



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JULIO DE MESQUITA FILHO”**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS**



Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em ENGENHARIA AMBIENTAL

**PROPOSTA DE TRAÇADO DE ALCOOLDUTO LIGANDO A HIDROVIA TIETÊ-  
PARANÁ À REFINARIA DO PLANALTO PAULISTA COM USO DE AVALIAÇÃO  
MULTICRITÉRIOS E GEOTECNOLOGIAS**

Victor Bassetti Martinho

Rio Claro (SP)

2011

VICTOR BASSETTI MARTINHO

PROPOSTA DE TRAÇADO DE ALCOOLDUTO  
LIGANDO A HIDROVIA TIETÊ PARANÁ À REFINARIA  
DO PLANALTO PAULISTA COM USO DE AVALIAÇÃO  
MULTICRITÉRIOS E GEOTECNOLOGIAS

ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO DOS ANJOS FERREIRA PINTO

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO LUIS ANTONELLO

*Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro, como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.*

Rio Claro – SP

2011

551.4+ Martinho, Victor  
M386p Proposta de traçado de alcoolduto ligando a Hidrovia Tietê Paraná à Refinaria do Planalto Paulista com uso de avaliação multicritérios e geotecnologias / Victor.Martinho - Rio Claro : [s.n.], 2011  
66 f. : il., figs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Ambiental)  
- Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Orientador: Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto  
Co-Orientador: Sérgio Luis Antonello

1. Geografia física – Meio ambiente . 2. Dutovias. 3. Etanol. 4. SIG. 5. Sensibilidade ambiental. 6. Geoprocessamento. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

*Aos meus pais,*

*Mauro e Angela*

## AGRADECIMENTOS

*“Pessoas espertas aprendem com seus mestres.*

*Pessoas sábias, aprendem com todos.”*

*Yehuda Berg*

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre me guiar pelos caminhos certos.

Aos meus pais, Mauro e Angela, por tornarem possível eu chegar até aqui, com todo o seu apoio e carinho, muitas vezes abdicando de seus interesses em prol de seus filhos.

Aos meus irmãos, Thiago e Gabriel, por serem exemplos nos quais sempre me espelhei, além de sempre me mostrarem uma saída quando esta parecia não existir.

À minha cunhada, Cláudia, pela sua alegria, amizade e carinho. Hoje em dia tenho você como uma irmã muito querida.

Ao meu sobrinho, Leonardo, por ser uma inspiração e motivo de alegria para cada dia que chega.

Ao meu orientador Sergio dos Anjos e ao meu co-orientador Sérgio Luis Antonello pelos conselhos e orientação em meus estudos.

Ao apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás (PRH-ANP/MCT) e do Programa de Formação de Recursos Humanos da Petrobras

À equipe integrante do PRH-05 por tudo que fizeram para tornar este projeto possível de ser executado.

Aos meus avós, Antonio, Christina, Joaquim e Maria (*in memoriam*), que me ensinaram a importância da família na formação pessoal.

Aos meus padrinhos, Carlos e Celina, aos meus tios, Laís, César, Selma, Paulo e Arlene, e aos meus primos, Renan, Natália, Flávia, Lívia e Fábio, pelos conselhos, carinho e apoio nesse tempo todo.

Aos safarianos, Everton (Cebolinha), Rafael (Hiena), Murilo (Pateta), Rodrigo (Digão), Northon, Pedro (Lenda), Roberto (Bobinho), Bruno (Santo André), Fernando (Golimar), Murillo (Parangolé), Paulo (Presuntinho), Valdeon (Amnésia), Edson (Minhoca), Vinicius (Wilson), Felipe (Ney), Guilherme (Palmito), Juliano (Liso), Carolina (Japika), Gabriel (Groselha), Felipe (Lineu) e Erick (Escama) pela companhia, amizade e companheirismo nesses anos morando em Rio Claro. A República Safari se tornou minha segunda família.

Aos amigos, Igor (Tender), Fernando (Farinha), Fábio (Sushi), Leandro e Cinthia. Pelo coleguismo em classe e fora dela. Vocês, assim como eu, sabem o que é necessário para se tornar um Engenheiro Ambiental.

Aos meus amigos de longa data, Caue, Carolina (Clarol), Felipe (Bolha), Paula, Raphael (March), Ana Carolina (Caru), Rodrigo (Dudu), Rodrigo (Purtuga), Gustavo (Dilbert) e Gabriel por estarem sempre me apoiando e me pondo para cima nesses anos todos.

Às minhas veteranas e amigas, Cristina, Camila, Mônica, Bruna e Maria Luiza (Malu), por sempre me acudirem quando precisei e pela instrução para me tornar um Engenheiro Ambiental.

Aos novos amigos que fiz em Rio Claro, Cesar (Cesão), Thais, Tais (Jocketa), Amanda Carlos, Fabiana (Fabi), Camila (Camilove), Vinicius (Gordão), Fernando (Cutia), Ana Cláudia (Matraca), Letícia, Daniel (Banana), Nádia e Cristiane (Pulga) pela companhia e pelos muitos momentos de diversão.

Aos funcionários e amigos da SGW, Rebeka, Marisa e Daniel, por tudo que me ensinaram.

.

*“Você é seu líder.”*

*Angela Christina Bassetti Martinho*

*“Não há nada que seja maior evidência de insanidade do que fazer a mesma coisa  
dia após dia e esperar resultados diferentes.”*

*Albert Einstein*

## RESUMO

A partir do início do século XXI, com o advento do carro *flex-fuel*, das sucessíveis flutuações no preço do petróleo e do surgimento da consciência da iminente escassez dos combustíveis fósseis, o setor sucroalcooleiro começa a reaparecer dentro do panorama da economia nacional e chega ao ponto do Brasil tornar-se um dos principais exportadores deste produto. O etanol assumiu papel de tamanha importância nas exportações brasileiras, que a Petrobrás através do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) efetuou investimentos na malha dutoviária brasileira para melhor escoar a produção de etanol brasileiro para os principais portos nacionais. As dutovias são meios de transporte seguros e baratos, mas que necessitam de criteriosas avaliações em sua implantação, pois podem acarretar impactos socioambientais negativos. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho é propor o melhor traçado para um alcoolduto ligando a Hidrovia Tietê-Paraná, saindo do município de Santa Maria da Serra (SP), à Refinaria do Planalto Paulista (REPLAN), localizada no município de Paulínia (SP), trecho pertencente ao corredor de exportação de etanol, atualmente em desenvolvimento. A técnica utilizada para o desenvolvimento do traçado é a associação da Avaliação Multicritérios, o sistema de informações geográficas (SIG) e geotecnologias. Este estudo apresentou três possíveis alternativas de traçado para o alcoolduto destacando a melhor opção, além disso, demonstrou a aptidão da área para receber obras de natureza similar a uma dutovia.



## **ABSTRACT**

From the beginning of the century, with the advent of the flex fuel car, successor fluctuations in oil prices and the rise of awareness of the impending shortage of fossil fuels, the alcohol sector begins to reappear in the panorama of national economy making Brasil reaches the point of becoming a leading exporter of this product. Ethanol assumed the role of such importance in Brazilian exports, which Petrobras through the Growth Acceleration Program (PAC) has made investments in the Brazilian pipeline network to better ensure the production of ethanol to major ports. The means of transport in pipelines are safe and inexpensive, but require careful evaluation in its implementation, they may lead to negative social and environmental impacts. Thus, the purpose of this project is to propose the best route for an ethanol pipeline connectin the Tietê-Paraná, leaving the municipality of Santa Maria da Serra (SP), to the Planalto Paulista Refinery (REPLAN), located in Paulinia (SP), belonging to the passage of ethanol export corridor, currently under revelopment. The technique used for the development of the stroke is the association of multicriteria evaluation, the geographical information system (SIG) and geotechnologies. This study presented three possible layouts for the ethanol pipeline, highlighting the best option, in addition, demonstrated the suitability of the area to receive projects of similar nature to a pipeline.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Oferta de energia por fonte.	15
Figura 2: Evolução da estrutura de oferta de energia no Brasil	16
Figura 3: Oferta interna de energia no Brasil	17
Figura 4: Programa Corredor de Exportação de Etanol Sudeste, Centro-Oeste e Sul.	22
Figura 5: Vista da área urbana do município de Santa Maria da Serra	25
Figura 6: Vista da Refinaria do Planalto Paulista – REPLAN.	25
Figura 7: Mapa Geral da Área de Estudo (SP) - 2011	26
Figura 8: Remanescente de Mata Atlântica.	28
Figura 9: Vegetação de várzea ao longo do rio.	28
Figura 10: Área ocupada por plantações de cana-de-açúcar e ao fundo vestígios de mata nativa, principalmente no entorno de corpos d' água.	28
Figura 11: Planície ocupada por campos e áreas destinadas a agricultura e pequenas áreas ocupadas por remanescentes de mata nativa.	28
Figura 12: Mapa Geológico da Área de Estudo (SP) - 2011.	30
Figura 13: Mapa Pedológico da Área de Estudo (SP) - 2011.	35
Figura 14: Plantação de laranja.	36
Figura 15: Plantação de cana-de-açúcar.	36
Figura 16: Plantação de <i>Eucalyptus</i>	36
Figura 17: Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Área de Estudo (SP) - 2011	38
Figura 18: Modelo Digital de Terreno da Área de Estudo (SP) - 2011	40
Figura 19: Pontos levantados em campo.	44
Figura 20: Testes realizados com diferentes ponderações.	54

Figura 21: Mapa de áreas indicadas para a passagem de uma dutovia (SP) - 2011\_\_\_\_\_55

Figura 22: Mapa contendo alternativas de traçado para dutovias (SP) – 2011\_\_\_\_\_57

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Descrição das unidades litoestratigráficas.	29
Tabela 2: Classes de Uso e Cobertura da Terra.	37
Tabela 3: Principais formas de relevo encontradas na área	39
Tabela 4: Cartas topográficas utilizadas.	42
Tabela 5: Relação de mapas utilizados para a elaboração das cartas geológica e pedológica.	43
Tabela 6: Escala de pesos adotada.	48
Tabela 7: Relação de características e pesos atribuídos.	49
Tabela 8: Relação de mapas e respectivas ponderações.	52
Tabela 9: Alternativas desenvolvidas e seus comprimentos	58

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2.OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
<b>3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>15</b>
<b>3.1.A matriz energética no mundo e no Brasil</b>	<b>15</b>
<b>3.2.Caracterização, quantificação e grau de importância do etanol no Brasil</b>	<b>17</b>
<b>3.3.Transporte dutoviário</b>	<b>19</b>
<b>3.4.Corredor de etanol</b>	<b>21</b>
<b>3.5.A hidrovia Tiete-Paraná</b>	<b>22</b>
<b>3.6.A Avaliação Multicritérios</b>	<b>22</b>
<b>3.7.As Geotecnologias</b>	<b>23</b>
<b>4.CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>24</b>
<b>4.1.Localização</b>	<b>24</b>
<b>4.2.Aspectos Climáticos</b>	<b>27</b>
<b>4.3.Biodiversidade</b>	<b>27</b>
<b>4.4.Geologia</b>	<b>28</b>
<b>4.5.Pedologia</b>	<b>31</b>
<b>4.5.1Areia Quartzosa</b>	<b>31</b>
<b>4.5.2.Solos Aluviais</b>	<b>31</b>
<b>4.5.3.Solos minerais não-hidromórficos</b>	<b>31</b>
<b>4.5.4.Solos hidromórficos minerais</b>	<b>34</b>
<b>4.6.Uso e Cobertura da Terra</b>	<b>36</b>
<b>4.7.Geomorfologia</b>	<b>39</b>

<b>5.MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO</b>	41
<b>5.1.Pesquisa bibliográfica</b>	41
<b>5.2.Geração do banco de dados</b>	41
<b>5.3.Definição e ponderação dos critérios</b>	45
5.3.1. <i>Aluviões</i>	46
5.3.2. <i>Solos agressivos</i>	46
5.3.3. <i>Solos Colapsíveis</i>	46
5.3.4. <i>Solos Expansivos</i>	46
5.3.5. <i>Topo rochoso raso</i>	47
5.3.6. <i>Falhas</i>	47
5.3.7. <i>Água</i>	47
<b>5.4.Avaliação Multicritérios</b>	52
<b>6.RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	56
<b>7.CONCLUSÃO</b>	60
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	62

## 1. INTRODUÇÃO

O etanol é um eficiente combustível para motores a explosão e uma fonte renovável de energia; o Brasil é o maior exportador desse produto quando originado da cana-de-açúcar e líder na tecnologia de sua produção (ROMERO, 2009). O crescimento do setor sucroalcooleiro permitiu para o país a ascensão de um mercado internacional de biocombustíveis e a formação de uma indústria química de base.

Devido a políticas governamentais, o setor sucroalcooleiro estava em segundo plano até o início do século XXI. Com o aumento do preço do barril de petróleo, o advento dos carros *flex-fuel* e a consciência da escassez dos combustíveis fósseis, o setor ganhou força novamente e o Brasil se tornou o principal exportador de etanol no cenário mundial.

Com a demanda externa de etanol cada vez mais crescente, a Petrobras em conjunto com o Programa de Aceleração do Crescimento - PAC tem feito investimentos maciços na infraestrutura de exportação de etanol, sendo cerca de 1 bilhão de dólares voltados para a criação de um corredor de exportação de etanol. Tal corredor consiste em uma malha dutoviária que será utilizada para escoar a produção de etanol das regiões Sudeste e Centro-Oeste para os principais portos brasileiros.

Duto é uma designação para tubulações especialmente desenvolvidas para transportar petróleo, álcool, gás e produtos químicos diversos; são denominados de acordo com a natureza do produto que transportam. Os dutos constituem meios de transporte seguros e baratos que percorrem grandes distâncias, atravessando paisagens distintas com características particulares em relação a vegetação, relevo, condições geológicas e ocupação humana, necessitando de intenso planejamento e estudo para a obtenção de um melhor traçado.

Mesmo sendo um meio de transporte seguro em comparação a outros meios de transporte para cargas perigosas, a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - CETESB registrou de 1980 a 2006 um total de 178 ocorrências de acidentes ambientais envolvendo derramamentos de petróleo e derivados, gás natural e álcool no meio ambiente, impactando e contaminando diversas áreas, incluindo áreas metropolitanas (CETESB, 2010).

É inegável a importância do etanol para a economia do país e os riscos e impactos negativos que o transporte dutoviário deste produto traz consigo para o meio ambiente e antrópico, não só no seu funcionamento, mas também na sua construção; ao considerar tais assertivas, este trabalho almeja determinar a melhor alternativa de traçado do alcoolduto que

ligará uma das mais importantes refinarias do país, a Refinaria do Planalto Paulista - REPLAN, localizada no município de Paulínia, a uma das mais importantes hidrovias de escoamento da produção sucroalcooleira do país, a hidrovia Tietê-Paraná. Esse trecho pertencerá ao corredor de exportação de etanol, tendo em seus extremos os municípios de Santa Maria da Serra e Paulínia, ambos localizados no Estado de São Paulo.

O método a ser adotado para determinar o melhor traçado é a avaliação multicritérios associada ao uso de geotecnologias, Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os critérios a serem considerados são de natureza física, biótica e antrópica. O método da avaliação multicritérios, segundo Antonello (2008) é uma técnica empregada para a tomada de decisões em situações nas quais há a necessidade de identificação de prioridades sob a ótica de múltiplos critérios. Valente (2005) afirma que a integração do SIG com a avaliação multicritérios foi considerado um avanço em relação ao procedimento convencional de cruzamento de planos de informação para a priorização de áreas.



## 2. OBJETIVOS

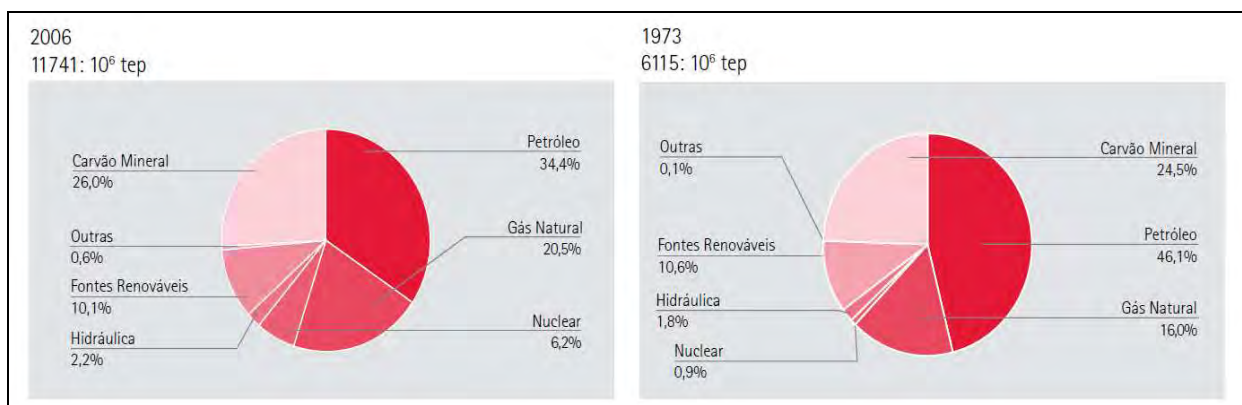
Este trabalho tem como principal objetivo fornecer um possível trajeto para um alcoolduto o qual ligue uma das mais importantes refinarias do país, a Refinaria do Planalto Paulista (REPLAN), localizada no município de Paulínia, ao município de Santa Maria da Serra, uma via de acesso para a hidrovía Tietê-Paraná que é responsável pelo escoamento de grande parte da produção sucroalcooleira do Centro-Oeste brasileiro. Além disso, o trabalho pretende fornecer embasamento suficiente para nortear pesquisas detalhadas de projetos dessa espécie na região através da ciência de pontos críticos.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1. A matriz energética no mundo e no Brasil

Segundo dados da Agência Internacional de Energia – IEA (2008), a representação dos combustíveis fósseis no panorama das matrizes energéticas disponíveis tem diminuído com o advento de novas fontes de energia, principalmente de fontes renováveis. Apesar disso, os combustíveis fósseis ainda sustentam a maior representação como matriz energética, equivalendo a mais de 80% das toneladas equivalentes de petróleo (tep) produzidas no ano de 2006 (Figura 1).

**Figura 1: Oferta de energia por fonte.**



**Fonte: Key Words Energy Statistics 2008, IEA apud Ministério de Minas e Energia (2008).**

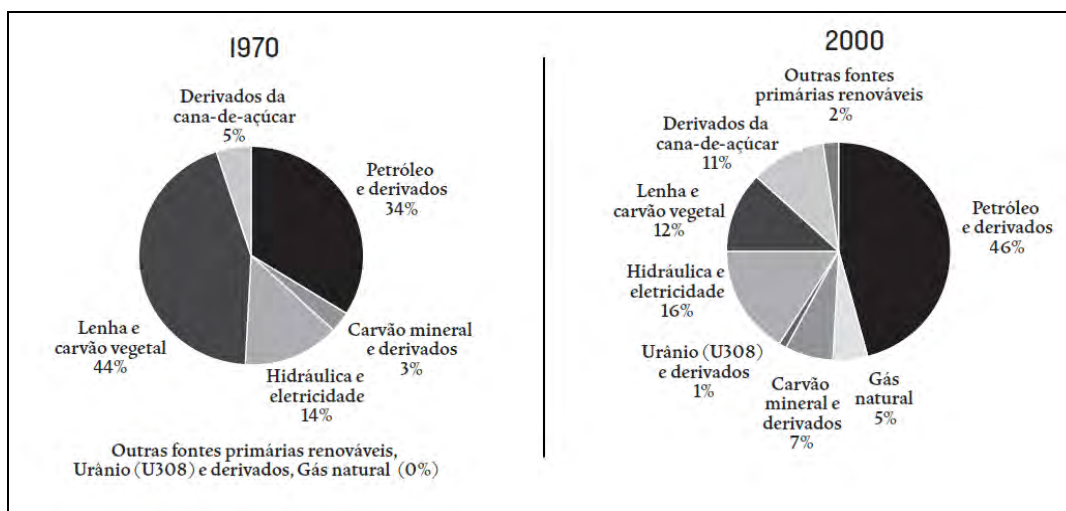
A maior representação das fontes alternativas de energia pode estar associada a diversos fatores, dentre eles, um processo que começou no início da década de 1970 com a primeira

crise do petróleo e a conseqüente instabilidade de seu preço, obrigando diversos países a procurarem novas fontes de energia como a eólica, solar e maremotriz (POOLE, 1979). Em 1998 ocorre uma nova crise, que faz com que o preço do petróleo e de seus derivados suba continuamente e assuma a forma de um surto em 2002 que só foi se estabilizar em 2006 (BENETTI, 2008).

Outro fator decisivo para o desenvolvimento de novas fontes de energia foi a insegurança encontrada pelas maiores nações consumidoras de petróleo com relação ao mercado que as abastecia, em decorrência dos embargos praticados pelas nações árabes e pelas guerras no Oriente Médio, fato que exercia reflexo também nas nações emergentes. Outro fator refere-se à preservação do meio ambiente, assunto que se torna frequente nas discussões sobre perspectivas para a economia mundial. Os interesses econômicos das nações nos biocombustíveis são sustentados por um discurso politicamente correto da busca de um combustível relativamente limpo, ou seja, menos poluente, em virtude das preocupações com o meio ambiente (BENETTI, 2008).

A evolução da matriz energética é percebida em escala nacional, onde, a partir da década de 70 (figura 2), as energias alternativas renováveis começam a ganhar maior espaço no cenário nacional, simultaneamente a um período de crescimento econômico, populacional e conseqüente demanda energética.

**Figura 2: Evolução da estrutura de oferta de energia no Brasil**

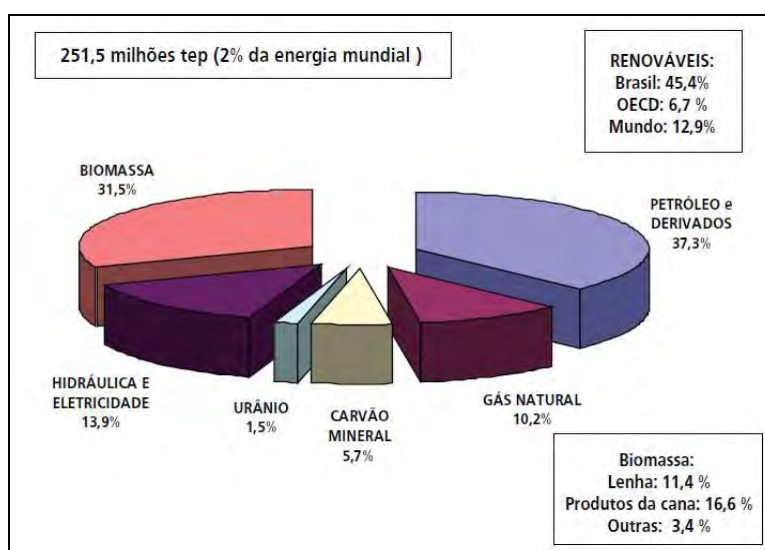


Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2007 apud TOMALSQUIM; GUERREIRO & GORINI (2007).

O Brasil é um país com uma matriz energética bem diversificada quando comparada às energias renováveis representando cerca de 45,4% (Figura 3) do consumo total do país, ao

passo que no mundo as energias renováveis representam apenas 12,9% (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009). Contudo, grande parte da matriz energética renovável brasileira é embasada na energia hidráulica e na biomassa tradicional, ocorrendo um estímulo incipiente em comparação a média mundial na busca por outras fontes “modernas” de energias renováveis como a solar e a eólica, mesmo com os esforços do governo federal por meio do Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Eletricidade (Proinfa) (GOLDEMBERG & LUCON, 2007).

**Figura 3: Oferta interna de energia no Brasil**



Fonte: Resenha energética brasileira de 2008, Ministério de Minas e Energia (2008).

### 3.2. Caracterização, quantificação e grau de importância do etanol no Brasil

O século XX foi um período de intenso desenvolvimento econômico, ganhando maior manifestação na década de 1970, com um processo expressivo de industrialização e uma notável expansão demográfica, acompanhada do rápido aumento da taxa de urbanização e consequentemente a elevação das taxas de consumo energético. O crescimento econômico não foi uniforme, com sua taxa oscilando, mostrando-se menor em épocas de crise, mas em todos os períodos ocorreu o aumento da demanda energética, possuindo maior expressão em um ambiente de crescimento econômico. A perspectiva para o crescimento da demanda energética para o período de 2010 até 2020 é de 3,6% ano e para o período de 2020 a 2030 cerca de 3,4% ao ano (TOLMASQUIM; GUERREIRO & GORINI, 2007).

Uma característica particular do Brasil é que seu crescimento é associado a aplicação de energias de tecnologias de energia de biomassa, como forte exemplo, é a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. A utilização dessa biomassa no país é resultado da disponibilidade de recursos e mão-de-obra baratas, rápida industrialização e urbanização e a experiência histórica das aplicações dessa matriz energética renovável. Os produtos energéticos do cultivo da cana-de-açúcar contribuíram com cerca de 13,5% da matriz energética brasileira em 2004 (GOLDEMBERG & LUCON, 2007).

A elevada expressão da produção nacional de etanol é refletida também mundialmente, sendo o Brasil o maior produtor de etanol originário da cana-de-açúcar e líder na tecnologia de sua produção (ROMERO, 2009). Segundo a Transpetro (2010), a produção nacional de etanol é pioneira em relação aos outros países.

O processo de síntese do etanol possui o menor custo produtivo e a tecnologia foi em grande parte desenvolvida no país, envolvendo o aprimoramento de novas tecnologias e espécies de cana. Essa estrutura para a economia canavieira é resultado de um processo que remonta desde ao século XVI, em que o setor açucareiro foi a primeira atividade produtiva organizada pelo colonizador. Depois de anos mantido como ator periférico, o cultivo da cana é retomado em 1975 com a criação do Proálcool, um programa embasado em estímulos governamentais e o desenvolvimento da produção de álcool etílico carburante e da tecnologia para a fabricação de veículos automotores movidos a álcool com intuito de estimular a produção de fontes alternativas de energia em virtude da crise do petróleo enfrentada neste período. Piacente (2006) afirma que o sucesso do Proálcool pode ser atribuído às condições naturais e à experiência de cultivo de cana adquirida durante a época colonial.

O Proálcool enfrentou seu declínio no final da década de 80 quando o governo enquadrou o setor produtor de cana nas normas comuns a toda agricultura, tornando o setor menos atrativo economicamente. Ao mesmo tempo, o preço do açúcar sobe e o do barril de petróleo cai no mercado internacional, tornando o açúcar mais atrativo aos cultivadores visando a exportação. Soma-se ainda a crise de confiança do consumidor em relação ao álcool devido à crise de desabastecimento ocorrida em 1989 (SOUZA, 2008).

Apesar dos impactos negativos sofridos pela economia canavieira, a partir do ano de 2000 começa um ciclo expansivo motivado pela expressiva comercialização de veículos *flex-fuel*, novas perspectivas para a exportação de etanol, aumento das exportações de açúcar, e pelo maior rendimento da produção com a utilização de produtos oriundos da produção de etanol e

açúcar como o bagaço da cana, que é reutilizado no processo produtivo para gerar energia através de sua queima e mecanização da colheita, diminuindo a necessidade das queimadas (CASTRO *et al.* 2009).

### **3.3. Transporte dutoviário**

O escoamento da produção de etanol é feito atualmente por um sistema multimodal, formado por rodovias, ferrovias, dutos e terminais. Registra-se uma capacidade instalada dos terminais em operação no país de 3,6 milhões de m<sup>3</sup>/ano de etanol, divididos entre a Petrobras Transporte S.A. - Transpetro, detentora de 2 milhões e grupos privados, detentores de 1,6 milhão (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

Dutos são tubulações especialmente desenvolvidas e construídas com normas internacionais de segurança para transportar petróleo e seus derivados, álcool, gás e produtos químicos diversos por distâncias especialmente longas (CETESB, 2010). Quando comparada a outros meios de transporte, os dutos são mais lentos e apresentam os custos fixos mais altos. Em compensação, podem operar 24 horas por dia, transportar grandes quantidades de carga através de grandes distâncias e possuem o menor custo variável, sendo a segunda forma de transporte com o menor custo total, perdendo apenas para o transporte hidroviário (RIBEIRO & FERREIRA, 2002). Segundo Rodrigues (2007), o transporte dutoviário é o que melhor se ajusta à realidade das regiões Sudeste e Centro-Oeste para o transporte de etanol podendo ser muito bem associado ao transporte hidroviário.

As dutovias são meios de transporte caracterizados pela linearidade e que cobrem grandes extensões, chegando de centenas a milhares de quilômetros, atravessando diversas formações geomorfológicas, rios, ambientes costeiros e regiões metropolitanas, interceptando diferentes paisagens com suas respectivas peculiaridades e, deste modo, exigindo soluções diversas para cada tipo de ambiente (JUNIOR & MARQUES, 1998).

A implantação de dutos é realizada na superfície do solo e quase sempre está envolvida com o horizonte do solo e a rocha decomposta, podendo acarretar em impactos socioambientais negativos e por isso devem ser feitas avaliações criteriosas para serem adotadas estratégias adequadas de gestão. A partir do momento em que as extremidades da dutovia estão estabelecidas, inicia-se um levantamento de dados para avaliar os possíveis traçados, levando-se em conta fatores regionais do meio físico, biótico e antrópico (BRITO, 2009).

Segundo Brito (2009) os fatores do meio físico considerados neste tipo de estudo são as condicionantes geológico-geotécnicas para possibilitar a minimização de riscos de instabilidade de taludes de solo e rocha, as formas de relevo e a dinâmica superficial das paisagens (erosão e assoreamentos), tipos de solos e suscetibilidade erosiva e informações dos aspectos hidrológicos e de clima. Para o meio biótico, são levantados dados das fisionomias vegetais e florísticas e das interferências com unidades de conservação e áreas de preservação permanente. Quanto aos fatores antrópicos e econômicos levam-se em conta a cobertura e uso da terra por categorias, aspectos de interferência urbana, reservas indígenas, populações tradicionais e quilombolas, áreas de mineração e identificação de travessias especiais (ferrovias e rodovias). Na definição do traçado, é importante evitar interferências com unidades de conservação, áreas de preservação permanente, áreas urbanas, comunidades tradicionais e quilombolas, áreas de exploração mineral, áreas com cobertura vegetal nativa, travessia de cursos de água e áreas alagadas.

Há uma série de interações entre a dutovia e o terreno em que foi implantada, podendo-se destacar a compressão exercida pelo próprio peso do tubo sobre o solo e as reações físico-químicas do duto com os componentes do solo. A compressão exercida pelo tubo sobre o solo tende a deformar o terreno podendo causar o adensamento de solos argilosos saturados e, deste modo deformar ou até mesmo romper o tubo. Estruturas de metal ou de concreto quando aterradas tendem a sofrer deterioração em decorrência da corrosão exercida pela agressividade físico-química do solo. Assim, deve-se ter total conhecimento do terreno em que será implantada uma dutovia para se conhecer as possíveis interações do duto com o terreno e evitar possíveis vazamentos (JUNIOR & MARQUES, 1998). A norma interna Petrobrás N-2624 de Implantação de Faixas e Dutos Terrestres de 2009 descreve o as informações relacionadas acima.

Apesar do número de ocorrências envolvendo dutovias, este meio de transporte ainda se apresenta bem mais seguro e barato em comparação ao rodoviário e aeroviário (RODRIGUES, 2007). Levando-se em conta as vantagens oferecidas pelo transporte através de dutovias e em virtude da crescente demanda nacional e internacional do etanol, o PAC definiu investimentos na infraestrutura dutoviária para o escoamento de etanol. A Transpetro propõe criar uma infraestrutura logística que envolva a construção de dutos exclusivos para o álcool etílico e terminais aquaviários tendo em vista as futuras exportações do produto, a previsão é de que essa infraestrutura garanta a hegemonia do etanol brasileiro no mercado

internacional. Esse programa de investimento é denominado pela Petrobras como “Programa Etanol” (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

### **3.4. Corredor de etanol**

Dentre os investimentos a serem feito pelo “Programa Etanol”, o que detém a maioria das atenções até o momento é o Corredor de Exportação de Etanol (Figura 4) que tem como principal objetivo facilitar o transporte do álcool produzido no interior do país por diversos estados para os portos de exportação. A primeira fase do projeto será constituída por obras de ampliação na Refinaria de Paulínia e no Terminal Terrestre de Guararema (SP). No Estado do Rio de Janeiro as obras estarão direcionadas para o Terminal Terrestre de Campos Elísios e a Refinaria Duque de Caxias, além do aprimoramento do Terminal Aqueviário da Ilha D`Água. Em outra fase, será construído um duto para ligar o Terminal Senador Canedo (GO) ao Terminal Aquaviário de São Sebastião (SP) a como intuito de escoar a produção da Região Centro-Oeste e a Hidrovia Tietê-Paraná receberá um terminal às suas margens que estará ligado à Refinaria do Planalto Paulista (REPLAN), localizada no município de Paulínia. O Corredor de Etanol terá uma capacidade total de 12 milhões de m<sup>3</sup>/ano e deverá entrar em operação entre 2012 e 2013 (TRANSPETRO, 2010). O trecho de interesse deste trabalho é justamente o que abrange o futuro terminal da Hidrovia Tietê-Paraná e a REPLAN (Figura 5).

Figura 4: Programa Corredor de Exportação de Etanol Sudeste, Centro-Oeste e Sul.



Fonte: Transpetro, 2008.

### 3.5. A hidrovía Tietê-Paraná

De acordo com a Secretaria de Transportes do Governo do Estado de São Paulo (2010) a hidrovía Tietê-Paraná percorre grande parte do estado São Paulo no sentido leste-noroeste, com o rio Tietê desembocando no rio Paraná. Com 2400 quilômetros de extensão navegável (sendo 800 quilômetros de vias navegáveis em território paulista), a hidrovía é responsável pelo escoamento de toneladas de carga de natureza distinta produzidas por estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, sendo que os principais produtos transportados são cana-de-açúcar e farelo de soja.

### 3.6. A Avaliação Multicritérios

A Avaliação Multicritérios tem como objetivo propiciar melhores condições de decisão e análise em situações com múltiplos critérios em que há necessidade de se identificar as prioridades. As metodologias multicritérios de apoio à decisão são caracterizadas pela



construção de modelos usando de vários critérios e diversos pontos de vista (ANTONELLO, 2008).

As primeiras aplicações que se têm registro da abordagem multicritérios ocorreram na Revolução Francesa, onde problemas deveriam ser solucionados de acordo com opiniões de várias pessoas, porém foi a partir da década de 70 que a Avaliação Multicritérios foi formalizada e constituiu-se como área de pesquisa operacional (MELLO *et al.*, 2003).

Os métodos multicritérios são recomendados para situações de natureza multidisciplinar; apresentam diversos fatores, tanto do tipo qualitativo quanto quantitativo a serem utilizados na metodologia analítica (DETONI, 1996).

Valente (2005) mostra em seu trabalho como devem ser definidos os componentes utilizados na análise da paisagem na definição de áreas prioritárias através da Avaliação Multicritérios. Nele a autora descreve que o mapa de prioridades é feito de acordo com os fatores, os quais equivalem às características e/ou processos de uma paisagem; quanto às restrições, são características que limitam espacialmente aquelas importantes à geração do mapa. São atribuídos pesos aos fatores para garantir a representatividade e importância de cada um deles no processo de decisão.

A integração da Avaliação Multicritérios com as ferramentas do SIGs foi considerada um avanço em relação ao procedimento convencional de cruzamento de planos de informação para a priorização de áreas (EASTMAN, 1997; MALCZEWSKI, 1999; THILL, 1999). Os SIGs são capazes de armazenar e integrar uma gama de modelos e dados através de uma utilização muito flexível. Assim, a integração destes instrumentos facilita e aprimora o processo de decisão e planejamento de problemas complexos (ONGARATTO, 2009).

### **3.7. As Geotecnologias**

Segundo a norma Petrobras N-2636 revisão A de maio de 2002, sensoriamento remoto é uma técnica que consiste na utilização de sensores para a captação e o registro de energia refletida ou emitida por elementos da superfície terrestre ou por outros rastros. Sua utilização é recomendada em áreas onde a base cartográfica é inexistente, não está atualizada ou possui escala inadequada (CARVALHO, 2003).

A mesma norma define Sistema de Informações Geográficas (SIG) como o conjunto de ferramentas computacionais composto de dados georreferenciados, banco de dados e um *software* que os relacione, permitindo a integração de dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a disponibilização da informação produzida por meio das aplicações disponíveis visando a facilidade, a agilidade e a segurança nos processos de monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativos ao espaço geográfico. O SIG é constantemente utilizado em situações que envolvem grande quantidade de informações ambientais, como mapeamentos de sensibilidade ambiental (CARVALHO, 2003). O SIG tem sido uma poderosa ferramenta no desenvolvimento da malha dutoviária brasileira (AMADO & FREITAS, 2008).

De acordo com Carvalho (2003), o Sistema de Informações Geográficas - SIG e o sensoriamento remoto são tecnologias de grande auxílio em mapeamentos de sensibilidade ambiental, sobretudo em áreas de difícil acesso e base cartográfica desatualizada. O autor ainda afirma que as geotecnologias permitem a produção de mapas atualizados, com a escala correta, despendendo menos tempo e recursos financeiros. Tais ferramentas, no entanto, não dispensam o levantamento de dados no campo para um mapeamento de *habitats* com maior confiabilidade.

#### **4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

##### **4.1. Localização**

A área de estudo deste projeto consiste em uma faixa territorial de 110 km de extensão e 10 km de largura, totalizando uma área de 1.100 km<sup>2</sup>. Em sua extremidade oeste está localizada a área urbana do município de Santa Maria da Serra (Figura 5) e a leste a Refinaria do Planalto Paulista – REPLAN (Figura 6).

**Figura 5: Vista da área urbana do município de Santa Maria da Serra**



**Fonte: Própria (2011).**

**Figura 6: Vista da Refinaria do Planalto Paulista – REPLAN.**

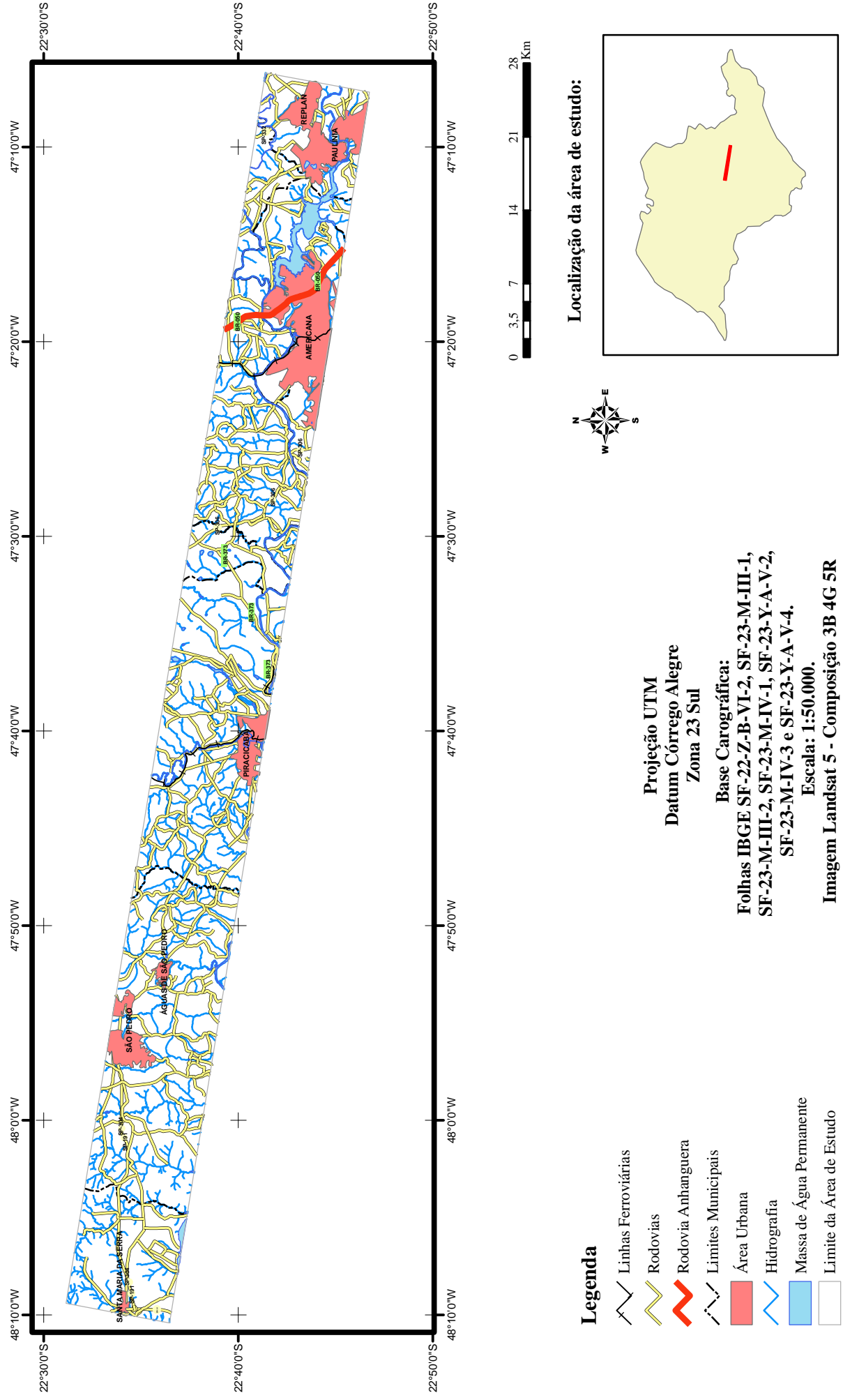


**Fonte: Própria (2011).**

Localizada na porção centro-leste do Estado de São Paulo, entre os paralelos  $22^{\circ}31'S$  e  $22^{\circ}47'S$  e entre os meridianos  $48^{\circ}10'W$  e  $47^{\circ}05'W$ , a faixa estudada abrange totalmente as áreas urbanas dos municípios de Santa Maria da Serra e Águas de São Pedro e parte das áreas urbanas dos municípios de São Pedro, Piracicaba, Americana e Paulínia. É uma área recortada por diversas rodovias estaduais como a SP-191, SP-304, SP-308, SP-332 e a Rodovia Anhanguera e também pelas rodovias federais BR-373 e BR-050 (Figura 7).

A região inteira está inserida na Bacia do Rio Tietê, tendo sua maior parte na sub-bacia do Baixo Piracicaba e compreendendo também parte das sub-bacias do Alto Piracicaba e do Rio Corumbataí. É uma área recortada por diversos rios, sendo considerada com uma boa densidade média da rede fluviométrica e que em sua maioria apresentam as maiores vazões nos meses de outubro a abril (COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI e JUNDIAÍ, 1999). Dentre os corpos hídricos abrangidos pela área levantada, destaca-se os rios Piracicaba, Corumbataí e Atibaia e as represas de Barra Bonita e Do Salto Grande.

**Figura 7: MAPA GERAL DA ÁREA DE ESTUDO (SP) - 2011**



## **4.2. Aspectos Climáticos**

Pela posição geográfica, a área de estudo encontra-se sob a influência das massas de ar Tropicais Atlântica e Continental, e Polar Atlântica, apresentando diferenças dadas, principalmente, pela distância ao mar e influência do relevo, que atuam basicamente na circulação regional, afetando a distribuição e ocorrência das chuvas e o regime térmico (SHS-CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA S/S LTDA, 2006).

Segundo a classificação de Köppen, os tipos climáticos presentes na região são classificados como Cfb, sem estação seca, com verão fresco; Cfa, sem estação seca, com verões quentes, e Cwa, com inverno seco e verão quente (SHS-CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA S/S LTDA, 2006).

O regime pluviométrico é tropical típico, com um período chuvoso, iniciando em outubro e findando em abril, e um período de estiagem, de maio a setembro, variando localmente o início e o término de cada um dos períodos. Os índices de precipitação pluviométrica situam-se entre 1.200 e 1.800 mm anuais. O regime térmico apresenta características tropicais e subtropicais, variando conforme a área (SHS-CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA S/S LTDA, 2006).

## **4.3. Biodiversidade**

Apesar de ter sido amplamente utilizada para a agricultura e apresentar um grande crescimento urbano desde a década de 70, com a descentralização das atividades da região metropolitana de São Paulo em direção ao interior do Estado, a região estudada possui uma importante área de biodiversidade com remanescentes da Mata Atlântica (Figura 8) com características semelhantes às encontradas em vegetações da Serra do Mar (COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI e JUNDIAÍ, 1999).

A região abrange parte da Área de Proteção Ambiental (APA) Estadual Corumbataí - Botucatu – Tejuapá. É caracterizada por conter trechos de cerrado e cerradões, várzeas ao longo dos cursos dos rios (Figura 9) e cachoeiras ao sul decorrentes de seus desníveis abruptos. Há uma predominância de propriedades particulares ocupadas por culturas de pinheiros, eucaliptos e chácaras de lazer.

**Figura 8: Remanescente de Mata Atlântica.**



**Fonte: Própria (2011).**

**Figura 9: Vegetação de várzea ao longo do rio.**



**Fonte: Própria (2011).**

Trabalhos em campo possibilitaram visualizar situações de diferenças contrastantes na paisagem, onde áreas destinadas a ocupação por mata nativa começam a ser estranguladas pelo avanço da atividade agrícola, como mostrado nas Figuras 10 e 11. O fato é uma evidência do constante avanço do setor agrícola no Estado de São Paulo, onde muitas vezes se sobrepõe o interesse econômico às questões ambientais.

**Figura 10: Área ocupada por plantações de cana-de-açúcar e ao fundo vestígios de mata nativa, principalmente no entorno de corpos d' água.**



**Fonte: Própria (2011).**

**Figura 11: Planície ocupada por campos e áreas destinadas a agricultura e pequenas áreas ocupadas por remanescentes de mata nativa.**



**Fonte: Própria (2011).**

#### **4.4. Geologia**

A área abordada localiza-se na borda centro-leste da Bacia Sedimentar do Paraná (COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS PIRACICABA, CAPIVARI e JUNDIAÍ, 1999) e é composta pelas formações Aquidauana, Botucatu, Caçapava, Corumbataí, Irati,

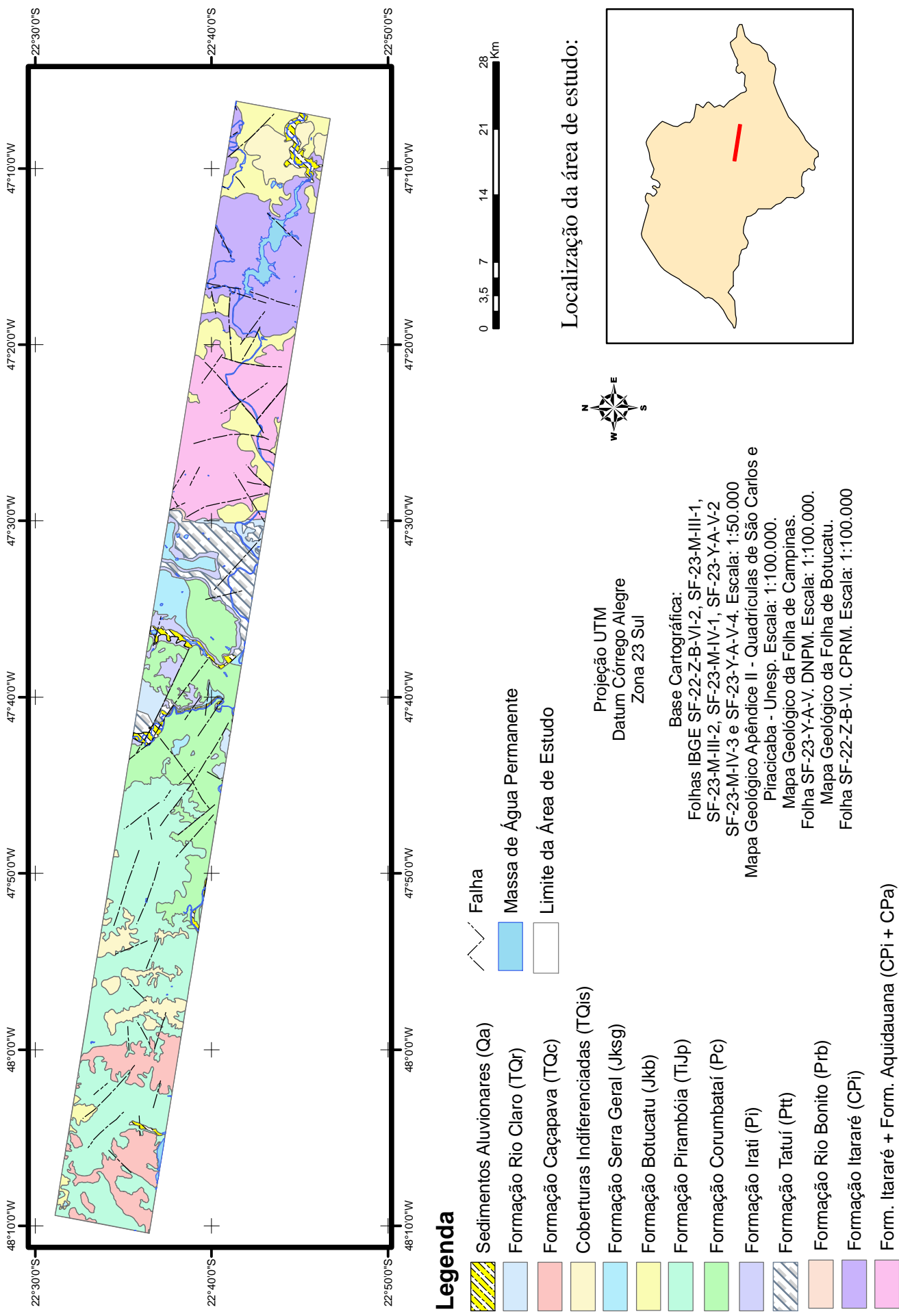
Itararé, Pirambóia, Rio Bonito, Rio Claro, Serra Geral e Tatuí além de Coberturas Indiferenciadas e Sedimentos Aluvionares (Figura 12). As características gerais das formações presentes são descritas na Tabela 1.

**Tabela 1: Descrição das unidades litoestratigráficas.**

Formação	Símbolo	Características das unidades litoestratigráficas	Era Geológica
Sedimentos Aluvionares	Qa	Aluviões em geral, incluindo areias inconsolidadas de granulação variável, argilas e cascalheiras fluviais subordinadamente, em depósitos e/ou terraços.	Cenozóico
Rio Claro	TQr	Arenitos, arenitos conglomeráticos, arenitos argilosos e pequenas intercalações argilosas.	
Caçapava	TQc	Depósitos fluviais incluindo arenitos com lentes subordinadas de folhelhos e termos arcosianos e conglomeráticos restritos	
Coberturas Indiferenciadas	Tqir	Arenitos finos a médios, argilosos com níveis subordinados de argilitos e arenitos conglomeráticos.	
Serra Geral	Jksg	Rochas vulcânicas toleíticas em derrames basálticos de coloração cinza e negra, textura afanítica com intercalações de arenitos intertrapeanos, finos a médios, de estratificação cruzada.	Mezozóico
Botucatu	Jkb	Arenitos eólicos avermelhados de granulação fina a média com estratificações cruzadas de médio a grande porte.	
Piramboia	TiJp	Arenitos finos a médios, avermelhados, siltico-argilosos, de estratificação cruzada ou plano-paralela, níveis de folhelhos e arenitos argilosos de cores variadas e raras intercalações de natureza areno-conglomerática.	
Corumbataí	Pc	Argilitos, folhelhos e siltitos cinza, arroxeados ou avermelhados, com intercalações de bancos carbonáticos, silicíticos e camadas de arenitos finos.	Paleozóico
Irati	Pi	Siltitos, argilitos e folhelhos silticos de cor cinza a escura, folhelhos pirobetuminosos, localmente em alternância rítmica com calcários creme, silicificados e restritos níveis conglomeráticos.	
Tatuí	Ptt	Depósitos marinhos com estratificação plano-paralela, predominando siltitos; arenitos finos em parte concrecionados, calcário, silic; cor avermelhada, arroxeadada na parte inferior e esverdeada na parte superior.	
Rio Bonito	Prb	Depósitos essencialmente marinhos com predominância de siltitos e folhelhos com níveis carbonático-argilosos e subordinadamente arenitos muito finos.	
Aquidauana	CPa	Depósitos continentais, predominando arenitos vermelho-arroxeados, médios e grossos, feldspáticos, e subordinadamente arenitos finos, conglomerados, frequentes concreções, nódulos e leitos silicíticos.	
Itararé	CPi	Depósitos glaciais continentais, glácio-marinhos, fluviais, deltaicos, lacustres e marinhos, compreendendo principalmente arenitos de granulação variada, imaturos, passando a arcósios; conglomerados, diamictitos, siltitos, folhelhos, ritmitos; raras camadas de carvão.	

**Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (1981).**

# Figura 12: MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO (SP) - 2011





## 4.5. Pedologia

Pela classificação de Salomão e Antunes (1998), a região pode ser dividida basicamente em 10 (dez) classes de solos (Figura 13): Areia Quartzosa, Brunizem, Cambissolo, Latossolo, Podzol, Podzólico, Solos Aluviais, Solos Gleizados, Solos Litólicos e Terra Roxa. Sendo essas classes podendo ser alocadas em quatro grupos: Areias Quartzosas, Solos Aluviais, Solos minerais não-hidromórficos e Solos hidromórficos minerais, descritos de maneira sucinta abaixo.

### 4.5.1. *Areia Quartzosa*

As Areias Quartzosas apresentam sequência de horizontes A-C, sendo essencialmente arenosos e profundos constituídos por grãos de quartzo. Comuns em áreas de topografia suave, como planícies marinhas, fluviomarinhas e aluviais como resultado da pedogênese de sedimentos, e em colinas e morrotes, como produtos da alteração de rochas predominantemente quartzosas.

Os horizontes A e C possuem textura arenosa; alta permeabilidade; baixa compressibilidade, expansividade nula, boa capacidade de carga e suporte e fácil escavabilidade. Sua suscetibilidade à erosão é variável, aumentando junto da declividade e podendo formar ravinas e boçorocas quando interpretado pelo lençol freático.

Normalmente apresentando o lençol freático profundo, abaixo do horizonte C.

### 4.5.2. *Solos Aluviais*

Solos aluviais são sempre encontrados em ambientes fluviais, constituídos por materiais erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d'água e depositados nos seus leitos e margens.

As características do material que o forma está intimamente ligado a capacidade de transporte dos cursos d'água. Cada camada é associada a uma fase de deposição, tendo espessura, continuidade lateral, granulometria e mineralogia particulares. Portanto, os solos aluviais são altamente heterogêneos, porém apresentam camadas isoladas homogêneas.

### 4.5.3. *Solos minerais não-hidromórficos*

São solos formados na zona de oxidação, com forte influência da drenagem e pouco afetados pelo lençol subterrâneo. Sua pedogênese pode estar associada a rochas de diferentes naturezas (ígneas, metamórficas e sedimentares) ou de coberturas aluvionares e coluvionares.

- Solos com horizonte B textural:

Compreendem os Podzólicos, Terra Roxa e Brunizem. São solos com diferença nítida entre os horizontes sequenciais A-B-C. Normalmente encontrados em duas situações: relevos movimentados de serras, morros e colinas com topos estreitos, associados a latossolos, e relevos aplainados, constituem superfícies tabulares ou superfícies deprimidas, muito dissecadas, compostas por rochas cristalinas.

O horizonte A é relativamente espesso e caracterizado pela textura arenosa.

O horizonte B é marcado pela concentração de argilas, geralmente com cerosidade, que é uma película coloidal de aspecto brilhante quando úmido e se localiza nas paredes dos agregados estruturais ou macroporos. É um horizonte de moderada a baixa permeabilidade, baixa compressibilidade, expansividade nula a moderada, fácil a moderada escavabilidade, moderada a alta erodibilidade e moderada resistência ao desmoronamento. Sua erodibilidade pode muitas vezes estar relacionada com o fato de parte dos solos com horizonte B textural apresentar litologias com elevado conteúdo em bases, como rochas carbonáticas e certas rochas alcalinas e ferromarnesianas, este fato somada a ação de concentrações de águas pluviais podem formar ravinas e boçorocas.

O horizonte C é espesso, refletindo as características texturais e mineralógicas do material de origem. Devido seu baixo grau de alteração é chamado de solo residual jovem ou solo saprolítico.

É comum possuir lençol freático suspenso temporário, entre os limites dos horizontes A e B e lençol inferior abaixo do horizonte B, próximo do horizonte C.

- Solos com horizonte B câmbico ou incipiente:

Estes solos, também denominados Cambissolos, apresentam sequência de horizontes A-B-C, sendo o horizonte B pouco desenvolvido pedologicamente e pouco espesso, herdando características do mineral de origem. Sua pedogênese pouco avançada é evidenciada pelo desenvolvimento da estrutura do solo em que a alteração do material é expressa pela quase ausência da estrutura da rocha.

Normalmente os cambissolos são encontrados em paisagens com superfícies topográficas bem acidentadas.

- Solos com horizonte B latossólico:

Os solos com horizonte B latossólico ou latossolos são minerais não-hidromórficos e apresentam sequência de horizontes A-B-C com pouca diferenciação textural entre os horizontes A e B. São encontrados com frequência associados a relevos suaves, de vertentes pouco declivosas.

O horizonte B normalmente é espesso, com mais de 50 cm, de aspecto homogêneo. É um solo considerado maduro devido a sua pedogênese. Sua textura, assim como a do horizonte C, varia com a natureza mineralógica do material de origem. É um horizonte de alta porosidade. O horizonte C é caracterizado como solo saprolítico e pode conter saibro.

As frações de argila encontradas no horizonte B são constituídas por misturas de argilominerais do grupo da caolinita e óxidos/hidróxidos de ferro e de alumínio, podendo haver a predominância de argilominerais ou de componentes de ferro e de alumínio. Este fato confere aos latossolos um caráter ácido, que como salientado por Vieira *et al.*(1988), a acidez de um solo não está apenas relacionada a concentração de íons  $H^+$ , mas também associada a presença de concentrações de  $Al^{3+}$ .

Em geral, os latossolos tem baixa erodibilidade e possuem o lençol freático profundo. Mas quando submetidos à concentrações de água proveniente da ação antrópica, podem desenvolver ravinas profundas e, quando interceptados pelo lençol freático, boçorocas.

- Solos Litólicos:

Esta categoria de solos fecha os solos minerais não-hidromórficos encontrados na região. São solos rasos que não apresentam o horizonte B, ou seja, sua sequência de horizontes é A-C ou o horizonte A em contato direto com a rocha. São solos saprolíticos em que suas características se aproximam dos solos de horizonte B textural e dos solos de horizonte B câmbico.

Podem ser encontrados em regiões com características semelhantes às áreas descritas para solos com horizonte B textural e horizonte B câmbico, ocorrendo muitas vezes associados a afloramentos de rochas. Muitas vezes, sua pedogênese está associada a minerais

expansíveis como as esmectitas (montmoritonitas, nontronitas, dentre outro), este fato torna pode agregar ao Solo Litólico a característica de expansivo.

#### 4.5.4. *Solos hidromórficos minerais*

Solos típicos de terrenos baixos ou pequenos anfiteatros elevados que se constituem como cabeceiras de drenagem. São desenvolvidos em condições de excesso de umidade, com lençol freático próximo a superfície. A característica comum a todos os solos desse grupo é a presença do horizonte glei, marcado por cores características do ferro reduzido (cinza, esverdeado e azulado).

- **Materiais arenosos:**

Representados pelo Podzol, são solos desenvolvidos a partir de materiais arenosos, com sequência de horizontes A-E-B-C e A-C. São formados a partir de sedimentos areno-quartzosos inconsolidados de diversas origens e são encontrados principalmente em planícies, cordões litorâneos, dunas estabilizadas, depressões arenosas quaternárias, planícies marinhas, fluviomarinhas e fluviolacustres, na faixa litorânea ou próximo ao litoral, também podendo ocorrer em tabuleiros costeiros.

Possuem o lençol freático próximo a superfície com aspecto ferruginoso, horizontes A e E essencialmente arenosos e horizonte B fortemente cimentado pela acumulação de ferro.

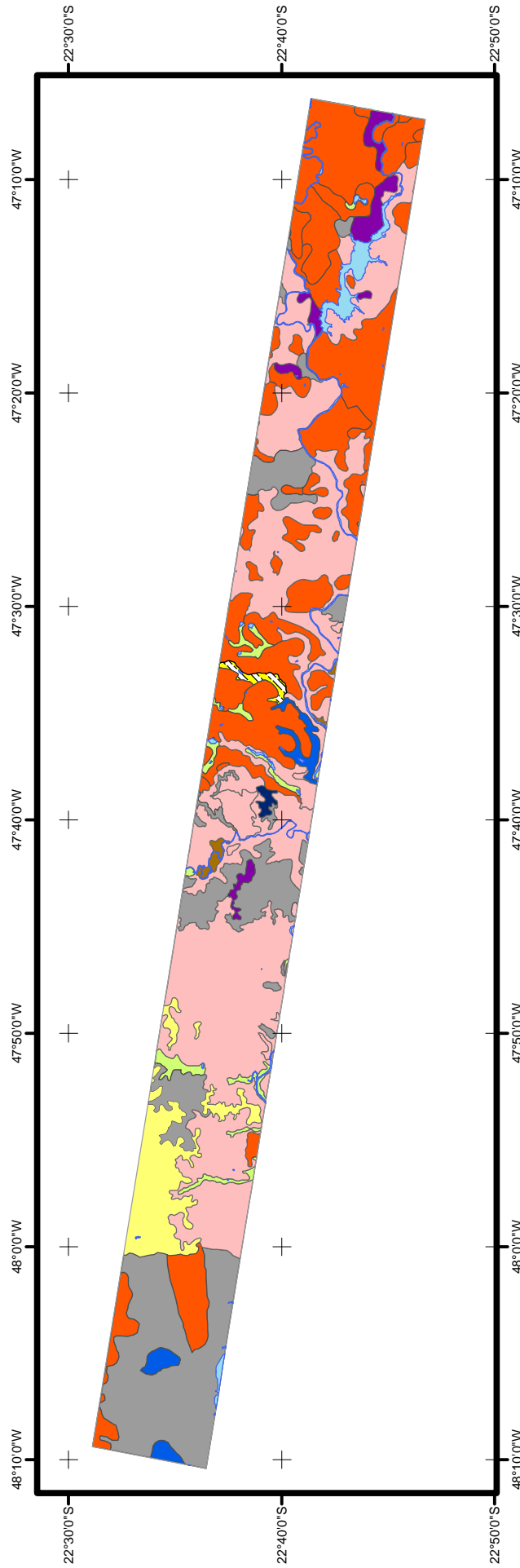
- **Materiais argilosos:**

Materiais argilosos, advindos de sedimentos de origens distintas, dão origem aos Solos Gleizados. São solos cuja sequência de horizontes é representada por A-C, onde o horizonte A tem grande concentração de matéria orgânica e o horizonte C tem elevado hidromorfismo e altas concentrações de ferro (reduzido ou oxidado). Quando em situações de estiagem, o horizonte C pode se mostrar fortemente fendilhado.

Habitualmente encontrados em áreas mal-drenadas, onde seu lençol freático fica elevado durante a maior parte do ano, sujeitas a enchentes periódicas decorrentes dos cursos de água ou pelo avanço das marés. O lençol freático pode apresentar alta concentração de sais.

Os horizontes A e C tem textura argilosa, sendo considerados impróprios para fundações e como material de aterro compactado.

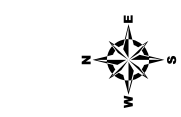
# Figura 13: MAPA PEDOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO (SP) - 2011



## Legenda

- Areia Quartzosa
- Brunizem
- Cambissolo
- Latossolo
- Podzol
- Podzólico
- Solos Aluviais
- Solos Gleizados
- Solos Litólicos
- Terra Roxa

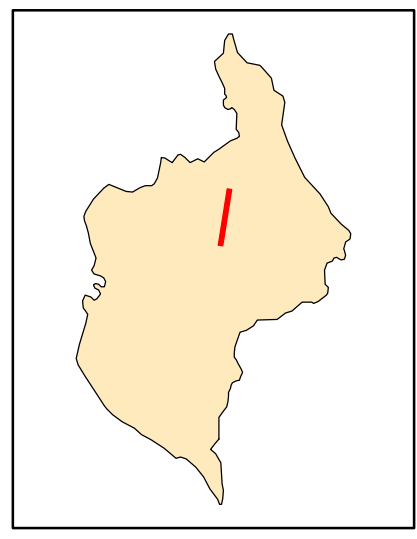
Massa de Água Permanente  
 Limite da Área de Estudo



Projeção UTM  
 Datum Córrego Alegre  
 Zona 23 Sul  
 Base Cartográfica:  
 Folhas IBGE SF-22-B-VI-2, SF-23-M-III-1,  
 SF-23-M-III-2, SF-23-M-IV-1, SF-23-Y-A-V-2,  
 SF-23-M-IV-3 e SF-23-Y-A-V-4. Escala: 1:50.000.  
 Carta Pedológica Semi-Detalhada do Estado de  
 São Paulo - Piracicaba. IAC. Folha SF-23-Y-A-IV.  
 Escala: 1:100.000.  
 Levantamento Semi-Detalhado dos Solos de  
 São Paulo - Quadrícula de Campinas. IAC.  
 Escala: 1.100.000.  
 Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias  
 Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá -  
 UGHI 5. Mapa Pedológico. CETEC. Escala: 1:250.000.



Localização da área de estudo:



#### 4.6. Uso e Cobertura da Terra

A agricultura tem apresentado um elevado crescimento no território paulista, intensificando-se o uso do solo e o aumento da produtividade. As culturas que apresentaram maior êxito econômico foram a da cana-de-açúcar e a da laranja. Essas acabaram se sobrepondo a outras de menor êxito e ocupando suas áreas (SHS-CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA S/S LTDA, 2007). A análise mais detalhada da região permitiu constatar que atualmente a maior parte das terras da região são ocupadas pela agricultura, totalizando cerca de 54% da área. Estas áreas são principalmente ocupadas pelas culturas de cana-de-açúcar e o cultivo de laranja (Figuras 14 e 15).

**Figura 14: Plantação de laranja.**



**Fonte: Própria (2011).**

**Figura 15: Plantação de cana-de-açúcar.**



**Fonte: Própria (2011).**

Pelas informações levantadas, foi possível dividir a região em relação ao uso e cobertura da terra em seis categorias, como representado na Tabela 2 e na Figura 17.

**Figura 16: Plantação de *Eucalyptus*.**

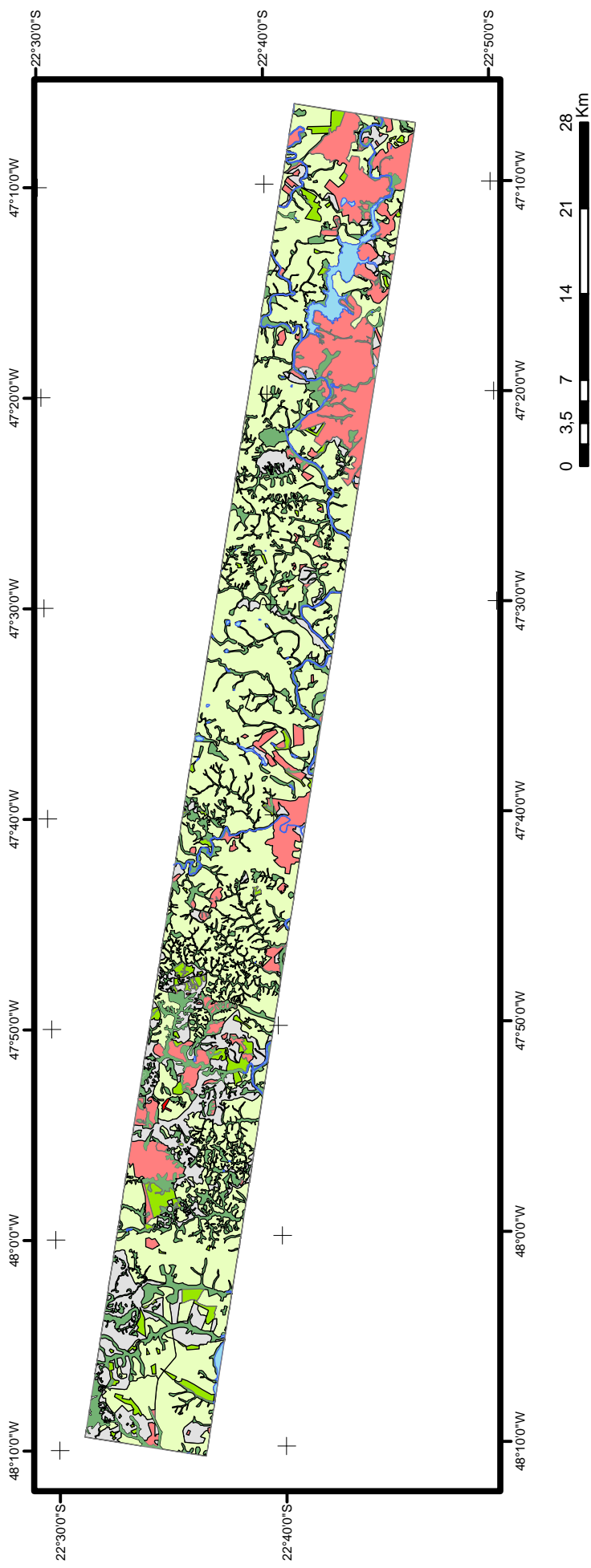


**Fonte: Própria (2011).**

**Tabela 2: Classes de Uso e Cobertura da Terra.**

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Descrição	Área	
		m <sup>2</sup>	%
Agricultura	Áreas ocupadas por grandes plantações ou pequenas propriedades rurais. Predomínio das culturas da cana-de-açúcar e da laranja.	594.837.787	54,08
Mata nativa	Remanescente da vegetação original, formada por trechos de Mata Atlântica, cerrados e cerradões e vegetação de várzea ao longo dos corpos d'água.	205.586.038	18,68
Área urbana	Abrange as áreas ocupadas por edificações e parques industriais.	142.793.670	12,99
Pastagens e campos antrópicos	Áreas ocupadas por vegetação gramínea em sua grande maioria destinada a pastagem de animais ligados a pecuária.	114.480.995	10,40
Reflorestamento	Áreas ocupadas pelo plantio de pinhos e <i>Eucalyptus</i> ( <b>Figura 16</b> ), existentes principalmente pela proximidade de indústrias de celulose.	31.350.290	2,85
Massas de água permanente	Áreas ocupadas por represas, lagoas ou rios de grande porte.	10.607.820	0,97
Pista de Pouso	Área destinada ao pouso de veículos aéreos.	343.400	0,03
Total	-	1.100.000.000	100

# Figura 17: MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA DA ÁREA DE ESTUDO (SP) - 2011



## Legenda

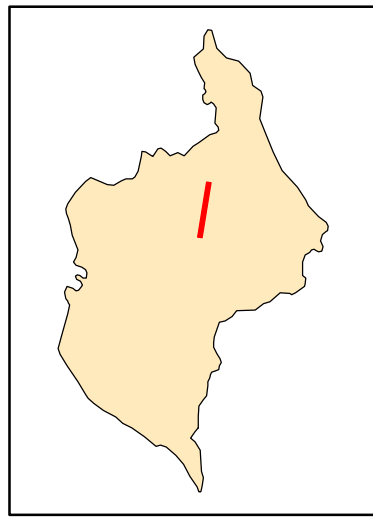
- Pista de Pouso
- Agricultura
- Pastagens e Campos Antrópicos
- Mata Nativa
- Reflorestamento
- Área Urbana
- Massa de Água Permanente
- Limite da Área de Estudo



Projeção UTM  
Datum Córrego Alegre  
Zona 23 Sul

Base Cartográfica:  
Folha IBGE SF-22-B-VI-2, SF-23-M-III-1,  
SF-23-M-III-2, SF-23-M-IV--1, SF-23-Y-A-V-2,  
SF-23-M-IV-3 e SF-23-Y-A-V-4. Escala: 1:50.000.  
Imagem Landsat 5, Composições:  
2B 3G 4R, 2B 4G 7R, 3B 4G 5R, 3B 5G 4R.

Localização da área de estudo:





#### 4.7. Geomorfologia

Segundo o IPT (1981), a área de estudo abrange três unidades morfológicas do Estado de São Paulo: *Cuestas* Basálticas a oeste, frontão de relevo escarpado no contato com a Depressão Periférica e por relevos mais suavizados, dispostos sob a forma de grandes plataformas estruturais, com caimento para oeste. Planalto Atlântico a leste, formado por terras altas constituídas principalmente por rochas de embasamento cristalino e Depressão Periférica na região central, uma faixa de aproximadamente 50 km de largura localizada entre as duas outras unidades e que é formada principalmente por um relevo suave com ondulações.

O Planalto Atlântico está localizado a leste e é caracterizado como uma de terras altas formadas principalmente por rochas de embasamento cristalino. As *Cuestas* Basálticas estão localizadas a leste da área e constituem-se em um frontão de relevo escarpado no contato com a Depressão periférica e por relevos mais suavizados, dispostos sob a forma de grandes plataformas estruturais, com caimento para oeste. A Depressão Periférica é uma faixa de aproximadamente 50 km de largura localizada entre as *Cuestas* Basálticas e o Planalto Atlântico. A unidade é caracterizada por um relevo suave com ondulações.

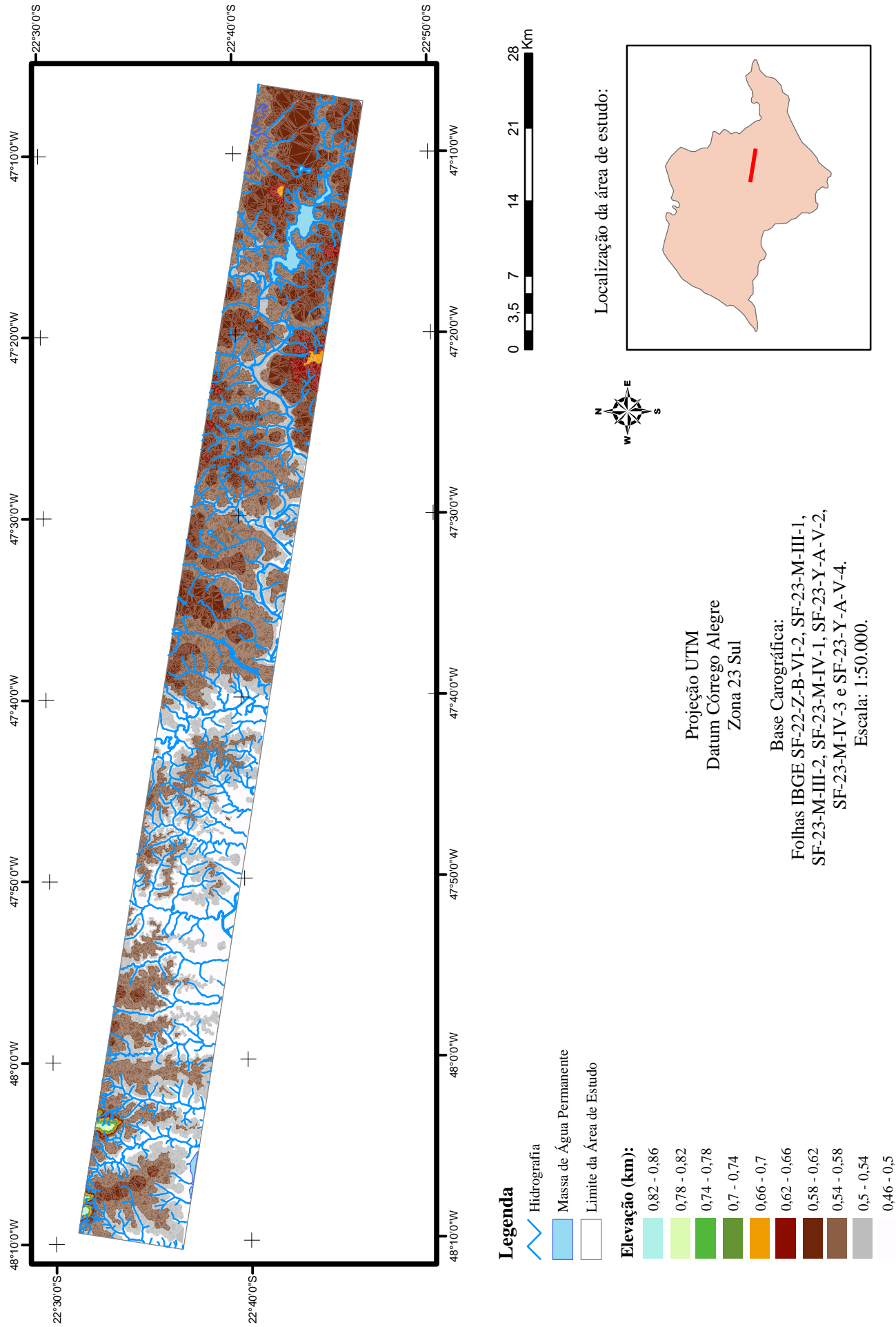
A Tabela 3 e a Figura 18 descrevem as principais formas de relevo encontradas na área.

**Tabela 3: Principais formas de relevo encontradas na área**

Formas de Relevo	Unidades Homogêneas	Principais Características
Relevo de Degradação em Planaltos Dissecados	Colinas Amplas	Predomínio por áreas elevadas entre vales (inteflúvios) superiores a 4 km <sup>2</sup> de topos extensos e aplainados, vertentes de perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade com planícies aluvial interiores restritas. Principalmente encontradas no extremo oeste da área, no entorno do município de Santa Maria da Serra, e também se estende da região central, no entorno de Piracicaba, até o extremo leste da área, no entorno da REPLAN.
	Colinas Médias	Predomínio de inteflúvios de 1 a 4 km <sup>2</sup> com topos aplainados. Drenagem de baixa a média intensidade com vales abertos a fechados e planícies interiores restritas. Encontradas na faixa que abrange O Município de Santa Maria da Serra, no oeste da área, até o município de Piracicaba, na região central.
	Morrotes Alongados e Espigões	Predomínio de inteflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade com vales fechados. Encontrada principalmente no noroeste da área. se apresentando na paisagem de forma alternada com as Colinas Médias.

Fonte: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (2009).

# Figura 18: MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO DO TERRENO DA ÁREA DE ESTUDO (SP) - 2011



## **5. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO**

O trabalho foi executado em quatro etapas: pesquisa bibliográfica, geração do banco de dados, definição e ponderação dos critérios e Avaliação Multicritérios.

### **5.1. Pesquisa bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica é uma etapa que esteve presente do começo ao fim do projeto, tendo objetivo de apresentar conceitos e termos ligados às áreas de engenharia, meio ambiente, climatologia, pedologia, geologia, geomorfologia, ocupação urbana, evolução das paisagens e sistemas naturais, corpos hídricos superficiais e legislações pertinentes ao assunto para dar o embasamento essencial à pesquisa e execução do projeto.

### **5.2. Geração do banco de dados**

A montagem do banco de dados permitiu realizar a união do maior número de informações possíveis sobre a área descrita, consituindo-se como uma etapa crucial para a realização de qualquer uma das análises. O banco de dados foi formado por uma série de mapas temáticos desenvolvidos a partir da pesquisa bibliográfica o que permitiu obter uma caracterização ampla da área estudada abordando diversos aspectos.

O primeiro mapa a ser gerado foi o mapa topográfico, desenvolvido a partir da digitalização de cartas topográficas disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. A relação de cartas utilizadas para o mapa topográfico está descrita na Tabela 4.

A partir das cartas topográficas foi possível também obter as rodovias, hidrografia, ferrovias, falhas geológicas e a declividade da região, aspectos de grande importância no estudo de traçados de dutovias. A declividade e as falhas geológicas foram geradas a partir da ferramenta *Surface Analysis* presente no programa ArcGis 9.2, sendo que para as falhas ainda foi necessário a sua digitalização manual seguindo a metodologia descrita por Oliveira *et al.*(2000).

**Tabela 4: Cartas topográficas utilizadas.**

<b>Denominação</b>	<b>Escala</b>	<b>Articulação</b>	<b>Ano</b>
Americana	1:50.000	SF-23-M-IV-3	1969
Campinas	1:50.000	SF-23-Y-A-V-4	1974
Cosmópolis	1:50.000	SF-23-Y-A-V-2	1974
Limeira	1:50.000	SF-23-M-IV-1	1969
Piracicaba	1:50.000	SF-23-M-III-2	1969
Santa Maria da Serra	1:50.000	SF-22-Z-B-VI-2	1974
São Pedro	1:50.000	SF-23-M-III-1	1969

Posteriormente, gerou-se os mapas geológico e pedológico, devido a uma escassez de informações detalhadas da região, estes mapas tiveram que ser elaborados a partir da digitalização de cartas na escala 1:100.000 e no caso do mapa pedológico, foi necessário complementar o estudo com um mapa na escala 1:250.000. A relação dos mapas utilizados na geração de ambos os mapas é descrita na Tabela 5.

**Tabela 5: Relação de mapas utilizados para a elaboração das cartas geológica e pedológica.**

Mapa de Origem					Mapa Gerado
Denominação	Escala	Órgão Responsável	Articulação	Ano	
Mapa Geológico Apêndice II - Quadrículas de Itirapina, Rio Claro, São Pedro, Piracicaba, Laras e Capiravari	1:100.000	Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro	-	2002	Mapa Geológico
Mapa Geológico da Folha de Campinas	1:100.000	Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM	SF-23-Y-A-V	1984	
Mapa Geológico da Folha de Botucatu	1:100.000	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM	SF-22-Z-B-VI	1980	
Carta Pedológica Semi-Detalhada do Estado de São Paulo - Piracicaba	1:100.000	Secretaria de Agricultura e Abastecimento Instituto Agrônômico	SF-23-Y-A-IV	1989	Mapa Pedológico
Levantamento Semi- Detalhado dos Solos de São Paulo – Quadrícula de Campinas	1:100.000	Secretaria de Agricultura Instituto Agrônômico	-	1977	
Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – UGHI 5 Mapa Pedológico	1:250.000	Fundação Paulista de Tecnologia e Educação Centro Tecnológico - CETEC	-	1999	

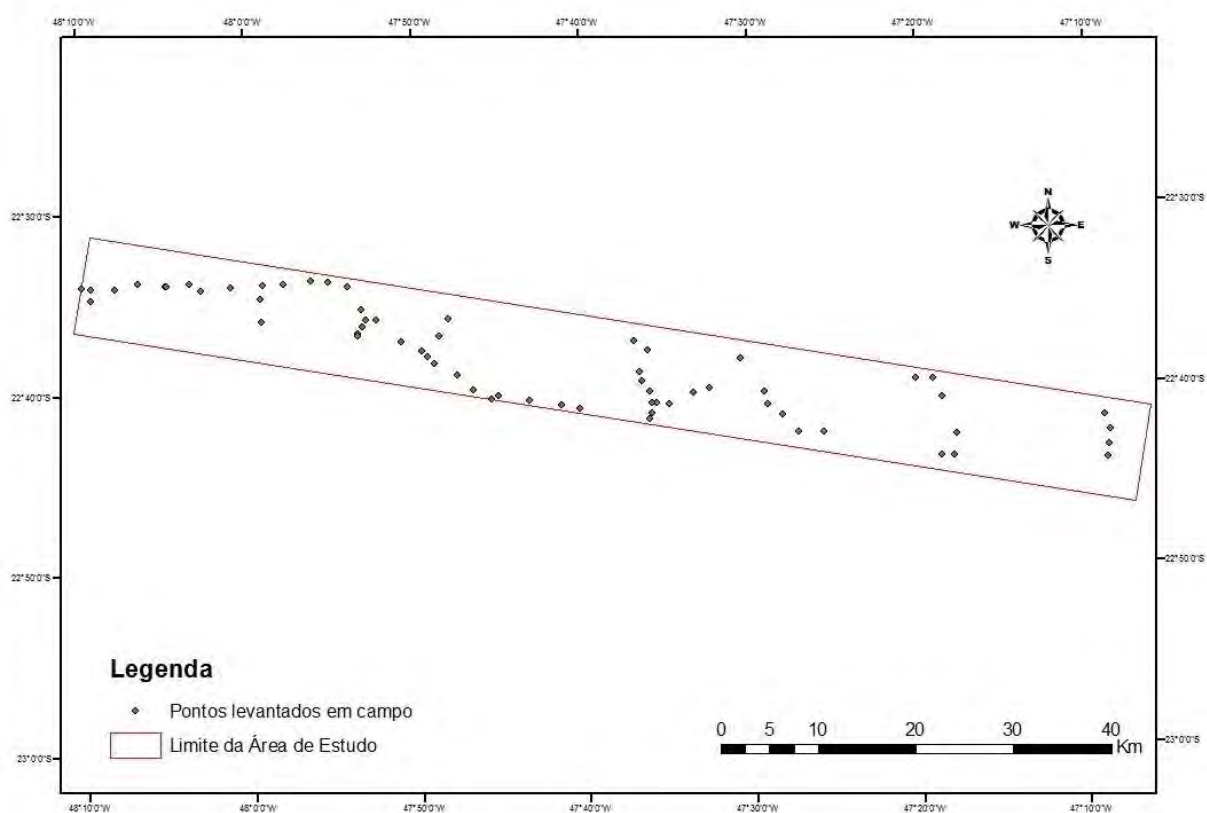
O último mapa a ser gerado foi o de uso e ocupação da terra, este mapeamento foi realizado a partir de uma imagem orbital obtida pelo sensor ETM+ a bordo do satélite Landsat 5 e disponibilizada gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Esta imagem é referente a data de 19 de setembro de 2011. Optou-se por usar imagens do Landsat 5 pelo fato de se poder trabalhar com imagens atualizadas da área.

A imagem foi tratada previamente com o *software* Spring 5.1.2 e posteriormente digitalizada no software ArcGis 9.2 como descrito por Ongarato (2009). Para melhor visualização dos diferentes aspectos da paisagem, foram geradas diversas composições coloridas, variando-se as 7 bandas existentes entre as cores vermelho, azul e verde.

Esta etapa contou também com uma visita técnica a campo na área estudada com o intuito de se verificar e melhor visualizar as asserções geradas neste estudo. A visita a campo constituiu-se no uso de um Sistema de Posicionamento Global (GPS) para o levantamento de 64 pontos distribuídos pela área de estudo. A Figura 19 mostra a distribuição dos pontos levantados. O levantamento de tais pontos visou obter a confirmação de dados observados nas cartas além de poder obter informações atualizadas da área estudada.

**Figura 19: Pontos levantados em campo.**



Como esse trabalho foi baseado prioritariamente em dados secundários, alguns aspectos deixaram de ser avaliados, tais como a geomorfologia e a hidrogeologia, pois tais mapas não foram encontrados em uma escala adequada de análise nos bancos de dados dos centros de pesquisa consultados (Instituto Geológico de São Paulo – IG, Instituto Geográfico e Cartográfico da Universidade de São Paulo – IGC, mapoteca da Universidade Estadual Paulista – Unesp – Campus Rio Claro, mapoteca da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM, mapoteca do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e na mapoteca do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC).

### **5.3. Definição e ponderação dos critérios**

Os critérios e suas ponderações foram definidos a partir do embasamento obtido no levantamento bibliográfico e nas características da área visualizadas a partir do banco de dados gerado. Com os conhecimentos adquiridos na consulta de diversos materiais e profissionais especialistas no assunto, e o prévio conhecimento das características de diferentes naturezas da região, decidiu-se que os critérios deveriam se embasar na Norma Técnica N – 2624 da Petrobras (2009) e nos fatores determinados por Junior & Marques (1998).

A N-2624 define as diretrizes para a fase de planejamento da dutovia. Na fase de projeto da mesma, a norma define condicionantes técnico-ambientais, ou seja, fatores de natureza ambiental ou antrópica que devem ser evitados na passagem da dutovia. Dentre os diversos critérios, foram selecionados os seguintes: cursos d'água, ferrovias, rodovias, áreas urbanas, pistas de pouso, grandes declividades, áreas de agricultura e pastagem e áreas de mata nativa e de proteção ambiental.

Segundo Junior & Marques (1998), dutovias são obras muito superficiais (no máximo atingindo 8 m no subsolo) envolvendo quase sempre apenas o horizonte do solo e a rocha decomposta. O conhecimento dos condicionantes geológicos possibilita dimensionar adequadamente a infraestrutura que suportora a dutovia. Para isso torna-se fundamental partir de um elenco de parâmetros de determinadas formações ou condições geológicas e geomorfológicas, visando obter estudos e soluções de engenharia que serão aplicadas. Embasado nas afirmações dos autores, foram considerados os seguintes condicionantes geológicos a serem evitados:

### 5.3.1. *Aluviões*

Normalmente argilas de baixa capacidade de suporte estão associadas a depósitos de aluviões, além disso, devido sua baixa permeabilidade e comum associação a planícies fluviais, reagem lentamente a flutuações freáticas, podendo causar artesianismo na água do subsolo. Essas características fazem com que esses materiais apresentem estabilidade precária em escavações de valas profundas e sofrem adensamento quando submetidos à aplicação de cargas, ocorrendo recalques e até rupturas de fundações.

### 5.3.2. *Solos agressivos*

De acordo com os critérios e as normas de classificação dos solos (JUNIOR & MARQUES, 1998), são considerados solos agressivos a metais e ao concreto os solos com pH inferior a 6. Solos ácidos podem corroer as tubulações de aço ou concreto podendo provocar vazamentos no subsolo. Normalmente os solos agressivos estão associados a solos com alto teor de Alumínio e Ferro e a bacias sedimentares antigas, onde podem ocorrer folhelhos, argilitos e siltitos.

A agressividade do solo, na atualidade, já não se apresenta mais como um grande problema, pois existem alternativas para solucioná-lo, como o uso de metais de sacrifício ou mantas protetoras.

### 5.3.3. *Solos Colapsíveis*

O processo de colapsividade consiste na deformação ou deslocamento vertical descendente de maneira abrupta, sendo manifestado por afundamentos no terreno. Este processo está associado a uma série de fatores, como dissolução de rochas (carstificação) como calcários, dolomitos, gipsitas e sal; acomodação de camadas do substrato pelo seu próprio peso ou por pequena movimentação segundo planos de falhas. A colapsividade também está associada a presença de solos colapsíveis que possuem estrutura porosa e são instáveis quando saturados.

### 5.3.4. *Solos Expansivos*

Solos expansivos correspondem às argilas expansivas e são encontrados em bacias sedimentares antigas, nos seus argilitos, siltitos e folhelhos, e nos seus produtos de alteração. Geralmente, este tipo de solo está associado a minerais expansivos como esmectitas, típicas de solos litólicos e vertissolos (EMBRAPA, 2009). Ocorrem também no preenchimento de



caixas de falhas e fraturas, confinadas no interior de maciços de rochas ígneas e metamórficas, desenvolvendo pressões de expansão elevadas. Este fato faz com que os taludes de escavações se deteriorem, que ocorram desabamentos em túneis e valas e empuxos que afetem negativamente as estruturas. Essas movimentações no terreno podem acarretar em rompimentos nas tubulações metálicas ou trincas nas estruturas de concreto.

#### 5.3.5. *Topo rochoso raso*

O conhecimento da profundidade do topo rochoso é de suma importância para a implantação de obras como dutovias ou de natureza similar. Pelo grande contraste de permeabilidade do solo e da rocha, essa interface se apresenta como um meio preferencial para percolação da água, onde podem ocorrer processos erosivos com maior frequência.

Além disso, dutos são obras aterradas, normalmente aterradas até 8 metros de profundidade, a presença da rocha alterada dura ou sã pode constituir um entrave à sua execução, representando aumento nos custos pelas dificuldade construtivas, que incluem dinamitação ou a criação de estruturas de suporte adequadas.

#### 5.3.6. *Falhas*

A posição espacial de fraturas e falhas devem ser conhecidas a fim de se obter um dimensionamento adequado dos taludes escavados, provisórios ou definitivos, e eventuais contenções, evitando-se escorregamento, instabilização de encontros e empuxos indesejáveis sobre as tubulações, isso porque áreas ocupadas por falhas ou fraturas normalmente estão associadas a instabilidade geológica.

#### 5.3.7. *Água*

Na definição do traçado de dutovias deve ser evitado o cruzamento com cursos de água e áreas alagadas pois estas áreas requerem fundações especiais para obras como dutovias, além de serem ambientes mais sensíveis a contaminações decorrentes de possíveis vazamentos.

Deve-se levar em conta também a posição do lençol freático e seu comportamento, pois a água está sempre associada situações de risco para a implantação de dutovias como casos de escorregamentos e processos de expansividade, colapsividade e erosão.

Para dutos enterrados, a movimentação do lençol freático pode causar empuxos indesejáveis que afetem sua estrutura podendo causar rompimentos.

Após a identificação dos critérios, estes foram relacionados com as características da área e, assim como na metodologia descrita por Ongaratto (2009), as características foram analisadas independentemente e foram atribuídos pesos a cada uma delas de acordo com os argumentos citados anteriormente. Os pesos variaram de 0 a 3, sendo 0 atribuído ao fato de determinada característica ser inapta a passagem de uma dutovia e 3 para a característica que se apresenta potencialmente apta a passagem de uma dutovia. A padronização dos pesos é um fator essencial na análise, pois diferentes critérios apresentam valores incompatíveis entre si, o que inviabiliza sua integração. Na Tabela 6 é apresentada a variação da escala de pesos.

**Tabela 6: Escala de pesos adotada.**

<b>Característica</b>	<b>Nota Atribuída</b>
Inapta	0
Baixa Aptidão	1
Média Aptidão	2
Potencialmente Apta	3

**Fonte: Ongarato (2009)**

A relação das características com seus devidos pesos levou em conta todas as informações obtidas na revisão bibliográfica e na consulta a profissionais nos assuntos referentes aos temas abordados. A Tabela 7 mostra as características obtidas em cada mapa, seus respectivos pesos e a justificativa do peso atribuído de acordo com os critérios citados anteriormente.

**Tabela 7: Relação de características e pesos atribuídos.**

<b>Mapa Geológico</b>		
<b>Característica (Formação)</b>	<b>Peso</b>	<b>Justificativa</b>
Aquidauana (CPa)	3	Sem limitações de acordo com os critérios considerados.
Botucatu (Jkb)	3	Sem limitações de acordo com os critérios considerados.
Coberturas Indiferenciadas (Tqir)	2	Argilitos podem indicar a presença de solos expansíveis.
Corumbataí (Pc)	1	Argilitos e folhelhos podem indicar a presença de solos expansíveis e bancos carbonáticos a presença de solos colapsíveis.
Caçapava (TQc)	2	Folhelhos podem indicar a presença de solos expansíveis.
Irati (Pi)	1	Argilitos e folhelhos podem indicar a presença de solos expansíveis e calcários a presença de solos colapsíveis.
Itararé (CPi)	2	Folhelhos podem indicar a presença de solos expansíveis.
Piramboia (TiJp)	2	Folhelhos e arenitos argilosos podem indicar a presença de solos expansíveis.
Rio Bonito (Prb)	1	Folhelhos podem indicar a presença de solos expansíveis e níveis carbonático-argilosos a presença de solos colapsíveis. Além disso, a associação grande quantidade de material orgânico pode produzir solos ácidos.
Rio Claro (TQr)	2	Arenitos argilosos e intercalações argilosas podem indicar a presença de solos expansíveis.
Sedimentos Aluvionares (Qa)	0	Associado a argilas de baixa capacidade de suporte. Não recomendado para passagem de dutovias.
Serra Geral (Jksg)	3	Sem limitações de acordo com os critérios considerados.
Tatuí (Ptt)	2	A concentração de calcário pode indicar a presença de solos colapsíveis.

**Tabela 7 (Cont.): Relação de características e pesos atribuídos.**

<b>Mapa Pedológico</b>		
<b>Característica (Tipo de Solo)</b>	<b>Peso</b>	<b>Justificativa</b>
Areia Quartzosa	2	Sem grandes limitações de acordo com os critérios considerados, porém apresenta potencial erosivo com o aumento da declividade.
Latossolo	2	Pode apresentar caráter agressivo às tubulações devido a sua acidez.
Pozólico Brunizem Terra Roxa	0	Apresentam alto potencial erosivo, podem se apresentar como solos colapsíveis pela presença de rochas carbonáticas e seu lençol freático fica suspenso temporariamente.
Cambissolos	1	Solos pouco desenvolvidos, podendo apresentar trechos com a rocha exposta.
Solos Litólicos	0	Associado a argilas de baixa capacidade de suporte. Não recomendado para passagem de dutovias.
Solos Gleizados	0	Apresenta características de um solo tipicamente colapsível e agressivo.
Podzol	1	Formados a partir de materiais arenosos inconsolidados e com o lençol freático próximo a superfície.
Solos Aluviais	0	Normalmente, este tipo de solo está associado a argilas de baixa capacidade de suporte, se apresentando como inapto para a passagem de dutovias.
<b>Mapa de Declividade</b>		
<b>Característica (Declividade - %)</b>	<b>Peso</b>	<b>Justificativa</b>
0 – 2	3	Com o aumento da declividade, aumenta a instabilidade do terreno, com taludes mais suscetíveis a desabamentos ou deslizamentos, sendo necessárias fundações mais resistentes para o suporte das dutovias.
2-8	3	
8-15	2	
15-30	1	
> 30	0	

**Tabela 7 (Cont.): Relação de características e pesos atribuídos.**

<b>Mapa de Uso e Ocupação da Terra</b>		
<b>Característica (Uso e Ocupação)</b>	<b>Peso</b>	<b>Justificativa</b>
Agricultura	2	Áreas particulares e produtivas que para a passagem de uma dutovia necessitam ser desapropriadas.
Mata nativa	0	Áreas protegidas por lei e a implantação de uma dutovia causaria impactos negativos ao meio ambiente.
Área urbana	0	O contato da dutovia com tais áreas oferece riscos à população humana.
Pastagens e campos antrópicos	3	Locais ideais para a passagem da dutovia
Reflorestamento	1	Sem limitações de acordo com os critérios considerados.
Massas de água permanente	0	Grandes concentrações hídricas em que possíveis vazamentos acarretariam em grandes impactos ambientais. Além disso, elementos da paisagem exigem estruturas e adaptações na dutovia que encareceriam o projeto.
Pista de Pouso	0	Áreas destinadas ao pouso de veículos aéreos exigem uma série de limitações rigorosas. A passagem de uma dutovia oferece risco ao pouso de veículos.

Para os componentes lineares dos mapas (hidrografia, linhas ferroviárias, rodovias e falhas geológicas) foi gerada uma área de segurança (*buffer*) em torno de cada um. As regiões internas dos *buffers* foram classificadas como áreas inaptas para a implantação de uma dutovia enquanto as áreas externas foram classificadas como aptas.

No caso da hidrografia, o *buffer* representa as áreas de proteção permanente no entorno de corpos hídricos. Devido a impossibilidade de definir a largura dos rios existentes na área com mapas na escala 1:50.000, estipulou-se que todos os rios tenham menos de 10 m de largura, com exceção daqueles classificados como massas permanentes de água (Rio Piracicaba e Rio Atibaia). Assim, como define a Lei 4771 de 15 de setembro de 1965 presente no Código Florestal Brasileiro, foi determinado um *buffer* de 30 metros para os rios, 50 metros para nascentes e massas de água permanente (represas e rios com mais de 10 metros de largura).

Para as rodovias, linhas ferroviárias e falhas geológicas foi determinado um *buffer* de 60 metros como área de risco para a população no caso das rodovias e como área de possível instabilidade para as falhas. Também foi determinado que as alternativas de traçado deveriam tentar acompanhar as rodovias, pois tal aspecto oferece facilidades na manutenção da dutovia.

#### 5.4. Avaliação Multicritérios

A Avaliação Multicritérios foi realizada com o uso da ferramenta *Overlay Weighted* presente no ArcGis 9.2. Esta ferramenta realiza a sobreposição de mapas com diferentes ponderações para os critérios e características envolvidas, sendo seu algoritmo funcional a combinação linear ponderada - CLP, que consiste em um dos métodos clássicos da Avaliação Multicritérios.

Assim como as características receberam pesos de acordo com sua aptidão para a implantação de uma dutovia, foram atribuídas porcentagens de influência para cada mapa utilizado de acordo com a sua importância na decisão de implantar uma dutovia.

Foram realizados alguns testes com diferentes ponderações até que se obtivesse uma ponderação mais fiel à realidade, uma vez que alguns dos mapas gerados mostravam-se inadequados para a proposta do estudo. A Tabela 8 e Figura 20 mostram os diferentes testes realizados com suas respectivas ponderações.

A opção considerada mais adequada ao proposto foi o Teste 4, pois este, em comparação aos outros testes realizados, apresentou a melhor distribuição de áreas em relação às suas aptidões, aproximando-se mais da realidade e do proposto no trabalho.

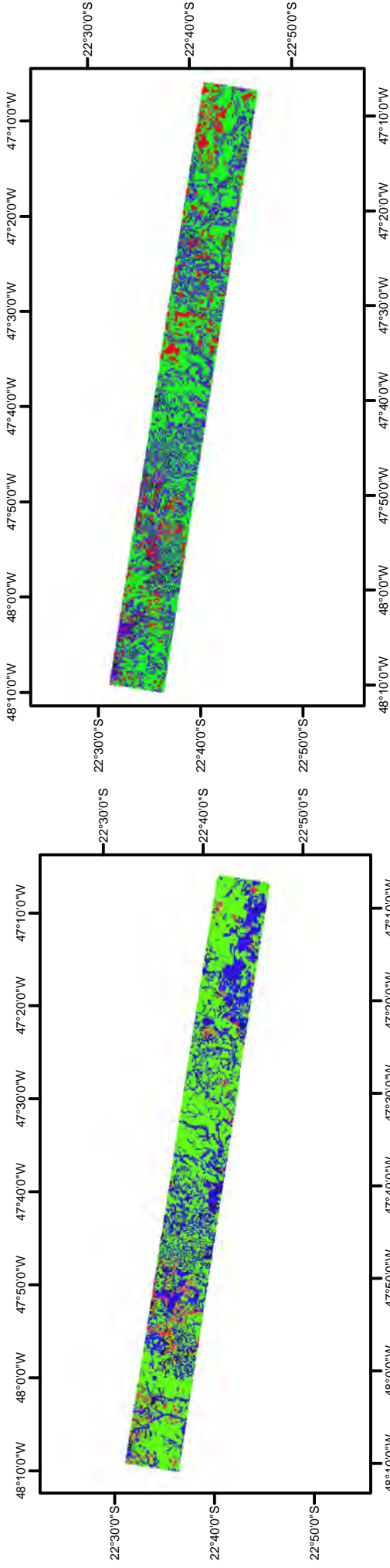
**Tabela 8: Relação de mapas e respectivas ponderações.**

Mapa	Ponderação (%)			
	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4
Uso e Cobertura da Terra	40	50	50	60
Pedologia	15	15	20	15
Geologia	15	15	10	10
Declividade	30	20	30	15

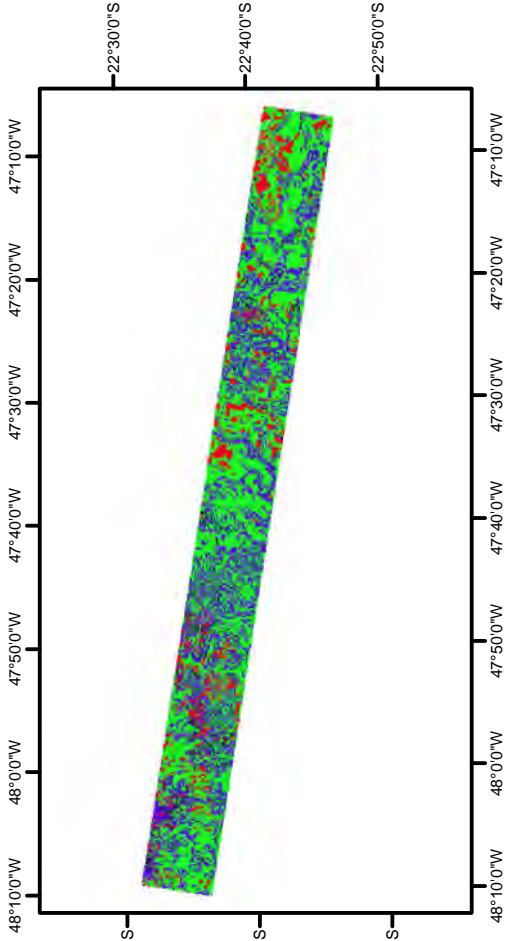
Devido a limitações encontradas no *software*, os componentes lineares e seus respectivos *buffers* foram avaliados visualmente, evitando-se ao máximo o cruzamento com tais elementos por terem sido classificadas como áreas inaptas para a passagem de dutovias. Assim, foram adicionados ao mapa gerado (Teste 4) as rodovias, hidrografia e falhas geológicas presentes na região com seus respectivos *buffers* (Figura 21).

# Figura 20: TESTES REALIZADOS COM DIFERENTES PONDERAÇÕES

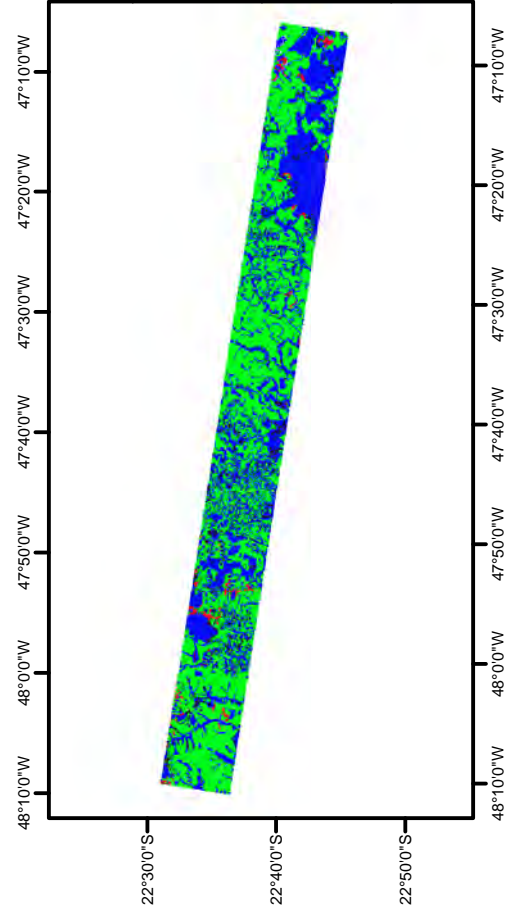
**Teste 1**



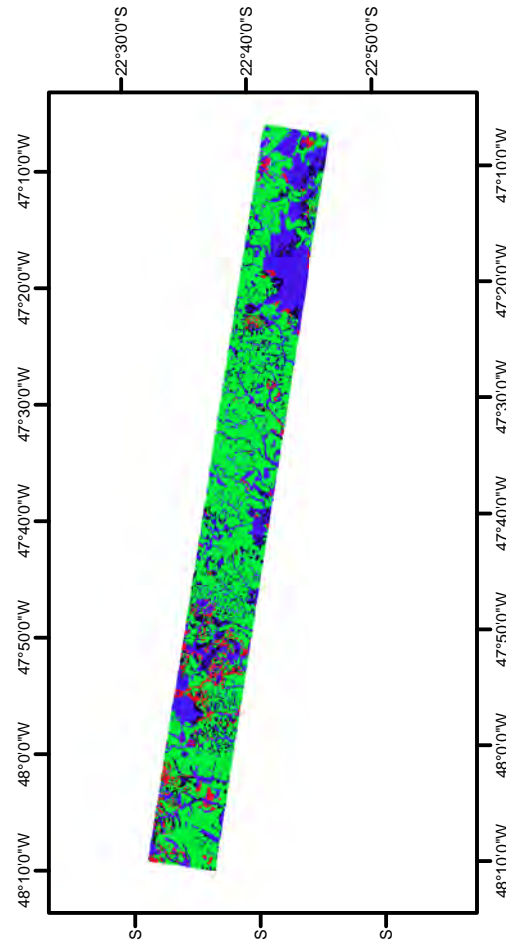
**Teste 2**



**Teste 3**



**Teste 4**

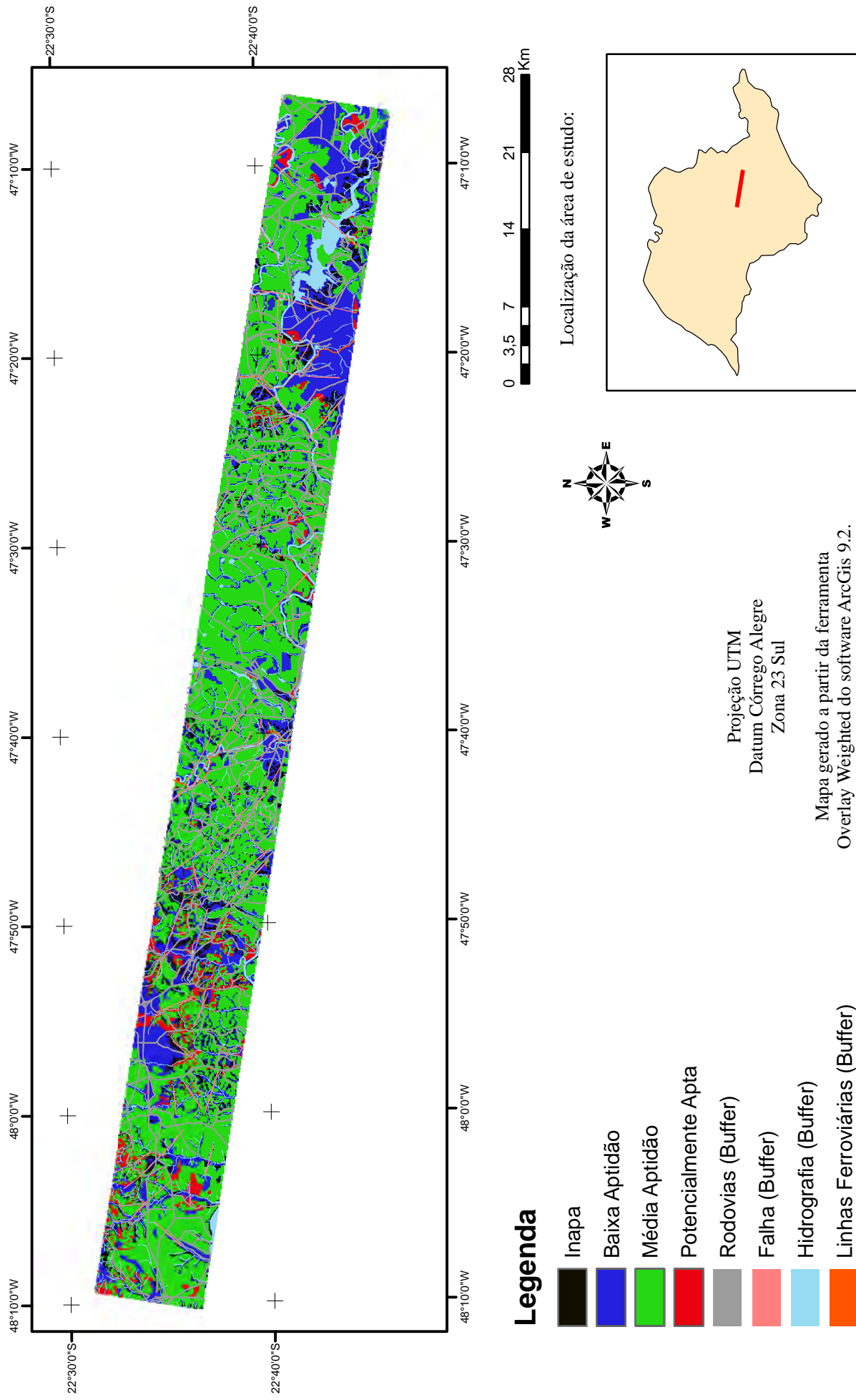


**Legenda**





**Figura 21: MAPA DE ÁREAS INDICADAS  
PARA A PASSAGEM DE UMA DUTOVIA (SP) - 2011**



## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa gerado através da Avaliação Multicriterial demonstra as áreas mais aptas ou menos aptas para a implantação de uma dutovia, sendo dividido em quatro classes de aptidão: áreas inaptas, com baixa aptidão, com média aptidão e potencialmente aptas.

As áreas classificadas como inaptas são aquelas que, de acordo com os atributos considerados não possuem características desejáveis para a implantação da dutovia, podendo oferecer riscos a população humana, possibilidade de rompimentos e conseqüentemente vazamentos ou custos elevados para sua implantação.

As áreas de baixa aptidão e média aptidão são áreas que possuem restrições para a implantação da dutovia, mas também possuem características desejáveis que permitem sua implantação, o que difere uma da outra é que nas áreas de baixa aptidão as restrições superam as características desejáveis e nas áreas de média aptidão ocorre o inverso.

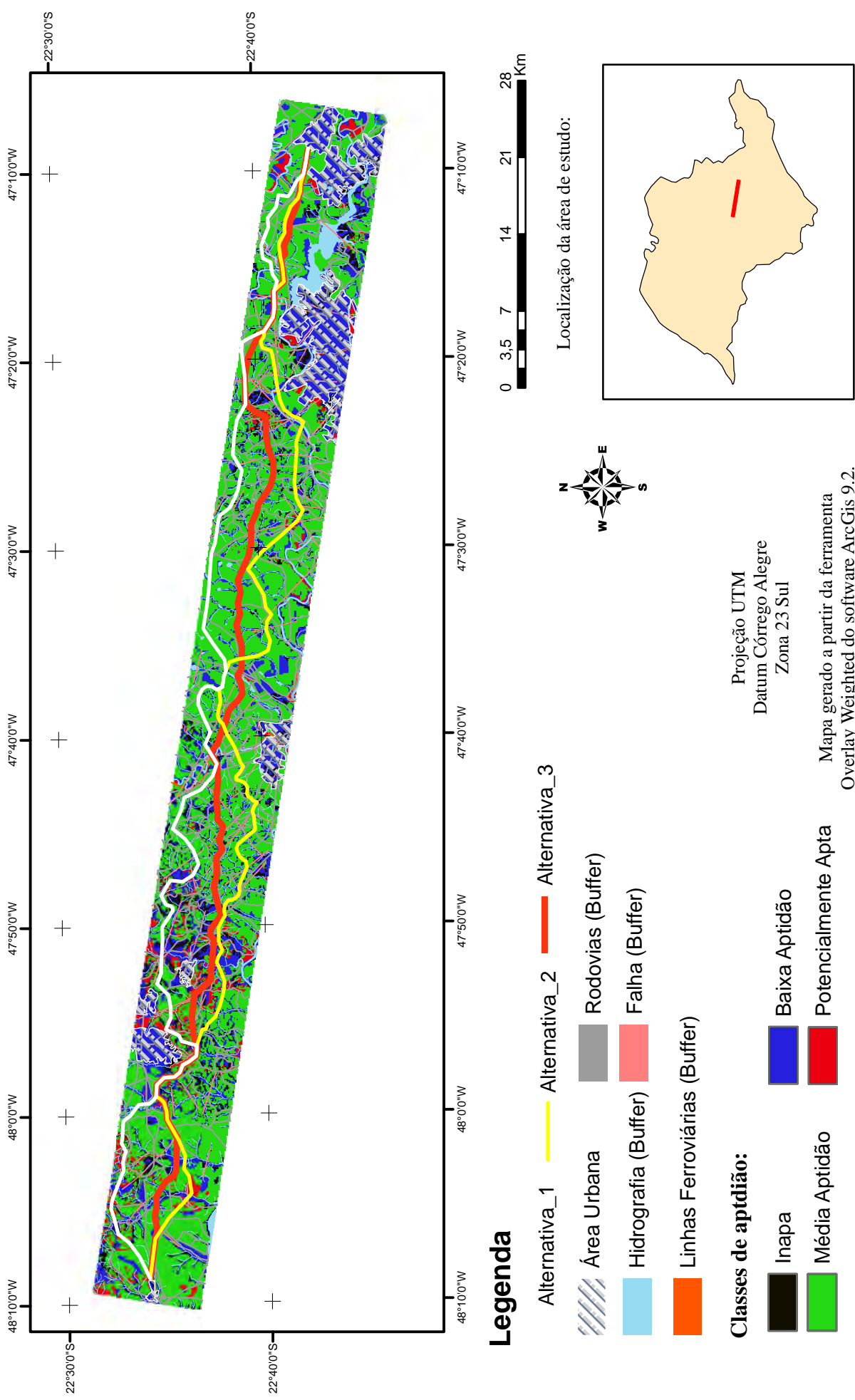
A última categoria apresentada no mapa são as áreas potencialmente aptas, estas são áreas que apresentam características positivas à implantação da dutovia ou que frente às demais, apresentam melhor combinação de atributos, ou seja, poucas ou nenhuma restrição para a implantação de uma dutovia.

A maior parte das áreas foi classificada como de média aptidão, apresentando-se como de baixa aptidão principalmente perto de áreas urbanas e áreas ocupadas por mata nativa.

A análise também produziu trechos que se apresentavam aptos para a passagem do duto, provavelmente por apresentar características desejáveis como declividade, geologia ou pedologia, porém se encontravam no meio de grandes áreas urbanas ou de massas de água permanente, nestes casos foi necessária a avaliação visual para descartá-las.

A partir do mapa gerado na Análise multicriterial associado às rodovias, hidrografia, falhas geológicas e linhas ferroviárias foram desenvolvidos três possíveis traçados para a dutovia (Figura 22).

**Figura 22: MAPA CONTENDO AS ALTERNATIVAS DE TRAJADO PARA DUTOVIAS (SP) - 2011**



Os traçados foram elaborados manualmente no ArcGis 9.2 levando-se em conta a aptidão das áreas. No desenvolvimento destes, priorizou-se as áreas classificadas como potencialmente aptas ou de média aptidão, evitando-se o máximo possível que o traçado cruzasse com os componentes lineares do mapa. Quando não havia alternativa, passava-se por áreas de baixa aptidão, sempre optando pelas de menor extensão.

Áreas ocupadas por núcleos urbanos foram desconsideradas para a passagem dos traçados, optando-se sempre por outras áreas.

A Tabela 8 mostra o comprimento das alternativas de traçado desenvolvidas.

**Tabela 9: Alternativas desenvolvidas e seus comprimentos**

<b>Traçado</b>	<b>Comprimento (m)</b>
Alternativa 1	124.638
Alternativa 2	121.655
Alternativa 3	113.024

Após a realização do estudo de análise multicriterial, a extensão da dutovia foi considerada como fator determinante para a escolha da melhor alternativa. A extensão ou comprimento da dutovia está diretamente associada ao custo do projeto, envolvendo a quantidade de material a ser utilizado e a extensão da área que deverão ser focadas as obras. Áreas que agregariam variações no custo do projeto pela necessidade de fundações especiais outros fatores já foram consideradas no desenvolvimento dos traçados. Seguindo essa lógica, o traçado de maior extensão representaria maior custo de projeto e o traçado de menor extensão, o menor custo de projeto e logo o mais recomendável. Assim, o traçado que se apresenta como mais recomendável é a Alternativa 3.

É importante ressaltar que o trabalho realizado destaca alguns dos pontos críticos a serem considerados em projetos deste tipo, não substituindo uma análise mais detalhada da região e sim servindo para orientar investigações e levantamentos mais detalhados. Devido a limitações no *software* utilizado como o fato de necessitar da supervisão humana e da escassez de material de pesquisa em escala adequada disponível, diversos fatores que têm grande peso na decisão do estabelecimento de uma dutovia tiveram que ser deixados de lado ou vistos de maneira superficial.

O trabalho tentou obter o máximo de dados possíveis a partir das escalas disponíveis (1:50.000 e 1:100.000), não sendo possível realizar o desenvolvimento de levantamentos muito mais detalhados pelo tempo e aporte financeiro que este tipo de análise, requer, o que se distanciaria do objetivo principal do estudo. Porém, para as fases mais avançadas de projetos de implantação de dutovias, torna-se necessário o uso de mapas com escalas maiores e mais detalhadas (por exemplo, 1:25.000).

## 7. CONCLUSÃO

O crescimento nacional da produção de etanol, assim como a expansão da comercialização desse produto para o exterior, torna necessário o desenvolvimento de um sistema de transportes capaz de suportar a grande quantidade de produtos ao mesmo tempo que oferece segurança ao meio ambiente e à população; é nesse contexto que se enquadra a criação do corredor de exportação de etanol.

Dutovias são obras de infraestrutura muito eficientes e seguras para o transporte de produtos de naturezas distintas, o que justifica a sua ampla utilização na atualidade. Devido a sua extensão, tais obras interceptam terrenos com diferentes condições e características particulares; a escolha de uma área inapta para a implantação de um dutovia pode oferecer riscos ao meio ambiente e antrópico nas diversas fases do projeto. Assim, torna-se necessário uma análise criteriosa das áreas onde obras desta natureza pretendem ser alocadas.

No estudo de áreas aptas a passagem ou instalação de dutovias, são considerados diversos fatores que não devem ser estudados de maneira isolada e sim inseridos em um contexto muito mais amplo levando-se em conta todos os aspectos do terreno e da paisagem que estão interligados. Dessa maneira, o sistema de informações geográficas – SIG – apresenta-se como uma ferramenta extremamente útil pela sua capacidade de integrar dados espaciais e pela sua versatilidade de materiais produzidos. Porém, apesar de ser uma ferramenta muito eficiente para identificar áreas com ou sem potencial para determinada atividade, os sistemas SIG não dispensa a supervisão humana na apuração dos dados obtidos.

Os resultados produzidos confirmam que a passagem de uma dutovia pertencente ao corredor de exportação de etanol visando unir a Hidrovia Tietê-Paraná a Refinaria do Planalto Paulista nesta área é viável, mas deve-se levar em conta a diversidade de limitações presentes na região. A associação da Avaliação Multicriterial com o SIG e as geotecnologias foi capaz de determinar áreas com diversos graus de aptidão para a passagem de dutovias.

Tais áreas requerem estudos mais detalhados com o intuito de se identificar fatores que o grau de detalhamento da base dados não foi capaz de considerar.

A partir dos mapas gerados foi possível determinar possibilidades de traçados para a dutovia e considerando o fator financeiro, determinou-se a melhor alternativa como a de menor extensão pelo menor custo agregado.

Em alguns pontos da região, pela ausência de áreas de maior aptidão, as alternativas acabaram tendo de suprimir áreas ocupadas por matas nativas ou propriedades particulares e tendo de cruzar com rodovias e corpos d'água, tal fato corresponde à realidade onde dutovias são obras de interesse público e na justificativa de trazer o progresso e desenvolvimento para o país, sua instalação acaba se sobrepondo a outros fatores. Este fato reforça ainda mais a necessidade de um estudo criterioso para a implantação de obras desta natureza, visando causar o menor impacto possível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, U.D.; FREITAS, C. GIS enhances integrity inspections: Combining GIS technology with ILI inspection results helps determine defect quality and location with accuracy. **Pipeline and Gas Technology**, Rio de Janeiro, ago. 2008. Disponível em: <<http://www.pipelineandgastechology.com/Integrity/PiggingUpdate/item32617.php>>. Acesso em: 23 nov. 2009.

ANTONELLO, S. L. **Um sistema de planejamento e gestão para bacias hidrográficas com uso de análise multicritérios**. 2008. 130 p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Piracicaba. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-25112008-104537/>>. Acesso em: 15 jan. 2010.

BENETTI, M. D. A internacionalização recente da indústria de etanol brasileira. *Indicadores Econômicos*, [S.I.], v. 36, n.4, 2008. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/article/viewFile/2220/2620>>. Acesso em: 15 jan. 2010.

BRASIL, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. *Geologia Do Bloco 46: Folha Botucatu*. 1980. Mapa Geológico da Quadrícula de Botucatu, color. Escala 1:100.000.

BRASIL, Congresso Nacional. Lei nº 4771. **Código Florestal**, Brasília, 1965, 18p.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. *Mapa Geológico da Quadrícula de Campinas*. Escala 1:100.000.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional 2008**: ano base 2007. Rio de Janeiro, 2008. 248 p. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/2\\_-\\_BEN\\_2008\\_-\\_Ano\\_Base\\_2007/1\\_-\\_BEN\\_2008\\_Portugues\\_-\\_Completo.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/2_-_BEN_2008_-_Ano_Base_2007/1_-_BEN_2008_Portugues_-_Completo.pdf)>. Acesso em: 17 jan. 2010.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Oferta de biocombustíveis líquidos**. 91 p. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2009/01\\_janeiro/Oferta\\_Biocombustxveis\\_Lxquidos.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2009/01_janeiro/Oferta_Biocombustxveis_Lxquidos.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2010.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira**, Ano base 2008 – Resultados Preliminares. 2008. 22 p. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/3\\_-\\_Resenha\\_Energetica\\_2008/Resenha\\_energetica\\_-\\_2008-V4\\_-\\_25-05-09.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/3_-_Resenha_Energetica_2008/Resenha_energetica_-_2008-V4_-_25-05-09.pdf)>. Acesso em: 17 jan. 2010.

BRITO, D. B. **Dutovias: aspectos gerais e a questão ambiental na definição de trajetos terrestres**. 2009. 38 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.



CARVALHO, M. **Mapeamento da sensibilidade ao impacto por óleo de um segmento da costa entre os estados do Rio Grande do Norte e Ceará utilizando imagens ETM+/LANDSAT 7 e geoprocessamento.** 2003. 279 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Disponível em: < <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/06.10.13.38/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2009.

CASTRO *et al.* A importância das fontes alternativas e renováveis na evolução da matriz elétrica brasileira. In: V SEMINÁRIO DE GERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2009. Disponível em: < [http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/GESEL\\_-\\_Estudo\\_Mapfre\\_-\\_260809%5B1%5D.pdf](http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/GESEL_-_Estudo_Mapfre_-_260809%5B1%5D.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2010.

CHEN, K.P.; BLONG, R.; JACOBSON, C. MCE-RISK: integrating multicriteria evaluation and GIS for risk-decision making in natural hazards. **Environmental Modelling and Software**, Kidlington, v. 16, n. 4, p. 387-397, 2001. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/>>, Acesso em: 25 jan. 2010.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS PIRACICABA, CAPIVARI e JUNDIAÍ. Centro Tecnológico - CETEC.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Introdução:** o que são dutos e que tipos de substâncias transportam. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/dutos/introducao.asp>>. Acesso em: 18 jan. 2010.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB: **Acidentes em São Paulo.** Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/dutos/acidentes.asp>>. Acesso em: 18 jan. 2010.

de OLIVEIRA, D. B.; MORENO, R. S.; MIRANDA, D. J.; RIBEIRO, C. S.; SEOANE, J. C. S.; MELO, C. L. Elaboração de um mapa de lineamento estrutural e densidade de lineamento através de imagem SRTM, em uma área ao norte do rio Doce, ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, n. 14, 2009, Natal. Anais. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro / Departamento de Geologia / Instituto de Geociências, 2009.p. 4157 – 4163. Disponível em:< <http://martedpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.23.12/doc/4157-4163.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2011.

**de São Paulo.** Escala 1:1.000.000. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. São Paulo, 1981.

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: 23 jan. 2010.

EASTMAN, J.R. Idrisi for Windows, Version 2.0. **Tutorial exercises.** Worcester: Clark University, 1997. p. 93.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2009.

GOLDEMBERG, J; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados.** v. 21, n. 59, p. 7-21, jan./abr. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000100003&script=sci\\_arttext&tlng=em](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000100003&script=sci_arttext&tlng=em)>. Acesso em: 17 jan. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Americana. São Paulo, 1969. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Campinas. São Paulo, 1974. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cosmópolis. São Paulo, 1974. Escala 1:50.000

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Limeira. São Paulo, 1969. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapas**. Disponível em: <[http://www.ibge.com.br/mapas\\_ibge/](http://www.ibge.com.br/mapas_ibge/)>. Acesso em: 20 jan. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Piracicaba. São Paulo, 1969. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Santa Maria da Serra. São Paulo, 1969. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. São Pedro. São Paulo, 1969. Escala 1:50.000

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Mapa Geológico do Estado**  
INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Key World Energy Statistics 2008**. Disponível em: <[http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/key\\_stats\\_2008.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/key_stats_2008.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2010.

JUNIOR, J. N. & MARQUES, A. S. **Linhas de Transmissão e Dutovias**. In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A. Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, p. 499-508, 1998.

MALCZEWSKI, J. **Gis and multicriteria decision analysis**. New York: John Wiley, 1999, 362 p.

MARTINS, U. O. **A Logística para Exportação do Etanol**. TRANSPETRO. 27 de Março de 2008.

MELLO, J.C.C.B.S. de; GOMES, E.G.; LETA, F.R.; PESSOLANI, R.B.V. Conceitos básicos do apoio multicritério à decisão e sua aplicação no projeto de Aerodesign. **Engevista**, Niterói, v. 5, n. 8, p. 22-35, 2003.

OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F.; ROTTA, C. L. Levantamento Semidetalhado Dos Solos Do Estado de São Paulo: Quadrícula de Campinas. Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, 1977. mapa, color. Escala 1:100.000.

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. Carta Pedológica Semi-Detalhada do Estado de São Paulo: Piracicaba. Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, 1989. mapa, color. Escala 1:100.000.

ONGARATTO, C. **Utilização de Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Para Mapeamento de Áreas Potenciais Para Instalação de Aterro Sanitário no Município de Osasco, SP**. 2009. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

PETROBRAS. **Norma Técnica – N-2624 – Implantação de Faixas de Dutos Terrestre**. Rev. B, mai/2009. Fornecido pela PETROBRAS-ENGENHARIA-IETEG-ETEG-EAMB.

PETROBRAS. **Norma Técnica – N-2636 – Geoprocessamento**. Rev. A, mai/2002. Fornecido pela PETROBRAS-ENGENHARIA-IETEG-ETEG-EAMB.

PIACENTE, E. A. **Perspectivas do Brasil no mercado internacional de etanol**. 2006. 173 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

POOLE, A. **Estudo sobre o etanol e o metanol como alternativas para a substituição do petróleo no Brasil**. São Paulo, Inst. De Física/ USP, 1979.

RIBEIRO, P. C. C.; FERREIRA, K. A. Logística e transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Curitiba. 2002. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2002\\_TR11\\_0689.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2002_TR11_0689.pdf)>. Acesso em: 22 jan. 2010.

RODRIGUES, S. B. M. **Avaliação das alternativas de transporte do etanol para exportação na região Centro-Sul**. 2007. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Operação de Sistemas de Transporte) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-07042008-114034/>>. Acesso em: 19 jan. 2010.

ROMERO, T. **Etanol global**. Agência FAPESP, 23 jul. 2009. Disponível em: <<http://www.agencia.fapesp.br/materia/10805/especiais/etanol-global.htm>>. Acesso em: 23 jan. 2010.

SALOMÃO, F. X. & ANTUNES, F. S. **Solos em Pedologia**. In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A. Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, p. 87-109, 1998.

SÃO PAULO (Estado). SECRETARIA DOS TRANSPORTES, Governo do Estado de São Paulo. **Hidrovia Tietê-Paraná**. Disponível em: <<http://www.transportes.sp.gov.br/v20/hidrovia.asp>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

SHS – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA S/S LTDA. Plano de Bacias Hidrográficas 2004 – 2007 dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Contrato SABESP nº 29.219/03. São Paulo, 2006.

SOUZA, A. S. **Análise da inserção internacional dos agentes econômicos da cadeia produtiva de etanol do Brasil**: evolução recente e perspectivas futuras. 2008. 76 p. Trabalho de Iniciação Científica. São Bernardo do Campo. Disponível em: <[http://www.fei.edu.br/AnaliseInsercaoInternacional\\_Perspectivas.pdf](http://www.fei.edu.br/AnaliseInsercaoInternacional_Perspectivas.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2010.

SOUZA, M. O. L. Mapa Geológico: Apêndice II. Rio Claro, 2002. Mapa Geológico das Quadrículas de Itirapina, Rio Claro, São Pedro, Piracicaba, Laras e Capiravari, color. Escala 1:100.000.

THILL, J.C. **Multicriteria decision-making and analysis**: A Geographic Information Sciences approach. New York: Ashgate, 1999. 354 p.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos Estudos – CEBRAP**, São Paulo, n. 70, p. 47-69, nov. 2007. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-33002007000300003&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-33002007000300003&script=sci_arttext&tlng=en)>.  
Acesso em: 15 jan. 2010.

TRANSPETRO, 2008. Corredor de Exportação de Etanol In: Reunião Conjunta EPE e TRANSPETRO sobre o Projeto Logística de Álcool da Petrobras, 20 mar. 2008.

TRANSPETRO. **Terminais e Oleodutos – Corredor de etanol.** Disponível em: <[http://www.transpetro.com.br/TranspetroSite/appmanager/transpPortal/transpInternet?\\_nfpb=true&\\_windowLabel=barraMenu\\_3&\\_nffvid=%2FTranspetroSite%2Fportlets%2FbarraMenu%2FbarraMenu.faces&\\_pageLabel=pagina\\_base](http://www.transpetro.com.br/TranspetroSite/appmanager/transpPortal/transpInternet?_nfpb=true&_windowLabel=barraMenu_3&_nffvid=%2FTranspetroSite%2Fportlets%2FbarraMenu%2FbarraMenu.faces&_pageLabel=pagina_base)>. Acesso em: 15 jan. 2010.

VALENTE, R. O. A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG.** 2005. 121 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Piracicaba. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-15062005-154402/>>. Acesso em: 15 jan. 2010.

VETORAZZI, C.A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na identificação de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conservação de recursos hídricos.** 2006. 151 p. Tese (Livre Docente do Departamento de Engenharia Rural) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/11/tde-06072007-103043/>>. Acesso em: 25 jan. 2010.

VIEIRA, L. S.; dos SANTOS, P. C. T. C.; VIEIRA, M. N. F. Propriedades Químicas do Solo. In: Solos: Propriedades, Classificação e Manejo. Brasília, 1988. p 63-69.