

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**MAPA DE FAVORABILIDADE À MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NA
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARIQUERA-AÇU-SP**

FÁBIO RODRIGO DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP -
Câmpus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia (Energia
da Agricultura).

BOTUCATU – SP

Janeiro – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**MAPA DE FAVORABILIDADE À MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NA
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARIQUERA-AÇU, SP**

FÁBIO RODRIGO DE OLIVEIRA

Tecnólogo em Processamento de Dados

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Célia Regina Lopes Zimback

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia da Agricultura).

BOTUCATU – SP

Janeiro – 2014

O48m	Oliveira, Fábio Rodrigo de Mapa de Favorabilidade à Mecanização Agrícola na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu-SP / Fábio Rodrigo de Oliveira. -- Botucatu, 2014 77 p. : il., tabs., mapas + 1 CD-ROM Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu Orientadora: Célia Regina Lopes Zimback 1. Geoprocessamento. 2. Aptidão à Mecanização. 3. Avaliação Multicriterial. 4. Vale do Ribeira. I. Título.
------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

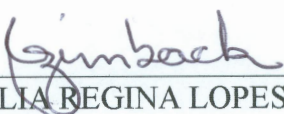
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

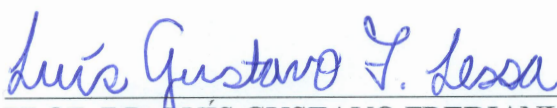
TÍTULO: MAPA DE FAVORABILIDADE À MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NA
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARIQUERA-AÇU-SP

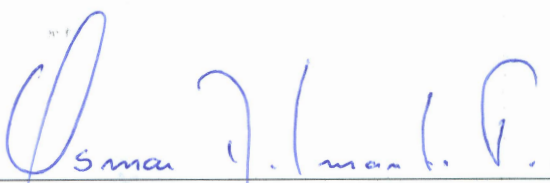
ALUNO: FÁBIO RODRIGO DE OLIVEIRA

ORIENTADORA: PROFa DRa CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK

Aprovado pela Comissão Examinadora


PROFa DRa CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK


PROF. DR. LUÍS GUSTAVO FREDIANI LESSA


PROF. DR. OSMAR DELMANTO JUNIOR

Data da Realização: 30 de janeiro de 2014

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	IV
LISTA DE FIGURAS	V
1 RESUMO	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 BACIA HIDROGRÁFICA.....	7
4.2 GEOPROCESSAMENTO	9
<i>4.2.1 Sistema de Informações Geográfica.....</i>	<i>10</i>
<i>4.2.2 Modelagem de Dados em Geoprocessamento</i>	<i>12</i>
<i>4.2.3 Sensoriamento Remoto</i>	<i>15</i>
4.3 AVALIAÇÃO POR MULTICRITÉRIO	16
4.4 CLASSIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS TERRAS	18
<i>4.4.1 Sistema de Aptidão Agrícola das Terras</i>	<i>19</i>
<i>4.4.2 Variáveis consideradas quanto ao impedimento à mecanização.....</i>	<i>21</i>
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
5.1 MATERIAIS.....	28
5.2 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA.....	28
<i>5.2.1 Localização Geográfica</i>	<i>29</i>
<i>5.2.2 Clima</i>	<i>31</i>
<i>5.2.3 Vegetação</i>	<i>33</i>
<i>5.2.4 Relevo</i>	<i>35</i>
<i>5.2.5 Geologia</i>	<i>37</i>
<i>5.2.6 Solos</i>	<i>39</i>
5.3 METODOLOGIA	47
<i>5.3.1 Construção de Banco de Dados Digital.....</i>	<i>49</i>
<i>5.3.2 Planos de Informação dos parâmetros que impedem à mecanização.....</i>	<i>49</i>
<i>5.3.2.1 Mapa de Solos</i>	<i>49</i>
<i>5.3.2.2 Mapa de Drenagem.....</i>	<i>49</i>
<i>5.3.2.3 Mapa de Textura</i>	<i>49</i>
<i>5.3.2.4 Mapa de Profundidade</i>	<i>50</i>
<i>5.3.2.5 Mapa de Uso da Terra</i>	<i>51</i>
<i>5.3.2.6 Mapa de Relevo</i>	<i>51</i>

5.3.2.7 <i>Mapa de Declividade</i>	51
5.4 MAPA DE CLASSES DE TERRAS PARA MECANIZAÇÃO	52
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
6.1 REDE DE DRENAGEM	54
6.2 MAPA DE TEXTURA.....	56
6.3 MAPA DE PROFUNDIDADE.....	58
6.4 MAPA DE USO DO SOLO.....	60
6.5 MAPA DE DECLIVIDADE.....	62
6.6 MAPA DE FAVORABILIDADE À MECANIZAÇÃO	64
7 CONCLUSÕES	67
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Graus de limitação referentes à profundidade efetiva do solo.....	22
Tabela 2. Graus de limitação referente à textura com impedimento à mecanização.....	24
Tabela 3. Classes de declividade e tipos de relevo.....	26
Tabela 4. Textura e profundidade no cambissolo háplico	41
Tabela 5. Textura e profundidade no chernossolo argilúvico.....	42
Tabela 6. Textura e profundidade no Espodossolo Humilúvico.....	43
Tabela 7. Textura e profundidade no gleissolo háplico.....	44
Tabela 8. Textura e profundidade no Latossolo Amarelo.	46
Tabela 9. Textura e profundidade no Nitossolo Háplico.....	47
Tabela 10. Descrição dos critérios da classe de textura do solo.....	50
Tabela 11. Descrição dos critérios da classe de profundidade efetiva do solo.....	50
Tabela 12. Classes de declividade e tipo de relevo	52
Tabela 13. Chave para interpretação do grau de impedimento à mecanização agrícola	52
Tabela 14. Restrição dos solos na classe de textura	56
Tabela 15. Profundidade, restrição, peso e tipo de solo	58
Tabela 16. Classes de declividade com os impedimentos a mecanização.....	62
Tabela 17. Áreas de favorabilidade à mecanização na Sub-Bacia do Rio Pariquera-Açu.	66

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Arquitetura de um Sistema de Informação Geográfica.....	11
Figura 2. Representação de dados nos formatos matricial e vetorial.	14
Figura 4. Localização da área de estudo.....	30
Figura 5. Mapa de precipitação pluviométrica.	32
Figura 6. Mapa de Uso e Ocupação do Solo.	34
Figura 7. Mapa Hipsométrico da área em estudo.	36
Figura 8. Mapa Geológico da área em estudo.	38
Figura 9. Mapa de Solos da Área de Estudo.	40
Figura 10. Fluxograma adotado para construção do Mapa de Favorabilidade à Mecanização.	48
Figura 11. Mapa da rede drenagem e Áreas de Preservação Permanente da sub-bacia do Rio Pariquera Açu.	55
Figura 12. Mapa de textura do solo com classes de impedimentos a mecanização.	57
Figura 13. Mapa de profundidade do solo.....	59
Figura 14. Mapa de uso do solo reclassificado.....	61
Figura 15. Mapa das classes de declividade quanto ao impedimento a mecanização.....	63
Figura 16. Mapa de favorabilidade à mecanização da Sub-Bacia do Rio Pariquera-Açu..	65

1 RESUMO

O estudo teve como objetivo oferecer subsídio metodológico para avaliação da favorabilidade à mecanização das terras, na sub-bacia do Rio Pariquera-Açu, no Estado de São Paulo. As classes de favorabilidade das terras à mecanização foram definidas a partir do grau de limitação (nulo, ligeiro, moderado e restrito) e pelas características diagnósticas (drenagem, textura, profundidade, e declividade). O mapa de classes de declividade foi gerado a partir da base altimétrica das cartas do Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo, sendo os demais mapas foram compilados e atualizados do Banco de Dados do Sistema de Informações Geográficas do Ribeira de Iguape e Litoral Sul. Os mapas de favorabilidade foram calculados usando o Método da Combinação Linear Ponderada, combinando fatores e pesos determinados pela Técnica Participatória e pelo Processo Hierárquico Analítico. Os graus de nulo a moderado definiram as classes de I a III de favorabilidade à mecanização. A classe IV é reservada para terras com mais de 40% de declividade e áreas com restrições ambientais, sendo está definida como restrita. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a Avaliação Multicritérios realizada com Sistema de Informações Geográficas, utilizando o ArcGIS 10.2, foi uma ferramenta adequada ao mapeamento das áreas à Favorabilidade à Mecanização Agrícolas e que, o Método da Combinação Linear Ponderada é flexível e fácil de ser implementado, permitindo a interação de conhecimentos interdisciplinares e das características da área estudada, o que

possibilita a eficiência no processo de tomada de decisão. A análise multicriterial, baseada no Processo Analítico Hierárquico (AHP), foi crucial na análise dos fatores, a qual se utiliza da comparação pareada entre fatores na determinação da influência relativa de cada um deles, reduzindo a subjetividade, o que contribui na seleção de áreas favoráveis à mecanização das terras.

Palavras chave: Geoprocessamento, Aptidão à Mecanização, Avaliação Multicriterial, Vale do Ribeira.

FAVORABILITY MAP TO AGRICULTURAL MECHANIZATION ON LANDS OF THE SUB-BASIN OF PARIQUERA-AÇU RIVER, SÃO PAULO STATE, BRAZIL. Botucatu, 2014. 77 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FÁBIO RODRIGO DE OLIVEIRA

Adviser: Ph. D. CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK

2 SUMMARY

The study had as objective to offer methodological subsidies to evaluate the favorability to agricultural mechanization on lands of the sub-basin of Pariquera-Açu river, São Paulo State, Brazil. The classes of favorability of lands to mechanization were defined according by the limitation to mechanization (null, light, moderate, strong, and restric) and diagnostic characteristics (drainage, texture, depth and slope). The slope class map was made from contour data of Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo, the other maps were compiled and updated from the Sistema de Informações Geográficas database. The favorability maps were calculated using the Weighted Linear Combination method, combining factors and weights determined by the Participatory Technique and the Analytical Hierarchical Process (AHP). Grades null to strong defined classes I to III of favorability to mechanization. The class IV is reserved to lands with slopes steeper than 40%. From the results it is concluded that the Multicriteria Evaluation done in a Geographic Information System using ArcGIS 10.2 proved to be an adequate tool for mapping of Favorability to Agricultural Mechanization and that the Weighted Linear Combination Method is flexible and simple to be employed, allowing interaction of interdisciplinary knowledge and land features, making efficient the decision making process. The Analytical Hierarchical Process (AHP) was the main advantage of the method employed, for using the paired comparison between factors to determine the relative influence of each one, reducing the subjectivity, contributing to the selection of areas favorable to land mechanization.

Key words: GIS, Favorability to Agricultural Mechanization, Multicriteria Evaluation, Ribeira de Iguape Basin.

3 INTRODUÇÃO

A administração eficaz dos recursos naturais de uma região necessita da disponibilidade de informações abrangentes e atualizadas do meio ambiente. A ferramenta Sistema de Informações Geográficas (SIG) possibilita a integração de informações provenientes de diferentes bases de dados, como cartografia, imagens aéreas, modelo digital de terreno sendo possível classificar e mapear terras com a finalidade de orientar o uso adequado de máquinas e implementos agrícolas ao preparo dos solos. Tendo isso como base, o SIG é uma importante ferramenta em trabalhos de classificações técnicas e mapeamentos temáticos ambientais.

A situação atual de grande parte das Áreas de Preservação Permanente (APPs), no Vale do Ribeira, revela a divergência entre o Código Florestal e a realidade de seu uso. Os fatores como a topografia, a natureza dos solos, a falta de infraestrutura e a histórica problemática fundiária da região, têm sido influenciados pela ocupação ilegal destas áreas.

O crescimento econômico e a exploração do meio rural têm sido constantemente prejudicados pela falta de um planejamento mais realístico, que tenha como base o conhecimento dos recursos naturais e da dinâmica de sua apropriação. Até hoje, ocorre em nosso país, a ocupação do solo conduzida por pressões populacionais ou econômicas, em total desrespeito a aptidão agrícola das terras. A não adoção de critérios técnicos no planejamento do uso e manejo das terras tem agravado os problemas ambientais.

O planejamento agrícola como preceito da política ambiental se constitui num instrumento de fundamental importância no processo de gestão do espaço rural e da atividade agropecuária. Este quando bem aplicado racionaliza as ações, tornando-se instrumento de sistematização de informações e reflexão sobre os problemas e especulação de cenários potenciais para o aproveitamento dos recursos naturais.

A região da sub-bacia do Rio Pariquera-Açu é potencialmente agrícola e o bioma mais valioso para a biodiversidade. Por isso, é importante classificar estas terras visando à orientação do uso adequado de máquinas e implementos agrícolas, respeitando as restrições ambientais e uso racional no manejo das terras. Segundo Pereira et al. (2004), as regras de interpretação de algumas propriedades do solo definem o grau de limitação quanto aos impedimentos à mecanização; entretanto, as regras foram desenvolvidas para apenas dois níveis de manejo, além de não incluírem impedimentos relacionados às características verticais e de drenagem dos solos.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo geral a classificação e mapeamento das terras, favoráveis à utilização de máquinas e implementos agrícolas.

Como objetivo específico tem-se:

- A construção de banco de dados digitais da Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu no Vale do Ribeira, SP;
- A espacialização de mapas com as características diagnósticas das classes de solos utilizadas para a classificação terras à mecanização;
- E, através das técnicas de geoprocessamento, confeccionar o mapa de favorabilidade à mecanização, com classes de viabilidades para mecanização, por meio da Avaliação Multicritério, com o método da Combinação Linear Ponderada.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Bacia Hidrográfica

Bacia hidrográfica é composta por uma área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus afluentes, onde sua delimitação é dada pelos divisores de água. Esse divisor é definido pela acomodação de uma linha imaginária que liga os pontos mais elevados da região em torno da rede de drenagem (CORSEUIL, 2006).

A escolha da bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento é devido se tratar de um sistema natural bem delimitado no espaço, onde suas interações físicas são integradas e assim sendo, fáceis de serem compreendidas, tornando-se capaz de refletir as relações de causa e efeito. Utilizando a bacia hidrográfica como unidade de trabalho, o planejamento torna-se mais adequado e permite conciliar a produção com a preservação ambiental, devido os seus limites serem estabelecidos naturalmente, por meio do divisor de águas (CORSEUIL, 2006).

Grossi (2003) destacou a existência de legislação referenciando a bacia hidrográfica como área de afluência a partir da Resolução de nº 001/86 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) de 1981, onde a unidade da Bacia Hidrográfica passa a ser considerada como área de análise no estudo prévio de impacto ambiental. Na Legislação do Estado de São Paulo, o Decreto n.º 36.787, de 18 de maio de

1993, que regulamenta a Lei n.º 7.663, discrimina grupos de bacias hidrográficas e esta divisão hidrográfica é aprovada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH (SÃO PAULO, 1994).

A Lei das Águas (Lei 9.433/97) estabelece os princípios básicos para a gestão dos recursos hídricos e adota a bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

O manejo das bacias hidrográficas visa à produção de água em quantidade e qualidade, onde sua quantidade denote sua boa distribuição no tempo, ou seja, a bacia precisa absorver uma grande parte das águas precipitadas, possa armazenar em seu lençol freático e gradativamente disponibilizar novamente aos cursos d'água, garantindo assim a perenidade e sua boa quantidade, mesmo em períodos de estiagem (NAGY, 2008).

O recurso hídrico é o elemento essencial ao ecossistema assumindo para a sociedade sua importância ecológica e econômica, uma vez que todas as atividades produtivas agrícolas, industriais ou na produção de energia elétrica, carecem de água (FORJAZ, 2007).

Christofolletti (1999) considerou como pequenas bacias aquelas com área inferior a 100 km², como médias as com áreas entre 100 e 1.000 km² e como grandes, as maiores que 1.000 km².

A definição de sub-bacia é a mesma que de bacia hidrográfica, ou seja, é a área que drena as águas por ravinas, canais e afluentes, para um curso principal, com vazão confluindo para uma única saída. É formada por divisores topográficos de água, uma rede padrão ou sistema de drenagem que caracterizam sua forma, extensão, densidade e tipo. O exutório de uma bacia hidrográfica ocorre diretamente no mar ou em um grande lago e o de uma sub-bacia dá-se em uma confluência que é outro curso de água (ROCHA, 1991).

Sheng (1990) propôs quatro níveis para organização de estudos e planejamentos em sub-bacias:

- Nível Nacional – onde ocorrem estudos mais abrangentes, de áreas maiores, e por isso feito através de fotos aéreas e imagens de sensoriamento remoto, que podem identificar os usos da terra e da água, que são as principais causas da degradação ambiental;

- Nível Regional – devem ocorrer estudos mais detalhados que no nível nacional, porém não tão específico como no nível seguinte. Tais estudos seriam dirigidos ao planejamento e desenvolvimento regional de longo prazo;
- Nível da Sub-bacia – estudos detalhados com coleta de dados pontuais, pois uma sub-bacia é uma unidade funcional, onde as variáveis existentes em sua área se influenciam mutuamente;
- Nível da Propriedade Rural ou Comunidade – por estarem dentro da área da sub-bacia, são necessários estudos e planejamentos para o desenvolvimento de grupos de fazendeiros ou comunidades. O principal objetivo é demonstrar que através do gerenciamento das propriedades e comunidades será possível o desenvolvimento e a conservação da área da sub-bacia.

4.2 Geoprocessamento

O Geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico (VARELLA, 2004).

De acordo com Câmara e Davis (2001), a coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Antes, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel, impedindo uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento simultâneo e com a evolução da tecnologia de informática tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento.

Para Dainese (2001), um sistema de geoprocessamento é direcionado ao processamento de dados referenciados geograficamente, que inicia com a sua coleta até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais.

Nesse contexto, o termo Geoprocessamento indica a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas computacionais e matemáticas para o tratamento da informação geográfica e que influencia de maneira crescente as áreas de Cartografia,

Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional (ASSAD et al., 1998).

Geoprocessamento é um termo amplo que reúne diversas tecnologias para o tratamento de informações geográficas e dados com a utilização de ferramentas computacionais (GRIGOLETTI, 2007).

Dentro desse panorama, o geoprocessamento se coloca como um importante conjunto de tecnologias de apoio ao desenvolvimento da agricultura, porque permite analisar grandes quantidades de dados georreferenciados, independentemente de serem estatísticos, dinâmicos, ou atuando de maneira isolada ou em conjunto. Mais do que isto, o geoprocessamento permite o tratamento desses dados, gerando informações e possibilitando soluções através de modelagem e simulações de cenários (ROCHA et. al., 1998).

4.2.1 Sistema de Informações Geográfica

O Sistema de Informações Geográfica (SIG) é a ferramenta computacional para Geoprocessamento que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos (BONHAM-CARTER, 1994).

O SIG é um sistema mais apropriado à análise ambiental, devido às suas características relacionadas à espacialização das análises. Com o aumento da capacidade computacional e o barateamento dos computadores impulsionaram o desenvolvimento e aprimoramento dos SIGs (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

Amplamente utilizados em projetos ambientais dos diferentes setores (órgãos governamentais, não governamentais e empresas), existem muitos programas de SIG, cada qual com suas potencialidades e limitações, e muitas vezes projetados com propósito específico. São exemplos: ArcGIS, GRASS, gvSIG, IDRISI, MapWindow, QGIS, SPRING, TerraView, Open Jump, Kosmo, dentre muitos outros. Frequentemente são lançadas novas versões e atualizações desses programas, aprimorando suas funcionalidades e especificidades. Dentre os citados acima, apenas o ArcGIS (ESRI) e o IDRISI (EASTMAN - Clark Labs) são programas proprietários os demais dispõem

licença para o seu uso (CAMPOS, 2006). Arquitetura de um SIG é demonstrada pela Figura 1.

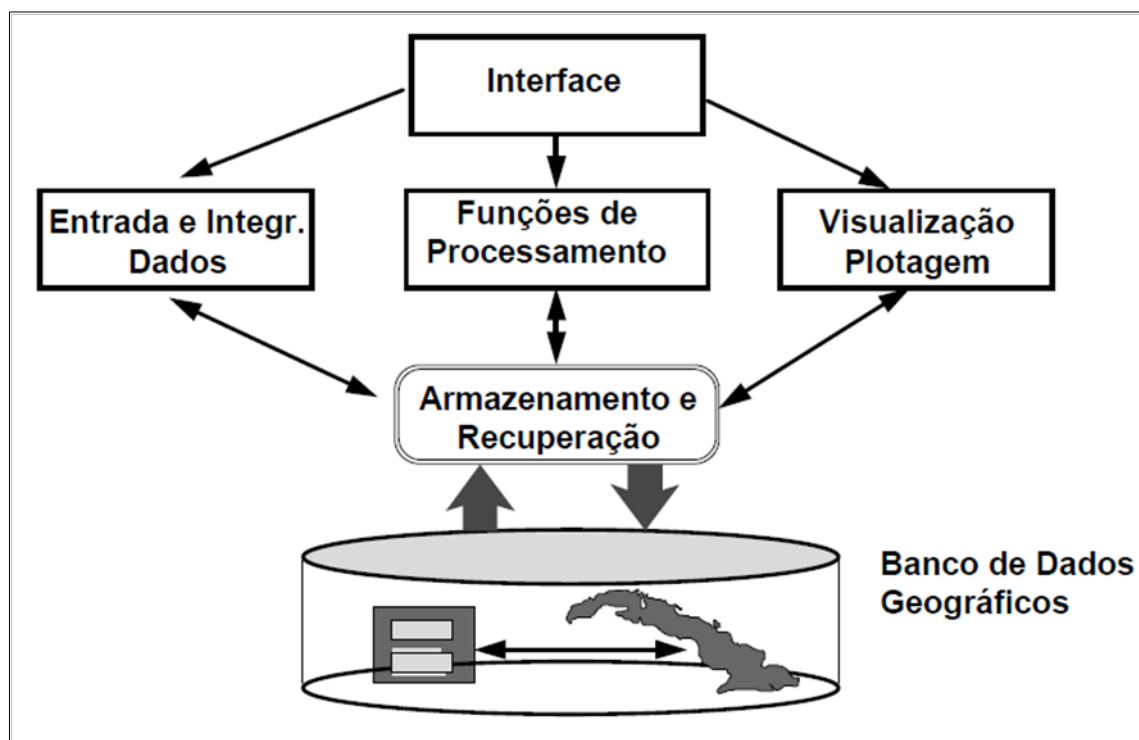


Figura 1. Arquitetura de um Sistema de Informação Geográfica.

Fonte: INPE (1996).

De acordo com Amaral (2010), alguns órgãos do governo e institutos de pesquisa possuem grande acervo de dados de base geográfica, como hidrografia, topografia, geologia, pedologia, sistema viário, dentre outros, e dados temáticos socioeconômicos e ambientais disponíveis para utilização em pesquisas científicas e projetos de interesse público.

Um exemplo disto é com relação ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul (CBH-RB), que conta com uma vasta quantidade de dados geográficos do meio físico e social da região do Vale do Ribeira, amplamente utilizados pela comunidade científica por sua gratuidade que estimula o uso e aprimoramento das técnicas de geoprocessamento em pesquisas de todas as áreas do conhecimento, principalmente nas ciências agrárias, ambientais e da Terra, como um processo visivelmente crescente nas últimas décadas (CBH-RB, 2008).

O SIG é um modelo matemático dinâmico constituído por banco de dados digitais, gerenciados para facilitar a atualização e a aplicação dos dados

georreferenciados de infinitas camadas ou planos de informação no planejamento e na otimização de uma determinada tarefa (LIU, 2006).

Informação geográfica é o conjunto de dados cujo significado contém associações ou relações de natureza espacial. Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) utiliza uma base de dados computadorizada que contém informação espacial (os aspectos do meio natural como relevo, solo, clima, vegetação, hidrografia, etc., e os aspectos sociais, econômicos e políticos, que permitem uma divisão temática em subsistemas que integram um SIG, sendo esses componentes os atributos), sobre a qual atua uma série de operadores espaciais (conjunto de operações algébricas, booleanas e geométricas, utilizadas no cruzamento de dados pelo SIG). Baseia-se numa tecnologia de armazenamento, análise e tratamento de dados espaciais, não espaciais e temporais e na geração de informações correlatas (TEIXEIRA et al., 1992).

4.2.2 Modelagem de Dados em Geoprocessamento

Um modelo de dados é um conjunto de conceitos que é utilizado para descrever a estrutura e as operações em um banco de dados (ELMASRI; NAVATHE, 2004). O modelo busca ordenar o entendimento do desenvolvimento a respeito de objetos e fenômenos que serão representados em um sistema informatizado. Os objetos e fenômenos reais, no entanto, são complexos demais para permitir uma representação completa, considerando os recursos a disposição dos Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD) atuais. Desta forma, é necessário construir uma abstração dos objetos e fenômenos do mundo real, de modo a obter uma forma de representação conveniente, embora simplificada, que seja adequada às finalidades das aplicações do banco de dados (BORGES et. al., 2005).

É utilizado um arcabouço conceitual para o entendimento das representações computacionais do espaço de geoinformação. Para entender o processo de traduzir o mundo real para o ambiente computacional: o “paradigma dos quatro universos”, GOMES e VELHO (1995) os distinguem em:

- O universo do mundo real, que inclui as entidades da realidade a serem modeladas no sistema;
- O universo matemático (conceitual), que inclui uma definição matemática (formal) das entidades a ser representadas;

- O universo de representação, onde as diversas entidades formais são mapeadas para representações geométricas e alfanuméricas no computador e;
- O universo de implementação, onde as estruturas de dados e algoritmos são escolhidos, baseados em considerações como desempenho, capacidade do equipamento e tamanho da massa de dados. É neste nível que acontece a codificação.

Em Sistemas de Informação Geográfica, a importância da abstração na construção de modelos de dados é ainda maior devido a maior variedade de representações, em especial no que condiz às possibilidades de relacionamento entre entidades. Também existe a necessidade de incluir aspectos da representação gráfica que se pretende adotar para as entidades: campos ou objetos, vetores ou imagens, sem contar aspectos estéticos, de representação cartográfica e visual. O resultado do trabalho de conceitualização precisa estar representado de maneira resumida, e também precisa ser compreendido pelo usuário em todo contexto, para que o sistema possa ser desenvolvido de acordo com suas necessidades (DAVIS; BORGES, 2004).

Para Pinto (2009), em um SIG, a informação geográfica é organizada em camadas ou níveis de informação (layers), cada um consistindo num conjunto específico de feições, comumente conhecidos como temas, objetos associados e seus respectivos atributos. A estrutura de dados geográficos vetoriais contém basicamente dois tipos de informações: (i) a informação espacial, que descreve o formato do objeto geográfico, e (ii) a informação alfanumérica, que descreve as características não espaciais desses objetos.

Ainda segundo o mesmo autor o objeto geográfico é representado por dois tipos de estrutura de dados – vetorial e matricial. Os dados vetoriais identificam dados singularmente como pontos, linhas ou polígonos. As feições vetoriais são mais comumente representadas em arquivos shapefile (SHP), drawing exchange format – CAD (DXF), comma separated values (CSV), keyhole markup language (KML), sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais/espaciais (PostgreSQL e Oracle, por exemplo), mapinfo interchange file (MIF) e design (DGN). Dados matriciais (raster) utilizam conjunto de células (pixels), que representam entidades espaciais sob uma forma numérica.

Dados matriciais mais utilizados possuem extensão tagged image file format – Geotiff (TIF), formato raster da ESRI (GRID), enhanced compression wavelet

(ECW), joint photographic experts group (JPG) e bitmap (BMP), entre outros. Existem ainda padrões de interoperabilidade para feições geográficas. Os padrões, definidos pelo Open Geospatial Consortium (OGC), mais comuns são o web mapping service (WMS), o web feature service (WFS) e o web coverage service (WCS) (PINTO, 2009).

A estrutura vetorial considera um espaço geográfico contínuo, enquanto que a raster divide o espaço em elementos discretos, obtidos pela sua partição em uma malha com linhas verticais e horizontais espaçadas regularmente, formando células, chamadas pixels, como mostra a Figura 2 (EASTMAN, 2006).

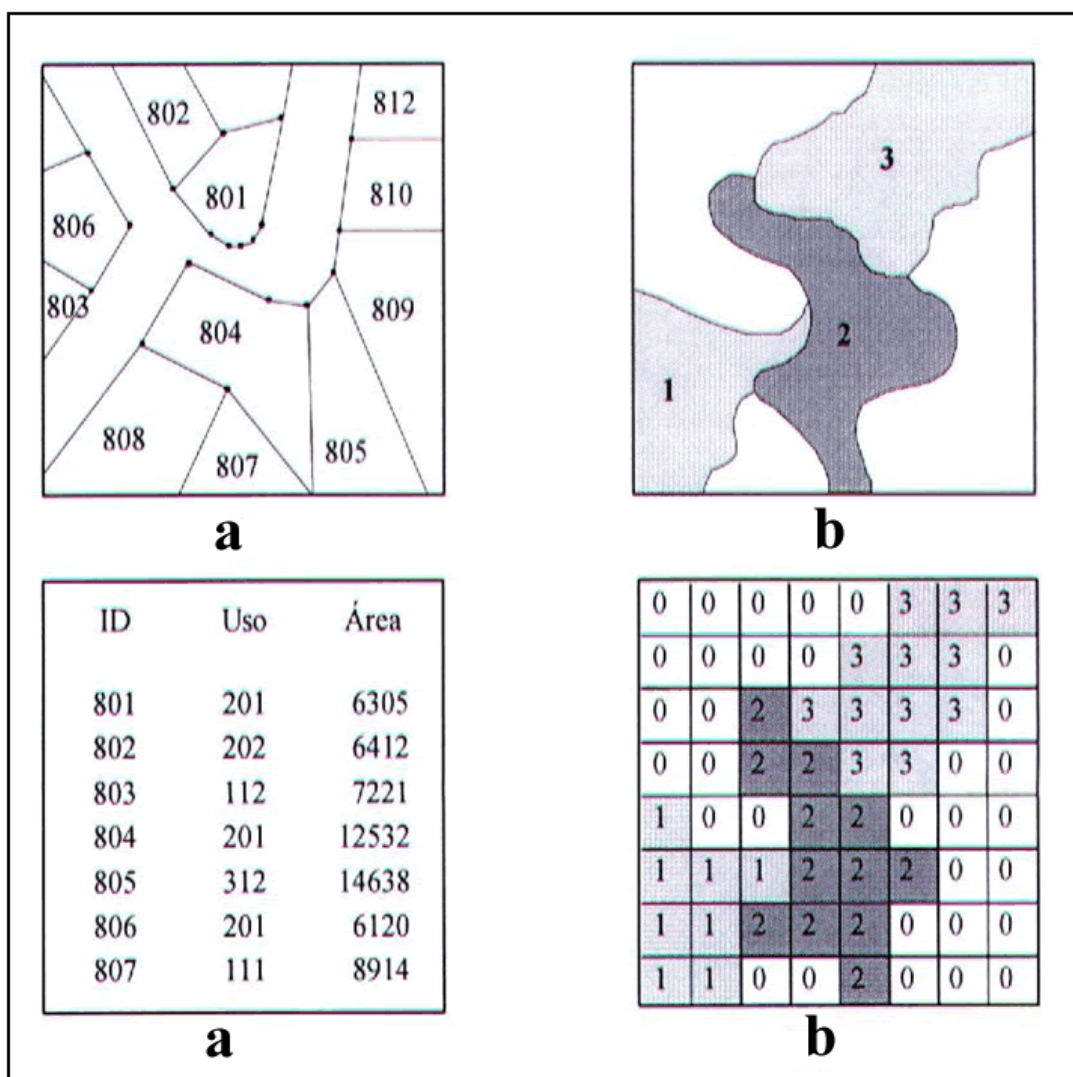


Figura 2. Representação de dados nos formatos matricial e vetorial.

Fonte: EASTMAN (2006).

4.2.3 Sensoriamento Remoto

As aplicações de Sensoriamento Remoto (SR) ocorrem em diversas áreas do conhecimento, principalmente, à crescente necessidade de entendimento da superfície terrestre e das relações entre o ambiente e as atividades humanas (MOREIRA 2001).

São exemplos do emprego desse tipo de técnica os recobrimentos aerofotogramétricos e os imageamento da superfície terrestre por satélites de observação dos recursos naturais e mais recentemente a utilização de veículos aéreos não tripulados, podendo ser utilizados com uma vasta gama de aplicações e com custos reduzidos e maior versatilidade às outras técnicas e poder operar abaixo das nuvens (AMARAL, 2010).

As imagens obtidas através do sensoriamento remoto apresentam uma visão de conjunto multitemporal de qualquer área da superfície terrestre. Esta visão sintética do meio ambiente ou da paisagem possibilita estudos integrados, envolvendo vários campos do conhecimento. Elas mostram os ambientes e a sua transformação, destacam os impactos/ações antrópicas, as inundações e a erosão do solo e antrópicas, ou outras alterações do uso e da ocupação da terra (FLORENZANO, 2002).

A definição clássica do termo sensoriamento remoto refere-se a um conjunto de técnicas destinado à obtenção de informações sobre objetos, sem que haja contato físico com eles (GARCIA 1982).

Segundo Dalmas (2008), sensoriamento remoto é um grupo de técnicas para coleta de informações em forma de imagem, que necessitam ser processadas e interpretadas para posterior produção de informações úteis para agricultura e outros. Informações sobre o objeto em estudo são transmitidas ao observador através de energia eletromagnética, que é portadora da informação. Portanto, pode-se considerar que os dados de sensoriamento remoto são basicamente informações em forma de ondas que precisam ser decodificadas para a posterior compreensão.

Para Rudorff e Moreira (2000), a tecnologia de sensoriamento remoto apresenta um grande potencial para ser utilizada na agricultura. Através desta técnica, é possível obter informações sobre: estimativa de área plantada, produção agrícola, vigor vegetativo das culturas, além de fornecer subsídios para o manejo agrícola em diversos níveis de tamanho.

Câmara et al. (1996) descreveram diversos sistemas de aquisição de dados, tais como câmaras fotográficas aerotransportadas, satélites, sistemas de radar, sonar ou microondas. Os sistemas podem ser ativos, como é o caso dos sistemas de microondas, que registram a diferença de frequência entre o sinal emitido por elas e o sinal recebido da superfície (efeito “Doppler”) ou passivos, como é o caso de câmaras fotográficas, que registram a refletância ou emitância de uma superfície.

4.3 Avaliação por Multicritério

A análise multicritérios é um método de análise de alternativas para resolução de problema que utiliza vários critérios relacionados ao objeto de estudo, sendo possível identificar as alternativas prioritárias para o objetivo considerado (FRANCISCO et al., 2007). Diversos métodos de análise por multicritérios desempenham diferentes formas de aproximação para a tomada de decisão. Para Fidalgo (2003), a seleção do método depende do problema particular considerado, das particularidades do tomador de decisão e de outros fatores.

Os fatores irão destacar ou reduzir a favorabilidade de uma alternativa específica para uma atividade ou objetivo (EASTMAN, 2001). Randhir et al. (2001) afirmam que os fatores utilizados no processo de tomada de decisão são aqueles que representam as características críticas de um habitat.

Segundo Dalmas (2008, p. 94, apud EASTMAN 2006), os critérios são classificados em dois tipos: restrições ou fatores. As restrições têm sempre um caráter booleano (com valores ramificados – 0 ou 1, sim ou não) e servem para excluir determinadas áreas. As principais operações booleanas são as operações AND e OR. Na operação AND, os diferentes critérios são combinados produzindo uma imagem binária final, onde o valor 1 indica que a área satisfaz todas as condições propostas, e o valor “0” (zero), que a área não satisfaz uma ou mais condições. Na operação OR, os diferentes critérios são combinados e na imagem binária final, o valor 1 indica que a área satisfaz pelo menos uma das condições, e o valor “0”, que a área não satisfaz nenhuma das condições exigidas. A simplicidade do método booleano é um aspecto positivo, entretanto este método não permite uma ponderação de importância entre os critérios, portanto exhibe

resultados rígidos. Pelo fato de apresentar somente resultados ZERO ou UM, não exprime a variação de aptidão que existe nas classes determinadas como aptas.

Em contrapartida, os fatores são, geralmente, de natureza contínua (mapa de declividade, de solos, etc.) e quando combinados resultam num mapa que exprime a variação de favorabilidade que existe nas classes determinadas como inaptas até as aptas. Fatores e restrições podem ser combinados em análises que permitem total controle do usuário de como deve ser esta combinação e qual o risco deve-se assumir (VETTORAZZI et. al., 2000).

Para a associação dos diferentes fatores, com base na avaliação por critérios múltiplos, vários métodos são utilizados, segundo Malczewski (2004), e para os métodos de Avaliação Multicritérios (AMC) que são executados em ambiente SIG, destaca-se o método Booleano, a Combinação Linear Ponderada (CLP) e suas variantes, o Método do Ponto Ideal, a Análise de Concordância e o Processo Hierárquico Analítico. Dentre esses métodos a Combinação Linear Ponderada e o Booleano são os mais robustos e os empregados com mais frequência.

Segundo Voogd (1983), na Combinação Linear Ponderada os critérios são padronizados para uma escala numérica comum, recebendo pesos e sendo combinados por meio de uma média ponderada. O resultado é um mapa de prioridades, que pode ser limitado espacialmente por uma ou mais restrições booleanas (EASTMAN, 2001).

Para Li & Yeh (2002) a utilização da Análise Multicritério no zoneamento de terras agrícolas em regiões de rápido desenvolvimento tem-se tornado uma atividade primordial e estratégica na redução de áreas potencialmente agrícolas.

A Análise Multicritérios também pode ser empregada, com sucesso, na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários no município de Cachoeiro do Itapemirim, ES, Calizuri et al. (2002) obteve soluções compatíveis com as características da paisagem. A mesma autora em 2007 propõe a utilização da técnica como uma proposta metodológica para geração de carta de fragilidade ambiental. Esta metodologia foi avaliada como promissora, pois incorpora a análise a distância dos recursos hídricos e das nascentes, assim como pondera os diferentes fatores de acordo com sua importância na análise.

Em sua grande maioria os programas de SIG têm ferramentas para este tipo de avaliação. No ArcMap, um módulo chamado MCE (Multi-Criteria Evaluation

– Avaliação Multi-Critério) foi desenvolvido para facilitar este processo. O módulo MCE também oferece uma ferramenta especial chamada Ordered Weighted Average – OWA (Média Ponderada Ordenada), que aumenta as opções de análises de decisão (Eastman, 2006).

Para Araújo e Macedo (2002) utilizaram técnicas de geoprocessamento com análise multicritérios na avaliação da favorabilidade de mineralizações de metais básicos, na área das folhas Cerro Azul e Apiaí, escala 1:100.000, Vale do Ribeira, SP e PR. Eles utilizaram o método baseando-se na seleção e ponderação de parâmetros de prospecção e aplicações de SIG com um banco de dados composto por dados geológicos, geoquímicos, aerogeofísicos e de ocorrências minerais. Para os autores, o método utilizado é adequado à seleção de áreas para pesquisa geológica em detalhe a baixos custos, em áreas semelhantes à estudada.

Segundo Detoni (1996) os métodos multicritérios são fortemente recomendados para aplicação em questões complexas de natureza multidisciplinar, que apresentam diversos fatores, de modo qualitativo ou quantitativo, a serem utilizados no processo de análise.

Os critérios utilizados neste estudo foram combinados, em forma de imagem, através da Combinação Linear Ponderada e Média Ponderada Ordenada. Porém, antes deste processo, os fatores tiveram seus valores reescrito para um intervalo numérico comum, ou seja, foram padronizados.

4.4 Classificações Técnicas das Terras

As classificações técnicas, também chamadas de interpretativas, são caracterizadas por utilizarem poucos atributos para separar os indivíduos em classes e atenderem a um determinado objetivo. No caso da classificação técnica ou interpretativa para o Uso e Manejo das Terras, esta consiste da previsão do comportamento dos solos, sob manejos específicos e sob certas condições ambientais (STEELE, 1967). Essa classificação é, normalmente, baseada em interpretação de estudos básicos (levantamentos taxonômicos) de solos (CAMARGO et al., 1987; EMBRAPA, 1999).

O sistema de classificação de Capacidade de Uso do solo foi desenvolvido, originalmente, pelo Serviço Nacional de Conservação do Solo dos Estados Unidos para orientar os produtores americanos quanto ao planejamento do uso sustentado de suas propriedades, procurando definir para cada gleba de terra, sua máxima capacidade de uso sem risco de degradação do solo (SANTOS, 2001). É um sistema conservacionista que considera um nível médio à alto de manejo, adaptado para áreas que possuam levantamentos pedológicos detalhados ou semidetalhado (PRADO, 1996).

Para Ramalho Filho et al. (1995) e Lepsch (1983), os sistemas de classificações técnicas no Brasil para fins de levantamento do potencial de uso do solo mais conhecidos e utilizados, seguem orientação do "Soil Survey Manual" (ESTADOS UNIDOS, 1951) e na metodologia FAO (1976) e adaptado às condições brasileiras (LEPSCH, 1983).

Na literatura, inúmeros trabalhos apresentam critérios interpretativos para agrupamentos de terras, como em função da aptidão agrícola para determinadas culturas; de acordo com risco de erosão; por necessidade de calagem; com finalidades de irrigação e drenagem; e em função da capacidade máxima de uso. Também as referidas classificações são de grande utilidade, tais como: geotécnica, construção de aeroportos, engenharia sanitária, taxaço de impostos, engenharia rodoviária e ferroviária (FREIRE, 1984; LEPSCH et al., 1991; RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

4.4.1 Sistema de Aptidão Agrícola das Terras

O sistema de aptidão agrícola estabelece um importante instrumento metodológico de avaliação das terras. Sua maior utilização, no País, tem sido executada no Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS (antiga Comissão de Solos, sucedida pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos – SNLCS e atualmente EMBRAPA Solos), que vem pesquisando solos e sua ambiência em todo o território nacional (Pereira e Lombardi Neto, 2004).

Para Curi et al. (1993), aptidão agrícola pode ser definida como a particularidade da terra para um tipo específico de utilização agrícola das terras, pressupondo-se um ou mais diferentes níveis de manejo.

Ramalho Filho e Beek (1978) aprimoraram o sistema de aptidão agrícola das terras e atualmente em uso, com a finalidade de fornecer a aptidão agrícola das

terras, prevendo o seu melhor uso. Três níveis de manejo e quatro classes de aptidão são considerados nesse sistema. Esses níveis, representados pelas letras maiúsculas A, B e C, onde se estruturam por grupos de capacidade de uso que compreendem terras que têm como critério de separação a intensidade do uso agrícola:

Nível A: baixo nível tecnológico, com baixa aplicação de capital e práticas agrícolas baseadas no trabalho braçal e no uso de tração animal.

Nível B: médio nível de tecnologia e manejo e modesta inversão de capital. Emprego de algumas práticas conservacionistas, mas ainda prevalecendo o uso da tração animal.

Nível C: alto nível de tecnologia com aplicação intensiva de capital, práticas conservacionistas, mecanização em todas as fases e emprego de resultados recentes de pesquisa.

As classes de capacidade de uso que são representadas por algarismos romanos, de I a VIII com critério de separação das classes conforme o grau de limitação ao uso. As subclasses de capacidade de uso é uma subdivisão que utiliza como critério de separação das terras a natureza das limitações e são em número de quatro e representadas por letras minúsculas. As unidades de capacidade de uso demonstram a natureza das limitações e são representadas por números arábicos que acompanham as letras das subclasses (RAMALHO FILHO; BEEK,1978).

GRUPOS DE APTIDÃO AGRÍCOLA		AUMENTO DA INTENSIDADE DE USO					
		PRESERVAÇÃO DA FLORA E DA FAUNA	SILVICULTURA E/OU PASTAGEM NATURAL	LAVOURAS			
				PASTAGEM PLANTADA	APTIDÃO RESTRITA	APTIDÃO REGULAR	APTIDÃO BOA
AUMENTO DA INTENSIDADE DA LIMITAÇÃO ↓ DIMINUIÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE USO	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

Figura 3. Alternativa de utilização das terras segundo as classes de capacidade de uso.

Fonte: Ramalho Filho & Beek (1995).

Para Bennema et al. (1964) e Pereira e Lombardi Neto (2004), os fatores que limitam procuram sintetizar as características do ambiente (condições agrícolas das terras). Tais fatores são avaliados pelo grau de limitação (nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte), que por sua vez, estão relacionados a parâmetros facilmente observáveis ou mensuráveis, estabelecendo-se assim, uma relação considerada como básica nas interpretações de levantamento de solos. Por essa razão, os autores afirmaram que essas relações devem ser, sempre que possível melhorada para o desenvolvimento do sistema, novas relações devem ser introduzidas.

Nesse sistema de classificação definiram-se subgrupos e classes de aptidão agrícola das terras.

Para Fasolo (1996), o grau de impedimento à mecanização é avaliado pelos critérios que definem as seguintes classes:

a) Nulo: terras que permitem em qualquer época do ano o emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas e que apresentam declividade inferior a 3%;

b) Ligeiro: permitem o emprego de máquinas durante todo o ano e apresentam declividade entre 3 a 8%;

c) Moderado: terras que permitem o emprego de máquinas durante uma parte do ano e, ou apresentam declividade entre 8% a 20 %;

d) Forte: terras que permitem apenas o uso de implementos de tração animal ou máquinas especiais, e, ou apresentam declividade entre 20 a 45%.

e) Muito forte: terras que não permitem o uso de máquinas e que, só com muita dificuldade, podem ser utilizadas com implementos de tração animal. A declividade é igual ou superior a 45%.

2.4.2 Variáveis consideradas quanto ao impedimento à mecanização

Na avaliação das terras, referente ao impedimento à mecanização, segundo proposta de Pereira (2004), são consideradas variáveis, como: uso do solo; profundidade efetiva; textura; fator declividade e áreas de preservação.

a) Impedimento à mecanização

A análise do fator impedimento à mecanização tem maior relevância no nível de manejo C, uma vez que este nível avançado não contempla o uso de máquinas e implementos agrícolas nas diversas fases de preparo e uso das terras.

b) Profundidade efetiva

Atributo diagnóstico, também utilizado na avaliação de vários outros atributos. Refere-se à profundidade máxima que as raízes penetram livremente no corpo do solo, em razoável número, sem impedimentos, propiciando às plantas suporte físico e condições para absorção de água e nutrientes. É chamado atenção para o fato de que a profundidade efetiva nem sempre se limita à profundidade do solo (horizontes A + B), podendo, inclusive, ultrapassá-la (MARQUES, 1971; LEPSCH et al., 1991; CURI, 1993).

Na profundidade efetiva leva-se em conta basicamente o aspecto biológico, onde seu limite inferior está definido pelos limites da ação das forças biológicas e climáticas. Na avaliação desse atributo diagnóstico, foram utilizadas as classificações de profundidade estabelecidas por Lepsch et al. (1991) e EMBRAPA (1999), conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Graus de limitação referentes à profundidade efetiva do solo.

Grau de Limitação	Profundidade efetiva do solo	
	Classe	Profundidade (cm)
0: Nulo	Muito Profundo	> 200
1: Ligeiro	Profundo	100 a 200
2: Moderado	Moderadamente Profundo	50 a 100
3: Forte	Raso	25 a 50
4: Muito Forte	Muito Raso	< 25

Fonte: Lepsch et al. (1991) ; EMBRAPA (1999).

Graus de Limitação

De acordo com Lepsch et al. (1991) e EMBRAPA (1999), os graus de limitação referentes à profundidade efetiva do solo são descritos da seguinte maneira:

- 0: Nulo – terras constituídas por solos muito profundos, sem nenhuma restrição importante quanto ao uso de máquinas e implementos agrícolas durante o ano todo.
- 1: Ligeiro – terras que apresentam solos profundos e que permitem, com discreta limitação, o uso da maioria das máquinas agrícolas durante, praticamente, o ano todo.
- 2: Moderado – terras que apresentam solos qualificados como moderadamente profundos, possuindo restrições moderadas quanto ao uso de mecanização agrícola.
- 3: Forte – terras que apresentam solos qualificados como rasos, permitindo apenas, em casos especiais, o uso de implementos de tração animal.
- 4: Muito Forte - terras constituídas por solos muito rasos, que não permitem qualquer tipo de mecanização, mesmo o uso de implementos de tração animal.

c) Grupamentos Texturais

Segundo EMBRAPA (2006), os grupamentos texturais são classificados da seguinte forma:

- Textura arenosa: compreende as classes texturais areia e areia franca.
- Textura média: compreende classes texturais ou parte delas, tendo na sua granulometria menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca.
- Textura argilosa: compreende classes texturais ou parte delas, tendo na composição granulométrica de 35% a 60% de argila.
- Textura muito argilosa: compreende classe textural com mais de 60% de argila.

Colocar Textura siltosa:

Na textura do solo leva-se em conta a porcentagem de areia e argila do solo, estabelecidas por Lepsch et al. (1991) e EMBRAPA (1999), conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Graus de limitação referente à textura com impedimento à mecanização.

Textura do solo	Areia (%)	Argila (%)	Impedimento à mecanização
Arenosa	> 70	-	Moderado
Média	> 15	< 35	Nulo
Argilosa	-	35 a 60	Nulo
Muito Argilosa	-	> 60	Moderado
Siltosa	< 15	< 35	Muito Forte

Fonte: adaptações Lepsch et al. (1991) e Ramalho Filho e Beek (1995).

Graus de Limitação

De acordo com EMBRAPA (2006) os graus de limitação para os grupamentos texturais são descritos da seguinte maneira:

- 0: Nulo - terras que em todo o ano apresentam água disponível em boa quantidade, de modo a promover o desenvolvimento normal das plantas e oferecer múltiplas opções de uso. Essas terras possuem solos em que a soma de % silte + % argila está na faixa de 25% a 30% (o que corresponde, respectivamente, à 74 mm – 80 mm de água disponível), para o caso dos arenosos; de 30% a 75% (correspondente à 80 mm – 75 mm de água disponível, respectivamente) para os solos de textura média e de textura argilosa; e de 60% a 75% (correspondente à 89 mm – 75 mm de água disponível, respectivamente), quando tratar-se de solos de textura muito argilosa.
- 1: Ligeiro – terras com solos que apresentam discreta limitação quanto à disponibilidade de água, influenciando ligeiramente no desenvolvimento das espécies cultivadas mais sensíveis. Tais solos apresentam soma de % silte + % argila na faixa de 15% a 25% (correspondente à 58 mm – 74 mm de água disponível, respectivamente) para os de textura arenosa; e de 75% a 85% (equivalente à 75 mm – 60 mm de água disponível, respectivamente) para os solos de textura média ou argilosa, ou muito argilosa.
- 2: Moderado – terras com solos que apresentam nítida limitação referente à disponibilidade de água, influenciando sensivelmente no desenvolvimento das

espécies cultivadas, diminuindo assim as opções de uso das terras. Essas terras apresentam solos com soma de % silte + % argila na faixa de 10% a 15% (correspondente à 49 mm – 58 mm de água disponível, respectivamente), para os de textura arenosa; e de 85% a 90% (60 mm – 50 mm de água disponível, respectivamente) para os solos de textura média ou argilosa, ou muito argilosa.

- 3: Forte – terras com solos que apresentam fortes limitações relacionadas à disponibilidade de água para promover o desenvolvimento normal das plantas. Tais solos possuem soma de % silte + % argila na faixa de 5% a 10% (correspondente à 37 mm – 49 mm de água disponível, respectivamente) para os de textura arenosa; e de 90% a 95% (equivalente à 50 mm – 39 mm de água disponível, respectivamente) para os solos de textura média ou argilosa, ou muito argilosa.

- 4: Muito Forte – terras com solos que apresentam limitações muito forte quanto à disponibilidade de água para promover o bom desenvolvimento das plantas. Estes solos possuem soma de % silte + % argila inferior a 5% (o que corresponde à valores de água disponível inferiores a 37 mm) para os de textura arenosa; e superior a 95% (equivalente à valores de água disponível inferiores à 39 mm) para os solos de textura média ou argilosa, ou muito argilosa.

d) Fator declividade

Para Florenzano (2008), a declividade é definida como a maior ou menor inclinação do relevo em relação ao horizonte, ou seja, quanto maior a declividade de um relevo maior o seu potencial de escoamento superficial, com as águas apresentando maior velocidade e poder erosivo. Em relevos com alta declividade, as águas das chuvas escoam mais rapidamente para os canais dos rios e estes por sua vez, tem maior poder de erosão e transporte, assim como de escoamento, nestes locais dificilmente ocorrem inundações.

Contrariamente, quanto menor a declividade menor o potencial de escoamento superficial e, conseqüentemente menor a capacidade de erosão dos rios e de escoamento, nestes locais a tendência é haver um acúmulo das águas e a deposição do material transportado pelos rios, o que facilita a ocorrência de inundações. Assim, em

estudos de eventos de inundação, a declividade é um fator extremamente importante, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Classes de declividade e tipos de relevo.

Declividade		Relevo	
Classe	(%)	Tipo	Impedimento à mecanização
A	0 a 3	Plano	Nulo
B	3 a 8	Suave ondulado	Ligeiro
C	8 a 13	Moderadamente ondulado	Moderado
D	13 a 20	Ondulado	Forte
E	20 a 45	Forte ondulado	Muito Forte
F	> 45	Montanhoso e escarpado	Muito Forte

Fonte: adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995).

Graus de Limitação

De acordo com EMBRAPA (2006) os graus de limitação para as declividades são descritos da seguinte maneira:

Classe A: Formada por áreas planas ou quase planas, onde o escoamento superficial ou enxurrada (deflúvio) é muito lento ou lento. O declive do terreno, por isso, não oferece nenhuma dificuldade ao uso de máquinas agrícolas e não existe também erosão hídrica significativa, exceto, possivelmente, em vertentes cujas rampas sejam muito longas e com solos altamente suscetíveis à erosão ou quando recebem enchurradas de áreas vizinhas situadas à montante e mais declivosas.

Classe B: Compreende áreas com declives suaves, nos quais, na maior parte dos solos, o escoamento superficial é lento ou médio. Os declives, por si só, não impedem ou dificultam o trabalho de qualquer tipo de máquina agrícola mais usual. Em alguns tipos de solos com esses declives, a erosão hídrica não oferece nenhum problema; em muitos deles, práticas simples de conservação

são necessárias, enquanto em solos muito erodíveis e com comprimentos de rampa muito longos, proteções com práticas complexas podem ser necessárias, tais como sistema de terraços e faixas de retenção.

Classe C: Áreas com superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado, nas quais o escoamento superficial, para a maior parte dos solos, é médio ou rápido. O declive, por si só, normalmente não prejudica o uso de máquinas agrícolas. Em alguns casos, a erosão hídrica oferece poucos problemas ou então pode ser controlada com práticas complexas de conservação do solo são necessárias, para que terras com esse declive possam ser cultivadas intensivamente.

Classe D: Compreende áreas muito inclinadas ou colinosas, onde o escoamento superficial é rápido na maior parte dos solos. A não ser que os declives sejam muito complexos, a maior parte das máquinas agrícolas pode ser usada, mas dificuldades. Solos desta classe são muito facilmente erodíveis, exceto aqueles muito permeáveis e não muito arenosos, com alguns latossolos. Normalmente áreas com esse tipo de declive só devem ser usadas para cultivos perenes, pastagens ou reflorestamento.

Classe E: Representada por áreas fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é muito rápido na maior parte dos solos. Somente as máquinas agrícolas especiais ou mais leves podem ser usadas e , assim mesmo com dificuldades.

Classe F: Constituída por áreas íngremes, de regiões montanhosas ou escarpadas, onde praticamente nenhum tipo de máquinas trafegarem. O escoamento superficial é sempre muito rápido e, os solos, extremamente suscetíveis à erosão hídrica, onde normalmente nenhum solo se desenvolve ou muitos rasos e são geralmente em associação com exposições rochosas.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Materiais

Os materiais utilizados para realização do presente estudo foram:

- Carta topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Folha Pariquera-Açu (SG-23-V-A-IV-1, 1:50.000);
- Fotografias aéreas, do ano de 2001, pertencentes ao levantamento do Programa de Proteção da Mata Atlântica da Secretaria do Meio Ambiente (PPMA-SMA), com escala nominal de 1:35.000;
- Imagens orbitais do satélite Landsat 5 (sensor TM), de órbita 220 e rota 077, com resolução espacial de 30 metros;
- Mapas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) de curvas de nível (equidistância de 20m) e de hidrografia (1:50.000), obtidos pelo Sistema de informações Geográficas do Ribeira de Iguape - SIG-RB (2011);
- Mapa geológico (IPT, 1981), de escala 1:500.000, obtido pelo SIG-RB (2011);
- Mapa pedológico (LEPSCH et al. 1999), de escala 1:500.000, obtido pelo SIG-RB (2011);
- Mapa pluviométrico (2007), de escala 1:250.000, obtido pelo SIG-RB (2011);
- Arc GIS 10.2;
- Arc Map.

5.2 Descrição geral da área

O Vale do Ribeira, como geralmente é denominada a área da Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape e do Complexo Estuarino Lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá, possui uma área de 28.306 km² e abrange 32 municípios, sendo nove no Estado do Paraná e vinte e três no Estado de São Paulo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2003). Seus principais cursos d'água são os rios: Rios Juquiá, Ribeira, Ribeira de Iguape, São Lourenço, Jacupiranga, Pardo, Una, da Aldeia e Itariri;

sendo que o Ribeira de Iguape é o único grande rio do estado de São Paulo que corre diretamente para o oceano (CBH-RB, 2007).

A região está inserida no Bioma Mata Atlântica, protegido pela Lei nº 11.428 de 22/12/2006 (BRASIL, 2006); este é constituído por um complexo conjunto de ecossistemas, formado por uma floresta tropical associada aos ecossistemas costeiros, manguezais e matas de restinga que abrigam significativa parcela da biodiversidade brasileira.

Em 1998 a região recebeu o título da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) de Patrimônio Histórico e Ambiental da Humanidade, e ainda, também integra as Áreas Piloto da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. O Vale do Ribeira e zonas costeiras contíguas abrigam a maior extensão contínua ainda conservada da Mata Atlântica no Brasil; desta área, 78% ainda estão cobertos por remanescentes originais, com alto grau de preservação e endemismo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2003).

5.2.1 Localização Geográfica

A área de estudo corresponde à Sub-bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu, localizada na Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape, extremo sul do Estado de São Paulo. O estudo compreende parte do município de Pariquera-Açu, abrangendo 20.175 ha de área. Na Figura 4 é apresentado a localização da área de estudo da Sub-Bacia do Rio Pariquera-Açu.

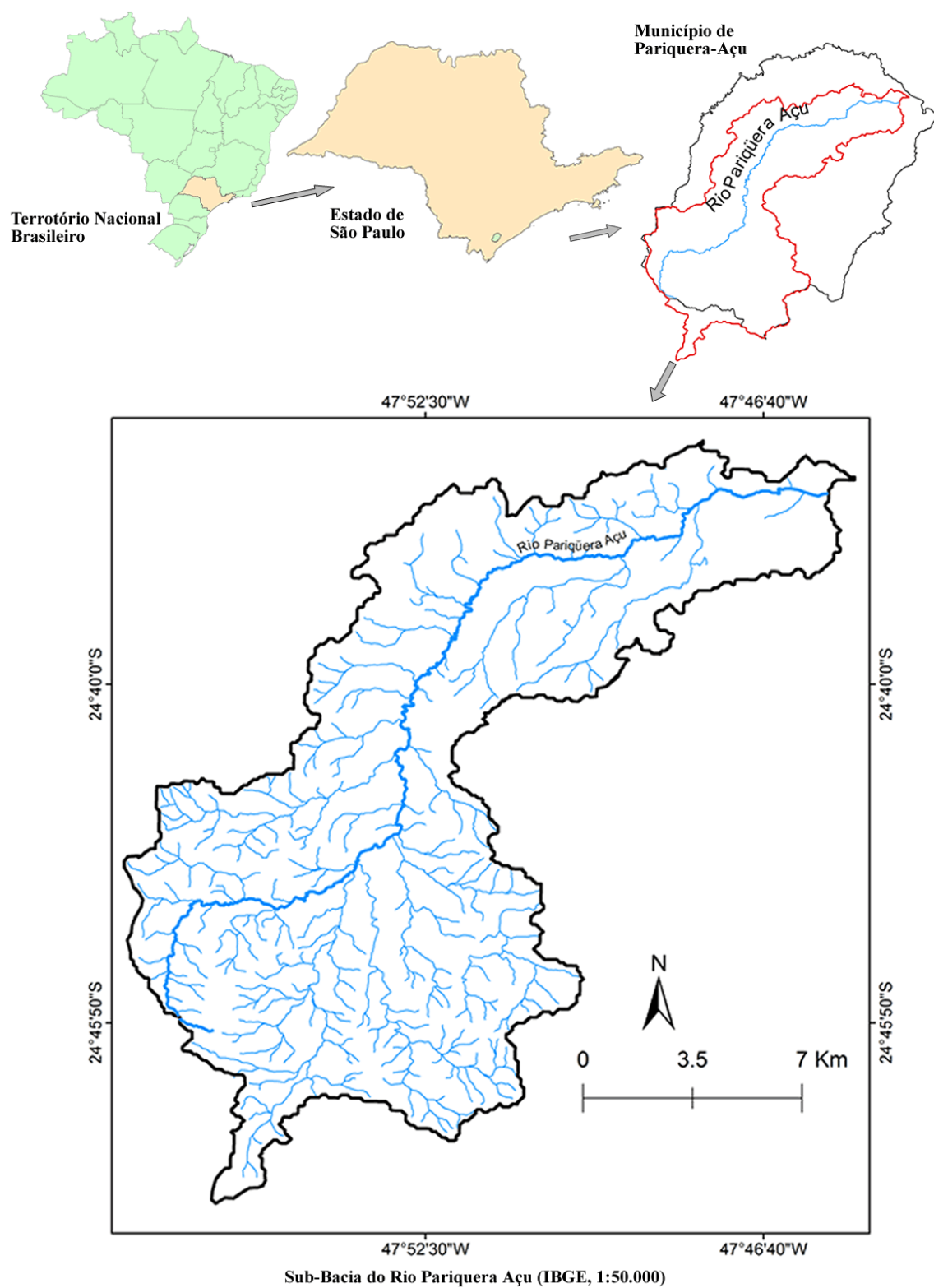


Figura 3. Localização da área de estudo.

5.2.2 Clima

O clima da parte paulista do Vale do Ribeira, com base no sistema de Köppen, é representado pelos tipos: Af, tropical úmido sem estação seca; Cfa, subtropical úmido com verão quente; e Cfb, subtropical úmido com verão fresco. A precipitação média é de 1.400 mm/ano e na porção inferior da bacia 1.900 mm/ano, sendo que as áreas drenadas pelo baixo curso do Ribeira, a jusante de Registro, são as mais chuvosas da bacia. O período de setembro a março é o mais chuvoso do ano, com auge no mês de janeiro; de abril a agosto (período seco) a precipitação média gira em torno de 50 mm, sendo agosto o mês de menor precipitação. Ainda segundo este documento, a região fica, na maior parte do tempo, sob a ação da massa de ar Tropical Atlântica e, ademais, a sucessão habitual do tempo depende das invasões das frentes frias, da massa de ar Tropical Continental (em menor grau), da permanência da frente estacionária (também rara) e de oclusões e frontogênese originadas pelo relevo (CBH-RB, 2007).

Através da precipitação pluvial há fornecimento de água para a maior parte dos fenômenos físicos, químicos e bioquímicos que se processam no solo. A temperatura tem influência marcante na velocidade e intensidade com que esses fenômenos ocorrem. Segundo a lei de Van't Hoff, cada 10°C de aumento da temperatura dobra a velocidade das reações químicas. A ação desses elementos (temperatura e precipitação pluvial) pode ser exemplificada nas regiões tropicais quentes e úmidas, onde há solos considerados entre os mais intemperizados do mundo, diferente de solos de regiões temperadas, mais superficiais (OLIVEIRA, 2005).

Na Figura 5, pode-se verificar a precipitação média anual na região de estudo.

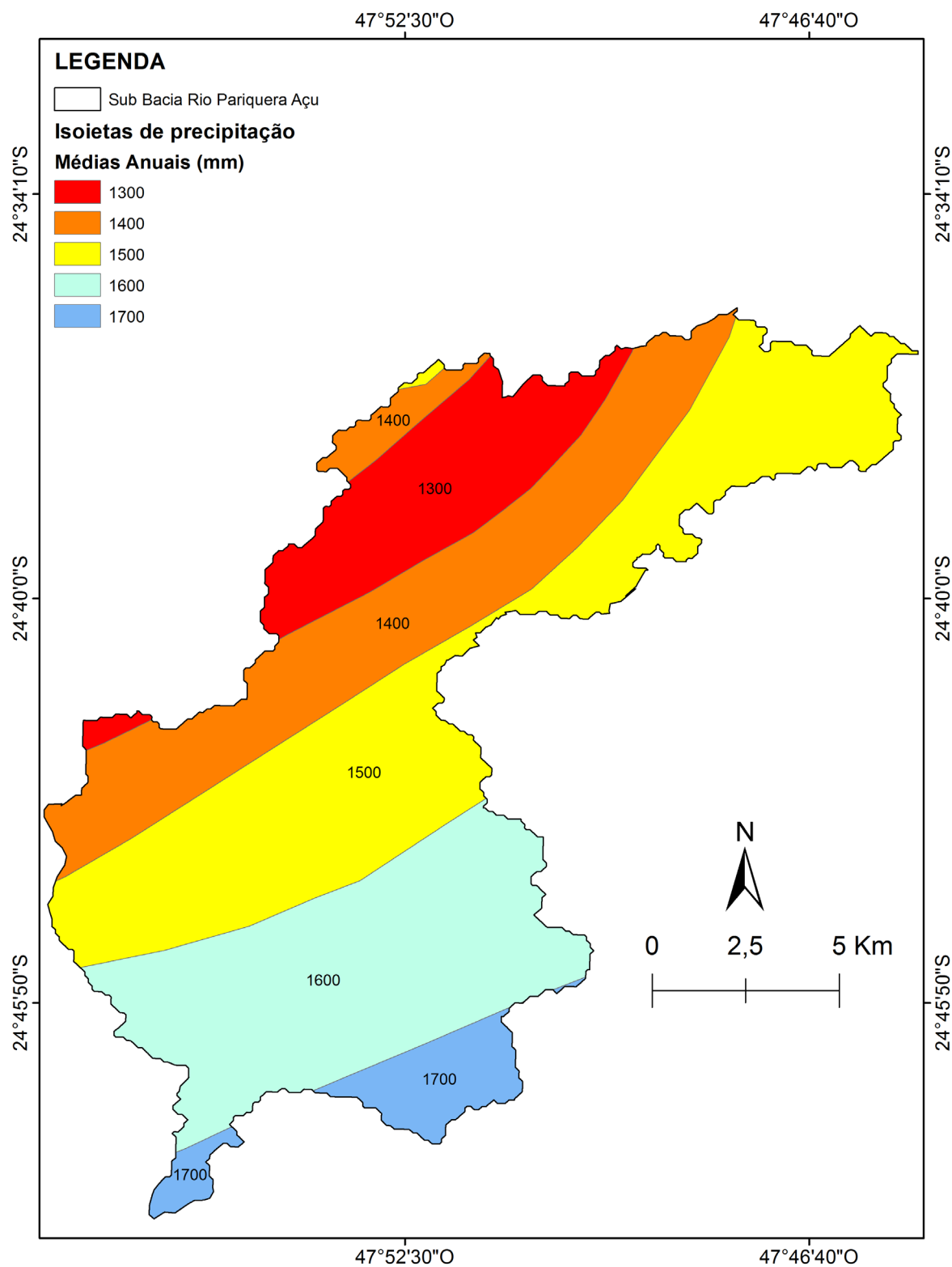


Figura 4. Mapa de precipitação pluviométrica.

Fonte: Adaptado de DRENATEC Engenharia LTDA, 2007.

5.2.3 Vegetação

As formações florestais da Mata Atlântica, divididas por suas fisionomias, são: Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa e Formações Pioneiras (AMARAL, 2009).

De acordo com dados do Atlas da Mata Atlântica (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2009), o Vale do Ribeira encontra-se, quase que em sua totalidade, no domínio das Florestas Ombrófilas Densas. Segundo Veloso et al. (1991), a característica ecológica principal desta formação reside nos ambientes ombrófilos, estritamente ligados a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas e de alta precipitação. Esta fisionomia florestal é subdividida em cinco formações: aluvial, das terras baixas, sub-montana, montana e alto-montana.

Na Figura 6 é possível visualizar as áreas de ocorrência das Florestas Ombrófila Densa, na Sub-bacia do Rio Pariquera-Açu.

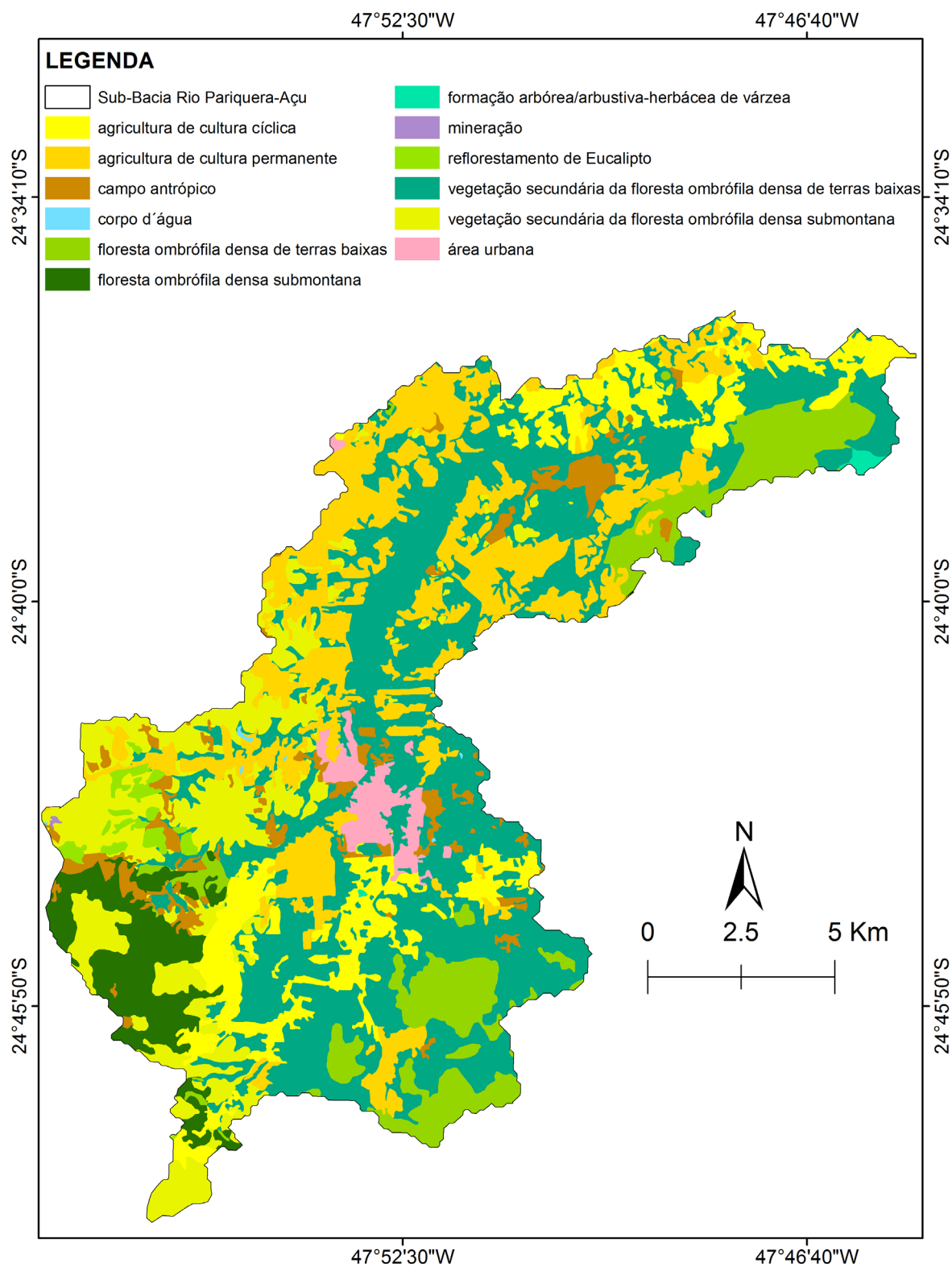


Figura 5. Mapa de Uso e Ocupação do Solo.

Fonte: Instituto Florestal de São Paulo, 2007.

5.2.4 Relevô

Segundo dados do Sistema de Informações Geográficas da Bacia do Ribeira de Iguape e Litoral Sul v. 3.1, a geomorfologia da área de estudo, de acordo com Ross (2002), é representada, na escala 1:1.000.000, pelas unidades morfoesculturais: Depressão Tectônica do Baixo Ribeira (colinas baixas de topos convexos); Planície Costeira Iguape-Cananéia (planície marinha); Planícies e Terraços Fluviais do Baixo Ribeira (planícies fluviais); e Serra do Mar e Morros Litorâneos (morros altos com vales profundos).

A Figura 7 apresenta o Mapa Hipsométrico da Sub-bacia do Rio Pariquera-Açu do banco de dados do Sistema de Informações Geográficas da Bacia do Ribeira de Iguape e Litoral Sul.

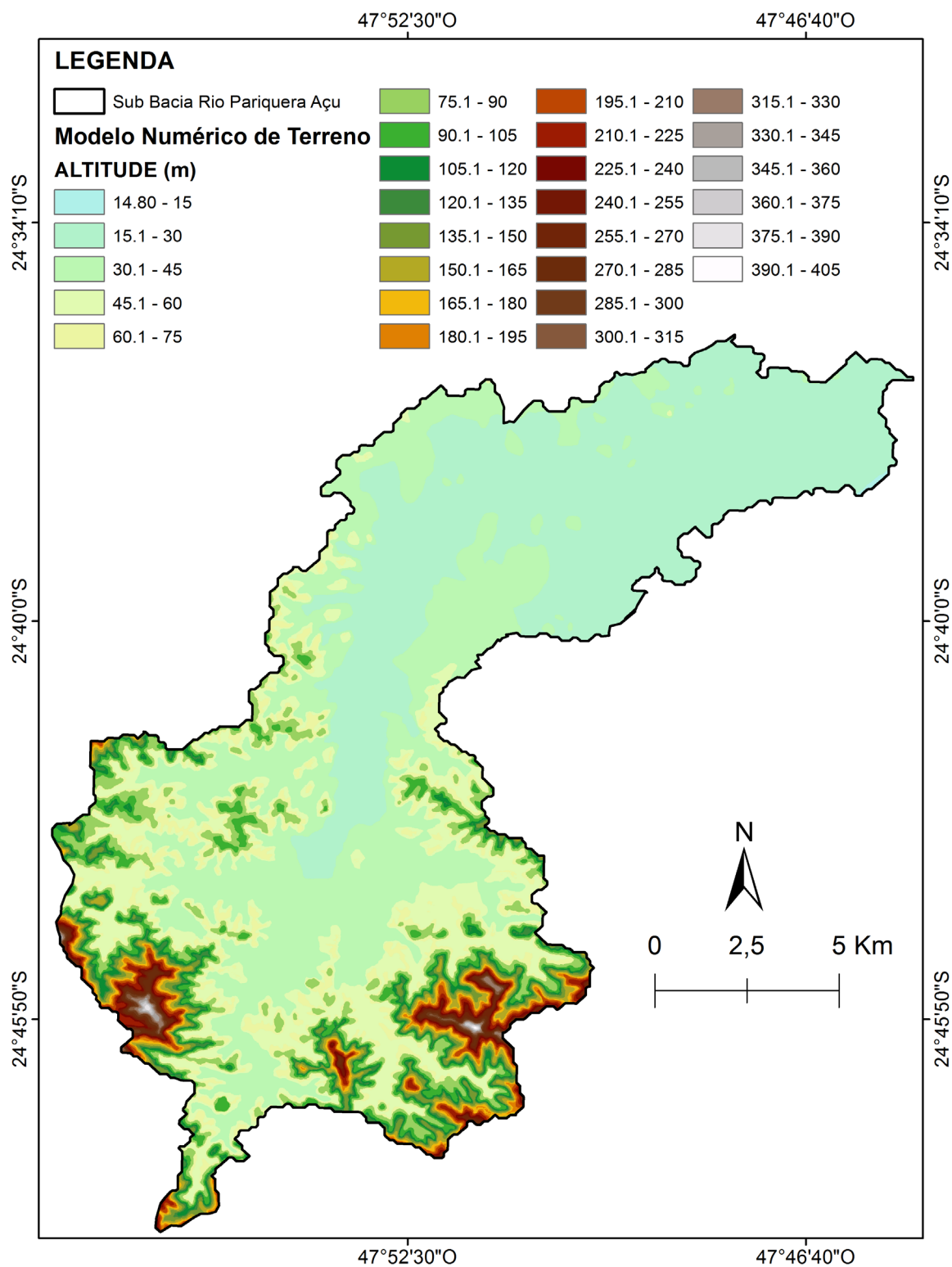


Figura 6. Mapa Hipsométrico da área em estudo.

Fonte: Adaptado de SIG-RB.

5.2.5 Geologia

São aflorantes na área rochas do Proterozóico Inferior pertencentes ao complexo Turvo-Cajati, sedimentos Cenozóicos do Quaternário do Grupo Mar Pequeno (Formação Pariquera-Açu, Formação Ilha Comprida e Formação Cananéia) e Sedimentos Marinhos, Mistos Aluvionares e Continentais indiferenciados (IPT, 1981).

A Figura 8 apresenta o Mapa Geológico da área de estudo da Sub-bacia do Rio Pariquera-Açu do banco de dados do Sistema de Informações Geográficas da Bacia do Ribeira de Iguape e Litoral Sul.

Complexo Turvo-Cajati

Segundo IPT (1981), as litologias do Complexo Turvo-Cajati encontradas no extremo sul da região entre o Rio Pardo, a Falha de Cubatão e o Rio Ribeira de Iguape são compostas por diversas agregações, destacando-se principalmente os xistos (PltX) e migmatitos variados (PltM), a subsequência migmatítica (PltM) composta por migmatitos heterogêneos de estruturas variadas com predominância de estromatitos e por migmatitos homogêneos com núcleos granitóides esparsos.

Para a subsequência Cajati (PltX) é constituída por micaxistos, quartzo xistos, granada xistos com intercalações quartzíticas e presença subordinada de metassiltitos, ardósias, filitos, mármore, metabasitos e metaultrabasitos.

A Formação Pariquera-Açu (Qp) corresponde a antigos terraços situados acima do nível atual do Rio Ribeira de Iguape, sendo formada por siltitos arenoargilosos e areias de origem fluvial com intercalações de cascalho. Ocorrem em áreas mais expressivas nas bacias do Jacupiranga e Ribeira de Iguape (IPT, 1981).

Ainda segundo o mesmo autor a Formação Cananéia (Qc) de idade quaternária constitui as areias marinhas finas não consolidadas, finas, homogêneas, muito bem selecionadas e frequentemente limonitizadas. A espessura média desses sedimentos é estimada em 30 metros.

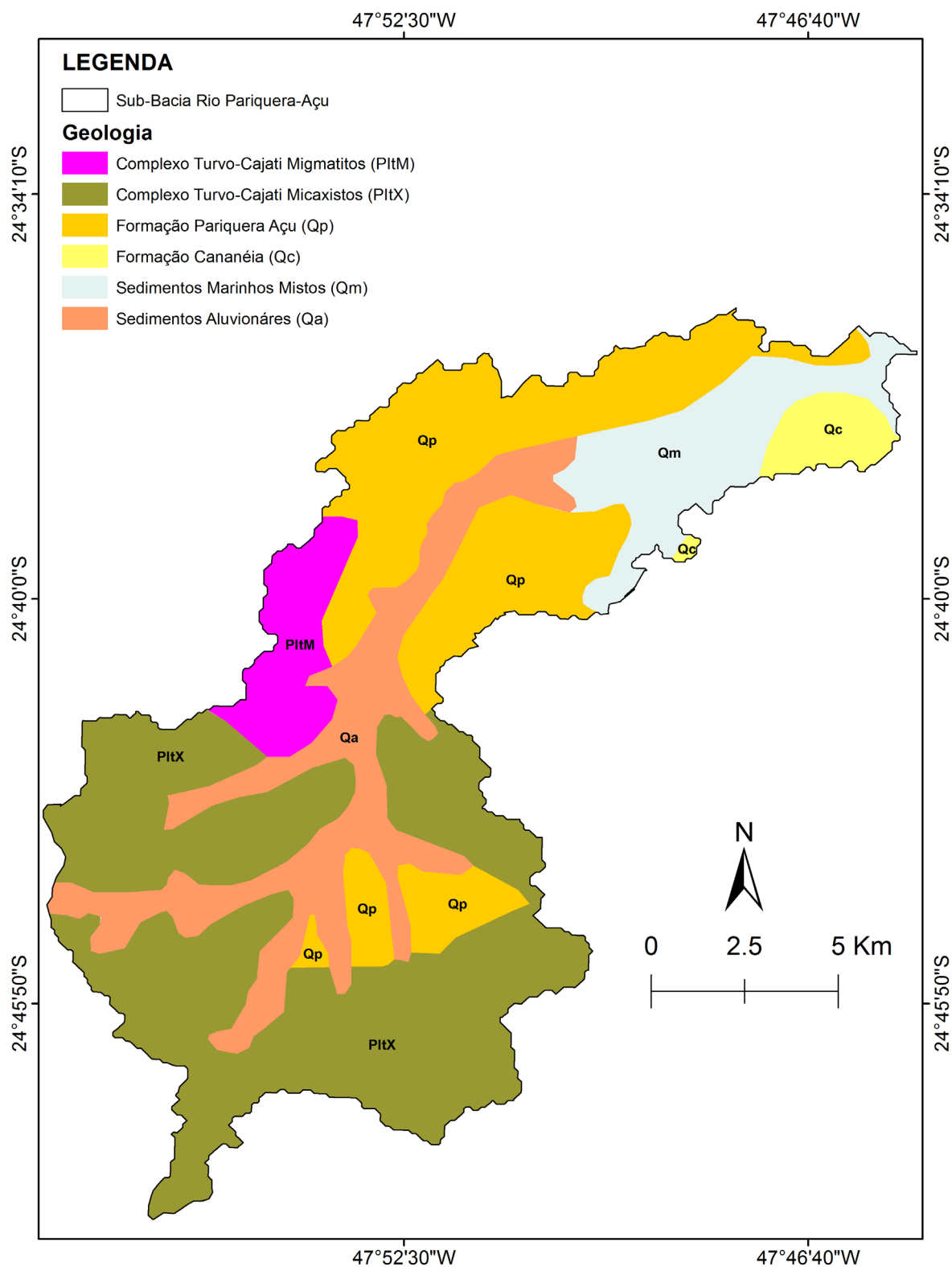


Figura 7. Mapa Geológico da área em estudo.

Externamente às ocorrências da Formação Cananéia são encontrados os sedimentos arenosos e areno-argilosos, atuais e subatuais, dispostos em baixos terraços marinhos (Sedimentos Marinhos Mistos - Qm). Os termos arenosos praias caracterizam-se por conterem estruturas de cordões e acham-se frequentemente impregnados de materiais húmicos e ferruginosos, com cor de café típica, podendo ser eventualmente capeados por campos de dunas. Sua espessura não ultrapassa a poucos metros. (IPT,1981).

Os depósitos de mangues, também integrantes desta unidade (Qm), estão distribuídos de forma descontínua, associados a desembocaduras de rios e canais estuarinos, dispostos para montante dos cursos d'água. Contém sedimentos lamosos típicos com boa contribuição de biodetritos e contam também, com agregação de material fino particulado, depositado principalmente, em consequência das oscilações de marés.(IPT,1981).

Os Sedimentos Aluvionares (Qa), presentes nas várzeas dos rios costeiros, de idade holocênica, têm constituição variada, em função da dimensão da área drenada. As várzeas do Ribeira de Iguape apresentam maior diversidade granulométrica, composta por camadas argilosas, siltosas e arenosas, com intercalações lenticulares de cascalho. Às vezes estes sedimentos contêm camadas turfosas, embora os rios que atravessam as formações marinhas sejam mais arenosas. Porém, a quebra brusca de gradiente entre o sopé das serras e a planície costeira, podem provocar a deposição de sedimentos, principalmente arenosos, imaturos textural e mineralogicamente (IPT, 1981).

3.2.6 Solos

Segundo Instituto Agrônomo de Campinas IAC (1999), os tipos de solos que ocorrem na área de estudo, na escala 1:500.000, são: Cambissolo Háplico, Chernossolo Argilúvico, Espodossolo Humilúvico, Gleissolos Háplico, Latossolo Amarelo e Nitossolo Háplico, já atualizados para a nova classificação da EMBRAPA (2009).

A Figura 9 apresenta o mapa de solos da área de estudo, segundo IAC (1999), atualizado segundo nomenclatura da EMBRAPA (2009).

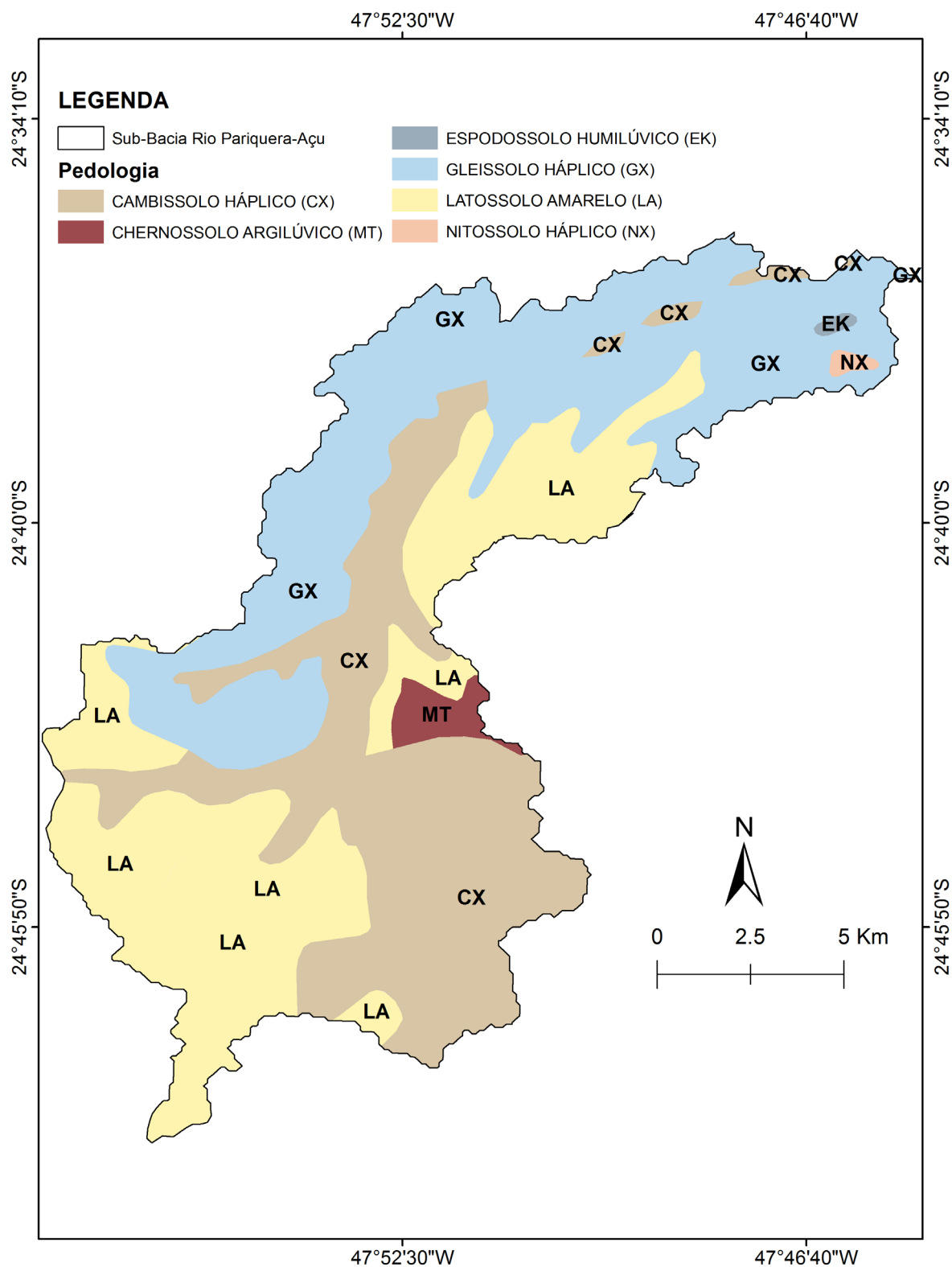


Figura 8. Mapa de Solos da Área de Estudo.

Fonte: Adaptado IAC SP (1999).

Cambissolo Háplico

Segundo EMBRAPA (2009), os Cambissolos são constituídos por material mineral com horizonte B jovem abaixo do horizonte superficial, exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. Plintita e petroplintita, horizonte glei e horizonte vértico, se presentes, não satisfazem os requisitos para Plintossolos, Gleissolos e Vertissolos, respectivamente.

Ainda o mesmo autor classifica em segundo nível categórico os Cambissolos em Húmicos, Flúvicos e Háplico para os solos que não se enquadram nos anteriores.

Os Cambissolos Háplico da área de estudo foram caracterizados com os parâmetros utilizados para a classificação (textura e profundidade) expostos na Tabela 4.

Tabela 4. Textura e profundidade no cambissolo háplico

Profundidade (cm)	Argila total (%)	Areia total (%)	Silte (%)
0 - 20	29	73	6
20 - 50	33	70	6
50 - 80	26	70	7
80 - 120	22	70	8
120 - 150	30	62	2
Soma	140	345	29
Total		514	
Porcentagem	27,24	67,12	5,64

Chernossolo Argilúvico

Segundo EMBRAPA (2009), os Chernossolos compreende solos constituídos por material mineral que têm como características diferenciais alta saturação

por bases e horizonte A chernozêmico sobrejacente a horizonte B textural, ou B incipiente com argila de atividade alta, ou sobre horizonte C carbonático ou horizonte cálcico, ou ainda sobre a rocha, quando o horizonte A apresentar concentração de carbonato de cálcio. O horizonte A chernozêmico pode ser menos espesso (com 10cm ou mais) de espessura quando seguido de horizonte B com caráter ebânico.

Os Chernossolos Argilúvicos da área de estudo foram caracterizados com os parâmetros utilizados para a classificação (textura e profundidade) expostos na Tabela 5.

Tabela 5. Textura e profundidade no chernossolo argilúvico

Profundidade (cm)	Argila total (%)	Areia total (%)	Silte (%)
0 - 15	60	20	45
15 - 30	90	13	37
30 - 60	99	10	34
60 - 112	89	15	37
112 - 160	88	15	37
160 - 200	79	22	37
200 - 250	79	19	40
Soma	584	114	267
Total		965	
Porcentagem	60,52	11,81	27,67

Espodossolos Humilúvico

Segundo EMBRAPA (2009), os Espodossolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B espódico, imediatamente abaixo de horizonte E, A ou horizonte hístico, dentro de 200cm da superfície do solo, ou de 400 cm de profundidade, se a soma do horizonte A+E ou dos horizontes hísticos (com menos de 40 cm) + E ultrapassar 200cm de profundidade. Sua cor do horizonte A varia de cinzenta até preta e a do horizonte E desde cinzenta ou acinzentada-clara até praticamente branca. A

cor do horizonte espódico varia desde cinzenta, de tonalidade escura ou preta, até avermelhada ou amarelada.

Ainda o mesmo autor afirma que são solos, em geral, muito pobres em fertilidade, moderada a fortemente ácidos, normalmente com saturação por bases baixa, podendo ocorrer altos teores de alumínio extraível.

O Espodossolo Humilúvico da área de estudo foram caracterizados com os parâmetros utilizados para a classificação (textura e profundidade) expostos na Tabela 6.

Tabela 6. Textura e profundidade no Espodossolo Humilúvico

Profundidade (cm)	Argila total (%)	Areia total (%)	Silte (%)
0 - 10	3	95	3
10 - 30	0	99	1
30 - 45	5	94	2
45 - 75	2	99	0
75 - 95	3	98	1
95 - 195	1	99	0
Soma	14	584	7
Total		605	
Porcentagem	2,31	96,53	1,16

Gleissolo Háptico

Para EMBRAPA (2009), os Gleissolos são solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro de 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizontes A ou E, ou de horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura e não apresentando horizonte vértico ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei, tampouco qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei, ou textura exclusivamente areia ou areia

franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm da superfície do solo ou até um contato lítico. Horizonte plântico se presente deve estar à profundidade superior a 200 cm da superfície do solo.

Ainda o mesmo autor relata que são solos formados principalmente a partir de sedimentos, estratificados ou não, e sujeitos a constante ou periódico excesso d'água, o que pode ocorrer em diversas situações. Comumente, desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, podendo formar-se também em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, como também em materiais residuais em áreas abaciadas e depressões. São eventualmente formados em áreas inclinadas sob influência do afloramento de água subterrânea (surgentes). São solos que ocorrem sob vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea.

Os Gleisolos Háplicos da área de estudo foram caracterizados com os parâmetros utilizados para a classificação (textura e profundidade) expostos na Tabela 7.

Tabela 7. Textura e profundidade no gleissolo háplico

Profundidade (cm)	Argila total (%)	Areia total (%)	Silte (%)
0 - 20	56	13	31
20 - 48	55	10	35
48 - 78	51	10	39
78 - 100	49	10	41
100 - 120	44	16	40
120 - 140	40	25	35
Soma	295	84	221
Total		600	
Porcentagem	49,17	14,00	36,83

Latossolo Amarelo

Segundo EMBRAPA (2009), os Latossolos são solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo.

Ainda o mesmo autor afirma que normalmente são solos muito profundos, sendo a espessura do solo raramente inferior a um metro. Têm sequência de horizontes A, B, C, com pouca diferenciação de horizontes, e transições usualmente difusas ou graduais. E em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. Ocorrem, todavia, solos com média e até mesmo alta saturação por bases, encontrados geralmente em zonas que apresentam estação seca pronunciada, semi-áridas ou não, ou ainda por influência de rochas básicas ou calcárias.

Os latossolo amarelo da área de estudo foram caracterizados com os parâmetros utilizados para a classificação (textura e profundidade) expostos na Tabela 8.

Nitossolo Háplico

Segundo EMBRAPA (2009), os Nitossolos compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa, estrutura em blocos sub angulares ou angulares, ou prismática, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva nas superfícies dos agregados ou caráter retrátil.

Ainda o mesmo autor afirma que estes solos apresentam horizonte B bem expresso em termos de grau de desenvolvimento de estrutura e cerosidade, com gradiente textural menor que 1,5. Esta classe exclui solos com incremento no teor de argila requerido para a maior parte do horizonte B textural, sendo a diferenciação de horizontes menos acentuada que a dos Argissolos, com transição do A para o B clara ou gradual e entre subhorizontes do B, gradual ou difusa. São profundos, bem drenados, de coloração variando de vermelho a brunada.

Os Nitossolo Háplico da área de estudo foram caracterizados com os parâmetros utilizados para a classificação (textura e profundidade) expostos na Tabela 9.

Tabela 8. Textura e profundidade no Latossolo Amarelo.

Profundidade (cm)	Argila total (%)	Areia total (%)	Silte (%)
0 - 2	26	67	7
2 - 12	34	57	9
12 - 21	34	57	9
21 - 42	37	57	6
42 - 78	39	54	6
78 - 140	38	56	6
140 - 175	47	48	5
200 - 250	51	45	4
250 - 300	53	44	3
Soma	359	485	55
Total		899	
Porcentagem	39,93	53,95	6,12

Tabela 9. Textura e profundidade no Nitossolo Háplico.

Profundidade (cm)	Argila total (%)	Areia total (%)	Silte (%)
0 - 16	64	24	25
16 - 30	78	20	19
30 - 46	70	15	17
46 - 69	68	19	18
69 - 96	67	19	20
96 - 153	64	20	22
153 - 193	60	22	24
193 - 200	46	24	30
Soma	517	163	175
Total		855	
Porcentagem	60,47	19,06	20,47

5.3 Metodologia

A metodologia utilizada foi adaptada com base em Francisco (2010) e Oliveira (2009), representada pelo fluxograma da Figura 10.

Com base nas fotografias aéreas foi feito a correção e atualização da hidrografia da área de estudo. A partir desta foram identificadas as Áreas de Preservação Permanente ao redor das nascentes, com 50 metros de raio e nos rios com um buffer de 30 metros para ambos os lados.

Com as curvas de nível ajustadas e o mapa da Hidrografia, foi gerado o Modelo Número de Terreno, a partir deste, foi gerado o Mapa de Classes de Declividade, conforme EMBRAPA (1999), sendo: 0-3%, 3-8%; 8-20%; 20-45%; 45-75%; e acima de 75%.

Com os mapas de Geologia e Solos vetorizados e atualizados, baseado em LEMOS e SANTOS (2006) e EMBRAPA (1999) foi elaborado o mapa de

Textura e Profundidade dos Solos. Para o Mapa de Uso do Solo foi reclassificado com classes de impedimentos em nulo e forte, o Mapa de Unidades de Conservação foi também incluído como restrição. Os mapas foram rasterizados e reclassificados com classes de 1 até 5 ou I a V, sendo nulo até muito forte respectivamente, e na sequência foi inserido os dados na Combinação Linear Ponderada com a escala de avaliação com a mesma quantidade para as classes e dividindo a influência para cada um dos fatores.

Foi utilizado o Programa ArcGIS 10.2 para todos os processamentos envolvendo os mapas no presente trabalho.

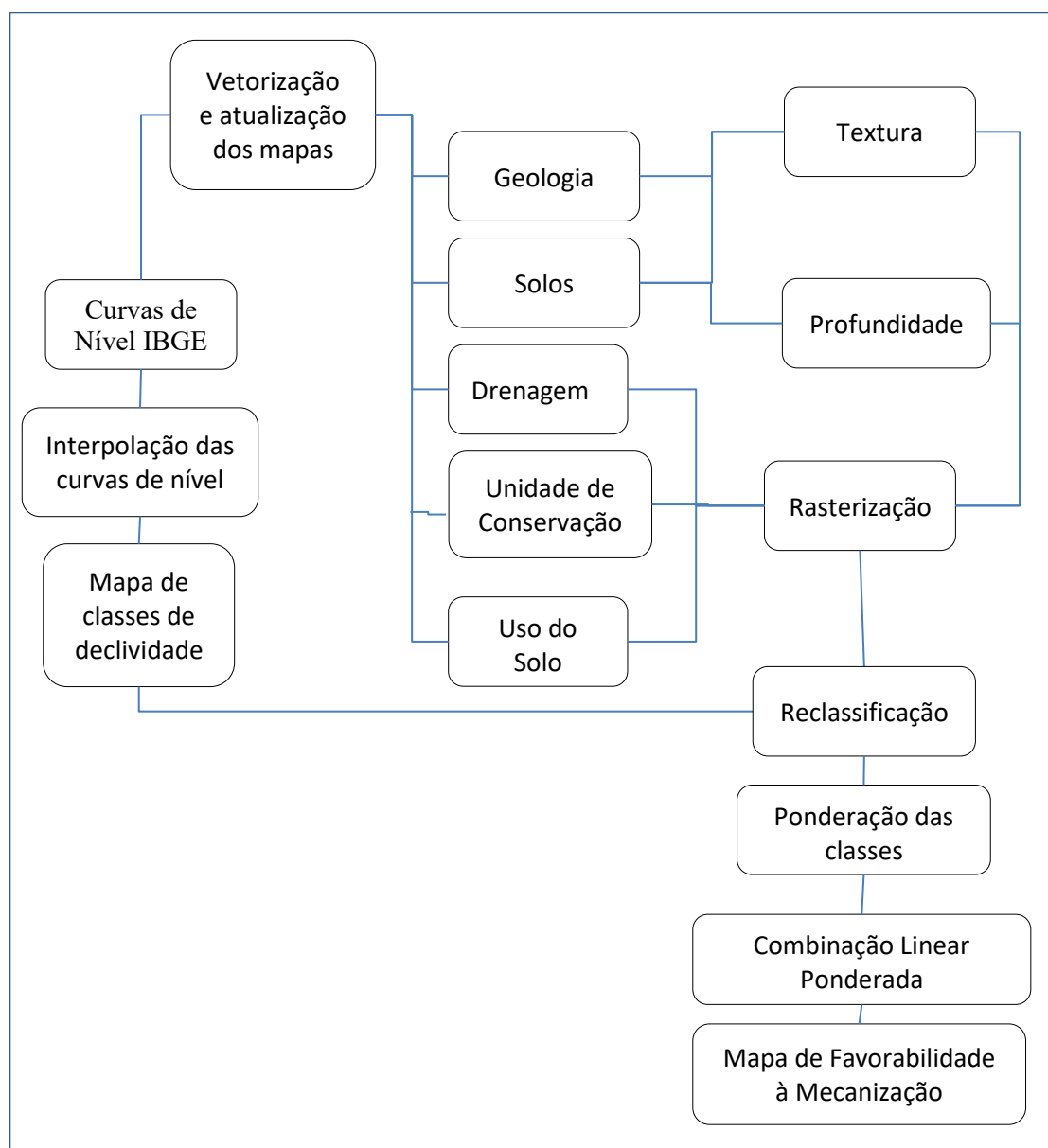


Figura 9. Fluxograma adotado para construção do Mapa de Favorabilidade à Mecanização.

5.3.1 Construção de Banco de Dados Digital

Todos os mapas utilizados, obtidos em formato digital, foram convertidos das coordenadas geográficas para a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona vinte e três – Sul (23S), e Datum South American 1969 (SAD-69), com o propósito de padronizar suas projeções.

5.3.2 Planos de Informação dos parâmetros que impedem à mecanização

5.3.2.1 Mapa de Solos

O mapa de solos foi obtido através da vetorização da carta Pedológica 1:500.000 (LEPSCH et al, 1983), do Levantamento Pedológico de Reconhecimento Semidetalhado da Região do Rio Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo.

5.3.2.2 Mapa de Drenagem

A rede de drenagem da sub-bacia do Rio Pariquera-Açu foi estabelecida por meio de vetorização das cartas do IGC 1:10.000 do ano de 1978, atualizadas com fotografias aéreas.

Foi criado um buffer de 30 metros em cada margem da rede de drenagem e 50 metros para as nascentes, extraídos com a ferramenta Vértices da Feição para Pontos das Ferramentas Feições em Ferramentas de Gerenciamento de Dados no ArcGIS 10.2.

Existe na área de estudo parte do Parque Estadual de Proteção Integral da Campina do Encantado, criado em agosto de 1994. Com área total de cerca de 3.200 hectares o qual foi definido como sendo área de restrição.

5.3.2.3 Mapa de Textura

A elaboração do mapa de textura foi utilizado a classificação segundo Lepsch (1991) e EMBRAPA (2006). Foi introduzido à classe de impedimento

interpretada para cada solo, conforme a correspondência referente a cada classe de textura, conforme Tabela 10.

Tabela 10. Descrição dos critérios da classe de textura do solo

Textura do solo	Areia (%)	Argila (%)	Impedimento à mecanização
Arenosa	> 70	-	Moderado
Média	> 15	< 35	Nulo
Argilosa	-	35 a 60	Nulo
Muito Argilosa	-	> 60	Moderado
Siltosa	< 15	< 35	Muito Forte

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1999) e Lemos e Santos (1996)

5.3.2.4 Mapa de Profundidade

A confecção do mapa de profundidade com preparo convencional de 40 centímetros foi seguido os critérios proposto por Lepsch (1991) e EMBRAPA (2006).

Para a interpretação dos dados dos perfis, para classificação da profundidade efetiva dos solos, foi considerada a profundidade até o horizonte ou camada onde a presença das raízes foi descrita como sendo igual ou maior que a classe “poucas”, desprezando-se assim, as classes raras e ausentes (LEPSCH, 1991), na Tabela 11, observa-se a correspondência da interpretação de cada solo com sua classe de profundidade.

Tabela 11. Descrição dos critérios da classe de profundidade efetiva do solo

Classificação da Profundidade	Profundidade (m)	Impedimento à mecanização
Muito Profundo	> 0,8	Nula
Profundo	0,6 a 0,8	Ligeira
Moderadamente Profundo	0,4 a 0,6	Moderada
Raso	0,2 a 0,4	Forte

Muito Raso	0 a 0,2	Muito Forte
-------------------	---------	-------------

Fonte: Adaptado de Lepsch et al (1991) e EMBRAPA-CNPq (1999)

5.3.2.5 Mapa de Uso da Terra

O mapa de uso da terra foi reclassificado em apenas duas classes, nula e forte, por considerar a região bem preservada com grandes áreas de matas nativas.

Os usos da terra adotados com restrição nula foram os de agricultura de cultura cíclica e de agricultura de cultura permanente.

5.3.2.6 Mapa de Relevo

Para a confecção do mapa de relevo foram utilizadas as cartas planialtimétricas do Instituto Geográfico Cartográfico (IGC), com equidistância vertical de 5 metros entre as curvas de nível, nas quais foram utilizadas as informações digitalizadas de curvas de nível, rede de drenagem, pontos cotados, limite da sub-bacia do rio Pariquera-Açu em ambiente SIG, por meio da interpolação denominada Topo to Raster para melhor representação do relevo. Isto possibilitou a geração do Modelo Numérico de Elevação (MNE) do terreno, tendo como resultado um MNE raster em grade e, posteriormente, convertido sua paleta de cores para 16 bits, onde foi possível tornar seus valores de cotas em números inteiros.

5.3.2.7 Mapa de Declividade

Para a confecção do mapa de declividade foi utilizada o Modelo Numérico de Elevação e aplicado o comando Slope do ArcGis e definido as medidas de saída como porcentagem.

Na Tabela 12 são representados as classes de declividade e os pesos adotados.

Tabela 12. Classes de declividade e tipo de relevo

Declividade (%)	Relevo	Peso
0-3	Plano	1
3-8	Suave ondulado	2
8-13	Moderadamente ondulado	3
13-20	Ondulado	4
20-45	Fortemente ondulado	5
>45	Montanhoso e escarpado	5

Fonte: adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995).

5.4 Mapa de Classes de Terras para Mecanização

A classificação de aptidão agrícola das terras determina que a distância da linha de drenagem, textura, profundidade do solo e declividade das áreas são parâmetros que devem ser conhecidos e manejados. Com um Sistema de Informações Geográficas é possível classificar a aptidão das terras às operações, excluindo as áreas legalmente protegidas e atribuindo pesos para as áreas onde são mais suscetíveis a degradação. Os pesos foram definidos para cada parâmetro de acordo com suas propriedades, aplicando dois modelos de análise espacial, Lógica Booleana, Modelo de Evidência Binária (semelhante à Lógica Booleana, porém com atribuições de pesos aos fatores envolvidos).

O grau de limitação quanto aos impedimentos à mecanização, foi então agrupado em seis categorias, segundo Pereira et al. (2004), como: nulo (N), ligeiro (L), moderado (M), forte (F) e muito forte (MF), conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13. Chave para interpretação do grau de impedimento à mecanização agrícola

Classe de Impedimento	Declividade %	Profundidade Efetiva %	Textura
Nula	0-3	> 0,8	Arenosa

Ligeira	3-6	0,6 a 0,8	Média
Moderada	6-12	0,4 a 0,6	Siltosa
Forte	12-20	0,2 a 0,4	Argilosa
Muito Forte	20-40	0 a 0,2	Argilosa 2:1
Extremamente Forte	>40	-	Muito Argilosa

Fonte: adaptações Lepsch et al. (1991) e Ramalho Filho e Beek (1995).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Rede de Drenagem

Na Figura 11 é apresentado a Rede de Drenagem com área de Preservação Permanente de nascente e margens dos rios com 50 e 30 metros, respectivamente. Também está representada a porção do Parque Estadual Campina do Encantado na área de estudo, sendo essas áreas demarcadas como de restrição para mecanização.

O Rio Pariquera-Açu tem aproximadamente 38,5 km de extensão, possuindo uma distribuição espacial da rede de drenagem do tipo Dendrítica ou Arborescente, sendo afluente da margem direita do Rio Ribeira de Iguape. O Município de Pariquera-Açu, pertencente à Bacia do Rio Ribeira de Iguape, sofre com constantes problemas de inundações, decorrentes, principalmente, de ocupação urbana irregular e crescimento desordenado ocupando áreas anteriormente de várzeas.

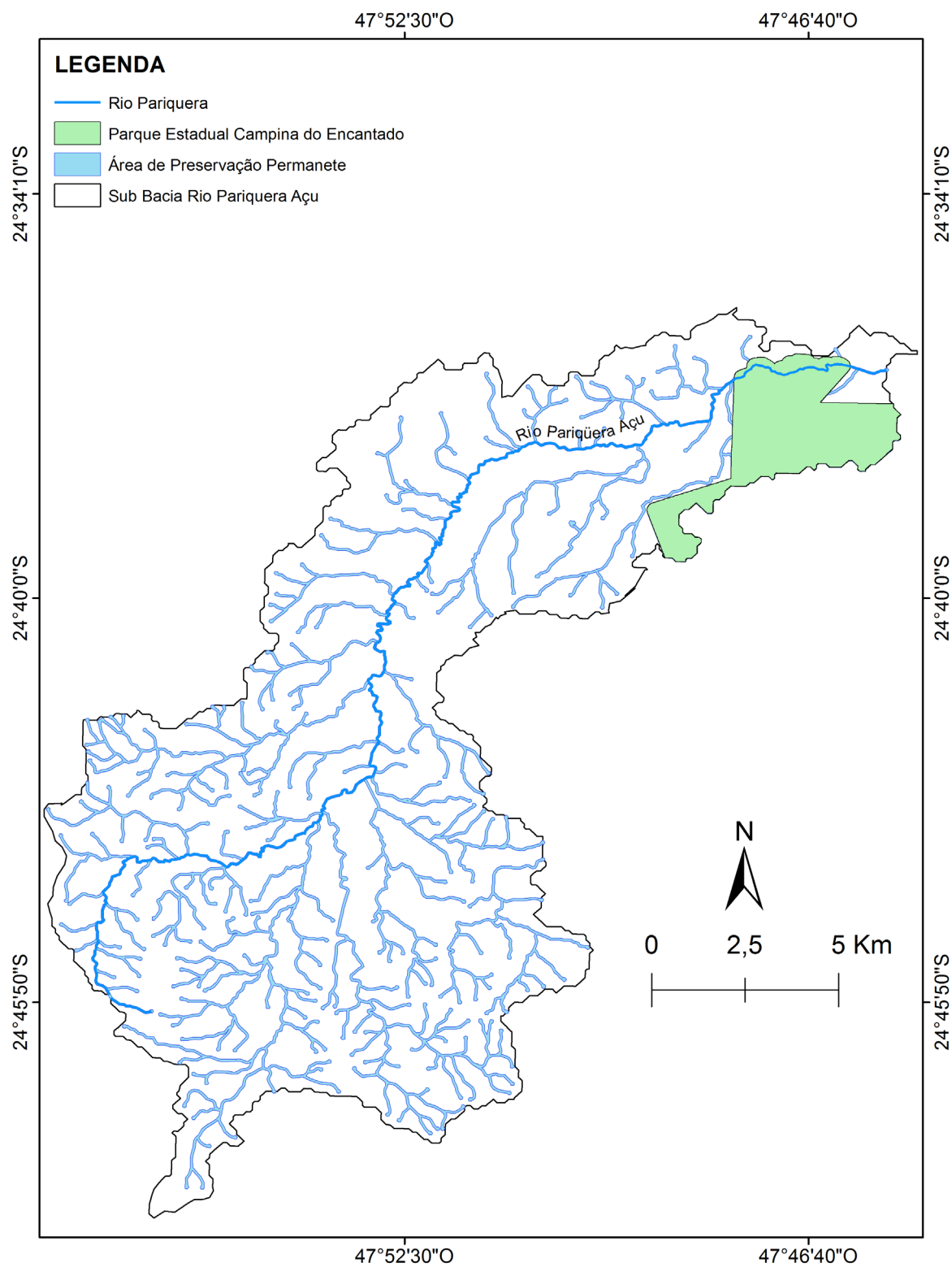


Figura 10. Mapa da rede drenagem e Áreas de Preservação Permanente da sub-bacia do Rio Pariquera Açu.

6.2 Mapa de Textura

Com base no levantamento pedológico de Oliveira (1999), foram atribuídos os pesos de areia, argila e silte para cada tipo de solo, por não haver na literatura levantamentos detalhados na área de estudo.

Na Tabela 14 é mostrado o tipo de solo com sua restrição.

Tabela 14. Restrição dos solos na classe de textura

Solos	Impedimento à mecanização	Peso
Cambissolo Háplico	Nulo	1
Chernossolo Argilúvico	Moderada	2
Espodossolo Húmiluvico	Moderada	2
Gleissolo Háplico	Nulo	1
Latossolo Amarelo	Nulo	1
Nitossolo Háplico	Moderada	2

Na Figura 12 é apresentado o mapa de textura dos solos da área de estudo, havendo apenas o impedimento nulo e moderado para as texturas.

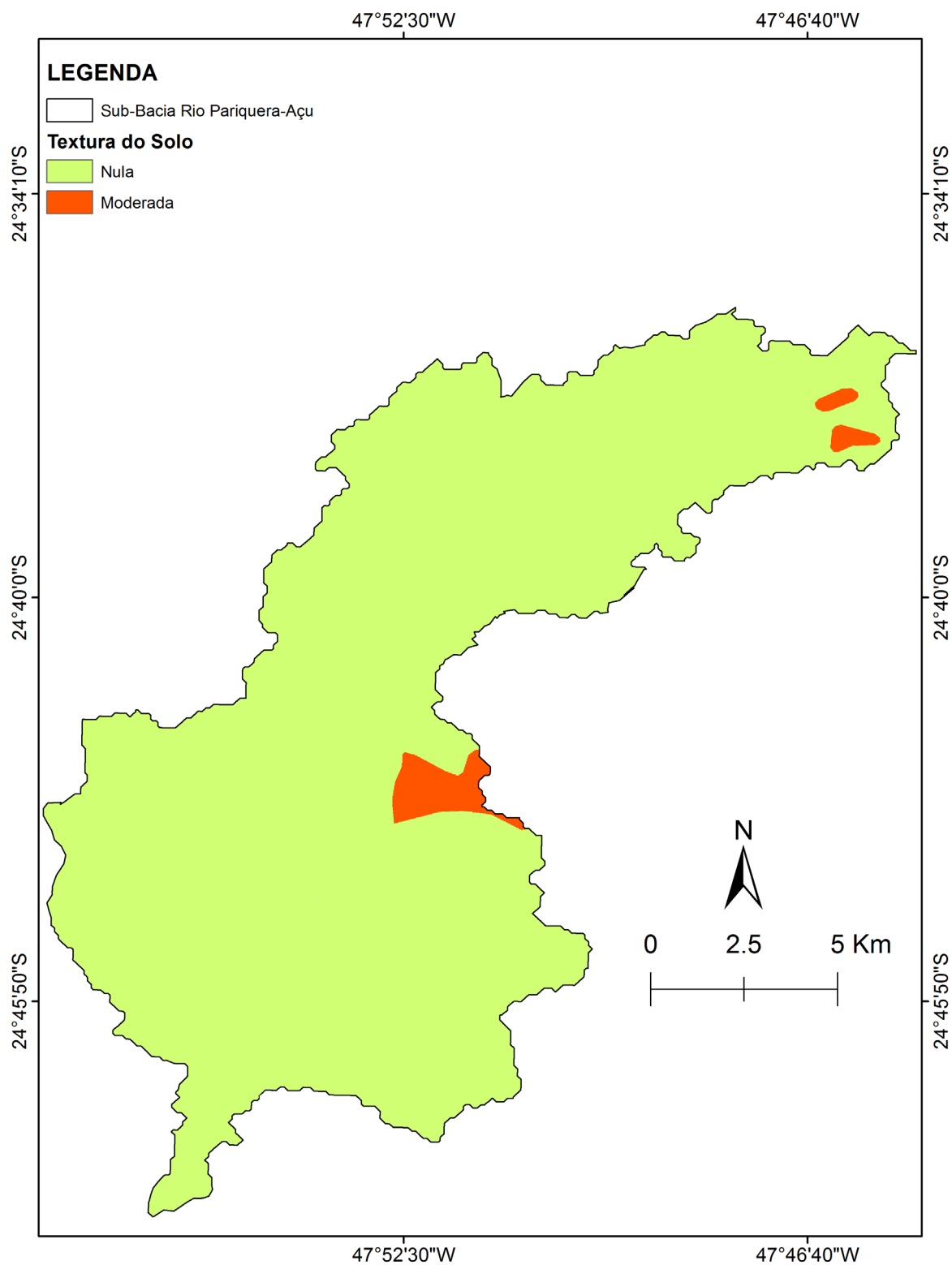


Figura 11. Mapa de textura do solo com classes de impedimentos a mecanização.

6.3 Mapa de Profundidade

Segundo Oliveira (1999), foram adotadas as profundidades dos solos do levantamento de reconhecimento, por não haver na literatura levantamentos detalhados na área de estudo.

Na Tabela 15 são apresentadas as profundidades dos solos, a restrição e peso tipo de solo. Não foi detectada nenhuma restrição, pois todos apresentam profundidade superior a 1 metro.

Na Figura 13 é apresentado o mapa de profundidade do solo, onde não apresentou impedimento à mecanização nulo para todos os solos da área.

Tabela 15. Profundidade, restrição, peso e tipo de solo

Classificação	Profundidade (cm)	Impedimento à mecanização	Peso
Cambissolo Háplico	150	Nulo	1
Chernossolo Argilúvico	250	Nulo	1
Espodossolo Húmiluvico	195	Nulo	1
Gleissolo Háplico	140	Nulo	1
Latossolo Amarelo	300	Nulo	1
Nitossolo Háplico	200	Nulo	1

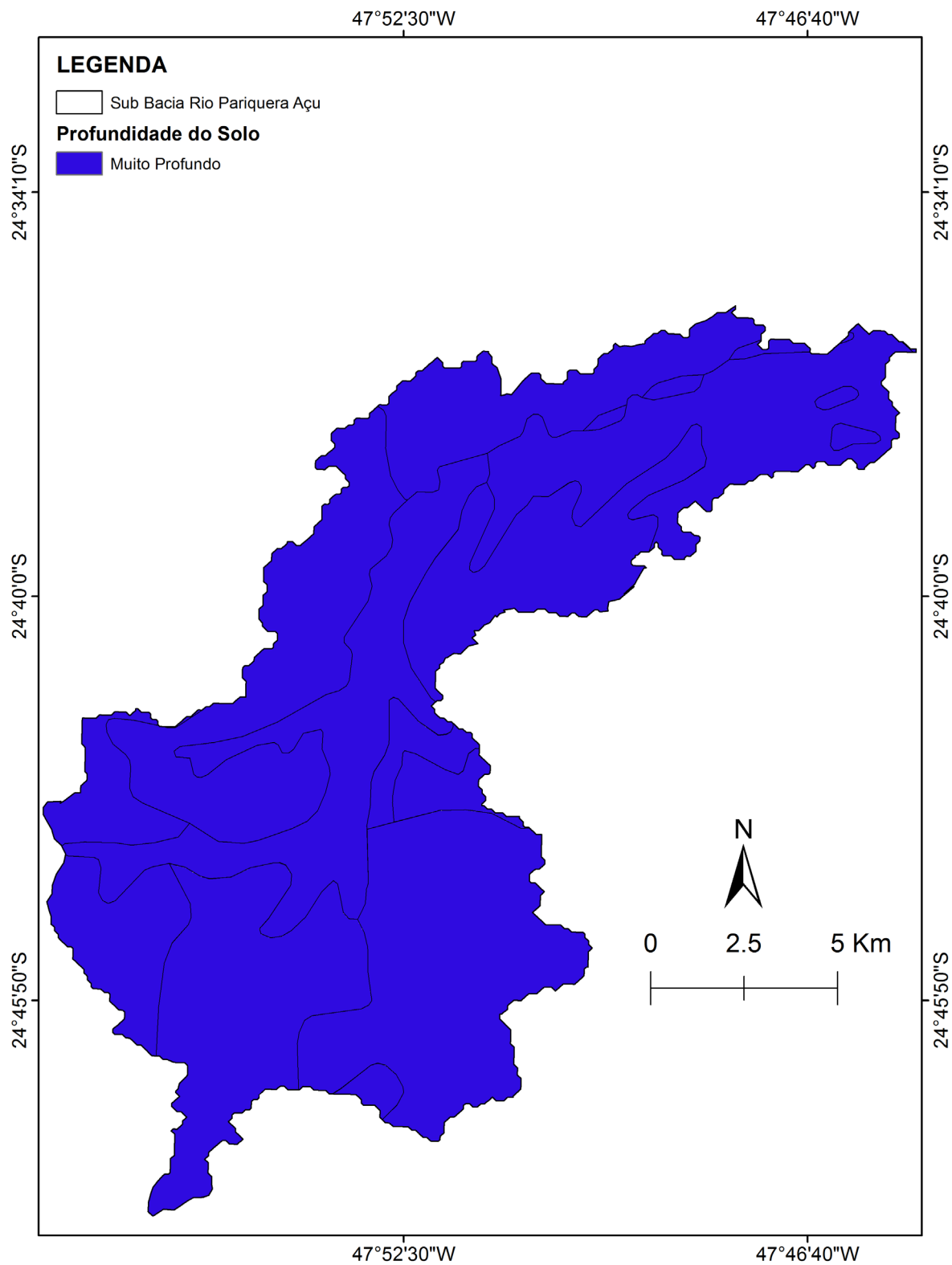


Figura 12. Mapa de profundidade do solo.

6.4 Mapa de Uso do solo

Os usos da terra adotados com restrição nula foram os de agricultura de cultura cíclica e de agricultura de cultura permanente.

Na Figura 14 é apresentado o mapa de uso do solo reclassificado quanto ao impedimento à mecanização, em nulo e forte.

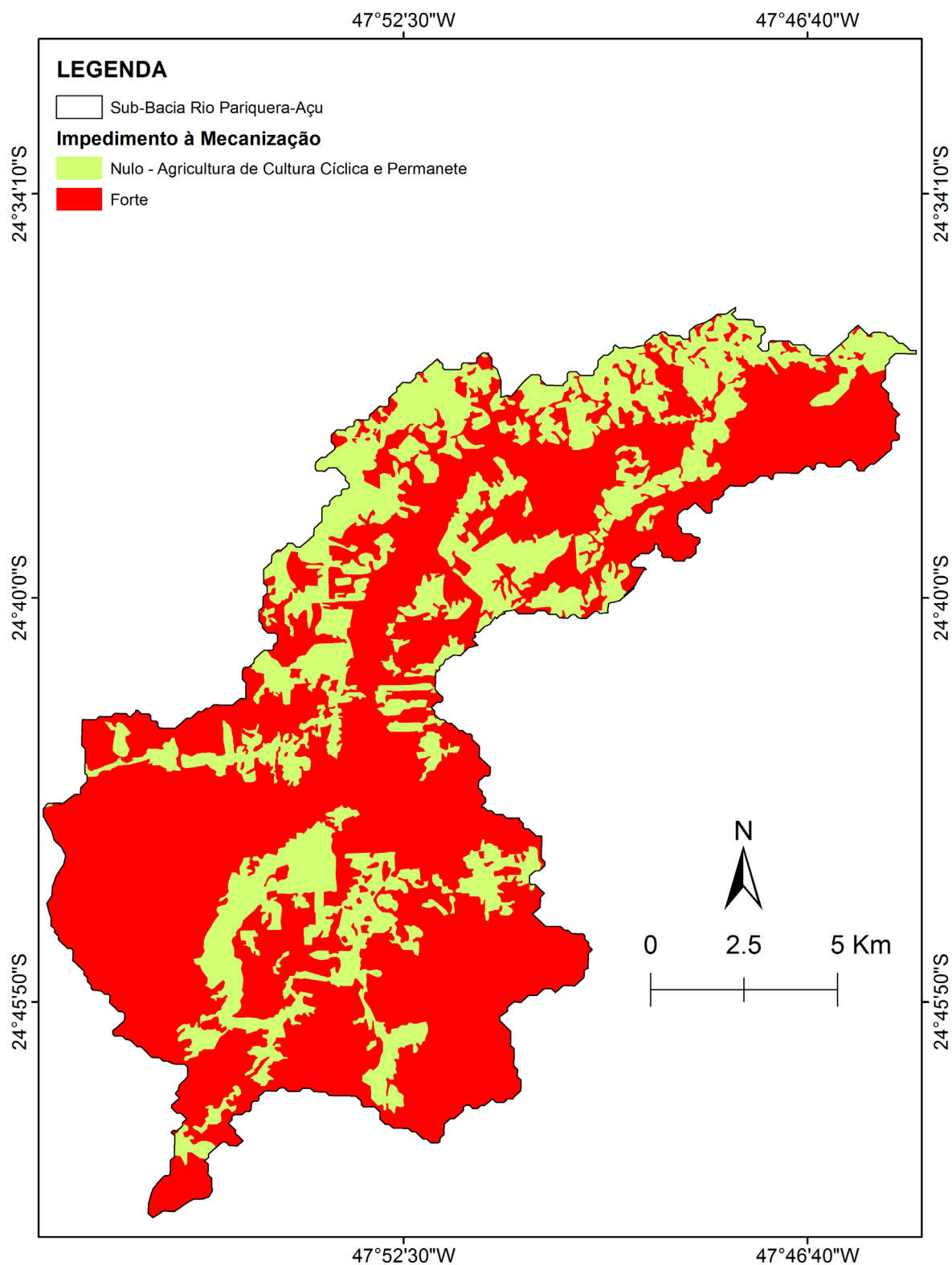


Figura 13. Mapa de uso do solo reclassificado.

6.5 Mapa de Declividade

Para geração do mapa de declividade foram estabelecidas as classes em função dos valores de declividade em porcentagem, conforme Tabela 16.

Tabela 16. Classes de declividade com os impedimentos a mecanização

Limites de Classe (%)	Classes de Declividade	Impedimento à mecanização	Peso
0 - 3	Plano	Nulo	1
3 - 8	Suave Ondulado	Ligeira	2
8 - 20	Ondulado	Moderado	3
20 - 45	Forte Ondulado	Forte	4
45 - 75	Montanhoso	Muito Forte	4
> 75	Escarpado	Restrito	4

Fonte: Adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995).

Na Figura 15 é apresentado o mapa com as classes de declividade da área de estudo.

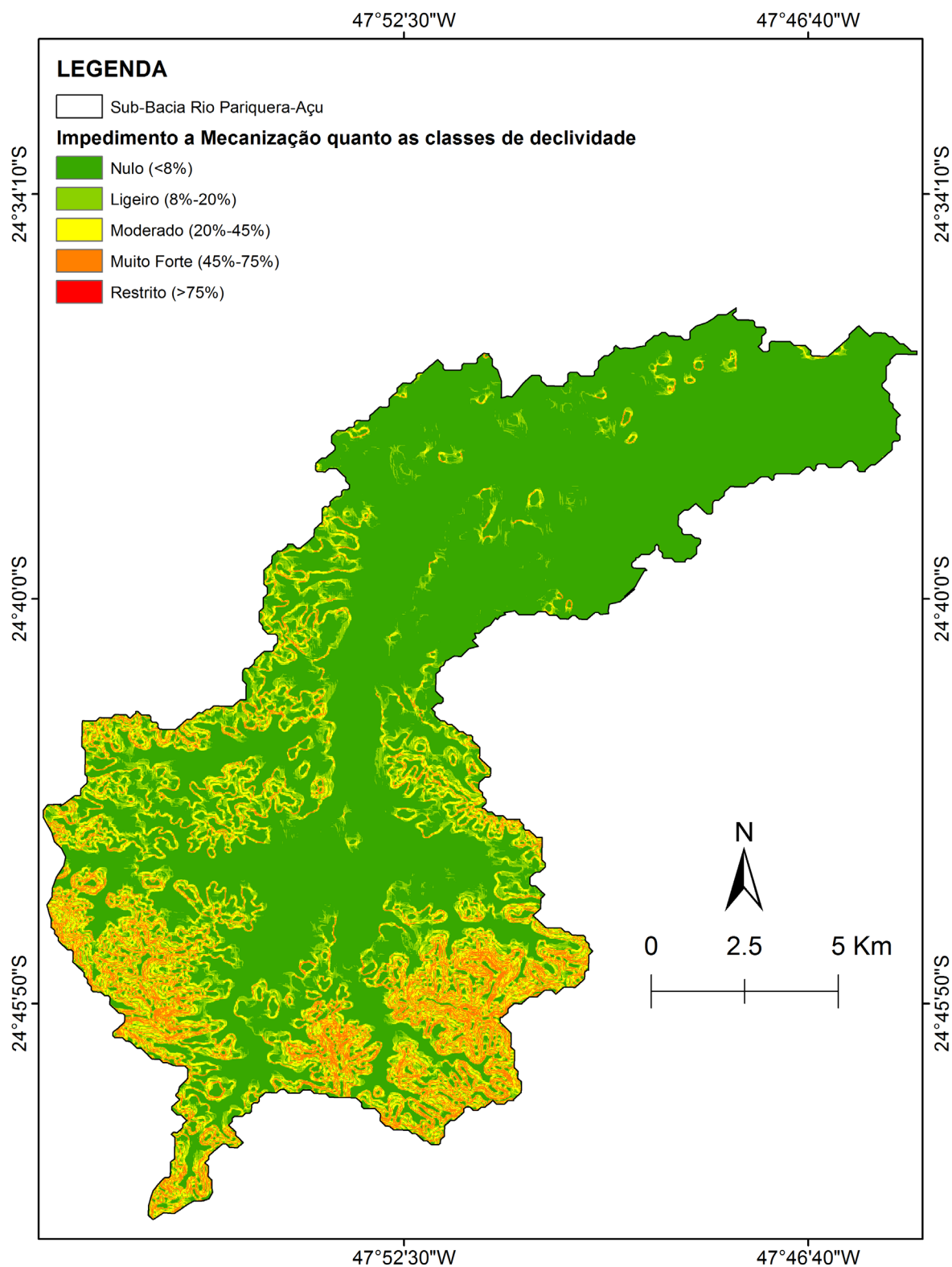


Figura 14. Mapa das classes de declividade quanto ao impedimento a mecanização.

6.6 Mapa de Favorabilidade à Mecanização

O mapa de favorabilidade à mecanização resultante das análises em ambiente SIG utilizando a ferramenta *weighted overlay* do programa ArcMap (ESRI, 2009) foi responsável por criar uma matriz que realizou todas as possíveis comparações, de maneira que todos os fatores foram comparados uns aos outros, para os seguintes mapas: textura do solo, profundidade do solo, uso do solo, declividade do terreno e drenagem com Área de Preservação Permanente (APP) das margens e nascentes, incluído também como área de restrição junto com a unidade de conservação. Definindo em porcentagem de influência igual para cada mapa e restrito para o de APPe unidade de conservação.

O resultado do processamento apresentou que 24,11% da Sub-Bacia do Rio Pariquera-Açu não existe quaisquer impedimento à mecanização; 40,55% com impedimento ligeiro; 18,19% em impedimento moderado; não apresentou impedimento muito forte e 17,15% do total da área com totalmente restrito à mecanização, conforme ilustrado na Tabela 17 a seguir e demonstrado com o mapa da Figura 16.

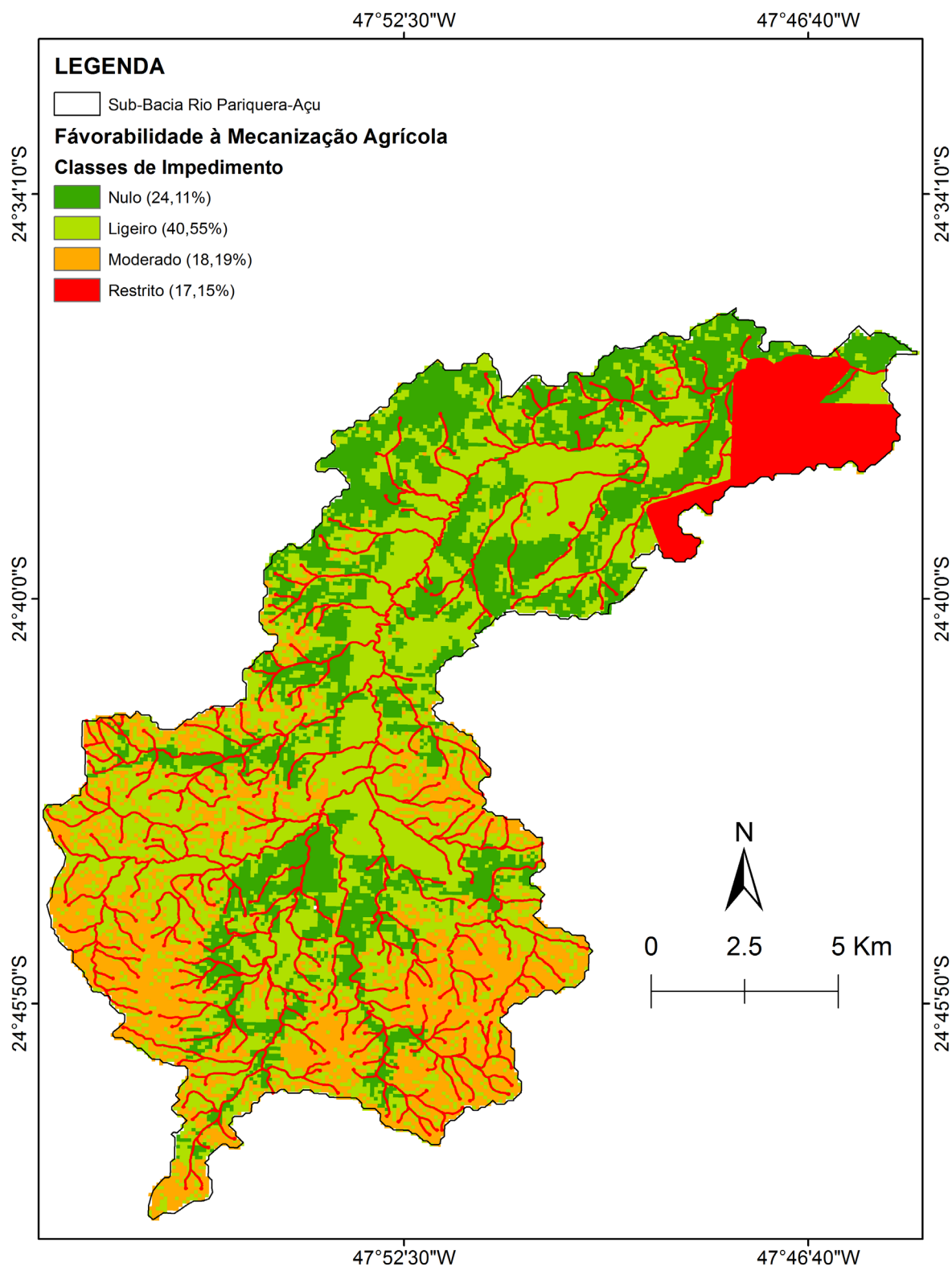


Figura 15. Mapa de favorabilidade à mecanização da Sub-Bacia do Rio Pariquera-Açu.

Tabela 17. Áreas de favorabilidade à mecanização na Sub-Bacia do Rio Pariquera-Açu.

Impedimento à Mecanização	Área (hectare)	Área (%)
Nulo	4864	24,11
Ligeiro	8180	40,55
Moderado	3670	18,19
Muito Forte	0	0,00
Restrito	3461	17,15
	20175	100

Nas áreas que apresentaram impedimento restrito foi devido a estas pertencerem à Unidade de Conservação Campina do Encantado e/ou áreas reservadas por lei às matas ciliares. Esta classe representa 17,15% da área total da Sub-Bacia do Rio Pariquera-Açu.

Nas áreas com impedimento à mecanização moderado pertencem às áreas onde a declividade é superior a 20%, não apresentando um uso das terras predominante. Na classificação dos usos do solo houve predomínio da classe forte de restrição à mecanização. Esta classe representa 18,19% da área total da Sub-Bacia do Rio Pariquera-Açu.

Nas áreas que apresentaram impedimento ligeiro à mecanização estão em áreas com declividade superior a 8% e por apresentar classes de Terras com impedimento ligeiro. Muito provavelmente os impedimentos resultaram pelo fato dos solos ocorrentes na área serem Cambissolo Háplico e Gleissolo Háplico que apresentam problemas de infiltração de água no solo. A área com impedimento à mecanização ligeiro representando a maior área da Sub-Bacia do Rio Pariquera-Açu com 40,55% do total.

Para as classes apresentadas com impedimentos à mecanização nulo estão em áreas com declividade de até 8%, apresentar uso do solo em classe predominantemente em área de uso nulo e por sua pedregosidade apresentar classe de impedimento nulo à mecanização representado pelo Cambissolo Háplico, Latossolo amarelo, Gleissolo háplico e representam 24,11% da Sub-Bacia do Rio Pariquera-Açu.

7 CONCLUSÕES

Considerando as limitações relativas as escalas de trabalho e da própria base de dados disponível que foi utilizada para o trabalho, pode-se concluir com base nos resultados obtidos:

- Foi possível construir por meio da Avaliação Multicritério, com o método da Combinação Linear Ponderada o mapa de favorabilidade à mecanização;
- O mapa pedológico e de classes de declive foram efetivos e demonstraram a influência desses fatores nas práticas mecanizadas;
- A classe ligeira foi predominante no impedimento à mecanização, seguida pelas classes nula, moderada e restrita;
- O mapa de favorabilidade à mecanização proposta, não pretende ser inalterável, nem sequer universal, devendo ser melhorada e adaptada as particularidades de diferentes localidades;
- As técnicas de geoprocessamento foram eficientes na confecção do mapa de favorabilidade à mecanização.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, S.F.; NOGUEIRA, F.P.; MORAES, J.F.L. **Mapeamento da evolução dos usos e coberturas das terras na bacia do ribeirão das Anhumas – Campinas (SP)**. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5051-5058.

AMARAL, Cibele Hummel do. **Evolução do uso do solo e a suscetibilidade natural à erosão das áreas de preservação permanente da folha "Pariquera-Açu" (1: 50.000, SF.23-V-A-IV-1)**, Vale do Ribeira, SP. 2010. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44137/tde-23012011-165422/>>. Acesso em: 2013-09-21.

ARAÚJO, C.C.; MACEDO, A.B. **Multicriteria geologic data analysis for mineral favorability mapping: application to a metal sulphide mineralized area, Ribeira Valley Metallogenic Province, Brazil**. Natural Resources Research, New York, v. 11, n. 1, p. 29-43, 2002. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/6kdvtquc566c9bvww/>>. Acesso em: 2013-09-21. DOI:10.1023/A:1014235703541

ASSAD, E. D. et al. **Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia hidrográfica**. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. 2. ed. Planaltina: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados – Embrapa, 1998. cap. 7, p. 119-137.

BENNEMA, J; BEEK, K. J; CAMARGO, M. N. **Um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para levantamento de reconhecimento de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/FAO, 1964. 49p.

BERTONI, J.; NETO, L. F. **Conservação do solo**. São Paulo: Icone, 1990. 355 p.

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS**. Ontario: Delta Printing Ltd, 1994. 398 p.

BRASIL. **Decreto nº 36787 de 18 de maio de 1983**. Adapta o Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH e o Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos - CORHI, criados pelo Decreto nº 27.576, de 11 de novembro de 1987, às disposições da Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991 . Disponível em <http://governo-sp.jusbrasil.com.br/legislacao/178007/decreto-36787-93>. Acesso em 18/07/2013.

BRASIL. **Lei nº 9433 de 08 de 01 de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em <http://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelinck.php?numlink=1-98-24-1997-01-08-9433>. Acesso em 10/07/2013.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>. Acesso em 21/07/2013.

BUCENE, L. C. **Sistema de informação geográfica na classificação de terras para irrigação, em Pardinho-SP**. 2002. 192 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002. Disponível em http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064038P7/2002/bucene_lc_me_botfca.pdf. Acesso em 15/06/2013.

CALIJURI, M.L.; MELO, A.L.O.; LORENTZ, J.F. **Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão**. Informática Pública, v.4, n.2, p.231-250, 2000.

Calijuri ML, Alves JEM, Baptista AC, Santiago AF, Loures SSP. **Proposta metodológica para geração da carta de fragilidade ambiental, utilizando lógica fuzzy e combinação linear ponderada**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto [CD-ROM]:2007 abr 21-26; Florianópolis, Brasil, p.3311-3318.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **GIS para o meio ambiente. 1998.** São José dos Campos, INPE, 88p.

CÂMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M. V. Introdução a Ciência da Geoinformação – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Jose dos Campos, 2001.

CAMPOS, A. **O que é programa livre: BR-Linux. Florianópolis: Projeto Ação Digital, 2006.** Disponível em: <http://projetoacaodigital.com.br/vs2/material/alunos/PROGRAMA_LIVRE.pdf>. Acesso em 22 março. de 2013

CARVALHO, V.C., SHIMABUKURO, Y.E., SANTOS, J. R. dos, HERNANDEZ, F.P. Subsídio do sensoriamento remoto para o manejo florestal. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p.28-34.

CHRISTOFOLETII, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Blücher. 1999.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DO IGUAPE E LITORAL SUL. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-11.** Registro: FUNDESPA/FEHIDRO-CBH-RB, 2007. 1 CD/ROM.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DO IGUAPE E LITORAL SUL. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-11.** Registro: FUNDESPA/FEHIDRO-CBH-RB, 2008a. 1 CD/ROM.
COMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-11. Disponível em: <<http://www.sigrb.com.br/projetos/consulta.php?id=5>> Acesso em 15 de abril de 2013.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL. **Caderno de informações para consulta pública do plano da bacia. Situação Atual, problemas e ideias.** Disponível em: <<http://www.sigrb.com.br/arquivos.php?id=6>> Acesso em 13 de abril de 2013.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DO IGUAPE E LITORAL SUL. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Unidade de Gerenciamento Nº 11. Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul.** Registro: FUNDESPA/FEHIDROCBH-RB, 2008b. Disponível em: <http://www.sigrb.com.br/app/Plano_Dir_Rec_Hidric_2008-2011.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2010.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DO IGUAPE E LITORAL SUL. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-11.** Registro: AMAVALES/FEHIDRO-CBH-RB, 2009. Disponível em: <http://www.sigrb.com.br/app/Plano_Dir_Rec_Hidric_2008-2011.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2010.

CORSEUIL, C. W. **Técnicas de geoprocessamento e de análise de multicritérios na adequação de uso das terras. 2006.** 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

COSTA, F. H. S.; SOUZA FILHO, C. R.; RISSO, A. **Análise temporal de NDVI e mapas potenciais naturais de erosão na região do Vale do Ribeira, São Paulo.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 3833-3839.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001. 103p.

DAINESE, R. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não-supervisionada e análise visual. 2001.** 186p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2001. Disponível em http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2001/dainese_rc_m_e_botfca.pdf. acesso em 15/06/2013

DALMAS, F.B. **Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UGRHI-11 – Ribeira de Iguaape e Litoral Sul. 2008.** 157 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

DETONI, M.M.M.L. **Aplicação de metodologia multicritério de apoio à decisão na definição de características de projetos de construção. 1996.** 184 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta96/detoni/indice/index.htm>>. Acesso em: 2 out. 2013.

JUNIOR, C. D.; BORGES, Karla A. V. **Banco de Dados Geográfico Curitiba, 2005.** Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/index.html>> Acesso em 20 de março de 2013, 490p

EASTMAN, J. R. **Decision support: decision strategy analysis**. Idrisi 32 release 2: guide to GIS and image processing. Worcester: Clark Labs, Clark University, 2001. v. 2, 22 p.

EASTMAN, J. R.; KYEM, P. A. K.; TOLEDANO, J. **GIS and decision making**. Genebra: UNITAR, 1993. 112 p. (Explorations in Geographic Information Systems Technology).

EASTMAN, J. R. **Decision support: decision strategy analysis**. In: Idrisi 32 release 2: guide to GIS and image processing. Worcester: Clark University, Clark Labs, 2001. . 2, p. 1-22.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows user's guide**. Worcester: Clark University, 1995. 109p.

EASTMAN, J. R.; KYEM, P. A. K.; TOLEDANO, J. **GIS and decision making**. Genebra: UNITAR, 1993. 112 p. (Enplorations in Gographic Information Systems Technology).

EASTMAN, J.R. **IDRISI 32 for Windows: guide to GIS and image processing**. Massachusettes: Clark University, 1999. 2v.

EASTMAN, J.R. **Idrisi 15: The Andes Edition**. Worcester, MA: Clark University, 2006.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. **Fundamentals of Database Systems**. Pearson Education, 2004

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos: Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 2006. 212 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Aptidão natural para mecanização agrícola dos solos do estado do Acre**. Rio Branco, AC, 2001. 6 p. Comunicado Técnico. Acessado em: 20/10/2012. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/500870>

FERNANDES, F., E.I. **Desenvolvimento de um sistema especialista para determinação da aptidão agrícola de duas bacias hidrográficas**. Tese Doutorado. Viçosa: UFV, 1996. 71p.

FIDALGO, E. C. C. **Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de diagnóstico ambiental de planejamentos ambientais.** - 2003. 276 p. Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas, SP, 2003.

FORJAZ, C. R. H. **Água: substância da vida: o mundo da água.** São Paulo: Ed. do Autor, 2007. 182 p.

FRANCISCO, C. E. S.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; ADAMI, S. F. Espacialização de análise multicriterial em SIG: prioridades para recuperação de Áreas de Preservação Permanente. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2643-2650.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e Mapeamento de mecanização das terras do estado da Paraíba utilizando sistema de informações geográficas**, Areia: UFPB/CCA, 2010. 107p.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. Período 2005-2008.** Relatório Final. São Paulo, 2009.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento remoto - princípios e interpretação de imagens.** São Paulo: Nobel, 1982. p. 357.

GOMES, J.M.; VELHO, L. **Computação Visual: Imagens.** Rio, SBM, 1995.

GRIGOLETTI, P. S. **Uma arquitetura baseada em sistemas multiagentes para simulações em geoprocessamento.** 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10365/000597153.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 31 jul. 2013.

GROSSI, C. H. **Sistema e informação geográfica – Basins 3.0 na modelagem hidrológica da bacia experimental do Rio Pardo, SP.** 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo-IPT, 1981. **Mapa Geológico do estado de São Paulo.** IPT, v. 1, São Paulo. Escala 1:500.000.

INSTITUTO FLORESTAL. **Mapa de vegetação remanescente do Estado de São Paulo.** São Paulo: BIOTA/FAPESP, IF/SMA-SP, 2004. Disponível em: <<http://www.sigrb.com.br/>>. Acesso em: 18 abr. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Os satélites LANDSAT 5 e 7.** Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 25 abr. 2013.

INSTITUTO SOCIO-AMBIENTAL. **As matas ciliares no vale do Ribeira. 2003.** Disponível em: <<http://www.ciliosdoribeira.org.br/import-ncia-das-matas-ciliares>>. Acesso em: 25 nov. 2013.

KAWAKUBO, F.S. et al. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2203 -2210.

LI, X.; YEH, A. G. O. **Urban simulation using principal components analysis and cellular automata for land-use planning.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v. 68, n. 4, p. 341-351, 2002.

LEPSCH, I. F. et al. **Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos da região do Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo.** São Paulo: SAA-SP/IAC, 1999. Mapa na escala 1:250.000.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JUNIOR; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** Campinas: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo. SBCE. 1983.

LIOTTE, S. V. **Utilização da Técnicas de Geoprocessamento para apoio ao Planejamento Físico-Territorial do Município de Pariquera-Açu/SP.** 2000. 170f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto. Campo Grande:** UNIDERP, 2006. p. 908.

LOURES, S. S. P. **Ambientes, uso e ocupação do solo e zoneamento estratégico para as sub-bacias dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.** 2008. 180f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

MALCZEWSKI, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. **Progress in Planning**, New York, n. 62, p. 3-65, 2004.

MEDEIROS, J.S.; CÂMARA, G. **Geoprocessamento para projetos ambientais. In: Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE. 2001. Disponível em: <<http://150.163.34.249/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.15.08/doc/cap10-aplicacoesambientais.pdf>>. Acesso em: 07 novembro 2012.

MIALHE, L. G. **Manual de Mecanização Agrícola.** São Paulo. Editora Agronômica Ceres. 1974.

Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** São José dos Campos, 2001. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 208p.

NAGY, S. C. S. **Recuperação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lavapés.** In: SILVA, R. F. B.; CHINELATO, F. C. S.; ORSI, A. C. Lavapés, Água e Vida: nos caminhos da educação ambiental. Botucatu: SABESP, 2008. cap. 6, p. 119-135.

NASCIMENTO, M.C. et al. **Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo.** Ciência Florestal, Santa Maria, v.15, n.2, p.207-220, 2005.
NETO, L. F., BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas.** Campinas: IAC, 1975. 12p.

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia aplicada.** FEALQ: Piracicaba, 2 ed. 574p. 2005.

OLIVEIRA, J. B. de. **Solos do Estado de São Paulo:** descrição das classes registradas no mapa pedológico, por João Bertoldo de Oliveira. Campinas, Instituto Agronômico, 112 p. 1999.

PEREIRA, L. C.; NETO, L. F. **Avaliação da aptidão agrícola das terras.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36 p.-- (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 43).

PEREIRA, L.C.; NETO, L. F. **Avaliação da aptidão agrícola das terras:** proposta metodológica. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36 p. (Documentos, 43).

PINTO, I. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).** In: curso de introdução à georreferenciação de ch&c, 2009, Lisboa, PT. [Apresentações...]. Lisboa, PT: Instituto de Investigação Científica Tropical, 2009.

PIROLI, E. L.; BECKER, E. L. S.; BOLFE, E. L.; PEREIRA, R. S. **Geographic information system and satellite image to analyse the arroio do meio microbasin land use – Santa Maria – RS.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.32, n.3, p.407-413, 2002.

RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K. J. *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. 3.a ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

RANDHIR, T. O.; O'CONNOR, R.; PENNER, P. R.; GOODWIN, D. W. A watershed-based land prioritization model for water supply protection. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 143, n. 1/3, p. 47-56, 2001.

ROCHA, J.S.M. **Manual de Manejo Integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Imprensa Universitária. 1991.

ROSS, J.L.S. **A Morfogênese da Bacia do Ribeira do Iguape e os Sistemas Ambientais.** GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n. 12, p. 21-46, 2002. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/Geousp/Geousp12/Geousp12_JurandyRos.htm> Acesso em 20 de março de 2013

SANTOS, J.O. et al. **Análise geoambiental da Folha Pariquera-Açu**, Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. Anais... Viçosa: GEO-UFV, 2009. p. 18-33.

SHENG T. C. *Watershed management field manual: watershed survey and planning*. Colorado -USA: Food and agriculture organization of the Un, 1990.

SPADOTTO, C. A.; HOLLER, W. A.; MARTINHO, P. R. R.; FOIS, N. S.; MORAES, D. A. C.; DALTIO, J.; TRAJANO, S. R. S. **Interfaces de Modelos Ambientais e Sistemas de Informação Geográfica para a Gestão Territorial da Contaminação de Recursos Hídricos**. Campinas: Embrapa, 2012. 41 p.

TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica**. Rio Claro: Ed. do Autor, 1992. p. 80.

VARELLA, C. A. A. **Geoprocessamento na Agricultura de Precisão**. Apostila. 1ª Semana Acadêmica de Engenharia de Agrimensura. UFRRJ. Novembro, 2004.

VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. O. A.; BALLESTER, M.V. R. Forest fire hazard mapping in a GIS environment for a river basin in the state of São Paulo, Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOSPATIAL INFORMATION IN

AGRICULTURE AND FORESTRY, 2., Lake Buena Vista, **Proceedings**. Ann Arbor: ERIM International, 2000. V.1, p.10-12.

VOOGD, H. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. London: Pion, 1983. 370 p.