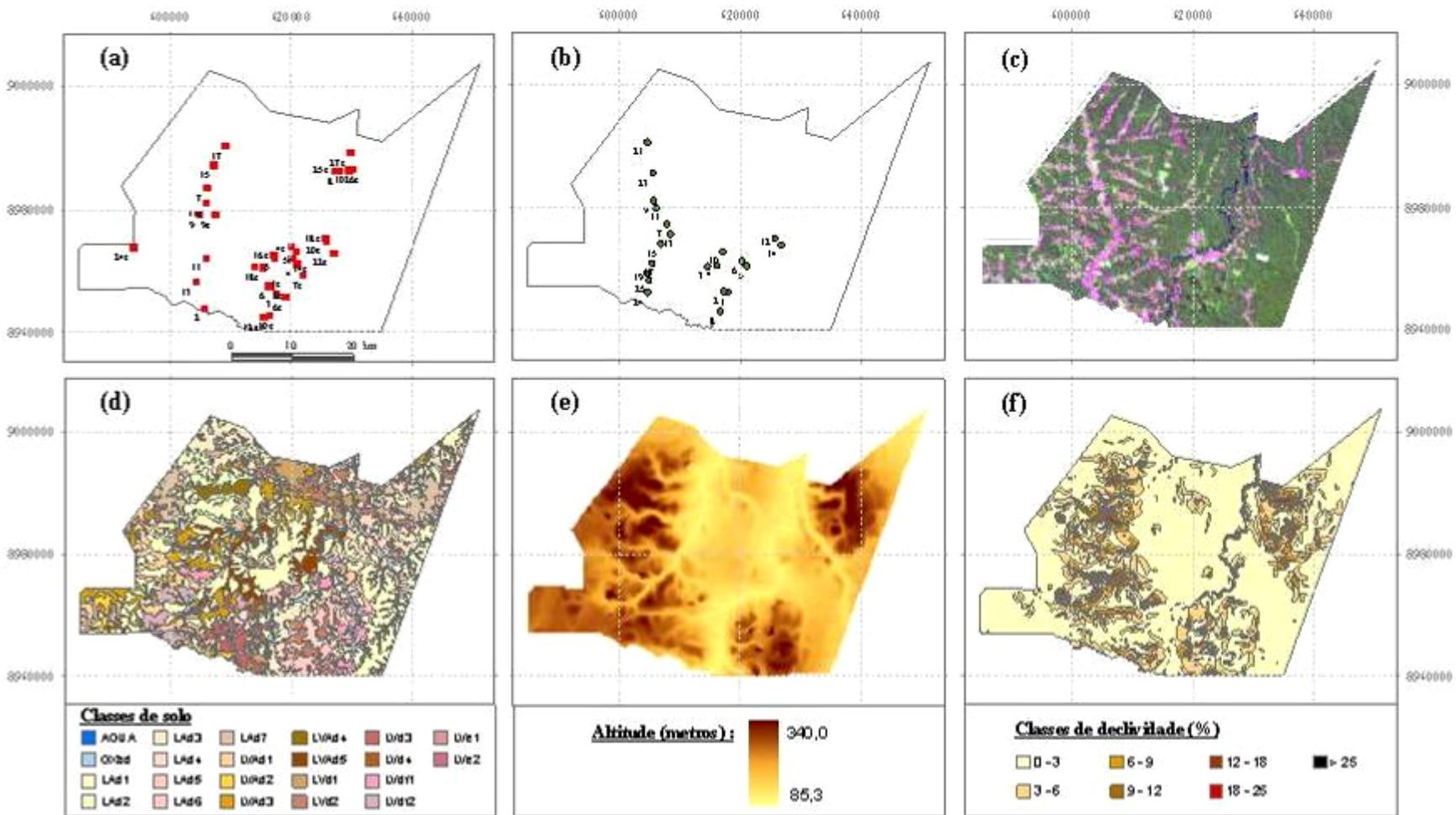
Classes de solo: CXbd - CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos; FTd - PLINTOSSOLOS ARGILÚVICOS Distróficos; GXbe - GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Eutróficos; LVAd - LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos; Lvd - LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos; Lve - LATOSSOLOS VERMELHOS Eutróficos; NVe1 - NITOSSOLOS VERMELHOS Eutróficos; PVAd - ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos; PVe1 - ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos; PVe2 - ARGISSOLOS VERMELHOS Eutróficos; RLd1 - NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos; RQg - NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Hidromórficos; TPo1 - LUVISSOLOS HIPOCRÔMICOS Órticos

Figura 19- Dados necessários para caracterização da sub-região Urupá e para aplicação do sistema de classificação de capacidade de uso da terra, com informações referentes à (a) distribuição espacial dos perfis de solos, (b) amostras de fertilidade do solo, (c) Imagem Landsat7 de 2001, (d) distribuição das classes de solo, (e) modelo digital de elevação do terreno e (f) declividade



Classes de solo: **GXvd** - GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos; **LVAd** - LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos; **LVAd** - LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos; **PVAd** - ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos; **RUBd** - NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos

Figura 20 - Dados necessários para caracterização da sub-região Cujubim e para aplicação do sistema de classificação de capacidade de uso da terra, com informações referentes à (a) distribuição espacial dos perfis de solos, (b) amostras de fertilidade do solo, (c) Imagem Landsat7 de 2001, (d) distribuição das classes de solo, (e) modelo digital de elevação do terreno e (f) declividade



Classes de solo: LAd - LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos; LVe - LATOSSOLOS VERMELHOS Eutróficos; LVd - LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos; LVdf - LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos; LVAd - LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos; GXbd - GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos

Figura 21- Dados necessários para caracterização da sub-região Machadinho e para aplicação do sistema de classificação de capacidade de uso da terra, com informações referentes à (a) distribuição espacial dos perfis de solos, (b) amostras de fertilidade do solo, (c) Imagem Landsat7 de 2001, (d) distribuição das classes de solo, (e) modelo digital de elevação do terreno e (f) declividade

Tabela 12 - Distribuição das classes de solo das sub-regiões

Classes de solo	Sub-regiões			
	Ariquemes	Urupá	Cujubim	Machadinho
 Área (%)			
ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS	58,7	40,5	10,5	-
ARGISSOLOS VERMELHOS	-	4,3	-	-
CAMBISSOLOS HÁPLICOS	-	0,1	-	-
GLEISSOLOS HÁPLICOS	-	1,9	4,0	3,8
LATOSSOLOS AMARELOS	-	-	69,8	59,3
LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS	38,6	19,2	12,7	19,8
LATOSSOLOS VERMELHOS	-	1,9	-	16,8
LUVISSOLOS HIPOCRÔMICOS	-	9,6	-	-
NEOSSOLOS FLÚVICOS	1,4	-	2,3	-
NEOSSOLOS LITÓLICOS	-	10,0	-	-
NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS	-	2,4	-	-
NITOSSOLOS VERMELHOS	-	3,8	-	-
PLINTOSSOLOS ARGILÚVICOS	1,3	5,9	-	-
ÁGUA	-	0,4	0,7	0,3
TOTAL	100	100	100	100

Tabela 13 - Distribuição das classes de declividade das sub-regiões

Classes de declividade (%)	Sub-regiões			
	Ariquemes	Urupá	Cujubim	Machadinho
 Área (%)			
0 - 3	93,2	82,9	93,3	68,5
3 - 6	6,0	10,9	6,6	21,9
6 - 9	0,6	3,5	0,1	6,8
9 - 12	0,1	1,6	-	1,8
12 - 18	-	0,6	-	0,7
18 - 25	-	0,4	-	0,2
> 25	-	0,2	-	0,1

2.2.2.3 Classificação da capacidade de uso das terras das sub-regiões

As classes de capacidade de uso determinadas para as sub-regiões Ariquemes, Urupá, Cujubim e Machadinho podem ser visualizadas nos mapas apresentados nas Figuras 22a, 23a, 24a e 25a, respectivamente.

Em Ariquemes, foram identificadas 15 classes de capacidade de uso. Em Urupá observa-se expressiva variação da capacidade de uso da terra, na qual foram determinadas 27 classes. Em Cujubim ocorrem somente 5 classes, enquanto em Machadinho 14 classes foram identificadas. A área de abrangência das classes pode ser observada nas Figuras 22b, 23b, 24b e 25b.

O parâmetro fertilidade é o principal fator limitante para o uso dos solos. Nas sub-regiões Ariquemes e Cujubim (Figuras 23b e 25b) observa-se poucas variações de declividade, fato corroborado pela expressiva abrangência das classes de capacidade de uso “IIf” e “IIIf”, as quais, somadas, estendem-se por aproximadamente 84,1 e 90,4% da área total das respectivas sub-regiões. Nas quatro sub-regiões, além da fertilidade, também foram identificadas limitações ao uso da terra relacionado ao excesso de água, definido pela letra “a”, à erosão “e”, às propriedades do solo “s” e, ainda, referentes às terras impróprias para qualquer tipo de cultivo, as quais devem ser utilizadas como áreas de preservação ambiental ou de conservação hídrica, correspondentes às classes VIIIff e VIIIFF.

2.2.2.4 Intendidade de uso das terras das sub-regiões

A Figura 26, apresenta os mapas de intensidade de uso das terras das sub-regiões Ariquemes, Urupá, Cujubim e Machadinho. A distribuição das áreas utilizadas de forma adequada ou inadequada, bem como as subutilizadas e aquelas correspondentes aos cursos d’água e sob interferência de nuvens, referentes à categoria “não classificado”, pode ser observada na Tabela 14.

De modo geral, observa-se que a distribuição das categorias que definem o grau de intensidade de uso da terra nas quatro sub-regiões é relativamente semelhante. Nota-se a predominância de terras subutilizadas, com maior ocorrência em percentual de área na sub-região Cujubim, identificada em 89%, e menor ocorrência na sub-região Machadinho (87%). O uso

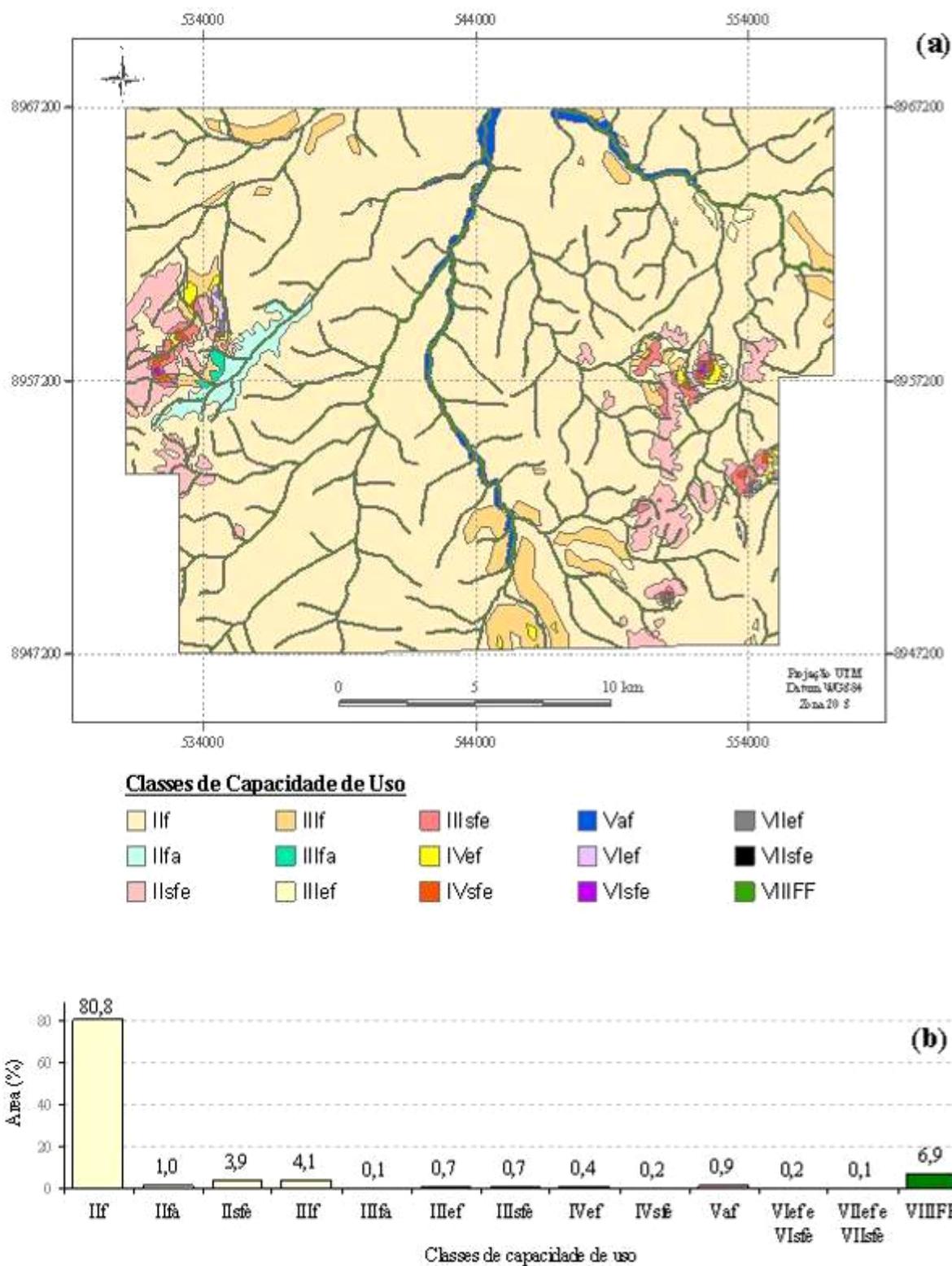
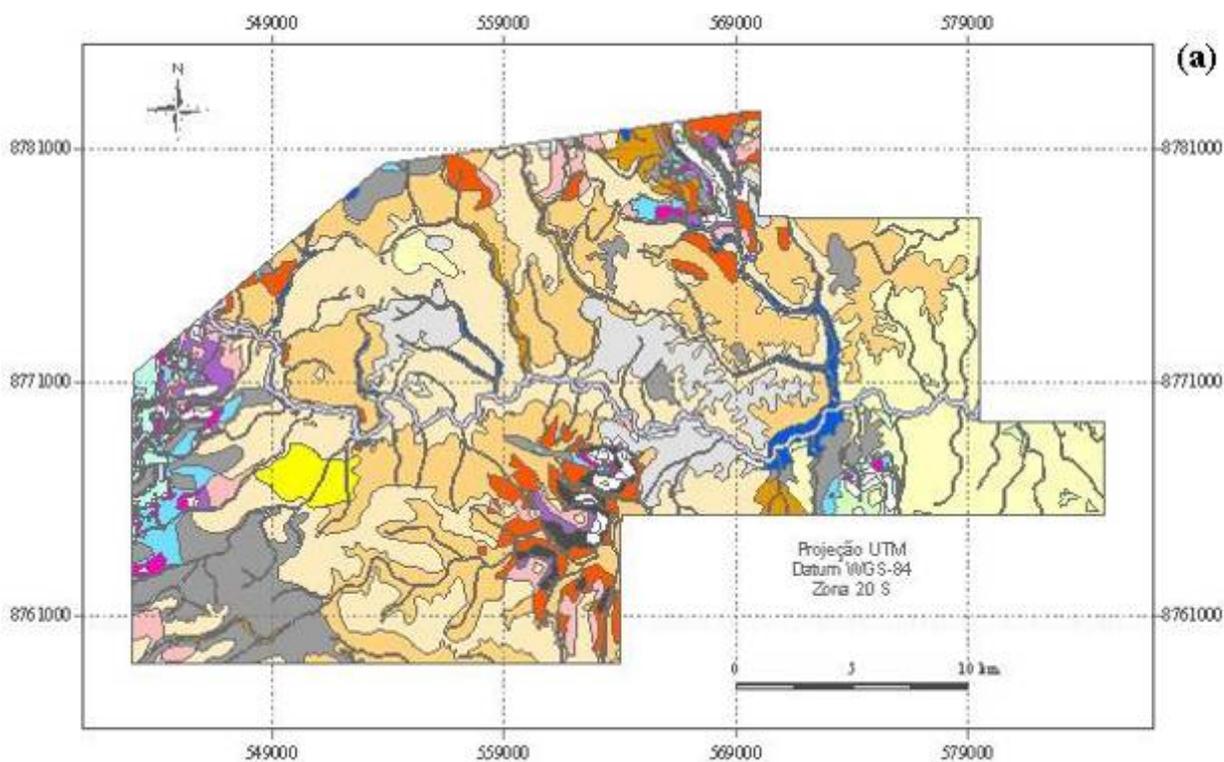


Figura 22 - (a) Mapa de capacidade de uso da terra da sub-região Ariquemes e (b) gráfico de área (em %) das classes de capacidade de uso



Classes de Capacidade de Uso

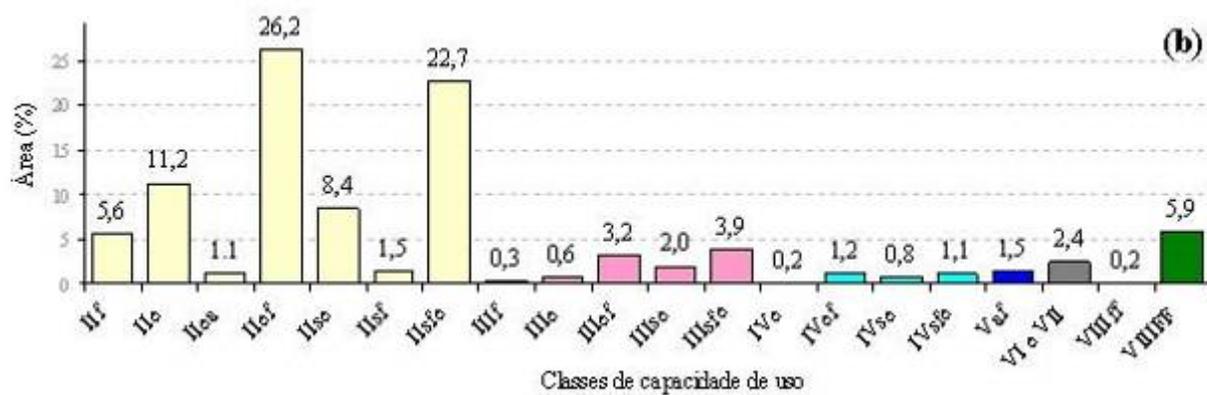


Figura 23 - (a) Mapa de capacidade de uso da terra da sub-região Urupá e (b) gráfico de área (em %) das classes de capacidade de uso

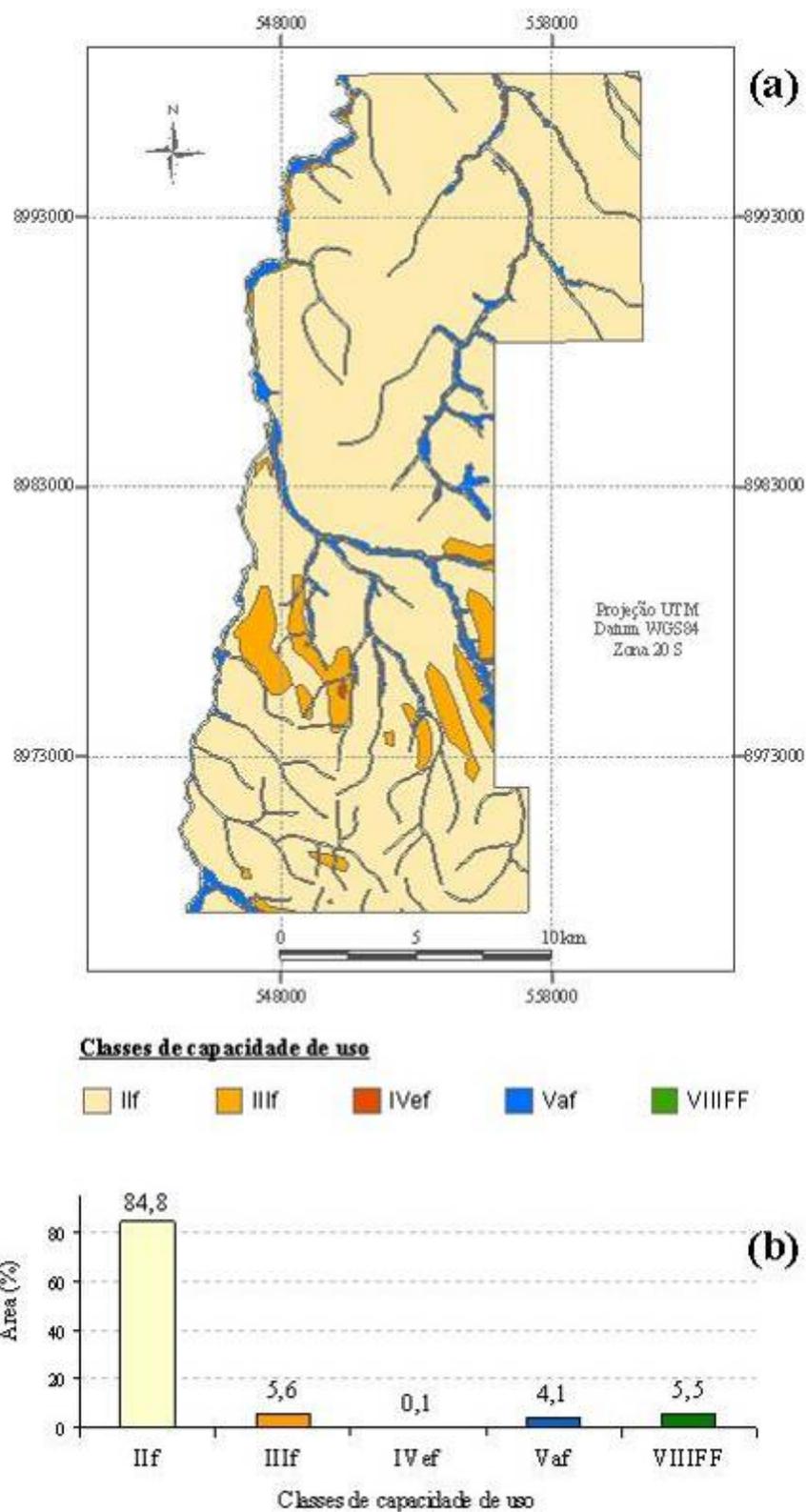
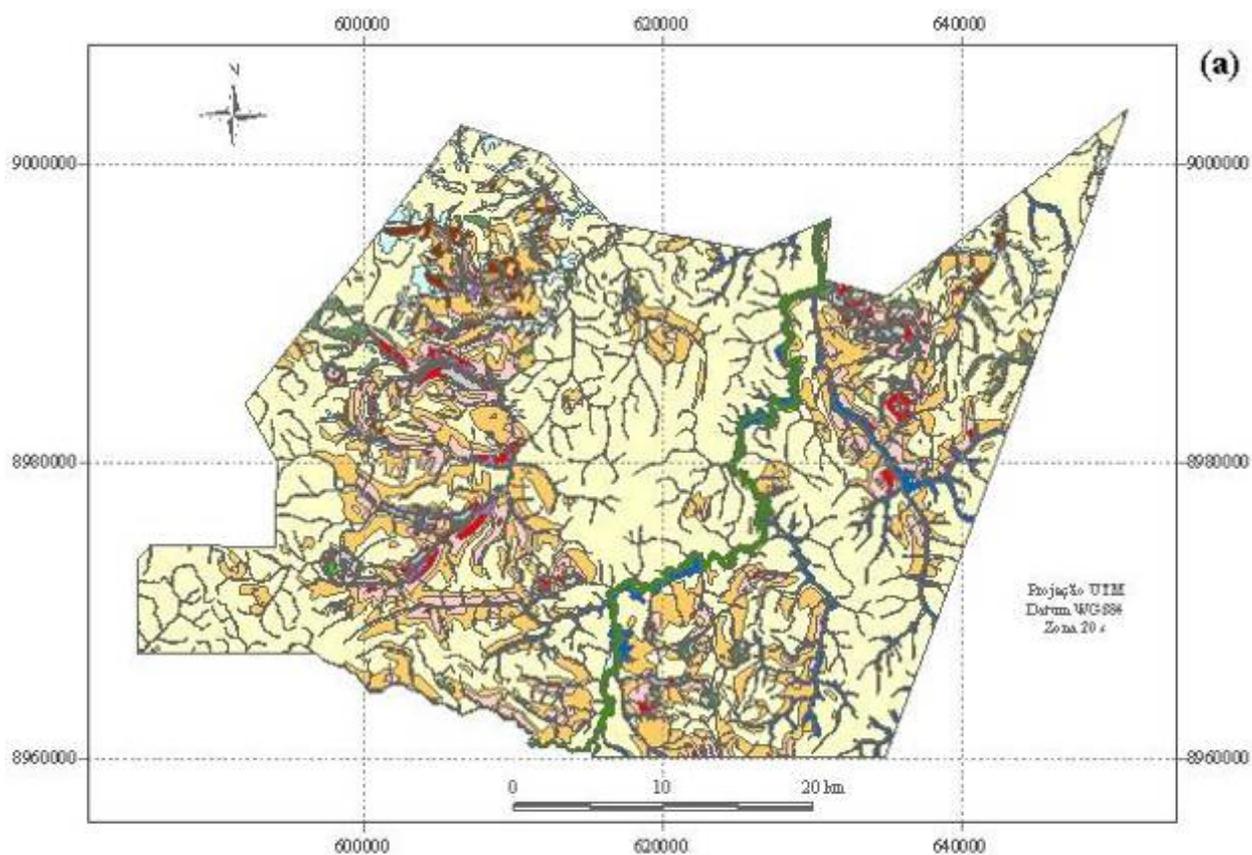


Figura 24 - (a) Mapa de capacidade de uso da terra da sub-região Cujubim e (b) gráfico de área (em %) das classes de capacidade de uso



Classes de Capacidade de Uso

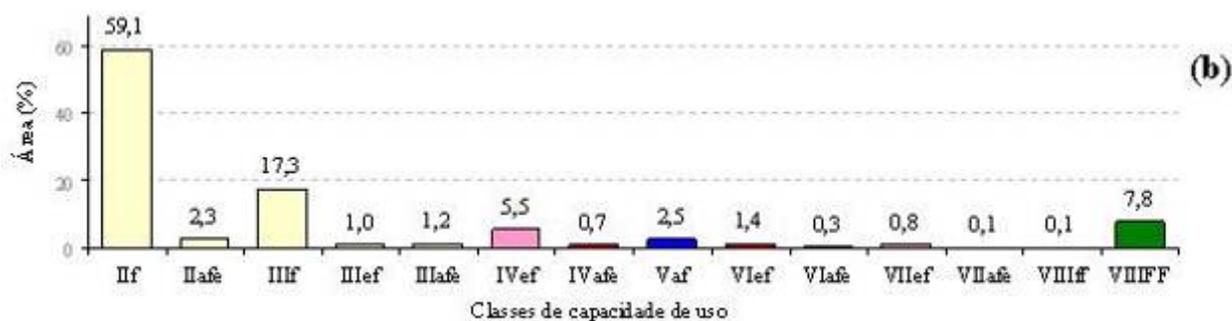


Figura 25 - (a) Mapa de capacidade de uso da terra da sub-região Machadinho e (b) gráfico de área (em %) das classes de capacidade de uso

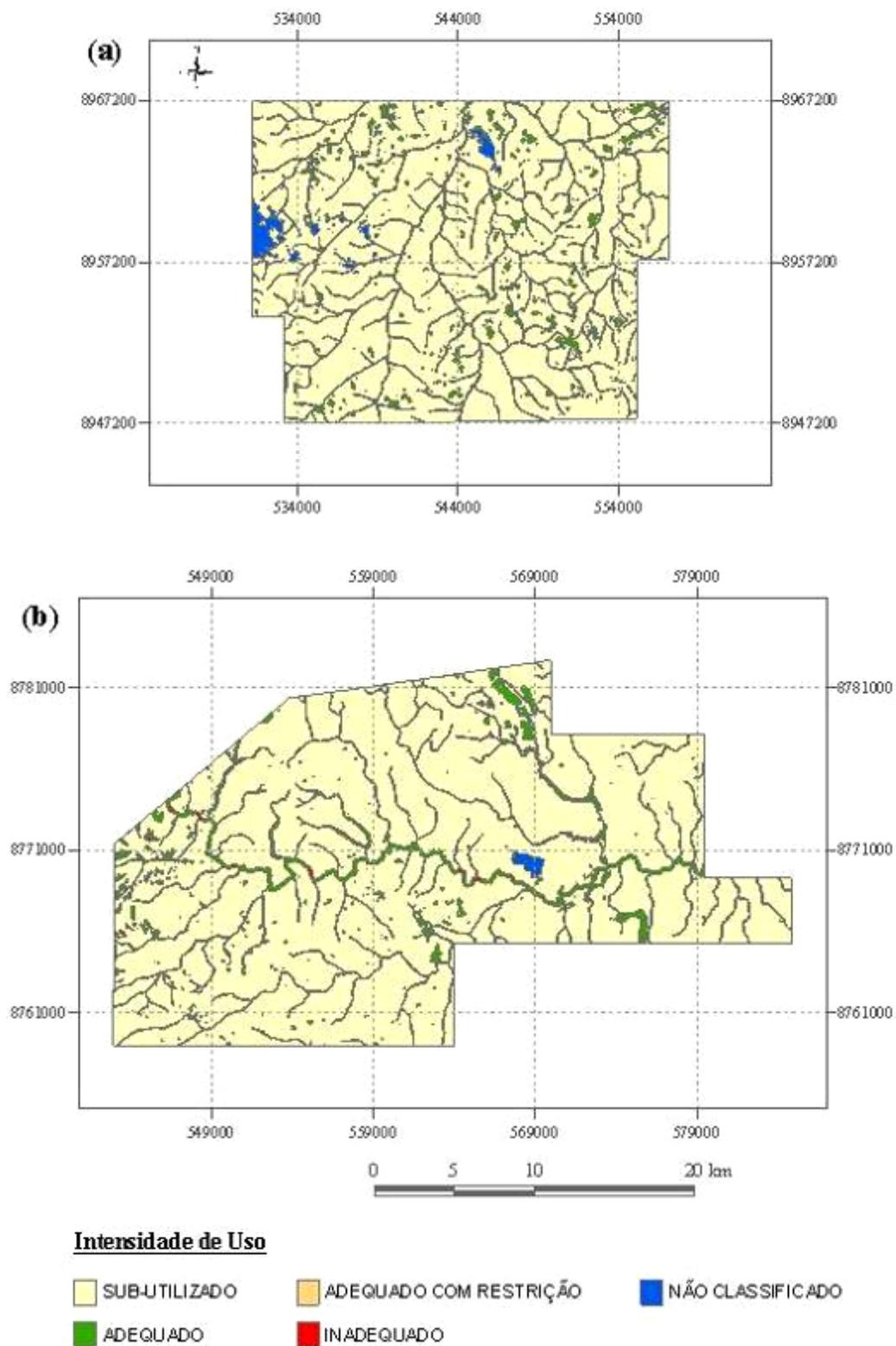


Figura 26 - Mapa de intensidade de uso das terras das sub-regiões Ariquemes (a) e Urupá (b)

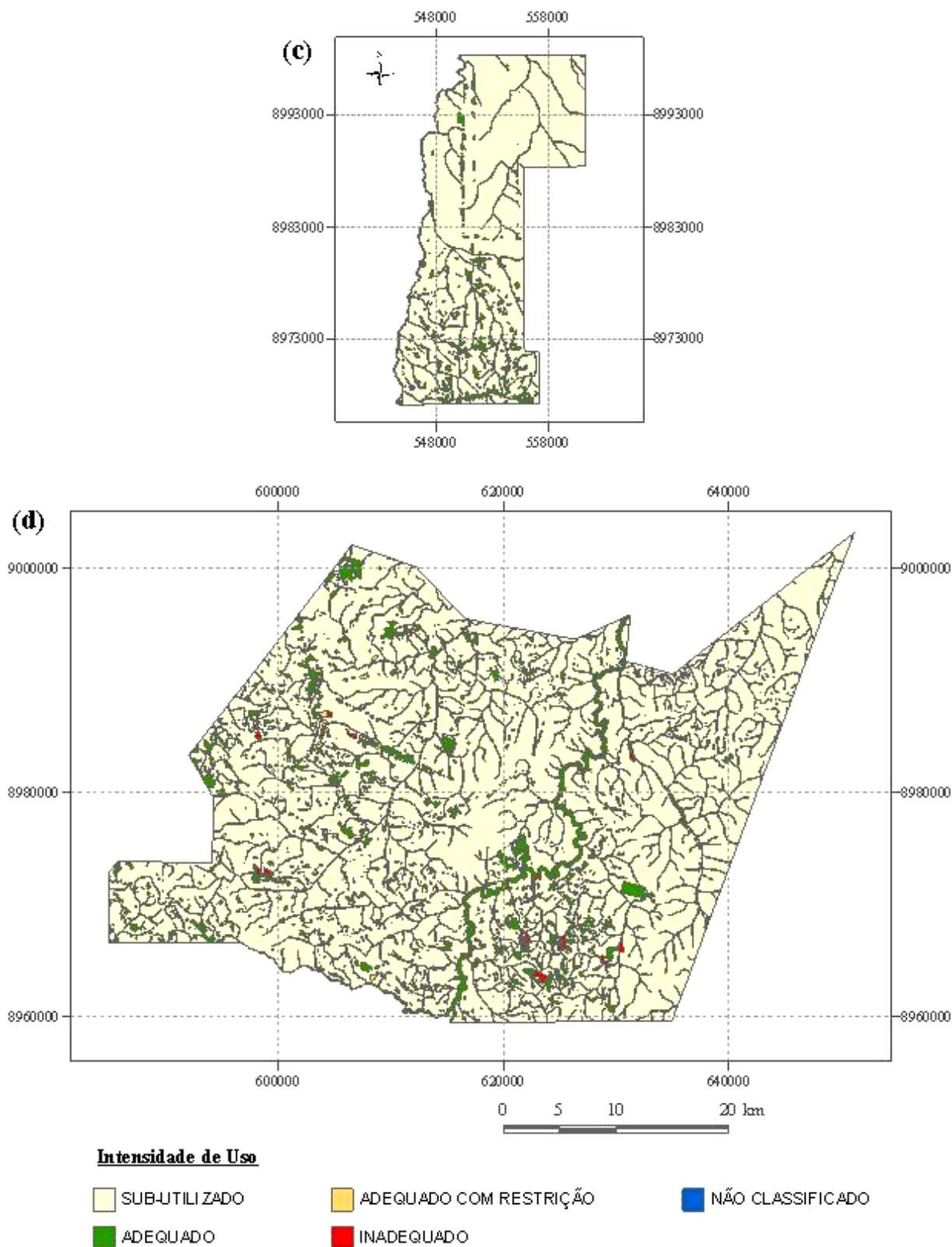


Figura 26 (continuação) - Mapa de intensidade de uso das terras das sub-região Cujubim (c) e Machado

adequado também apresenta pequena variação entre as áreas sob estudo, com menor ocorrência na sub-região Urupá (8%) e maior em Machadinho (12%).

Com relação às áreas utilizadas de forma inadequada a sub-região Urupá apresenta maior ocorrência, as quais estão distribuídas em 2,8% da mesma. Certamente essa constatação está relacionada à maior exploração das terras dessa sub-região, na qual restam poucos fragmentos florestais remanescentes da vegetação nativa, inclusive nas APPs. Este fato é corroborado ao observar a Tabela 15, a qual apresenta o grau de intensidade de uso nessas áreas. Enquanto nas sub-regiões Ariquemes, Cujubim e Machadinho mais de 85% das APPs são mantidas de forma adequada, ou seja, com floresta nativa, na sub-região Urupá esse percentual corresponde a 60%. O restante das APPs (40%) nessa sub-região encontra-se sob uso de alguma atividade agrícola, configurando cenário com intensiva exploração dos recursos naturais.

Tabela 14 - Grau de intensidade de uso das terras das sub-regiões

Intensidade de uso	Sub-regiões			
	Ariquemes	Urupá	Cujubim	Machadinho
	Área (%)			
Sub-utilizado	88,4	88,9	89,4	86,6
Adequado	9,3	7,9	10,1	12,0
Adequado com restrição	0,0	0,2	0,0	0,4
Inadequado	1,0	2,8	0,4	0,8
Não classificado	1,3	0,3	0,1	0,2

A maior intensidade de uso das terras na sub-região Urupá possivelmente está associada ao tipo de colonização, a qual figura-se entre os assentamentos mais antigos e onde ocorreram muitas invasões de terras (HANADA, 2004). Além disso, este fato também pode estar associado às características dos solos, os quais, em sua maioria, são adequados para desenvolver as atividades agrícolas.

Tabela 15 - Grau de intensidade de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APPs) nas sub-regiões

Intensidade de uso	Sub-regiões			
	Ariquemes	Urupá	Cujubim	Machadinho
	Área (%)			
Adequado	86,2	59,8	97,4	94,9
Inadequado	12,5	40,2	2,6	3,4
Não classificado	1,3	-	-	1,8

2.2.2.5 Desmatamentos em um período de três anos nas sub-regiões Cujubim e Urupá e a distribuição espacial da capacidade de troca de cátions efetiva

Resultados da análise temporal de ocupação das terras das sub-regiões Cujubim e Urupá possibilitaram quantificar a redução de áreas ocupadas com florestas e, conseqüentemente, o incremento das atividades agropecuárias.

A Figura 27 destaca a expressiva área desmatada em um período de três anos e, também, mapa de distribuição espacial de CTCef do solo da sub-região Cujubim. A Figura 28 apresenta gráfico com o percentual das mudanças da ocupação do solo ocorridas no referido período e gráfico da CTCef média dos solos nas áreas desflorestadas até o ano de 2001 e entre 2001 e 2004.

Em Cujubim a área desmatada em 2001 abrangia aproximadamente 19% (Figura 28a) da área total da mesma, aumentando para 36% em 2004, ou seja, houve um incremento da área desflorestada em 93% no período analisado, correspondente a 6.070 ha. A região apresenta baixas concentrações de CTCef, variando de 1,3 a 3,7 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo (Figura 27d). Diante da realidade sócio-econômica da região e da impossibilidade dos colonos de corrigir a fertilidade do solo, nessas condições não é possível garantir boas produções ao longo de anos de cultivo agrícola.

Observando os mapas de uso da terra em 2001 e de CTCef (Figura 27), pode-se notar que grande parte da área desflorestada ocorre nas áreas de solos com baixas concentrações de CTCef. Por outro lado, o incremento das áreas desmatadas no período de três anos (Figura 27c) parece ter seguido uma tendência de ocorrer em solos com maiores valores deste parâmetro. A análise estatística de área (Figura 28b) confirma esta observação. A CTCef média da área desflorestada até o ano de 2001 é de 2,2 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, enquanto no período de 2001 a 2004 o valor médio desse parâmetro é de 2,5 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo.

Considerando os problemas relacionados ao aspecto cultural e socioeconômico predominantes naquela região, não se pode inferir que está havendo uma tendência de procura por solos mais férteis. Possivelmente, está ocorrendo uma tendência de avanço da exploração madeireira em áreas de florestas intactas. Este argumento é reforçado pela observação de intenso tráfico de caminhões transportando madeiras, árvores cortadas nas margens das estradas, preparadas para o transporte, e expressivo número de serrarias na região norte de Cujubim durante a atividade de campo realizada no ano de 2004 (Figura 29).

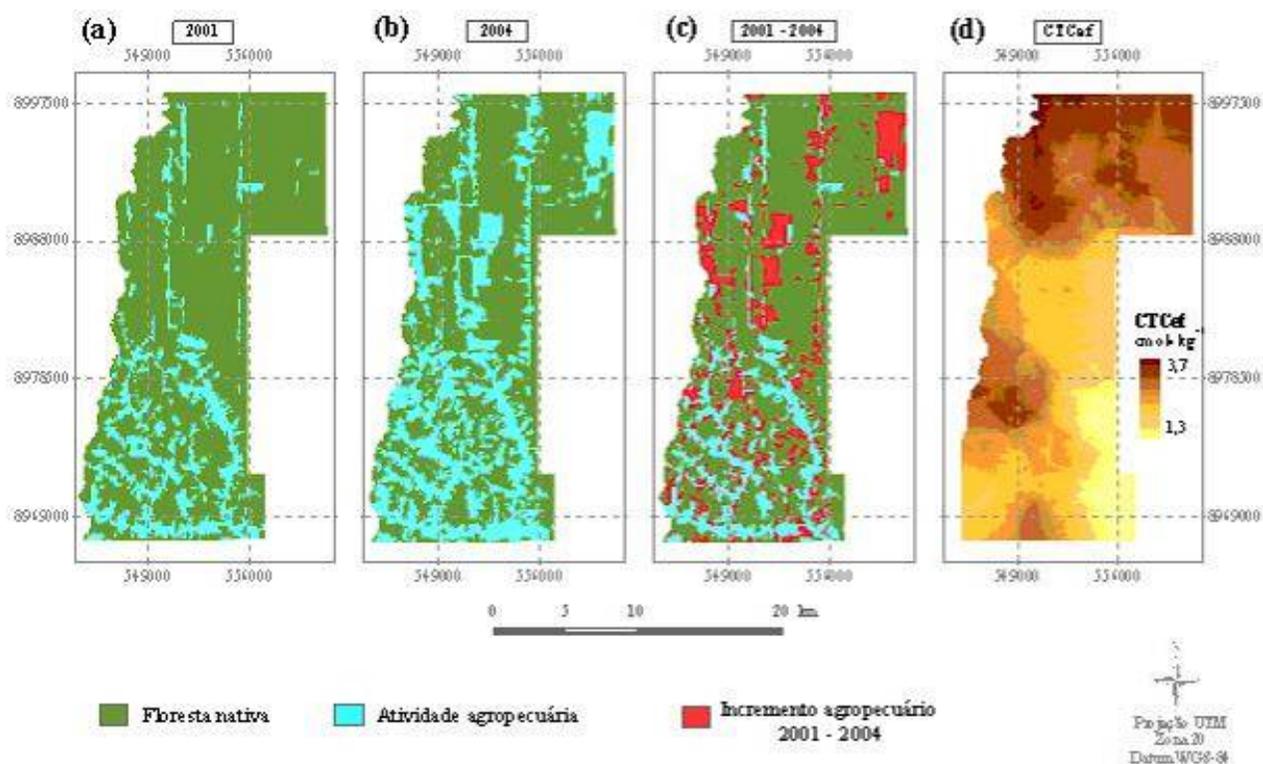


Figura 27 - Mapas de situação de áreas ocupadas com florestas e sob atividades agropecuárias, na sub-região Cujubim, em 2001 (a) e 2004 (b); destaque da área desflorestada no período de três anos (c) e mapa de distribuição da CTCef do solo (d), determinado com os seguintes ajustes de semivariograma: *modelo*: exponencial; *variância pepita*: 0,042; *patamar*: 0,107; *alcance* (m): 8.430; coef. determ. (R^2): 0,80; soma quad. resíd. (SQR): 0,0012

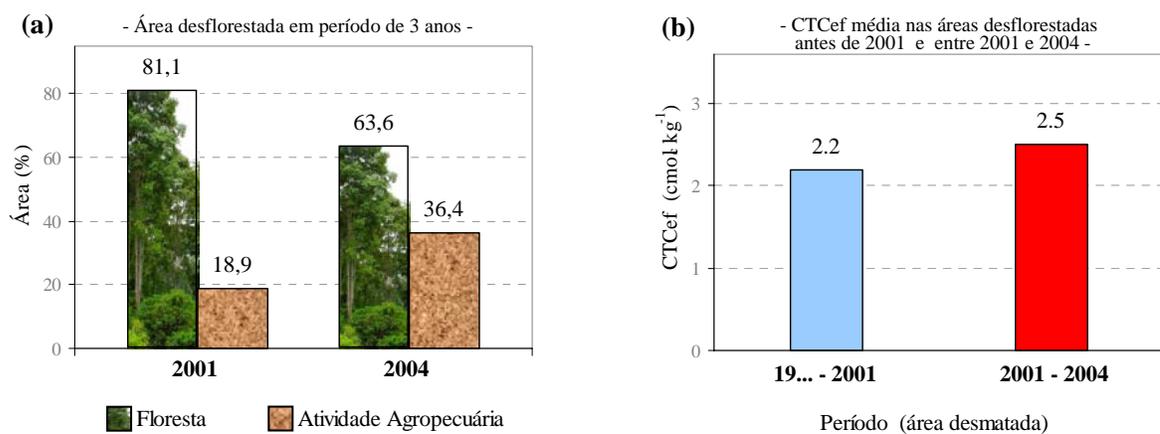


Figura 28 - Gráficos de área ocupada com floresta e atividade agropecuária em 2001 e 2004 (a) e gráfico da CTCef média nas área desmatadas antes de 2001 e no período entre 2001 e 2004 (b)



Figura 29 - Intenso processo de desmatamento e exploração de madeira na sub-região Cujubim

Com relação à sub-região Urupá, no começo do programa de assentamento promovido pelo INCRA, início da década de 80, uma considerável área de floresta na porção sul da sub-região foi excluída das áreas destinadas aos assentamentos, sendo determinada como área de reserva legal correspondente aos lotes distribuídos. Esta foi a forma encontrada pelo governo de “flexibilizar” a exploração das propriedades, permitindo os desmatamentos e incentivando o uso agrícola, sem a necessidade de respeitar a “Lei nº 4.771/1965, ‘Art.16’” do Código Florestal, alterada com a “Medida Provisória Nº 2.166-67/2001”, a qual determina a manutenção da reserva legal em 80% da propriedade rural.

Entretando, a partir da segunda metade da década de 90 a referida área de reserva foi invadida por posseiros que fizeram uso de desmatamentos, intensificados principalmente no período entre 2001 e 2004, como meio de legitimar a ocupação e posteriormente obter a posse.

Neste sentido, de forma semelhante ao cenário observado em Cujubim, observa-se na sub-região Urupá acelerado processo de desmatamento no referido período (Figura 30). Os resultados mostram que a área ocupada com floresta em 2001 abrangia aproximadamente 33% da sub-região (Figura 31a), correspondente a uma área de 21.360 ha. Após três anos essa área foi reduzida pela

metade passando a ocupar 15% da sub-região, aproximadamente 9.770 ha, com maior ocorrência dos desmatamentos principalmente nas regiões central e sul (Figura 30c).

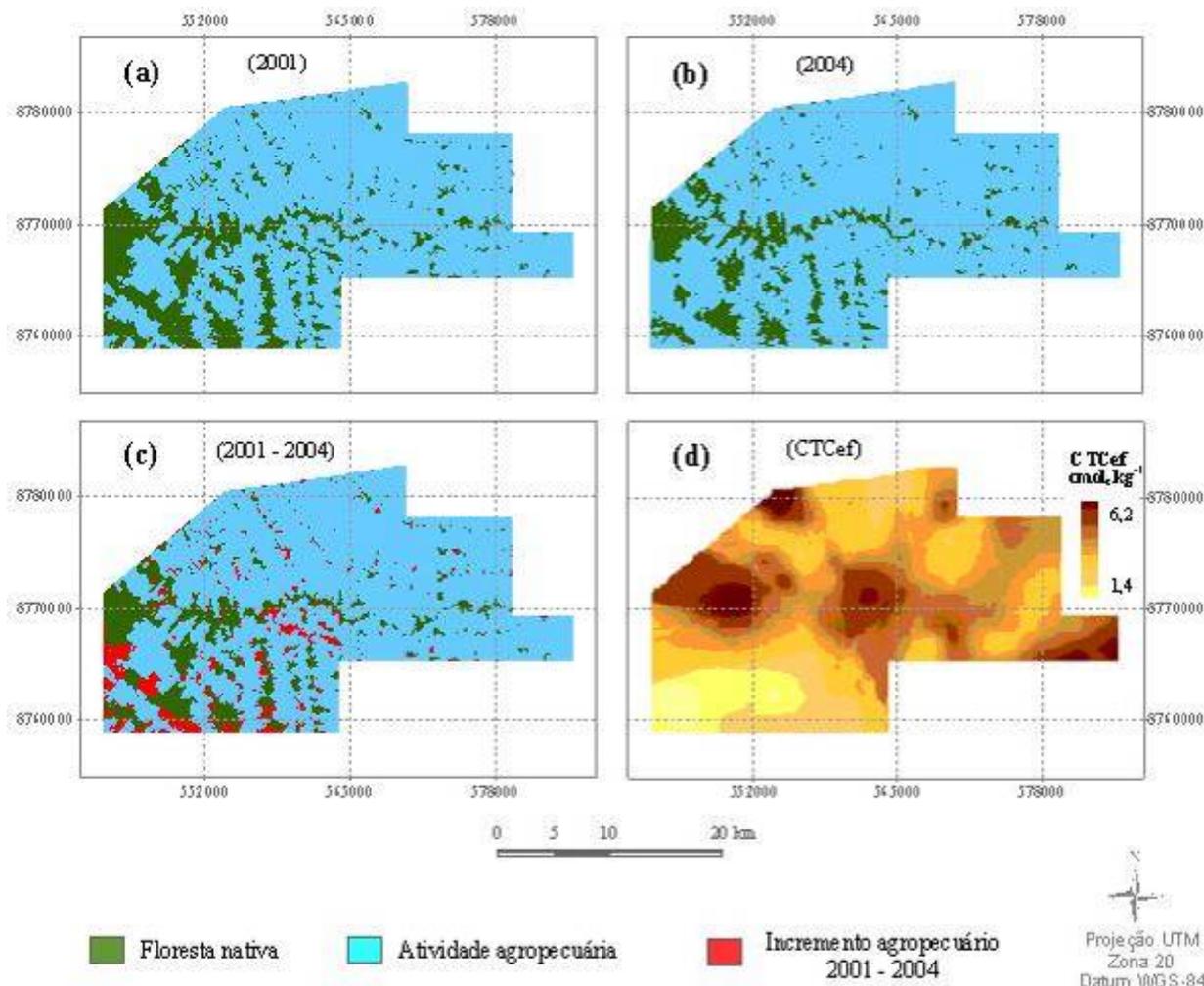


Figura 30 - Mapas de situação de áreas ocupadas com florestas e sob atividades agropecuárias, na sub-região Urupá, em 2001 (a) e 2004 (b), destaque da área desflorestada no período de três anos (c) e mapa da distribuição espacial da CTCef do solo (d), determinado com os seguintes ajustes de semivariograma: *modelo*: exponencial; *variância pepita*: 0,78; *patamar*: 2,01; *alcance* (m): 3.760; *coef. determ. (R²)*: 0,82; *soma quad. resíd. (SQR)*: 0,24

Observa-se, ainda, maior amplitude e valores mais elevados de CTCef (Figura 30d) em comparação com aqueles apresentados na sub-região Cujubim. As menores concentrações, próximas de 1,5 cmol_c kg⁻¹ de solo, ocorrem na região sul, área que outrora foi determinada como reserva legal, conforme mencionado anteriormente, e as maiores, atingindo 6,2 cmol_c kg⁻¹, são observadas principalmente no centro e nas extremidades leste e oeste da sub-região. A análise

estatística por área indica pouca variação da concentração média da CTCef correspondente à área ocupada com atividades agropecuárias até o ano de 2001, determinada em $3,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, comparada com o valor inferior, determinado em $2,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo, referente à área desmatada no período entre 2001 a 2004 (Figura 31b).

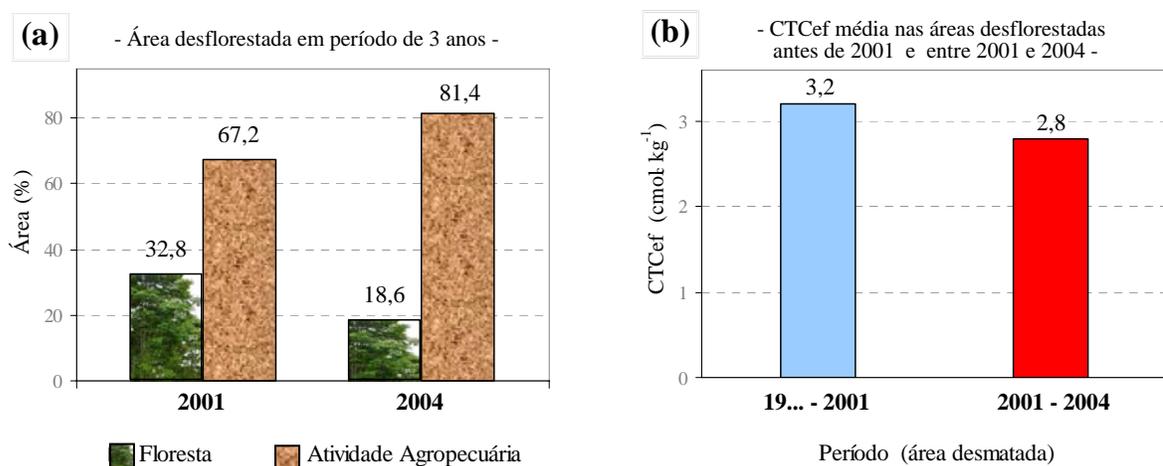


Figura 31 - Gráficos de área ocupada com floresta e atividade agropecuária, na sub-região Urupá, em 2001 e 2004 (a) e gráfico da CTCef média nas área desmatadas antes de 2001 e no período entre 2001 e 2004 (b)

Pôde-se observar nas atividades de campo que a maior degradação do solo está relacionada com a excessiva exploração de sua fertilidade natural, não havendo reposição ou correção da mesma. A prática do desmatamento tornou-se atrativa para os produtores rurais, pois além de garantir boa rentabilidade com o comércio de madeira, proporciona, ainda, ganhos em produtividade. Isto está relacionado à introdução de atividades agropecuárias em áreas recém desmatadas que apresentam maior disponibilidade de nutrientes comparadas às áreas desmatadas e exploradas por maior período de tempo.

Os resultados observados das duas sub-regiões indicam que a exploração das terras ocorreu de forma distinta com relação à fertilidade do solo. Na sub-região Cujubim as primeiras áreas exploradas, no início do processo de ocupação, apresentam menores concentrações de CTCef comparadas àquelas exploradas entre 2001 e 2004. Na sub-região Urupá ocorreu o inverso, sendo as áreas exploradas nesse último período as que apresentam menores valores de CTCef comparadas com as anteriores.

Portanto, esses resultados demonstram que a fertilidade do solo, nessas sub-regiões, é um fator que exerce pouca influência nas tomadas de decisões durante o processo de ocupação das terras e escolha das áreas a serem desmatadas. Este cenário apresenta-se tal como aqueles verificados nos trabalhos desenvolvidos por Roberts et al. (2002), Laurance et al. (2002) e Alves et al. (1999), os quais atribuem como principais fatores, determinantes do processo de ocupação e desmatamento, os novos assentamentos, fatores econômicos, densidade populacional e infraestrutura (construção de estradas).

2.2.3 Análise de similaridade das classes de solos e de capacidade de uso das terras das sub-regiões em escalas distintas

Os mapas de solos e de capacidade de uso da terra, elaborados nas escalas 1:50.000 e 1:500.000, das sub-regiões Ariquemes, Urupá, Cujubim e Machadinho são apresentados, respectivamente, nas Figuras 32, 33, 34 e 35. As legendas apresentadas nos mapas de solos correspondem ao 3^o nível categórico da classificação de solos (por exemplo, Latossolo Vermelho-Amarelo *distrófico* - LVAd). Porém, para realizar a análise comparativa das classes de solo, nas referidas escalas, as mesmas foram agrupadas considerando o 2^o nível categórico da classificação de solos (por exemplo, Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA). As classes de capacidade de uso da terra, por sua vez, foram analisadas na forma mais detalhada, ou seja, considerando cada classe com suas respectivas subclasses (Figura 36).

Como esperado, os mapas de solo e de capacidade de uso da terra na escala 1:50.000, das sub-regiões Ariquemes e Urupá, apresentam maior número de classes em relação àquelas apresentadas nos mapas com escala 1:500.000 (Figuras 32 e 33). Nas sub-regiões Cujubim e Machadinho, essa mesma observação é válida somente em relação aos mapas de solo, enquanto nos mapas de capacidade de uso observa-se maior número de classes nesta última escala (Figuras 34 e 35).

Entre todas as sub-regiões sob estudo, os resultados indicam que a sub-região Ariquemes apresentou maior semelhança na análise dos mapas gerados nas duas escalas, na qual observa-se similaridade em 42,9% das classes de solo e em 60,6% das classes de capacidade de uso da terra (Figura 36). Este fato está relacionado à predominância dos Latossolos Vermelho-Amarelos e dos

Argissolos Vermelho-Amarelos, em ambas as escalas dos mapas de solo dessa sub-região, os quais se sobrepõem de forma satisfatória.

A sub-região Urupá apresenta expressiva variação das classes de solo na escala mais detalhada (1:50.000) (Figura 33a) e, conseqüentemente, maior variação das propriedades dos solos em relação ao mapa pedológico na escala 1:500.000 (Figura 33b). Este fato determinou menor similaridade das classes de solo (32,1%) e das classes de capacidade de uso (32,6%) comparada à sub-região Ariquemes (Figura 36).

Com relação à sub-região Cujubim, observa-se baixa similaridade das classes de solo (17%) (Figura 36), devido a maior ocorrência dos Latossolos Amarelos (69,8%), na escala 1:50.000 (Figura 34a), enquanto na escala 1:500.000 (Figura 34b) predominam os Argissolos Vermelho-Amarelos (61,5%). Em contrapartida, a correspondência de algumas propriedades destas duas classes de solo nessa sub-região, aliada à predominância de classes de declividade menor que 6%, determinaram similaridade de 36% das classes de capacidade de uso da terra, relacionado, principalmente, às classes “IIf” e “IIIf” (Figura 36).

Na sub-região Machadinho, nota-se na Figura 36, a maior influência do efeito escala, determinando baixa sobreposição de classes de solo similares (3,8%), tal como das classes de capacidade de uso da terra (12,4%). Com relativa semelhança ao observado na sub-região Cujubim, este fato está relacionado às características distintas dos Argissolos, predominantes na escala 1:500.000 (Figura 35b), comparados aos Latossolos, os quais são observados com expressiva ocorrência no levantamento pedológico com escala 1:50.000 (Figura 35a). No primeiro, a característica mais arenosa do horizonte “A” determina maior limitação ao uso da terra devido ao processo de erosão, conforme demonstrado pela predominância (56%) da classe de capacidade de uso ‘IIef’ (classe II, com subclasses de limitação ao uso referentes aos aspectos erosão e fertilidade) (Figura 35d). A textura mais argilosa no horizonte A dos Latossolos confere limitações ao uso relativas somente à fertilidade, nas áreas com declividade menor que 6%, fato corroborado pela expressiva predominância das classes de capacidade de uso ‘IIf’ (59%) e ‘IIIf’ (17%) (Figura 35c).

De modo geral, quando as classes de mesmo grupo de solo são coincidentes em ambas as escalas, ou seja, se sobrepõem e, ainda, se houver correspondência das propriedades físicas e químicas de classes distintas, pode-se inferir que há uma tendência de ocorrer considerável similaridade das classes de capacidade de uso. Esta observação é interessante, uma vez que foi

constatado nas sub-regiões Ariquemes, Cujubim e Machadinho maior percentual de concordância das classes de capacidade de uso comparado com as classes de solo, mesmo estando estas últimas agrupadas em um nível categórico mais elevado, ou seja, em grupos com maior abrangência de classes.

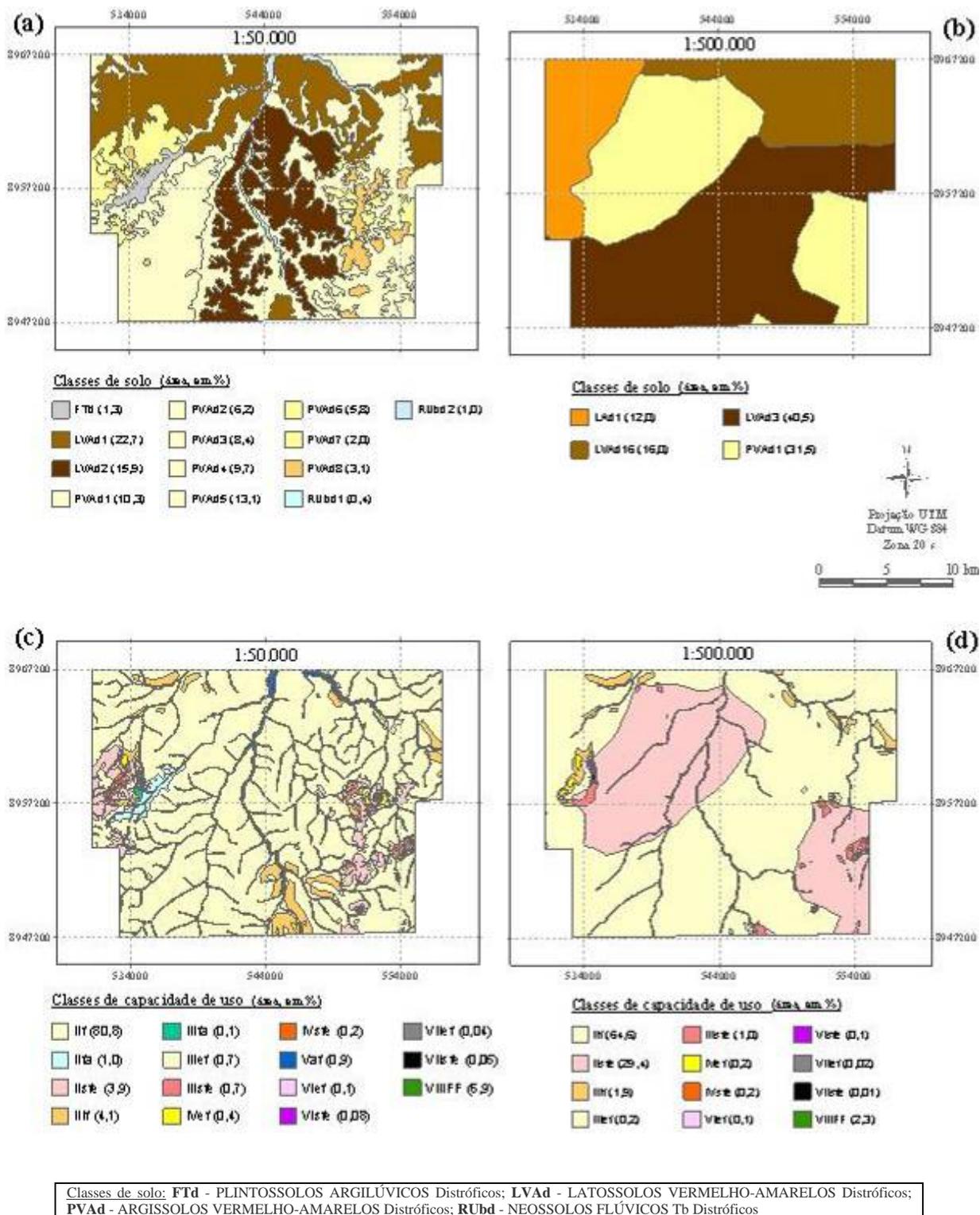
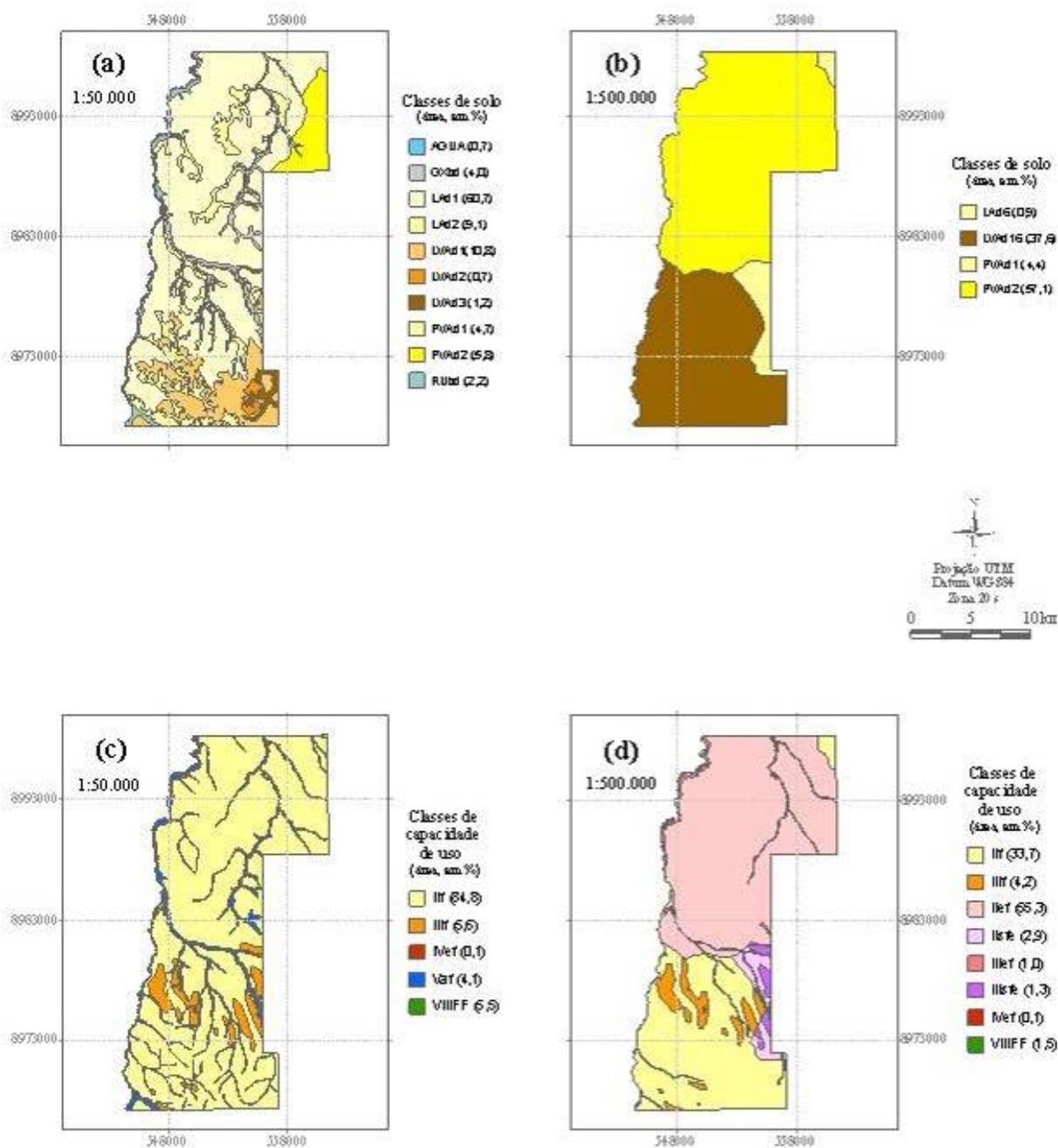


Figura 32 - Sub-região Ariquemes; (a) mapa de solos - escala 1:50.000, (b) mapa de solos - escala 1:500.000, (c) mapa de capacidade de uso da terra- escala 1:50.000 e, (d) mapa de capacidade de uso- escala 1:500.000



Classes de solo: **GXvd** - GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos; **LAd** - LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos; **LVAd** - LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos; **PVAd** - ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos; **RUBd** - NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos

Figura 34 - Sub-região Cujubim; (a) mapa de solos na escala 1:50.000, (b) mapa de solos na escala 1:500.000, (c) mapa de capacidade de uso da terra na escala 1:50.000 e, (d) mapa de capacidade de uso da terra na escala 1:500.000

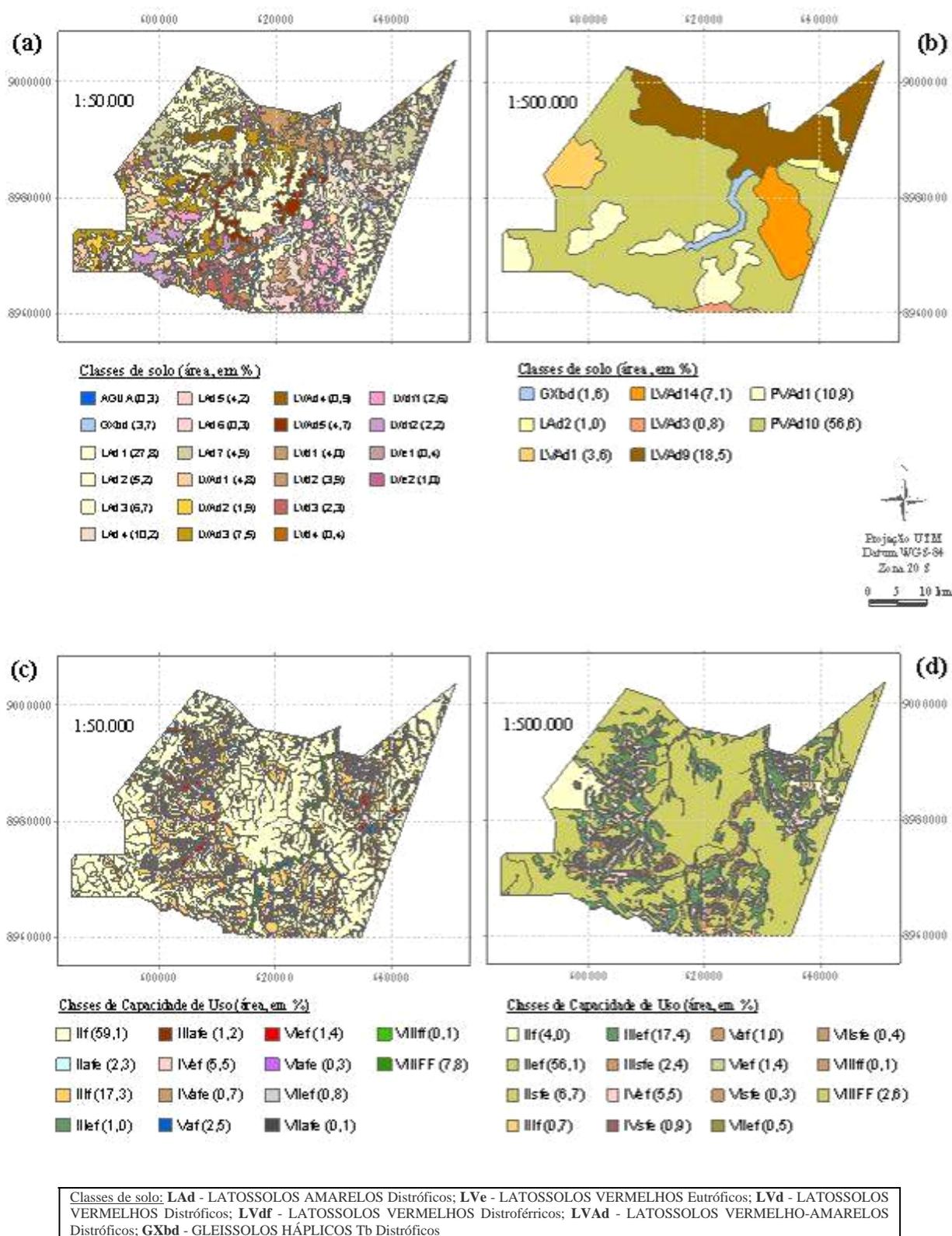


Figura 35 - Sub-região Machadinho; (a) mapa de solos na escala 1:50.000, (b) mapa de solos na escala 1:500.000, (c) mapa de capacidade de uso da terra na escala 1:50.000 e, (d) mapa de capacidade de uso da terra na escala 1:500.000

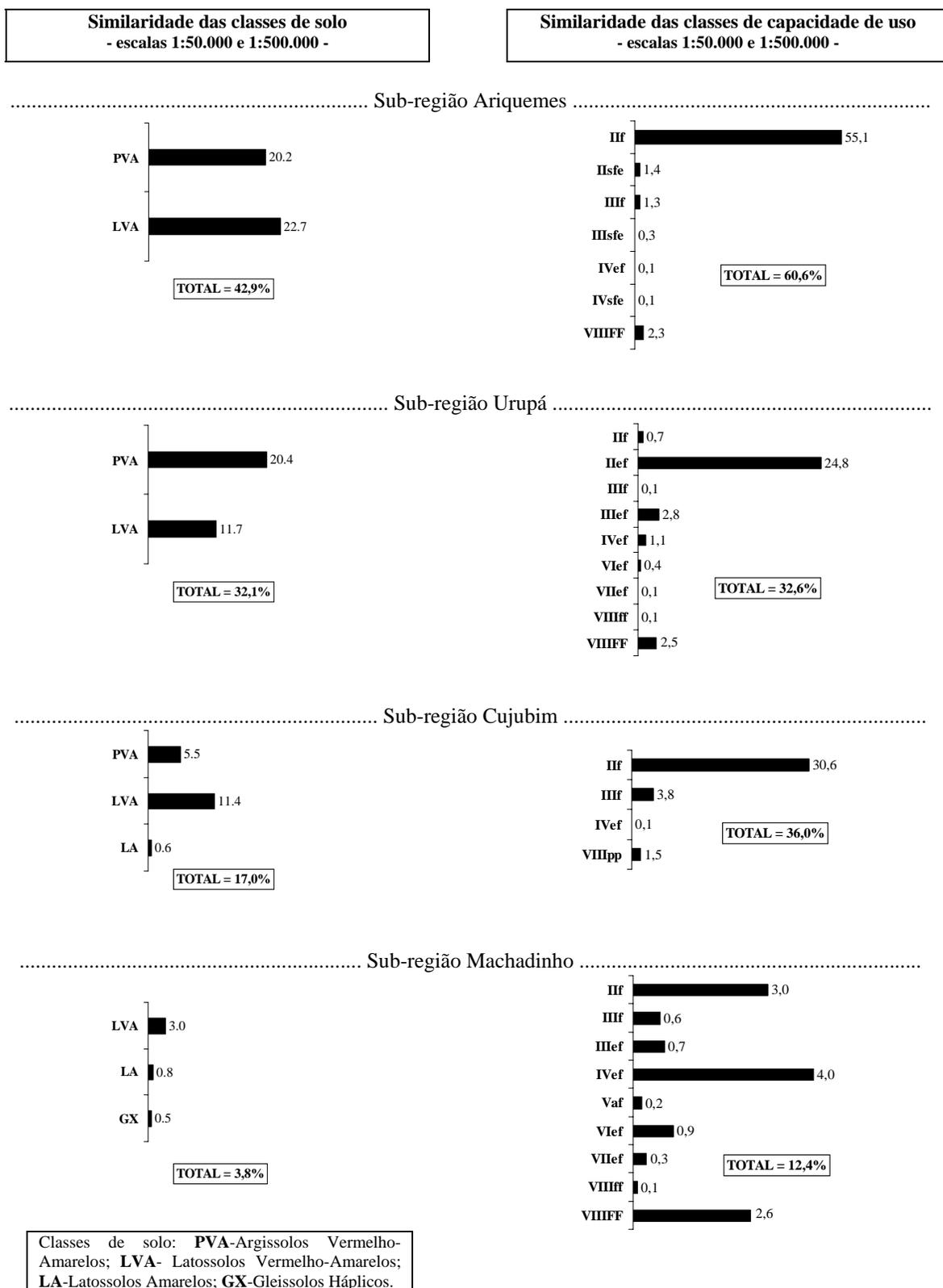


Figura 36 - Análise de similaridade das classes apresentadas nos mapas de solo e de capacidade de uso da terra, das sub-regiões Ariquemes, Urupá, Cujubim e Machadinho, nas escalas 1:50.000 e 1:500.000

3 Conclusão

Com exceção do mapa de uso da terra, as escalas dos mapas temáticos utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa foram adequadas para o propósito da pesquisa. Deve-se ressaltar que a escala do mapa de uso da terra não foi satisfatória em específico para a análise da intensidade de uso da terra da presente pesquisa.

Na análise comparativa entre os mapas de capacidade de uso da terra, elaborados com dados de levantamentos de solos nas escalas 1:50.000 e 1:500.000, observou-se expressivas variações em similaridade e número das classes determinadas nessas escalas para cada sub-região. Neste trabalho, conclui-se que a escala e o número de classes nos levantamentos pedológicos não representam os principais fatores determinantes do nível de detalhamento do mapa de capacidade de uso da terra. A equivalência de algumas propriedades dos solos, nas referidas escalas, determinou maior similaridade entre as classes de capacidade de uso identificadas para as áreas de estudo. Desta forma, o mapa de capacidade de uso na escala 1:500.000, elaborado para toda a bacia, pode ser considerado um excelente apoio para orientar no planejamento do uso e manejo sustentável dos recursos naturais.

A análise de intensidade de uso da terra demonstrou que a maioria das terras da bacia do rio Ji-Paraná está sendo utilizada abaixo da capacidade de suporte, baseado nas características físicas das mesmas, ou seja, subutilizadas. Neste contexto, nota-se que a hipótese I não foi comprovada. Por outro lado, a identificação da interferência antrópica modificando a paisagem nas áreas de preservação permanente configura uso inadequado da terra, portanto, um cenário de excessiva exploração dos recursos naturais.

A dificuldade encontrada em elaborar um mapa, com nível de detalhe satisfatório, para caracterizar a distribuição espacial de distintos níveis de manejo do solo na bacia do Ji-Paraná, impossibilitou a análise da hipótese II por meio de cruzamento de dados. Porém, nos levantamentos de campo, foi possível notar que o nível tecnológico adotado por distintos grupos de agricultores no uso e manejo do solo não pode ser considerado fator determinante de intensidade de degradação dos recursos naturais, delineado pelo fator econômico, como apresentado na hipótese do plano inicial. A degradação dos recursos naturais ocorre intrinsecamente em cada grupo e com intensidade distinta.

REFERÊNCIAS

- ALVES, D.S. Characterizing landscape changes in central Rondonia using Landsat TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, Abingdon, v.20, n.14, p.2877-2882, 1999.
- ALVES, D.S.; ESCADA, M.I.S; PEREIRA, J.L.G.; DE ALBUQUERQUE LINHARES, C. Land use intensification and abandonment in Rondonia, Brazilian Amazon. **Internacional Journal of Remote Sensing**, Abingdon, v.24, n.4, p.899-903, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ (A.B.I.C.). Média mensal dos preços recebidos pelos produtores, período 1997-2005. Disponível em: <http://www.abic.com.br/estat_pprodutor.html> . Acesso em: 17 dez. 2005.
- BALLESTER, M.V.R.; VICTORIA, D.C; COBURN, R.; VICTORIA, R.L.; RICHEY, J.E.; KRUSCHE, A.V.; LOGSDON, M.G.; MAYORGA, E.; MATRICARDI, E. Land use/cover of the Ji-Paraná river basin: building a GIS-based physical template to support understanding of the biogeochemistry of surface waters in a meso-scale river in Western Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, Nova Iorque, v.87, n.4, p.429-445, 2003.
- BECKER, B.K. **Amazônia**. São Paulo: Editora Ática, 1997. 112p. (Série Princípios).
- BRASIL, 2001. Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satellite (Projeto PRODES). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, SP, Brasil. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>> . Acesso em: 12 out. 2005.
- CALDAS, M.M. **Desmatamento na Amazônia: uma análise econométrica de autocorrelação espacial combinado informações de sensoriamento remoto com dados primários**. 2001. 126p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2001.

CAVALIERI, A. **Estimativa da adequação de uso das terras na quadrícula de Moji Mirim (SP) utilizando diferentes métodos**. 1998. 112p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1998.

CERRI, C.E.P. **Mapeamento de áreas de risco de erosão dos solos da bacia do rio Piracicaba, utilizando geoprocessamento**. 1999. 89 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1999.

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS (CETEC). **Levantamento pedológico reconhecimento com detalhes de área na bacia do rio Urupá-RO**. Escala 1:50.000. Relatório Final. Belo Horizonte, 1981. 155p.

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS (CETEC). **Levantamento de recursos naturais para fins de colonização em Ariquemes – RO**. Escala 1:50.000. Relatório Final. Belo Horizonte, 1984. 118p.

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS (CETEC). **Levantamento de solos e inventário florestal na gleba Cujubim II**. Escala 1:50.000. Relatório Final. Belo Horizonte, 1985. 113p.

COCHRANE, T.T; COCHRANE, T.A. Sistema de informação geográfica para os terrenos e solos do Estado de Rondônia, Brasil. Tecnosolo, Porto Velho, Rondônia: DHV Consultants BV, 1998. 156p.

DANTAS, T.M.; FONTELES, L.V **Avanço da fronteira agrícola na Amazônia**. 2005. 29p. Disponível em: <<http://www.sustentavel.inf.br/arquivos/publica/AmazoniaTennyson.pdf>> Acesso em: 14 jan. 2006).

DENARDIN, J.E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 114p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1990.

DIEGUES, C.A. **Desmatamento e modos de vida na Amazônia**. São Paulo: Instituto de Pesquisa sobre o Desenvolvimento Social das Nações Unidas (UNRISD), Editora NUPAUB, 1999. 146p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Rondônia**. Escala 1:50.000. Governo do Estado de Rondônia/EMPBRAPA/SNLCS. Rio de Janeiro, 1982. 333p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Mapa de levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do estado de Rondônia**. Mapas, 73, 74, 75 e 76. CEPA, 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro-RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Brasília : Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 1999. 412p.

FARIA FILHO, A.F.; ARAUJO, Q.R. **Zoneamento do meio físico do município de Ilhéus, Bahia, Brasil, utilizando a técnica de Geoprocessamento**. 2003. Centro de Pesquisas do Cacau. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ilhéus, BA, 2003. 19p. (Boletim Técnico, 187).

FEARNSIDE, P.M. Distribuição de solos pobres na colonização de Rondônia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.6, n.33, p.74-78, 1987.

FIORIO, P.R.; DEMATTÊ, J.A.; SPAROVEK, G. Cronologia e impacto ambiental do uso da terra na microbacia hidrográfica do Ceveiro, em Piracicaba, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p.671-679, 2000.

FOCHT, D. **Influência do avaliador no resultado da classificação de terras em capacidade de uso**. 1998. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1998.

FUJIHARA, A.K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. 2002. 188p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

FUJISAKA, S.; WILLIAN, B.; THOMAS, N.; HURTADO, L.; CRAWFORD, E. Slash-and-burn agriculture, conversion to pasture, and deforestation in two Brazilian Amazon colonies. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdã, v.59, p.115-130, 1996.

GARCIA, E.M.; CARMO, L.C. DO; FERRAZ, K.M.A. **Normas para elaboração de dissertações e teses**. 3.ed. Piracicaba: ESALQ – Divisão de Biblioteca e Documentação, 2005. 99 p.

GIBOSHI, M.L. **Desenvolvimento de um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra**. 1999. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1999.

GIBOSHI, M.L. **Sistema de apoio ao processo de decisão para a gestão da terra**. 2005. 103p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

HANADA, L.C. **Mudanças no uso e cobertura do solo na fronteira agrícola da Amazônia Ocidental, bacia do Ji-Paraná-Rondônia**. 2004. 74p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2000. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 08 nov. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 1980. **Cartas do Brasil**, 1:100.000.

ICHIHARA, S.M. **Desmatamento e recuperação de pastagens degradadas na região amazônica: uma abordagem através das análises de projetos**. 2003. 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

KAUFFMAN, J.B.; CUMMINGS, D.L.; WARD, D.E. Fire in the Brazilian Amazon: Biomass, nutrients pools, and losses in cattle pasture. **Oecologia**, Berlin, v.113, p.415-427, 1998.

LAURANCE, W.L.; LAURANCE, S.G.; DELAMONICA, P. Tropical forest fragmentation and greenhouse gas emissions. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v.110, p.173-180, 1998.

LAURANCE W.F.; ALBERNAZ A.K.M.; SCHROTH G.; FEARNSTIDE P.M.; BERGEN S.; VENTICINQUE E.M.; COSTA, C. DA. Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 29, p. 737-748. Disponível em: <<http://www.blackwell-synergy.com/links/doi/10.1046/j.1365-2699.2002.00721.x>> Acesso em: 06 out. 2006.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZI JUNIOR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4a Aproximação**. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.175p.

LEPSCH, I. F.; SARAIVA, I. R.; DONZELLI, P. L.; MARINHO, M. A.; SAKAI, E.; GUILLAUMON, J. R.; PFEIFER, R. M.; MATTOS, I. F. A.; ANDRADE, W. J.; SILVA, C. E. **F. Macrozoneamento das terras da região do rio Ribeira de Iguape, SP**. Campinas: IAC, 1990. 181p.

LEVY, M.C.T.C. **Avaliação de cenários da produção agrícola visando a sustentabilidade do uso das terras de Piracicaba (sp)**. 1995. 104p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1995.

LISBOA, P.L.B. **Rondônia: Colonização e floresta**. Porto Velho: Programa Polonoroeste, 1990. 54p.

MARCONATO, R. **Ocupação e uso do solo na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná (Rondônia): Levantamento sócio-econômico-agrícola**. 2001. 96p. (Monografia em Economia Agroindustrial) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

MARKEWITZ, E.; DAVIDSON, E.A.; FIGUEIREDO, A.R.O.; VICTORIA, R.L.; KRUSCHE, A.V. Control of cation concentrations in stream waters by surface soil process in an Amazonian watershed. **Nature**, Londres, v.410, p.802-805, 2001.

MARQUES, J. Q. A. **Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra: 3ª aproximação**. Rio de Janeiro: Escritório Técnico Brasil-EUA, 1971. 433p.

MATRICARDI, E. **Uso e ocupação das terras rurais em Rondônia**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Porto Velho: PNUD PLANAFLORO, 1997. 122p. (Projeto BRA/97/007)

MORICOCHI, L.; MARTIN, N.B.; VEGRO, C.L.R. (Mercado de Café) Mudança na Retenção e Expectativas Promissoras para o Mercado. **Preços Agrícolas**. p.31-32, Maio/Julho de 2001. Disponível em: <<http://pa.esalq.usp.br/cafe0501.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2006).

NEPSTAD, D.C.; KLINK, C.A.; UHL, C.; VIEIRA, I.C.; LEFEBVRE, P.; PEDLOWSKI, M.; MATRICARDI, E.; NEGREIROS, G.; BROWN, I.F. et al. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 49, n. 3, p. 73-86. jan./abr. 1997.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia aplicada**. Jaboticabal: Funep, 2001. 414p.

OLIVEIRA, J. B.; BERG, M. van den. **Aptidão agrícola das terras do estado de São Paulo: quadrícula de Araras. II Memorial Descritivo**. Campinas: IAC, 1985. 60p. (Boletim Técnico, 102).

OLIVEIRA, J. B.; SOSA, S. M. **Sistema de clasificación de la aptitude agro-ecologica de la tierra (S.C.A.A.T.) para la region oriental del Paraguay. 1ª aproximación**. Asunción, Paraguay: UNA.FCA, CIF.GTZ, 1995. 77p.

OLIVEIRA, R.A.P. **Adequação da dinâmica do uso agrícola e avaliação sócio-econômica das terras do município de Aguaí/SP**. 2001. 141p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas. Campinas, 2001.

PARISE, F.J.O. **Análise temporal do uso da terra em uma microbacia hidrográfica no município de Piracicaba, SP, por meio de técnicas de geoprocessamento**. 1999. 114p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

PEREIRA, L.C. **Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica**. 2002. 122p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento**. 2.ed. Piracicaba: H. do Prado, 2001. 220p.

RANIERI, S.B.L. **Avaliação de métodos e escalas de trabalho para a determinação de risco de erosão em bacia hidrográfica utilizando sistema de informações geográficas**. 1996. 128p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

ROBERTS, D.A.; NUMATA, I.; HOLMES, K.; BATISTA, G.; KRUG, T.; MONTEIRO, A.; POWELL, B.; CHADWICK, O.A. Large area mapping of land-cover change in Rondonia using multitemporal spectral mixture analysis and decision tree classifiers. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v.107, p. 1-20, 2002.

RODRIGUES, J.B.T.; ZIMBACK, C.R.L.; PIROLI, E.L. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.675-681, 2001.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho, 2002. v.2, 141p.

SPAROVEK, G.; LEPSCH, I. F. **Diagnóstico de uso e aptidão das terras agrícolas de Piracicaba**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1998. 99p.

STEFANI, F.L.; TOGNON, A.A.; SAAD, A.M.; AGENA, S.S. Classificação das terras do município de Guaíra, SP, no Sistema de Capacidade de Uso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador – BA. **Anais...** São José dos campos: INPE, 1999. p. 57-62. Disponível na biblioteca digital URLib <<http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.02.14.50/doc/T230.pdf>> Acesso em: 08 jul.2005.

TOLEDO, A. M. A. **Evolução espaço-temporal da estrutura da paisagem e sua influência na composição química das águas superficiais dos ribeirões Piracicamirim e Cabras (SP)**. 2001. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2001.

TOLEDO, A. M. A.; BALLESTER, M.V.R.; LISI, C.S.; CASAGRANDE, C.A.; MONTEBELO, L.A. Evolução do uso e cobertura do solo na microbacia do ribeirão dos Marins (sp) e a qualidade da água utilizada por hortifrutigranjeiros na produção de alimentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte – MG. **Anais...** São José dos campos: INPE, 2003. p. 2625-2632 Disponível na biblioteca digital URLib <<http://lagavulin.ltid.inpe.br:1905/col/dpi.inpe.br/lise/2002/03.25.17.22.28/doc/mirror.cgi>> Acesso em: 24 jan.2006.

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.W. A soil erodibility monograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.26, n.5, p.189-193, 1971.

YOUNG, A. F. **Análise comparativa da qualidade e zoneamento ambiental de duas microbacias urbano-rurais: uma contribuição metodológica.** 2000. 325p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2000.

ANEXOS

ANEXO A - Graus de limitação ao uso devido aos fatores limitantes

Tabela A1 - Graus de limitação devido à drenagem interna ou excesso de água

Grau de limitação	Classe de drenagem*
0: nulo	Excessiva a boa
1: ligeiro	Moderada
2: moderado	Imperfeita
3: forte	Má
4: muito forte	Muito mal drenado

Fonte: OLIVEIRA & SOSA, 1995.

*Classe de drenagem segundo EMBRAPA, 1997.

Tabela A2 - Graus de limitação devido ao risco de erosão em função da erodibilidade e da classe de declividade

Classe de declividade	Erodibilidade (t.h.MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)				
	0**	1**	2**	3**	4**
A	0	1	1	2	3
B	1	1	2	3	4
C	1	2	3	4	4
D	2	3	3	4	4
E	3	4	4	4	4
F	4	4	4	4	4
G	4	4	4	4	4

Fonte: Comunicação pessoal do Dr. Francisco Lombardi Neto (1999)

**Grau de limitação devido à erodibilidade

0: nulo **2: moderado** **4: muito forte**
1: ligeiro **3: forte**

Tabela A3 - Graus de limitação devido à profundidade efetiva

Grau de limitação	Classe de profundidade efetiva	Profundidade
0: nulo	Muito profundo	> 2,00m
1: ligeiro	Profundo	1,00 a 2,00m
2: moderado	Moderadamente profundo	0,50 a 1,00m
3: forte	Raso	0,25 a 0,50m
4: muito forte	Muito raso	< 0,25m

Fonte: LEPSCH et al., 1991

Tabela A4 - Graus de limitação devido à fixação de fósforo

Grau de limitação	Teor de argila (%)	Fixação de fósforo
0: nulo	< 15	Nula
1: ligeiro	15 – 30	Baixa
2: moderado	30 – 45	Moderada
3: forte	45 – 60	Alta
4: muito forte	> 60	Muito alta

Tabela A5 - Graus de limitação devido à pedregosidade em função da porcentagem de fragmentos grosseiros em relação à massa de solo

Grau de limitação	Quantidade de fragmentos grosseiros em relação à massa do solo (%)
0: nulo	Sem fragmentos
1: ligeiro	< 15
2: moderado	15 a 50
3: forte	50 a 75
4: muito forte	> 75

Tabela A6 - Graus de limitação devido à rochiosidade em função da porcentagem de matações e afloramentos rochosos em relação à massa do solo

Grau de limitação	Quantidade de matações e/ou afloramentos rochosos em relação à massa do solo (%)
0: nulo	Sem rochas.
1: ligeiro	< 1
2: moderado	1 a 10
3: forte	10 a 50
4: muito forte	> 50

Fonte: LEPSCH et al.,1991.

Tabela A7 - Graus de limitação devido à mecanização em função da classe de declividade, risco de inundação e/ou pedregosidade

Grau de limitação	Classe de declividade	Risco de inundação e/ou pedregosidade
0: nulo	A	Nulo
1: ligeiro	B	Ligeiro
2: moderado	C	Moderado
3: forte	D e E	Forte
4: muito forte	F e G	Muito forte

Fonte: Comunicação do Dr. Francisco Lombardi Neto, 1997.

Tabela A8 - Graus de limitação devido à erodibilidade

Grau de limitação	Erodibilidade (t.h.MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)
0: nulo	0 a 0,005
1: ligeiro	0,005 a 0,020
2: moderado	0,020 a 0,030
3: forte	0,030 a 0,040
4: muito forte	> 0,040

Fonte: Comunicação pessoal do Dr. Francisco Lombardi Neto (1999).

Tabela A9 - Graus de limitação devido à disponibilidade de água

% Silte + % Argila	Grupamentos texturais do solo		
	Textura arenosa	Textura média e	Textura muito
		Textura argilosa	argilosa
Grau de limitação			
< 5	4	-	-
5 - 10	3	-	-
10 - 15	2	-	-
15 - 25	1	-	-
25 - 30	0	-	-
30 - 60	-	0	-
60 - 75	-	0	0
75 - 85	-	1	1
85 - 90	-	2	2
90 - 95	-	3	3
> 95	-	4	4

Fonte: Pereira (2002).

0: nulo 2: moderado 4: muito forte
1: ligeiro 3: forte

Tabela A10 - Graus de limitação devido à toxicidade por alumínio em função da capacidade de troca catiônica (CTC) e da saturação de alumínio

CTC (e.mg/100GtfSA)	Faixas de saturação de alumínio (%)				
	0 - 10	10 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 100
	5 - 10	0	1	2	3
1 - 5	0	1	1	2	3

Fonte: OLIVEIRA & BERG, 1985.

0: nulo 2: moderado 4: muito forte
1: ligeiro 3: forte

Tabela A11 - Graus de limitação devido à disponibilidade de nutrientes em função da saturação de bases e da capacidade de troca de cátions (CTC)

CTC (e.mg/100GtfSA)	Faixas de saturação de bases (%)			
	50 - 100	25 - 50	10 - 25	0 - 10
	> 5	0	1	3
3 - 5	1	2	3	4
< 3	2	2	4	4

Fonte: OLIVEIRA & BERG, 1985.

0: nulo 2: moderado 4: muito forte
1: ligeiro 3: forte

ANEXO B - Cruzamento das classes de solo com as classes de declividade da bacia do rio Ji-Paraná

Classes de solo	Classes de declividade (%)	Área (%)
Argissolos	0-3	27,4
	3-6	5,0
	6-9	1,5
	9-12	0,6
	12-18	0,6
	18-25	0,3
	>25	0,2
Cambissolos	0-3	0,5
	3-6	0,1
Gleissolos	0-3	1,1
	3-6	0,2
Latosolos	0-3	39,0
	3-6	4,8
	6-9	1,3
	9-12	0,5
	12-18	0,3
	18-25	0,1
	>25	0,1
Neossolos	0-3	10,7
	3-6	2,0
	6-9	0,5
	9-12	0,2
	12-18	0,1
	18-25	0,1
Nitossolos	0-3	0,1
Planossolos	0-3	1,2
	3-6	0,1
Plintossolos	0-3	1,0
	3-6	0,1