

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL

VINÍCIUS GREGOLIN FERREIRA

Viabilidade Ambiental de Traçados Rodoviários: o caso do
Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, São Paulo

São Carlos
2012

VINÍCIUS GREGOLIN FERREIRA

**Viabilidade Ambiental de Traçados Rodoviários: o caso do
Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, São Paulo**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Mateus Moretto

São Carlos

2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Atendimento ao
Usuário do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

F383v Ferreira, Vinícius Gregolin.
Viabilidade ambiental de traçados rodoviários: o caso do trecho sul do Rodoanel Mário Covas, São Paulo. / Vinícius Gregolin Ferreira; orientador Evandro Mateus Moretto. São Carlos, 2012.

Dissertação - Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental)-- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

1. Planejamento ambiental. 2. Empreendimentos rodoviários. 3. Alternativas locais. 4. Base de referência ambiental. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Bacharel **VINICIUS GREGOLIN FERREIRA.**

Título da dissertação: "Viabilidade Ambiental de traçados rodoviários: o caso do trecho sul do Rodoanel Mário Covas, São Paulo".

Data da defesa: 14/05/2012

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. **Evandro Mateus Moretto (Orientador)**
(Escola de Artes, Ciências e Humanidades/USP)

Aprovado

Prof. Dr. **Marcelo Montaña**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Dr^a. **Amarilis Lucia Castelli Figueiredo Gallardo**
(Instituto de Pesquisas Tecnológicas/IPT)

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:
Prof. Dr. **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo Cesar Lima Segantine**

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Evandro Mateus Moretto por todo o apoio e dedicação, não só neste trabalho, mas em todos que desenvolvemos ao longo dessa jornada acadêmica.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo suporte financeiro para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, (PPG-SEA/USP), e aos professores e funcionários envolvidos, por todo o apoio físico e científico fornecido.

Aos amigos do Núcleo de Estudos de Política Ambiental (NEPA), especialmente Giovana Dominicci, Loretha Nascimento e Priscila Oppermann, por todos os momentos juntos e pelos auxílios em todas as horas.

A todos os meus amigos, os quais foram de extrema importância para a realização deste trabalho, em especial Caio Mazucanti, Débora Nascimento, Edson Cinaqui, Ericka Pardini, Flávia Passos, Kelly Kawakami, Marden Robles e Sérgio D'Ippolito. Vocês são muito importantes para mim e estiveram presentes, cada um de sua maneira, em todos os momentos que precisei. Obrigado, “...and it keeps getting better”.

A Deus, por me acompanhar todos os dias e me mostrar de diversas maneiras qual o melhor caminho a seguir nas horas de dificuldade.

Por fim, mas não menos relevante, a toda minha família. Não tenho palavras pra descrever a importância que vocês tiveram nessa etapa da minha vida. Se não fosse pelo amor, apoio e compreensão de vocês, principalmente meus pais Cristiane Gregolin e Fábio Ferreira e meu irmão Lucas Ferreira, eu não sei como eu terminaria este trabalho. Obrigado por estarem sempre ao meu lado e acreditarem em mim.

FERREIRA, V. (2012). **Viabilidade Ambiental de Traçados Rodoviários: o caso do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, São Paulo**. 95 f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.

RESUMO

A definição da localização de um empreendimento é uma das principais decisões que determinará a magnitude e a importância de grande parte dos impactos ambientais negativos resultantes de sua instalação e operação. Porém, é visto que a dimensão ambiental normalmente não está presente nas análises de localização do projeto que ocorrem previamente ao licenciamento ambiental, levando-se em consideração apenas as dimensões técnicas e econômicas. Um dos motivos atribuídos a esta ausência é que normalmente não existem ou não estão disponíveis informações ambientais de natureza secundária que revelem restrições territoriais para a localização do empreendimento previamente ao processo de licenciamento ambiental, sendo normalmente produzidas posteriormente durante a elaboração do estudo ambiental dentro do processo de avaliação de impacto ambiental. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar as possibilidades para o estabelecimento de uma base referencial de informações sobre potencialidades e restrições ambientais e territoriais como suporte ao estudo de alternativas de traçados rodoviários, previamente ao início do processo formal de avaliação de impacto ambiental e de licenciamento ambiental do projeto. Para isso, foram identificados quais são os principais fatores territoriais necessários à análise prévia de viabilidade ambiental de traçados rodoviários, utilizando-se como estudo de caso do trecho sul do Rodoanel Mário Covas, na região metropolitana de São Paulo. Foram aplicadas técnicas de geoprocessamento para trabalhar os dados encontrados e assim, foram produzidas três diretrizes de traçado a partir das restrições ambientais, as quais foram discutidas junto da potencialidade do território, identificando alterações que podiam ter sido feitas no traçado construído da rodovia. As discussões mostram que, ainda que existam certos limites (como a padronização dos dados trabalhados e a escala trabalhada), é possível compatibilizar potencialidades e restrições territoriais ambientais na concepção de alternativas de localização, previamente ao processo de licenciamento ambiental, para o caso de empreendimentos rodoviários.

Palavras-chave: empreendimentos rodoviários; alternativas locacionais; planejamento ambiental; base de referência ambiental.

FERREIRA, V. (2012). **Environmental viability of road designs: the case of south section of Rodoanel Mário Covas, São Paulo**. 95 f. MSc Dissertation. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.

ABSTRACT

Defining the location of an enterprise is one of the key decisions that determine the importance of the negative environmental impacts resulting from its installation and operation. But, the environmental dimension is not normally present in the analysis of location of the project that occur before the environmental licensing, considering only the technical and economic aspects. One reason for this is the fact that the environmental information of a secondary nature, which reveals territorial restrictions to the location of the project, is not available or are not systematized and available for this preliminary analysis, and it is usually produced later during the preparation of the environmental statement within the process of environmental impact assessment. In this sense, this work aims to analyze the possibilities for setting a reference base of information on environmental and territorial potential and restrictions, as a support for the study of alternative road designs, prior to the environmental impact assessment and environmental licensing of the project. For this, the main territorial factors, necessary for investigating the environmental analysis of road layouts viability were identified, using as a case study of the southern section of the Rodoanel Mario Covas in the metropolitan region of Sao Paulo. Geoprocessing techniques were applied to work the found data, and then, three road designs guidelines were produced from the environmental restrictions, which were discussed with the territorial potential, identifying changes that could have been made in the constructed road layout. The discussions show that, although that are limits (as standardization of the discussed data and the worked scale), is possible to reconcile the territorial environmental potential and restrictions in the concept of road designs, prior to the licensing process for the case of road projects.

Key-words: Road projects; locational alternatives; environmental planning; environmental reference base.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração geral dos fluxos de procedimentos para a concepção de alternativas de localização que são empregadas normalmente e hipoteticamente a partir de uma Base de Referência	25
Figura 2 - Rodoanel Mário Covas.....	26
Figura 3 - Trecho Sul do Rodoanel em obras, dividido em 5 lotes, passando pelas rodovias Anchieta e Imigrantes.	27
Figura 4 - Municípios da região metropolitana de São Paulo e seus Reservatórios.	29
Figura 5 - Classificação dos Pesos dos Fatores de Restrição.....	45
Figura 6 - Unidades de Conservação de Proteção Integral.	53
Figura 7 - Unidades de Conservação de Uso Sustentável.	55
Figura 8 - Terras Indígenas.	56
Figura 9 - Áreas Tombadas.	58
Figura 10 - Áreas de Preservação Permanente.....	59
Figura 11 - Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.....	62
Figura 12 – Área Urbana.....	63
Figura 13 - Mapa de Restrição.....	64
Figura 14 – Declividade.	65
Figura 15 – Pedologia.....	67
Figura 16 – Geologia.....	69
Figura 17 - Uso e Ocupação do Solo.	70
Figura 18 - Diretrizes de Traçado.....	72
Figura 19 - Diretriz de Traçado 1.	76
Figura 20 - Diretriz de Traçado 2.	77
Figura 21 - Diretriz de Traçado 3.	79
Figura 22 - Mapa de Potencialidade.....	82

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Fatores de Restrição e Potencialidade	51
--	----

LISTA DE SIGLAS

AAE – Avaliação Ambiental Estratégica

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

APCB – Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade

APP – Área de Preservação Permanente

DAIA – Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental

DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A

EESC – Escola de Engenharia de São Carlos

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EIA/RIMA – Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto no Meio Ambiente

GB - Gigabyte

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ISA – Instituto Socioambiental

PPGSEA – Programa de Pós Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental

SIG – Sistema de Informação Geográfica

UC – Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1. Introdução	11
2. Objetivos	14
3. Revisão da Literatura	15
4. Metodologia	24
4.1 Modelo de análise	24
4.2 Validação dos fatores para a análise e das potencialidades e restrições ambientais do território frente ao traçado de rodovias	35
4.3 Inventário de informações sobre potencialidades e restrições territoriais	37
4.4 Visitas de Campo	37
4.5 Elaboração da Base de Referência	38
5. Resultados	51
5.1 Fatores de Restrição	52
5.2 Fatores de Potencialidade	66
5.3 Fator de Restrição e Potencialidade	71
5.4 Diretrizes de Traçado	71
6. Discussão	75
7. Conclusões	88
8. Referências Bibliográficas	89

1. Introdução

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) tem como objetivos o planejamento e o gerenciamento de projetos, a partir de um exame dos impactos ambientais da ação e de suas alternativas (SÁNCHEZ, 2006). Assim, este instrumento de política ambiental tem papel fundamental na proposição, na análise de viabilidade e na escolha de alternativas para o projeto, como as de localização e de tecnologia.

De acordo com o Art. 5º da Resolução CONAMA nº. 001/86 (MEDAUAR, 2008), é papel da AIA, por meio dos Estudos de Impacto Ambiental, “contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto”, ou seja, as alternativas de localização e de tecnologia propostas deverão ter sua viabilidade ambiental analisada de forma comparativa. Porém, esta necessidade estabelecida formalmente dificilmente é materializada dentro dos estudos de impacto ambiental.

Por outro lado, é comum a concepção de alternativas de localização de empreendimentos e atividades a partir de análises baseadas em potencialidades territoriais técnicas e econômicas previamente ao processo de licenciamento ambiental, o que de fato acaba limitando o campo de análise dos Estudos de Impacto Ambiental. Em decorrência, há o encaminhamento de poucas – geralmente de apenas uma – alternativas de localização para as análises de viabilidade ambiental pertinentes dentro do processo de licenciamento ambiental amparado em estudo de impacto ambiental.

Neste momento de concepção prévia de alternativas de localização – anteriormente ao licenciamento ambiental -, as análises de potencialidades territoriais de ordem técnica e econômica não são normalmente compatibilizadas com informações ambientais de natureza secundária que revelem restrições territoriais para a alocação do projeto.

Steinemann (2001) afirma que alguns especialistas têm se dedicado mais na análise de alternativas prontas do que no desenvolvimento de outras melhores para o caso – problema este que se amplifica quando as considerações ambientais e a participação pública são analisadas muito tarde, podendo não interferir na delimitação das alternativas. Este parece ser o caso das análises que ocorrem dentro dos estudos de impacto ambiental, as quais se ocupam propriamente de verificar a viabilidade ambiental de alternativas que já foram pré-concebidas, restando pouco espaço para o seu reordenamento em função de restrições ambientais que normalmente só surgem neste momento.

É importante ressaltar, entretanto, que a concepção de alternativas de localização previamente o processo de licenciamento ambiental e ao estudo de impacto ambiental revela-se como um problema que limita as análises da AIA, sobretudo, pelo fato de não considerarem as dimensões ambientais que possam internalizar as restrições territoriais na análise.

Neste sentido, é possível que a inserção de informações ambientais – especialmente as de natureza secundária – que revelem restrições territoriais na pré-concepção de alternativas de localização de empreendimentos, previamente ao licenciamento ambiental, possa de fato ampliar um maior número de alternativas de localização do projeto e encaminhar aquelas que possuem maior potencial de viabilidade ambiental para as análises específicas que são realizadas pelos estudos de impacto ambiental, dentro do processo de licenciamento ambiental. Neste sentido, a inserção da dimensão ambiental na pré-concepção das alternativas do projeto reduziria as limitações que estão presentes nas análises de viabilidade ambiental que existem dentro dos estudos de impacto ambiental.

De acordo com este contexto da inserção da dimensão ambiental na definição de alternativas locacionais, a presente pesquisa justifica-se e orienta-se pela premissa de que o desenvolvimento e o emprego de uma base de referência ambiental permitem uma adequada

análise da viabilidade ambiental das alternativas de traçado do empreendimento no momento do planejamento do projeto, previamente ao licenciamento ambiental, qualifica o processo de tomada de decisão quanto à escolha das alternativas locais para esta tipologia de empreendimento, reduz o grau de conflitos dos futuros licenciamentos ambientais de projetos específicos e compatibiliza o funcionamento integrado dos instrumentos de planejamento e gestão ambiental.

Baseado na problemática de pesquisa apresentada no item anterior, a presente pesquisa tem o seu desenvolvimento orientado na seguinte pergunta de pesquisa: É possível compatibilizar potencialidades e restrições territoriais ambientais na concepção de alternativas de localização, previamente ao processo de licenciamento ambiental, para o caso de empreendimentos rodoviários?

Para isso, a presente pesquisa está pautada no contexto empírico de empreendimentos rodoviários, especificamente para o caso do trecho sul do Programa Rodoanel da região metropolitana de São Paulo, cujas alternativas de localização são caracterizados como traçados lineares.

2. Objetivos

Objetivo geral: Analisar os limites e as possibilidades para a consideração de restrições territoriais na concepção de alternativas de localização, previamente ao processo de licenciamento ambiental, para o caso de empreendimentos rodoviários.

Objetivos específicos:

- Identificar quais são os tipos de informações territoriais que normalmente são consideradas na concepção de alternativas de localização de empreendimentos rodoviários, previamente ao processo de licenciamento ambiental;
- Identificar quais são as informações ambientais disponíveis que possam revelar restrições territoriais para a localização de empreendimentos rodoviários, previamente ao licenciamento ambiental, para o caso específico do trecho sul do Rodoanel Mário Covas;
- Analisar o que significa, no desenvolvimento de um grande empreendimento, compatibilizar restrições ambientais com as informações territoriais que normalmente são consideradas na concepção de alternativas de localização de empreendimentos rodoviários, previamente ao processo de licenciamento ambiental, e quais as vantagens e desvantagens dessa compatibilização;
- Verificar se as informações ambientais existentes para o caso do trecho sul do Rodoanel podem revelar outros traçados passíveis de viabilidade ambiental, previamente ao processo de licenciamento ambiental, além daquele que foi de fato avaliado pelo Estudo de Impacto Ambiental.

3. Revisão da Literatura

A viabilidade ambiental de um empreendimento potencialmente ou efetivamente causador de significativa degradação ambiental é definida pela relação entre suas características tecnológicas e as potencialidades e restrições ambientais de uma localidade para este fim (SÁNCHEZ, 2006). Assim, a implantação de projetos desta natureza deve atender alguns pressupostos para garantir adequada qualidade ambiental no território legalmente aceitável, devendo os impactos ambientais ser analisados de acordo com o binômio caracterizado pela tipologia de empreendimento e pela localização do projeto (MONTAÑO *et al.* 2007).

Para atender a esta necessidade, durante os processos de licenciamento ambiental, os estudos de impacto ambiental devem contemplar a análise da viabilidade ambiental de diversas alternativas locais previamente ao detalhamento do projeto (SÁNCHEZ, 2006). Ainda assim, é comum a existência da análise de viabilidade ambiental para poucas ou apenas uma alternativa locacional em estudos de impacto ambiental, como relata MPU (2004), o que reflete que as tomadas de decisão acerca da localidade do empreendimento estejam ocorrendo mesmo antes do processo de avaliação de impacto ambiental (MORETTO, 2008).

Montaño *et al.* (2007) apresentam que a dinâmica de uso e ocupação dos territórios não tem observado a sua capacidade de suporte, ou de acordo com Ross (2006), as fragilidades que o território apresenta para as diversas atividades que são empreendidas, como as principais naturezas espaciais definidoras do conceito de vulnerabilidade ambiental de um determinado território. Ross (1994, *apud* SPORL & ROSS, 2004) argumenta que a análise da vulnerabilidade dos ambientes naturais deve ser resultado dos estudos de geomorfologia, solos, cobertura vegetal e clima, e que quando esses elementos são tratados de forma sistêmica é possível encontrar-se um diagnóstico das restrições do território para uma

determinada ocupação e uso.

Neste sentido, a avaliação de impacto ambiental ainda tem sido empregada apenas como um mero arcabouço metodológico para a realização de estudos de impacto ambiental como uma condição essencial para a concessão das licenças ambientais de projetos potencialmente causadores de significativa degradação ambiental, e não como um instrumento de política ambiental destinado a auxiliar no melhor planejamento do projeto do ponto de vista ambiental.

Em parte, isto pode ser justificado pelo fato das definições sobre a localização de empreendimentos de grande porte no Brasil, como é o caso de obras de infra-estrutura, estarem baseadas prioritariamente nas análises de viabilidade técnica e econômica, as quais são orientadas pela prevalência dos menores custos financeiros diretos para o proponente do projeto (MPU, 2004).

Como exemplo em outro país, Fernandes (2000) apresenta uma tentativa de Análise Integrada, baseada na Ecologia da Paisagem, do traçado de uma rodovia que atravessa uma área vulnerável em Portugal. A metodologia empregada pelo grupo que definiu o traçado do empreendimento não estudou as alternativas locacionais possíveis e considerou apenas o habitat local, sem as interferências na paisagem e os impactos cumulativos. O autor considera algumas falhas na tomada de decisão do empreendedor, principalmente pelo fato de considerar basicamente os aspectos econômicos, corroborando com o problema aqui apresentado.

Neste momento de planejamento do empreendimento há apenas uma proposta inicial do projeto e, portanto, ainda não há a base de análise de viabilidade ambiental de um estudo de impacto ambiental (SÁNCHEZ, 2006). Assim, na fase de elaboração da proposta inicial do projeto do empreendimento não há uma base de referência ambiental para uma análise

preliminar dos locais potenciais e restritivos para a instalação do projeto.

De acordo com Ross (2006), as prioridades dos processos de planejamento deveriam ultrapassar o universo dos interesses do desenvolvimento econômico e tecnológico que consideram apenas as potencialidades dos recursos naturais, incorporando principalmente as fragilidades ambientais perante as diferentes inserções da sociedade na natureza, nos momentos de tomada de decisão.

Tais fragilidades ambientais ressaltadas pelo autor poderiam estar incorporadas em zoneamentos ambientais produzidos em escala espacial adequada. Porém, os zoneamentos ambientais normalmente não são realizados para dar suporte decisório à escala de planejamento de projetos, como verificou Jordão (2008) a partir de um estudo realizado para empreendimentos hidrelétricos.

Moretto (2008) argumenta que um dos principais motivos que acarreta grande parte dos conflitos técnicos, jurídicos e políticos nas rotinas do licenciamento ambiental brasileiro é a tênue inserção da dimensão ambiental no momento de elaboração da proposta inicial previamente ao início do processo de licenciamento, quando as decisões são tomadas sem o suporte de abordagem metodológica adequada para a consideração das fragilidades ambientais (aspectos sociais inclusos) do território no momento da definição das alternativas locais de empreendimentos. Além disso, Montaña *et al.* (2007) discutem a necessidade da implantação de outros instrumentos de política ambiental para a qualificação do processo de licenciamento ambiental baseado em avaliação de impacto ambiental.

Portanto, a elaboração de uma base de referência ambiental pode auxiliar na identificação das fragilidades ambientais, previamente ao processo de licenciamento ambiental, para a instalação e a operação de uma determinada atividade, representando um esforço essencial para a adequada inserção da dimensão ambiental no momento de definição

das alternativas locacionais de empreendimentos e, portanto, possibilitando a antecipação de conflitos. A partir de dados e informações obtidos a partir de fontes secundárias, a base de referência ambiental permite a classificação de um espaço geográfico em sub-unidades territoriais que podem ser agrupadas segundo as fragilidades para um determinado tipo de uso que se pretende.

Montaño *et al.* (2007) e Souza *et al.* (2007) têm considerado que a elaboração de uma base de referência ambiental como instrumento de política ambiental representa uma importante possibilidade para auxiliar a melhor elaboração de políticas e estratégias de desenvolvimento, uma vez que cria cenários das áreas suscetíveis a processos naturais e áreas com maior ou menor potencial para a implantação de certas atividades em função da capacidade de suporte do meio, como é o caso do traçado de uma rodovia.

Vale ressaltar que a aplicação desta abordagem metodológica como instrumento de classificação das potencialidades e restrições territoriais para a análise de alternativas de localização do empreendimento, previamente ao processo de avaliação de impacto ambiental e ao licenciamento ambiental, é algo relativamente recente e não se encontra na literatura relatos sobre experiências já realizadas para o caso da tipologia de rodovias, ainda que vários sejam os autores que tratam do emprego da avaliação de impacto ambiental no planejamento de rodovias, como relatam Fischer (2006), Sánchez (2008) e Sánchez & Silva-Sánchez (2008).

Ainda assim, alguns exemplos da aplicação desta proposta são as análises do projeto de um aterro sanitário no município de Piracicaba (MONTAÑO *et al.*, 2004) e de ações do Plano Diretor do Município de São Carlos (MONTAÑO *et al.*, 2007), de forma a investigar outras possibilidades para alternativas locacionais.

Souza *et al.* (2007) discutem o papel de uma base de referência ambiental como um

fator de qualificação do processo de gestão ambiental por apresentar uma abordagem complementar às metodologias empregadas por outros instrumentos de planejamento e gestão ambiental, como a avaliação ambiental estratégica, a avaliação ambiental integrada, a avaliação de impacto ambiental de projetos e o zoneamento ecológico-econômico. Por isso, pode corroborar com uma melhor elaboração da análise de viabilidade ambiental de alternativas locacionais de projetos, os cenários de impactos e outros requisitos de um estudo de impacto ambiental.

A avaliação ambiental estratégica tem o papel de integrar a dimensão ambiental na tomada de decisão de escalas de planejamento mais amplas do que a de projetos, podendo os temas mais complexos serem avaliados sob várias esferas e de maneira integrada. Porém, existem lacunas de informações para a determinação das alternativas mais viáveis ambientalmente na avaliação ambiental estratégica em geral, pois não apresenta um detalhamento das características, das restrições e das potencialidades ambientais do território na escala necessária para a análise do projeto. Dessa maneira, o emprego deste instrumento se torna dependente da qualidade das informações ambientais disponíveis (SOUZA *et al.* 2007).

Em uma primeira aproximação, Souza *et al.* (2007) mostram que o desenvolvimento de uma base de referência ambiental deve pautar-se pela organização, integração e análise de dados e informações secundárias a partir das temáticas relevantes definidas por especialistas, por atores de governo, do setor privado, da academia e da sociedade civil organizada. Neste sentido, este também é um procedimento de gestão da informação e do conhecimento que corrobora com o aperfeiçoamento do processo global de gestão ambiental.

Por representar uma possibilidade efetiva de antecipação de conflitos para o momento de elaboração da proposta inicial do projeto, previamente ao licenciamento ambiental, o desenvolvimento deste escopo metodológico torna-se adequado para a análise da viabilidade ambiental de tipologias de grande complexidade ambiental, como é o caso de

empreendimentos rodoviários, principalmente em grandes regiões metropolitanas.

As rodovias representam um dos maiores problemas quanto aos impactos ambientais que causam, iniciando na fase de planejamento, continuando nas fases de implantação e construção, até a fase operacional. A avaliação de impacto ambiental de rodovias deve acontecer em todas essas fases, mas nem sempre é o que ocorre no Brasil (BANDEIRA & FLORIANO, 2004).

Infraestruturas de transporte e todas as ligações da rodovia contribuem fortemente para a redução da qualidade e da quantidade do hábitat natural da região (GENELETTI, 2002). Afetam a qualidade do ar, do solo, a vegetação, a vida silvestre e a dinâmica social próxima (FREITAS *et al.*, 2010).

Fogliatti *et al.* (2004) consideram vários impactos ambientais negativos em todas as fases de implantação de uma rodovia, dos quais pode-se destacar a degradação do solo durante a construção, a destruição de áreas de conservação; poluição de águas superficiais e subterrâneas; retenção de águas superficiais; interação indesejável com a área urbana, dentre outros. Esses impactos devem ser observados no momento de planejamento da rodovia, fazendo o possível para minimizá-los ou compensá-los, com a finalidade de aumentar a viabilidade ambiental do empreendimento, ou seja, diminuir o seu potencial de causar impactos ambientais negativos.

Lei *et al.* (2005), também consideram a fragmentação de hábitat e a perda de conectividade como grandes problemas da construção de obras lineares, como rodovias, em áreas de grande vulnerabilidade ambiental, propondo metodologias para medir esses impactos a partir da construção de uma rodovia.

Trombulak & Frissell (2000) destacam os principais efeitos de uma rodovia nas comunidades aquáticas e terrestres, sendo eles: morte de animais devido à construção da

rodovia; morte de animais por colisões com veículos; modificação do hábitat de vários animais; modificação do ambiente físico; modificação do ambiente químico; introdução de espécies exóticas; e novas áreas com interferência humana. Os autores, ao considerarem estes impactos, os relacionam com a fragmentação do hábitat, pois todos eles podem fazer com que a conectividade entre os remanescentes de um mesmo hábitat seja pequena, uma vez que significam grandes mudanças ambientais.

Na mesma linha, Liu & Dong (2010) estudaram as mudanças na paisagem de uma área de limite entre áreas urbanas e rurais, a partir da construção de uma rodovia. O uso heterogêneo das terras da região pesquisada pode ser comparado com a área de estudo desta pesquisa, onde diversos usos são feitos ao mesmo tempo, como urbanização, agricultura, pasto, e no caso, a construção de uma grande rodovia para melhorar o trânsito na região. Como conclusão, os autores citam que analisando a longo prazo, a construção da estrada causou valorização da área, aumentando muito a área construída e a ocupação humana, ao ponto que as áreas florestadas foram diminuídas, causando intensos impactos ambientais.

Carney *et. al.* (2011) observaram o aumento gradativo do preço dos imóveis a partir da construção de uma rodovia na região de Los Angeles, mostrando que a partir de um determinado tempo após a construção, grande parte da região próxima à rodovia sofreu valorização imobiliária, chamando atenção para outros tipos construções.

Muitos desses impactos, principalmente os de caráter ambiental, poderiam ser evitados se fosse realizado um planejamento junto com uma pesquisa aplicada à SIG, como afirmam Girvetz *et. al.* (2009), principalmente se existisse um banco de dados de informações ambientais que pudesse subsidiar os projetos de engenharia em determinada região.

Alguns impactos da rodovia podem ser positivos, até mesmo para o meio ambiente, como o aumento do limite do hábitat, em alguns casos. Porém, Spellerberg (1998) destaca que

os impactos negativos são muito mais significativos ao meio ambiente do que os positivos, ressaltando os impactos já citados.

Por essas questões, Gallardo & Sánchez (2004) consideram que a principal questão envolvida na minimização dos impactos causados por rodovias, principalmente das que estão localizadas em ambientes frágeis, é a consideração de alternativas locacionais do projeto, uma vez que novas soluções aparecem à medida que novas alternativas são estudadas.

Uma das regiões do país que mais apresenta rodovias construídas é a região metropolitana de São Paulo, marcada por um intenso tráfego de veículos de carga que acarreta constantes congestionamentos e aumenta, conseqüentemente, as emissões de poluentes atmosféricos e problemas de saúde. Para diminuir estes problemas, há alguns anos foi proposto o Programa Rodoanel no entorno da cidade de São Paulo, como uma rodovia de aproximadamente 175 km que visa ligar todos os ramais rodoviários que se conectam com a cidade, circundando-a. No entanto, especialmente os trechos sul e norte do Rodoanel atravessam remanescentes naturais importantes, como grandes fragmentos de vegetação e mananciais hídricos que abastecem a cidade, o que traz grande polêmica ao redor da aprovação do empreendimento (SÁNCHEZ & SILVA-SANCHEZ, 2008).

Considerando a vulnerabilidade ambiental como o dano que um sistema ambiental poderá sofrer a partir de sua exposição a uma ação (TURNER, 2010), o trecho sul torna-se um bom objeto de estudo, uma vez que apresenta importantes e vulneráveis fragmentos ambientais que serão impactados pela construção da rodovia.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) podem ser resumidos como sistemas especializados na coleta, armazenamento, recuperação, transformação e visualização de dados e informações geográficas vinculados (FITZ, 2008). Assim, programas computacionais que integram dados, equipamentos e pessoas são capazes de realizar essas análises de dados e

informações.

Num SIG, essa informação geográfica deve ser espacialmente referenciada a um sistema de coordenadas conhecido, para que fique organizada em camadas e níveis, ao passo que cada um represente um conjunto de objetos e atributos associados (IICT, 2009).

De acordo com Fitz (2008), uma das funções mais utilizadas em SIG é a de sobreposição de mapas temáticos diversos, de igual dimensão, para a produção de um novo mapa derivado deles, o qual é analisado com base nos anteriores. Essa análise, de cunho espacial, se torna muito importante para estudar o espaço territorial, o qual é muito complexo e apresenta diversos componentes. Assim, um mapa completo resultante de todas informações necessárias para a análise territorial, se torna de extrema importância para definir intervenções em uma área.

Os dados espaciais podem ser armazenados em dois tipos de estruturas: vetorial e matricial (raster). No modelo vetorial, as informações são representadas por vértices definidos por um par de coordenadas, formando pontos (objetos que não representam área e nem comprimento, como um estabelecimento em pequena escala), linhas (expressam comprimento linear, como estradas) ou polígonos (com área e perímetro definidos, podendo definir limites ou um mapa temático) (FITZ, 2008).

Já no modelo raster, as informações são apresentadas por uma matriz de linhas e colunas definidas, onde cada célula dessa matriz representa um pixel. Cada pixel, além de ter um valor referente ao atributo que representa na matriz, também representa as coordenadas geográficas e uma área no espaço. Assim, cada pixel representa uma área no terreno, o que define a resolução espacial (FITZ, 2008). Essa resolução indica a área real no terreno que cada pixel do mapa representa. Os dados trabalhados devem sempre ser exportados de um formato para o outro, para se trabalhar de forma mais completa.

4. Metodologia

4.1 Modelo de análise

O modelo de análise sobre o qual a presente pesquisa está estruturado parte da seguinte pergunta de pesquisa: É possível compatibilizar potencialidades e restrições territoriais ambientais na concepção de alternativas de localização, previamente ao processo de licenciamento ambiental, para o caso de empreendimentos rodoviários?

Como a verificação de tal pergunta está vinculada à existência e à disponibilidade de informações ambientais sobre as potencialidades e restrições territoriais – o que apresenta enorme variação regional -, é muito provável que a resposta a esta pergunta inicial de pesquisa esteja no intervalo compreendido entre o sim e o não. Assim, o presente trabalho buscará verificar quais são as condições para que esta compatibilização entre potencialidades e restrições aconteça, de tal forma a responder de fato como é possível compatibilizar potencialidades e restrições territoriais ambientais na concepção de alternativas de localização, previamente ao processo de licenciamento ambiental, para o caso de empreendimentos rodoviários.

A hipótese estabelecida aqui é que é possível realizar tal procedimento, previamente ao licenciamento ambiental do projeto, a partir da elaboração de uma base de referência formada por informações já existentes.

De forma ilustrativa, o delineamento lógico geral que organiza o desenvolvimento da presente pesquisa está apresentado na **Figura 1**. O objeto de estudo e os demais passos metodológicos que estão ilustrados na Figura 1, seguem devidamente detalhados nos itens da metodologia apresentados a seguir.

Na ilustração é possível verificar como normalmente é feita a concepção da alternativa

de localização do projeto – a partir das potencialidades territoriais técnicas e econômicas – que seguirá para as análises detalhadas durante o processo de avaliação de impacto ambiental. Neste caso, a análise de viabilidade ambiental das alternativas de localização do projeto que ocorrem durante a etapa detalhada da avaliação de impacto ambiental fica limitada às alternativas que são pré-concebidas e, sobretudo, aos critérios técnicos e econômicos que foram utilizados para revelar as potencialidades territoriais para esta análise previamente ao licenciamento ambiental.

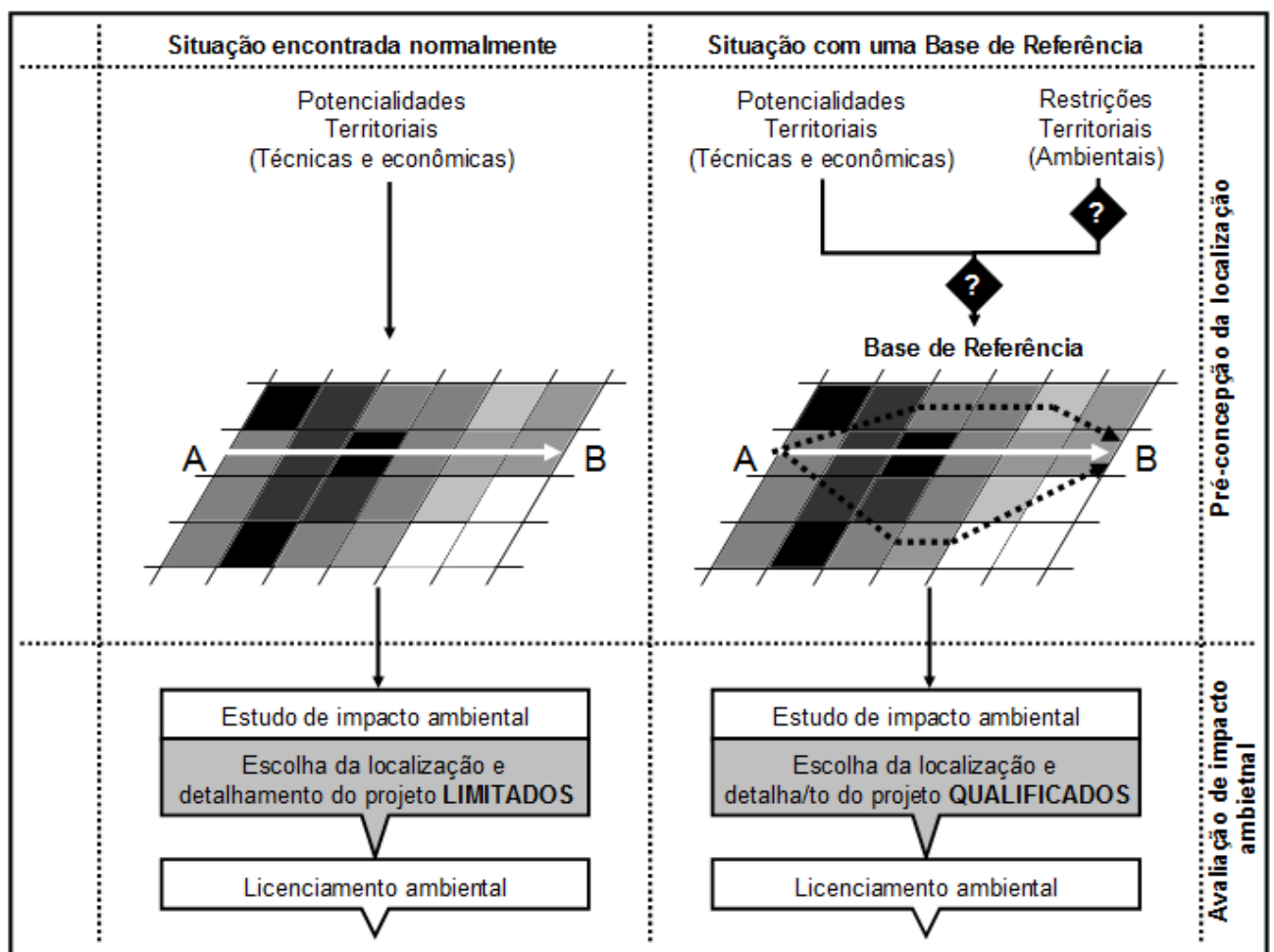


Figura 1 - Ilustração geral dos fluxos de procedimentos para a concepção de alternativas de localização que são empregadas normalmente e hipoteticamente a partir de uma Base de Referência

Por outro lado, a inserção de informações ambientais sobre as restrições que o território oferece à localização do projeto – previamente ao processo de licenciamento

ambiental e de forma compatibilizada com as informações técnicas e econômicas sobre as potencialidades territoriais – parece oferecer uma condição mais apropriada à escolha inicial de possíveis localizações que serão submetidas ao processo completo de avaliação de impacto ambiental, ampliando a capacidade deste na análise de viabilidade ambiental das possíveis localizações e qualificando o detalhamento do projeto.

4.1.1 Objeto de estudo

O Programa Rodoanel Mário Covas (**Figura 2**) tem como objetivo circundar a região metropolitana de São Paulo, interligando os principais corredores de acesso em um total de aproximadamente 175 km, tendo sido dividido em quatro trechos: norte, sul, leste e oeste. Destes, o trecho oeste já está implantado desde 2002 e o trecho sul foi inaugurado dia 1º de abril de 2010 (DERSA, s/d).



Figura 2 - Rodoanel Mário Covas (Retirado de DERSA, s/d).

O trecho sul do Programa Rodoanel Mário Covas (**Figura 3**), com 61,4 km de extensão, e em operação desde 1 de abril de 2010, já foi alvo de estudos sobre impactos

ambientais que causará numa importante região de remanescentes de Mata Atlântica e de mananciais hídricos para a cidade de São Paulo, integrando um programa rodoviário que apresenta alta relevância para a região metropolitana de São Paulo no sentido da melhoria do escoamento de produção até o Porto de Santos e do próprio trânsito da cidade de São Paulo.



Figura 3 -Trecho Sul do Rodoanel em obras, dividido em 5 lotes, passando pelas rodovias Anchieta e Imigrantes (Retirado de DERSA, s/d).

Assim, dentre os quatro trechos, o sul foi escolhido como objeto de análise da presente pesquisa por ser um trecho que percorre paisagens rurais marcadas predominantemente por áreas de mananciais de abastecimento da região metropolitana de São Paulo e importante fragmento de vegetação de Mata Atlântica - o que não ocorre predominantemente nos trechos oeste e leste - e por já possuir diversos documentos disponíveis para análise, como é o caso do próprio EIA/RIMA e seus pareceres – o que não ocorria para o trecho norte até o momento de definição do projeto.

O trecho sul inicia-se na ligação com o trecho oeste, na região da rodovia Régis Bittencourt, no município de Embu das Artes. Assim, passa também pelos municípios de Itapeverica da Serra, São Paulo, São Bernardo do Campo, Santo André, Ribeirão Pires e

Mauá, onde futuramente será feita a ligação com o trecho leste do Rodoanel. Além disso, também passa pelas rodovias Anchieta e Imigrantes (DERSA, s/d).

De acordo com o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do projeto (FESPSP, 2004), a rodovia é classificada como de “classe 0”, ou via expressa, o que significa que deve possuir controle total de acesso, com cruzamentos por viadutos. A velocidade diretriz seria de 100 km/h, o que faz com que as curvas sejam amplas (raio mínimo de 375m), fazendo com que a velocidade não diminua drasticamente nas curvas. Além disso, as inclinações devem ser suaves (no máximo 4%), uma vez que um ferroanel, considerado para ser construído no mesmo documento, deve seguir o mesmo traçado. A rodovia estava proposta para ter 3 ou 4 pistas por sentido, com um canteiro central.

O Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental (DAIA) do estado de São Paulo foi o órgão ambiental responsável pelo licenciamento ambiental do empreendimento, tendo concluído que o EIA realizado inicialmente para todo o Rodoanel era insuficiente. A partir disso, a empresa proponente do projeto, Desenvolvimento Rodoviário – DERSA, elaborou um estudo de Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) para o conjunto de todos os trechos do Programa Rodoanel, restando para cada trecho um estudo de impacto ambiental específico e independente (SÁNCHEZ & SILVA-SANCHEZ, 2008).

Tanto o estudo de impacto ambiental do trecho sul quanto a avaliação ambiental estratégica para todo o Programa Rodoanel foram criticados por diversos setores da sociedade, principalmente, pelo fato de terem preconizado tão somente a racionalidade econômica nas tomadas de decisão orientadas apenas ao oferecimento de condições para o crescimento econômico como desenvolvimento.

Além disso, a avaliação ambiental estratégica considera o Programa Rodoanel como a única alternativa para resolver os problemas de trânsito da cidade e de fluxo de carga na

região, não considerando adequadamente os impactos cumulativos da obra, especialmente os da ocupação urbana próxima das áreas dos mananciais (SÁNCHEZ & SILVA-SANCHEZ, 2008).

Os mananciais de abastecimento da cidade de São Paulo que serão afetados com o Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas são a Guarapiranga e a Billings. De acordo com a FESPSP (2004), a ponte sobre a represa Guarapiranga tem 280m de comprimento, ao passo que as pontes sobre a represa Billings têm 800m e 1800m.

A Guarapiranga, responsável pelo abastecimento de quase 4 milhões de pessoas na parte sudoeste de São Paulo, já está muito ameaçada por causa da ocupação urbana desordenada e da poluição das suas águas (ISA, 2005). Já a Billings, mesmo tendo mais da metade de sua bacia hidrográfica preservada, não pode ser totalmente usada para abastecimento humano, pois há mais de sessenta anos tem acumulado a poluição do Rio Tietê, o qual tem parte de suas águas bombeadas para o reservatório (ISA, 2002). A **Figura 4** mostra as bacias hidrográficas formadas pelos reservatórios, dentro da Região Metropolitana de São Paulo.



Figura 4 - Municípios da região metropolitana de São Paulo e seus Reservatórios (Retirado de ISA, 2005).

Toda essa região está inserida no bioma Mata Atlântica, o qual mesmo com a devastação e fragmentação acentuadas que sofreu ao longo das últimas décadas, ainda abriga uma parcela significativa de diversidade biológica do país. Grande parte do desmatamento que a região sofreu, foi de nativa (ISA, 2002).

Originalmente, a Mata Atlântica correspondia a 17% do território brasileiro. Em 2005, apenas 11% da mata original, restou, em consequência de cinco séculos de ocupação, que fragmentou grande parte do bioma (TEIXEIRA *et al.*, 2009). A obra do Trecho Sul do Rodoanel passa por uma região significativa de Mata Atlântica, o que com vai alterar a dinâmica ambiental local.

De acordo com Freitas *et al.* (2010), existem poucas referências sobre o efeito de rodovias na Mata Atlântica, uma vez que a maioria está concentrada na Amazônia. Os autores indicam que os efeitos onde há um longo período de ocupação humana, como é o caso da Mata Atlântica, podem ser mais significantes que em outras áreas.

O desmatamento na região da Área Diretamente Afetada pela obra em questão estava previsto para chegar a 741 ha de vegetação, sendo que 43% estava em Áreas de Preservação Permanente (APP). Vale a pena ressaltar que aproximadamente 311 ha dessa vegetação estava sob o domínio de Mata Atlântica, o que corresponde a quase metade do que foi desmatado na região de mananciais sul de São Paulo em dezoito anos (de 1989 à 2007) (ISA, 2008). Vale a pena considerar que de acordo com dados oficiais, foram derrubados 212 ha de Mata Atlântica em estágio primário, durante a construção do Rodoanel (DERSA, 2011).

Além da ocupação urbana desordenada vista nas últimas décadas na região dos mananciais da região sul da cidade de São Paulo, a obra do Trecho Sul do Rodoanel deve agravar essa situação, uma vez que deve atrair novas formas de assentamento, formais ou informais. Esse fato já ocorre na região do Trecho Oeste do Rodoanel, porém, com a

predominância dos mananciais na região do Trecho Sul, esse impacto pode ser ainda maior (ISA, 2008). Se essas obras fossem acompanhadas por um planejamento mais estruturado, esses impactos poderiam ser controlados, evitando a valorização imobiliária da região, já prevista.

4.1.2 Abordagem metodológica

A seguir está apresentada a abordagem metodológica que foi empregada para analisar os limites e as possibilidades para a consideração de restrições territoriais na concepção de alternativas de localização, previamente ao processo de licenciamento ambiental, para o caso de empreendimentos rodoviários, com vistas a promover efetivação da situação hipotética apresentada na Figura 1.

4.1.2.1 Fatores de potencialidade e restrição territorial

Inicialmente, foi feita uma primeira prospecção no processo de planejamento de traçados rodoviários que revelou fatores que são necessários à análise das potencialidades e restrições do território frente ao traçado de rodovias. Neste caso, as potencialidades territoriais foram caracterizadas pelos fatores técnicos e econômicos que favorecem o traçado rodoviário. Por outro lado, as restrições territoriais foram caracterizadas pelos fatores ambientais que desfavorecem o estabelecimento do traçado rodoviário no território. Esta prospecção foi realizada a partir de revisão da literatura e dos documentos técnicos relacionados à engenharia de obras rodoviárias e aos seus impactos ambientais. No **Quadro 1** (ver pág. 51), podem ser vistos os fatores selecionados a partir desta prospecção, os quais são: Uso e Ocupação do Solo; Áreas Protegidas; Área Urbana; Topografia; Pedologia e Geologia. Esses fatores funcionam como indicadores ambientais de restrição territorial.

Dentre os fatores selecionados, o uso e ocupação do solo é determinante para a escolha do melhor traçado para uma rodovia. De acordo, principalmente, com a ocupação antrópica, a área pode ser mais ou menos afetada por uma rodovia. Freitas *et al.* (2010) descrevem basicamente três classes diferentes de uso do solo: agricultura, florestas e construções. Assim, de acordo com o modo com que a área funciona e suas restrições, o traçado de uma rodovia pode variar. Por exemplo, a melhor área para se construir uma rodovia seria no solo exposto, uma vez que em regiões florestadas as restrições ambientais são grandes, e em regiões de construções ou de agricultura e mineração, o valor pago para desapropriação e realocação é muito alto, muitas vezes não compensando (DNIT, 2006). Para obter o mapa para este fator, 8 diferentes classes foram pré-definidas para a região: Agricultura; Campo Antrópico; Corpos D'água, Mata, Mineração, Reflorestamento; Várzea e Área urbana.

Outro aspecto importante, e que pode ser visto através do “uso e ocupação do solo”, é o que diz respeito aos recursos hídricos presentes na região, muito presente no caso da área em estudo, com dois mananciais que apresentam alta vulnerabilidade (NAIME *et al.*, 2004). Assim, por possuírem alta vulnerabilidade, são áreas muito afetadas por um empreendimento do tipo, e devem ter altos fatores de restrição, visando sua máxima preservação. A construção de um empreendimento desse porte faz com que haja uma grande movimentação de terra, e em áreas próximas a mananciais, estes podem acabar recebendo parte dessa carga, causando vários problemas ambientais como o assoreamento das águas.

Os recursos hídricos ainda são importantes na delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP), as quais são áreas legalmente protegidas com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Ao longo de rios, ou de qualquer curso d'água, a largura da APP pode variar de 30 até 500 metros, dependendo da largura do curso. As APPs ainda estão presentes nos topo de morros, nas

declividades superiores a 45°, em altitude superior a 1.800 metros, e outros (BRASIL, 1965). Além disso, as regiões de várzea também foram consideradas neste trabalho como APPs (mesmo não sendo claramente consideradas na legislação), devido à grande importância que têm na região, uma vez que além de possuírem altíssima vulnerabilidade ambiental, são encontradas na região com abundância. A intervenção nessas áreas de APP é possível, uma vez que represente utilidade pública, interesse social e baixo impacto ambiental. Porém, estas intervenções devem ser evitadas, uma vez que as áreas possuem grande valor ambiental e por isso são protegidas.

A cobertura vegetal, também presente no “uso e ocupação do solo” em forma de áreas de mata e de reflorestamento, é outro fator relevante no momento de considerar o traçado de uma rodovia. O desenvolvimento de empreendimentos rodoviários e o uso e ocupação do solo têm papéis fundamentais na questão do desmatamento e da fragmentação de matas (FREITAS *et al.*, 2010). A cobertura vegetal e o estágio de desenvolvimento desta influenciam a definição do traçado, uma vez que uma área vegetada e preservada se torna muito vulnerável a um empreendimento rodoviário. Por esse motivo, Neri *et al.* (2010), lembram da questão das áreas protegidas, pois quando estas são comparadas com áreas já devastadas e/ou ocupadas, devem ter um fator de restrição alto, ao abrigar uma rodovia. Nesse atributo, não só a flora deve ser considerada, mas também a fauna, de acordo com os habitats.

A partir deste atributo, pode-se considerar outro, mais específico: as áreas protegidas. Essas áreas, coincidindo ou não com as áreas de vegetação, devem ter atenção especial, uma vez que a legislação possui regras diferentes e mais rígidas com relação à construção nessas áreas, e por isso, deve ser tratada de modo diferente na presente pesquisa. Muitas são as áreas protegidas legalmente que devem ser consideradas neste trabalho: as Unidades de Conservação (tanto as de proteção integral, mais rígidas, quando as de uso sustentável, que permitem uso direto de parte de seus recursos), as APPs (já citadas anteriormente), as Terras

Indígenas e as Áreas Tombadas. Além disso, deve-se levar em consideração as Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade, que mesmo ainda não sendo regiões protegidas por lei, são áreas que foram criadas pelo Ministério do Meio Ambiente em 2004 (e revisadas em 2006), e têm como objetivo apontar regiões que justamente ainda não são legalmente protegidas, mas possuem uma rica biodiversidade (em fauna e flora, principalmente) e devem ser protegidas com prioridade. Como a fauna é um fator difícil de ser espacializado e controlado, considerou-se que está considerada no trabalho em forma de Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.

A Área Urbana, presente no “uso e ocupação do solo”, é um dos fatores mais restritivos no momento de definição de um traçado de rodovia. Isso porque a desapropriação e a realocação de casas ou empreendimentos custam muito caro e necessitam de um longo processo burocrático. Além disso, a desativação de atividades econômicas traz prejuízo para a região. Por isso, um traçado de rodovia deve procurar minimizar as interferências com as áreas urbanas, diminuindo os transtornos junto da população (SENNA & MICHEL, 2006). Da mesma maneira, deve ser visto que como um dos principais objetivos do Rodoanel é diminuir o tráfego dentro da cidade, o traçado não pode estar muito longe da mancha urbana, pois deve valer a pena (em questão de tempo e distância) para quem utilizaria a rodovia.

Finalmente, Zhen (2010) considera a topografia, a pedologia e a geologia da região como aspectos fundamentais para serem estudados no momento de planejamento de uma rodovia. Freitas *et al.*, (2010) exploram a importância da declividade, uma vez que a inclinação do terreno se torna um dos fatores fundamentais para a decisão do traçado de uma rodovia. Neri *et al.* (2010) chamam a atenção para a importância do modelo digital do terreno para ter as primeiras considerações morfológicas em função das características altimétricas da região. Isso faz com que a topografia da região seja um aspecto de potencialidade do terreno, pois áreas com declividades menores tendem a ser mais favoráveis para a construção de uma

rodovia, não necessitando da movimentação de terra.

Com relação ao tipo de solo e de rocha na qual a área de estudo está inserida, assim como disse Zhen (2010), existem feições mais favoráveis para a construção. De certa maneira, deve-se buscar na combinação entre o solo e a rocha, o terreno mais estável possível, ou seja, o que indique o menor grau de erosão.

Vale a pena considerar que todas as bases de dados que foram utilizadas para o trabalho podem ser co-relacionadas, uma vez que existem mapas que possuem informações sobre mais de um único tema, como o de uso e ocupação do solo.

4.2 Validação dos fatores para a análise e das potencialidades e restrições ambientais do território frente ao traçado de rodovias

Inicialmente, estavam previstos questionários com especialistas da área para validar os fatores ambientais selecionados. Porém, por dificuldades encontradas para reunir um número relevante de especialistas que pudessem validar os fatores no prazo estabelecido para esta etapa, a validação foi feita utilizando a bibliografia específica encontrada e exemplos de outros estudos que utilizaram fatores ambientais para determinar aspectos semelhantes do território e, também, a partir de reuniões com alguns especialistas da área.

No dia 13 de abril de 2011, foi realizada uma entrevista aberta com um engenheiro do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT/SP, com a finalidade de, além de ter uma melhor visão sobre a construção de rodovias no Brasil, poder definir com mais especialidade quais seriam os fatores territoriais que seriam utilizados para a construção do inventário. Utilizando experiências científicas e profissionais do entrevistado, bem como novas referências citadas pelo mesmo, foi possível obter uma visão dos fatores que seriam

utilizados na pesquisa.

Já no dia 03 de maio de 2011, a entrevista realizada foi na empresa Santiago & Cintra, em São Paulo, com um engenheiro recomendado pelo primeiro entrevistado. Neste dia, foi possível entender e observar, por meio de exemplos práticos, como grande parte do estudo de traçado de rodovia por meio de software, é realizado atualmente no Brasil. A empresa utiliza o programa QUANTM para definir os melhores traçados, com base em fatores basicamente técnicos e de engenharia civil, para uma rodovia. Uma análise sobre o traçado escolhido para ser construído o Trecho Norte do Rodoanel, estava para começar no dia da entrevista. Foi possível ter uma visão ampla de quais são os processos que envolvem a concepção do traçado utilizando um software privado.

Por fim, no dia 25 de maio de 2011, foi realizada uma entrevista aberta com um professor da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP, mais precisamente no Departamento de Transportes. Esta reunião teve como objetivo ampliar a visão de como o setor acadêmico está tratando a construção de rodovias atualmente, principalmente como os especialistas em engenharia civil estão considerando os fatores ambientais nessa questão. O objetivo foi atingido, contribuindo também para a ampliação da revisão bibliográfica.

De modo geral, as entrevistas foram importantes e enriqueceram a pesquisa, principalmente na questão de verificar na prática, com especialistas de áreas diferentes, como o planejamento da construção de rodovias é realizado atualmente no Brasil, selecionando com mais clareza os fatores ambientais.

Dessa maneira, a partir das conversas com esses especialistas da área e da literatura que trata do tema em questão, foi possível validar e determinar, finalmente, quais seriam os fatores que fariam parte do trabalho.

4.3 Inventário de informações sobre potencialidades e restrições territoriais

Esta fase foi realizada especificamente para o caso do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas. Para além daquelas informações já previamente mapeadas nos itens anteriores, foram verificadas outras informações sobre potencialidades e restrições territoriais que tenham estado disponíveis para a área do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, previamente ao processo de licenciamento ambiental do empreendimento, ou seja, antes de 2004.

Para que este inventário fosse realizado, foi adotada uma faixa a partir do entorno do atual traçado do Rodoanel, de forma a limitar o espaço de busca de dados e informações (detalhada no item 4.5).

4.4 Visitas de Campo

Inicialmente, estavam previstas visitas de campo para complementação e verificação de dados e informações sobre o Trecho Sul do Rodoanel. Ao todo, foram realizadas três visitas na região da área de estudo.

Quando o projeto de pesquisa estava no início de seu desenvolvimento, uma visita de campo foi realizada com o objetivo de ter uma ideia de como a rodovia funciona, por onde ela passa e quais são suas principais características.

Após a realização do inventário de informações, outras duas visitas de campo foram realizadas, dia 29 de setembro de 2011 e dia 15 de outubro de 2011. Essas visitas foram úteis para verificar parte dos dados coletados e identificar as principais regiões de conflito pelas quais o traçado do Trecho Sul do Rodoanel passa, como as áreas de várzeas e os reservatórios.

4.5 Elaboração da Base de Referência

Com o objetivo de verificar se as informações existentes sobre potencialidades e restrições territoriais podem auxiliar na pré-concepção de alternativas (ou seja, se é possível inserir a dimensão ambiental no momento de concepção prévia de alternativas de localização), as informações inventariadas em 4.3 foram compiladas em uma Base de Referência baseada em Sistema de Informação Geográfica.

Esta análise foi realizada com o objetivo de compor um instrumento de análise espacial que permite a integração entre fatores representativos das potencialidades e das fragilidades ambientais – binômio territorial essencial para uma adequada análise de viabilidade ambiental da atividade (ROSS, 2006) que o território apresenta para a instalação e operação da tipologia de empreendimentos rodoviários, a partir do caso em questão.

Os dados, as informações e as imagens obtidas para os fatores ambientais foram sistematizados utilizando técnicas de geoprocessamento (GOODCHILD *et al.*, 1993; EASTMAN, 1999; CRISTOFOLETTI, 1999), em laboratório, a fim de gerar cartas temáticas para cada fator ambiental identificado, de modo que fosse possível realizar as análises espaciais, integrações de dados, entre outras, requeridas pela pesquisa.

De acordo com Blaschke & Lang (2009), informações genéricas podem ser transformadas em informações úteis e politicamente relevantes com o auxílio do SIG, uma vez que as relações espaciais podem ser explicadas e visualizadas em forma de mapas. Dessa maneira, podem ser desenvolvidos cenários e avaliar intervenções como, por exemplo, os impactos ambientais causados por uma usina hidrelétrica ou pela construção de uma rodovia, objeto de estudo do presente trabalho, comparando dois ou mais traçados prováveis.

Um SIG, ao lado de outros instrumentos de planejamento ambiental, pode apoiar tomadas de decisões e regular intervenções impactantes no meio ambiente, como a construção

de rodovias e outros empreendimentos com extensão linear, os quais necessitam da definição de um traçado. O SIG torna capaz a visualização prévia das intervenções e consequências de cada alternativa de traçado ao território.

Apesar de existirem muitos dados digitais atualmente, ainda é comum a utilização do trabalho manual para modelagem prospectiva dos efeitos de diversas intervenções, uma vez que muitas destas afetam grandes áreas, ocasionando conflitos de interesses de uso e ocupação do solo (BLASCHKE & LANG, 2009). Porém, é visto que o SIG pode otimizar cada uma das alternativas propostas, possibilitando o detalhamento e principalmente a sobreposição e combinação de informações.

Foram utilizados dados de instituições públicas e privadas, bem como outros também foram produzidos. Primeiramente, foi utilizada uma imagem do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Foram buscadas imagens do satélite LANDSAT 7, em um período anterior (porém o mais próximo possível) a data de construção do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, para obter os dados que estavam disponíveis no momento de planejamento e definição do traçado. Com isso, chegou-se a uma imagem de 20 de abril de 2002, com o município de São Paulo como alvo, o que permitiu que a imagem obtida contivesse os dados espaciais relativos à área de estudo, daquela época.

A resolução geométrica da maioria das bandas do satélite LANDSAT 7 é de 30m, ou seja, cada pixel da imagem fornecida representa uma área de 900m^2 na realidade. Utilizou-se essa resolução como padrão para a pesquisa, e os outros dados, de diferentes resoluções, foram trabalhados com esta de 30m, uma vez que esta já é considerada útil no detalhamento dos aspectos de uso e ocupação do solo e feições do território (INPE, 2011).

A partir disso, foi possível trabalhar essa imagem em programas de geoprocessamento que classificam imagens. A composição das bandas, para a melhor visualização da imagem

foi a RGB 246, ou seja, para o vermelho foi escolhida a banda 2, para o verde foi escolhida a banda 4 e para o azul foi escolhida a banda 6. Essa composição fez com que a imagem obtida pudesse ser analisada de uma maneira mais próxima da realidade, uma vez que a vegetação ficou em tons de verde, a área urbana ficou em tons de rosa, o solo exposto em tons acinzentados, e assim sucessivamente.

Com a imagem pronta, era preciso definir a área de estudo, e assim, foi adicionado o traçado escolhido para o Trecho Sul do Rodoanel, também georreferenciado, e criou-se uma área em volta dele para que se delimitasse a área de estudo. Essa área, ou buffer, foi escolhida a partir de estudos ambientais que evidenciam que os limites para que o traçado fosse delimitado, seria: ao norte, a mancha urbana; a oeste, o limite do Trecho Oeste do Rodoanel; ao sul, a Serra do Mar; e a leste, o limite do Trecho Leste do Rodoanel (FESPSP, 2004). Com isso, foi possível estabelecer uma largura de 13 km a partir do traçado do Trecho Sul do Rodoanel, onde todos esses limites estavam presentes. Com a área de estudo delimitada, foi possível começar a trabalhar nos mapas dos fatores selecionados.

O conhecimento prévio das áreas geográficas e de estudo facilitam o processo de interpretação de imagens. Uma das técnicas de realce da imagem, para que a qualidade visual da imagem estivesse melhorada, facilitando sua interpretação, foi a geração de composições coloridas para compará-las e chegar no melhor resultado (FLORENZANO, 2008). Assim, toda a imagem foi classificada por um programa específico de classificação de imagens, que colocou em mesmos grupos, pré-classificados, os pixels que considerou sendo da mesma categoria, a partir da cor refletida pelas bandas. A partir disso, cada parte da imagem foi reclassificada, junto de fotos aéreas disponibilizadas da mesma época, para que eventuais erros de interpretação do programa fossem corrigidos, uma vez que vários empecilhos (como sombra, declividade, algum tipo de material de construção específico, entre outros) podem classificar de maneira errada um grupo de pixel, e assim, a imagem chegou o mais próximo da

realidade, podendo ser utilizada como um mapa de Uso e Ocupação do Solo.

Dessa maneira, pôde-se identificar as classes de uso e ocupação do solo na área de estudo (Agricultura; Campo Antrópico; Corpos D'água; Mata; Mineração; Reflorestamento; Várzea e Área Urbana), as quais já estavam pré-definidas. Essas classes foram posteriormente utilizadas na delimitação da Base de Referência Ambiental.

Para a complementação dos dados necessários, foram utilizadas informações provenientes de outros estudos, principalmente os realizados pelo Instituto Socioambiental. Foram disponibilizadas as bases sistematizadas utilizadas na apresentação dos resultados obtidos nos Seminários Billings, de 2002, e Guarapiranga, de 2006 (ISA, 2002; ISA 2005). Nestes relatórios, estão presentes dados referentes à área de estudo do presente trabalho, principalmente a delimitação de todas as Unidades de Conservação da região e as curvas de nível de grande parte da área.

As curvas de nível disponibilizadas estavam divididas de acordo com a região das bacias dos dois reservatórios. Porém, as curvas da Billings estavam em intervalos de 20m, ao passo que as curvas da Guarapiranga estavam em intervalos de 10m. Assim, foi necessário um trabalho em SIG para que as curvas fossem padronizadas para serem melhor trabalhadas, e escolheu-se o intervalo de 20m, uma vez que a bacia da Billings ocupa uma área maior no estudo.

Como as curvas de nível não estavam totalmente completas para a área de estudo, foi necessária a digitalização do restante delas. No dia 19 de maio de 2011 foi realizada uma reunião com a equipe da Seção de Produção de Bases Digitais para Arquitetura e Urbanismo – CESAD, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU/USP. Nesse dia, foi possível ver quais são os principais dados territoriais disponibilizados para estudos na Universidade de São Paulo e como estes são apresentados. Além disso, foram disponibilizadas, digitalmente, as

cartas topográficas da região da área de estudo em escala de 1:10000, as quais puderam ser utilizadas para eventuais dúvidas no momento de digitalização de outros dados. Assim, utilizou-se cartas topográficas para que as curvas restantes fossem complementadas e agrupadas aos arquivos do Instituto Socioambiental, finalizando a topografia da região. Vale a pena considerar que uma pequena parte da região não estava com as curvas padronizadas para servirem de complementação do mapa, e devido à urgência da finalização da base de referência ambiental, foi considerado que este fato não prejudicaria a parte principal da área de estudo.

Por fim, também foram utilizados dados do banco de dados disponível no Ministério do Meio Ambiente. Foram retirados dados digitalizados relacionados às Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (MMA, 2006), ao Mapa de Solos do Brasil, de 2001, e ao Mapa Geológico do Brasil, também de 2001 (MMA, 2011).

Todos esses dados coletados, independente de que instituição vieram, passaram por um tratamento em SIG, com a finalidade de padronizá-los, principalmente com relação ao georreferenciamento. Muitos mapas estavam sem referências e precisaram ser georreferenciados para que os dados fossem trabalhados. Todos os mapas foram trabalhados para ficar com o tamanho e formato delimitado para a área de estudo.

A escala padrão escolhida para a composição dos mapas aqui apresentados foi 1:300000, uma vez que se trata de uma grande área e para produzir mapas mais específicos, com uma escala maior, seria preciso ou dividir o mapa ou produzir folhas muito maiores. Mesmo assim, vale reforçar que essa escala foi utilizada apenas para a composição dos mapas para este documento, mas todas as análises no SIG foram feitas em escala 1:50000, com um maior detalhamento, favorável ao estudo. Como foi julgado que não há perda de informações com essa escala, e uma vez que o objetivo do estudo segue o raciocínio de fornecer diretrizes para a definição do traçado, e não definir por onde exatamente ele deve passar, foi escolhido

manter essa escala para produzir os mapas necessários para o estudo.

Composto o universo de dados e informações, primários e secundários, referentes aos fatores ambientais identificados, foi feita a sistematização dos fatores ambientais em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) a fim de gerar cartas temáticas para a região onde está inserido o traçado do trecho sul do Rodoanel.

Também em laboratório, as cartas temáticas geradas foram integradas aos critérios de decisão no sistema de informações geográficas utilizando-se técnicas de geoprocessamento, de análises espaciais e multicriteriais (GOODCHILD *et al.*, 1993; EASTMAN, 1999; CHRISTOFOLETTI, 1999), a fim de compor a base de referência ambiental da região para a tipologia de empreendimentos rodoviários.

Para definir os critérios de decisão (pesos) de cada atributo considerado no estudo, foi realizada uma pesquisa, junto à literatura. Anteriormente, estava prevista uma etapa de consulta a especialistas e um workshop de discussão para definir os pesos. Portanto, como gastou-se mais tempo e recurso do que o esperado nas etapas de busca e classificação dos dados, a definição dos pesos foi feita com base em: entrevistas pré-realizadas com especialistas da área; legislação vigente; e artigos e documentos da literatura que tratam do tema de cada atributo.

É de conhecimento que existem softwares que realizam a atribuição de pesos automática para análises multicriteriais (IBAMA, 2010), a partir de informações dadas pelo usuário, principalmente quando se torna difícil considerar variáveis ambientais na tomada de decisão de projetos de grande porte que utilizam dados qualitativos. Porém, foi escolhido não considerar esse tipo de análise, uma vez que deixaria ainda mais subjetiva. Como não existe um número muito grande de classes dentro dos atributos, e as variáveis ambientais não precisaram ser comparadas com variáveis sociais ou econômicas dentro da avaliação de

restrição, optou-se por fazer a valoração dos pesos manualmente.

Dessa maneira, para a definição dos pesos, os atributos foram divididos em dois grandes grupos: atributos de restrição (áreas protegidas) e atributos de potencialidade.

- Peso dos Atributos de Restrição

No grupo dos atributos de restrição, onde estão presentes os mapas de Áreas de Proteção, Área Urbana e parte do Uso e Ocupação do Solo, foram estipulados valores de acordo com o grau de restrição de cada categoria.

Primeiramente, é importante considerar o porquê de cada um desses atributos serem restritivos à construção de grandes empreendimentos, e em que grau de importância.

As Unidades de Conservação, tanto as de Proteção Integral (UCPI) quanto as de Uso Sustentável (UCUS), são áreas protegidas legalmente, e por isso têm um alto grau de restrição. As áreas de Proteção Integral são mais restritivas, uma vez que admitem apenas o uso indireto de seus recursos, e por isso devem possuir um peso maior que o das áreas de Uso Sustentável, as quais admitem o uso direto de parcela de seus recursos (BRASIL, 2000).

As Áreas Tombadas (AT) também são protegidas em lei para a preservação do valor histórico, arqueológico, turístico, entre outros, das suas terras. Porém, como é uma área restritiva, mas que existe a possibilidade de intervenção, o peso para esse atributo deve ser pouco menor que o das Unidades de Conservação de Proteção Integral.

As Áreas de Preservação Permanente (APP) também devem possuir alto grau de restrição, uma vez que são áreas protegidas por lei. Porém, como também é possível a intervenção nessas áreas (dependendo da finalidade e relevância da intervenção), seu peso deve ser ainda menor que o das Unidades de Conservação de Proteção Integral, e pouco

menor que o das Áreas Tombadas, uma vez que estas são poucas e merecem maior atenção (BRASIL, 1965).

As Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade (APCB), como são apenas diretrizes para proteção e não são definidas por lei, devem possuir pesos menores que o das outras áreas protegidas. Entretanto, como existem classificações acerca da importância e da prioridade de conservação das áreas que estão presentes na área de estudo, foi realizada uma diferenciação entre elas. Dessa forma, as áreas que possuem importância e prioridade “Extremamente Alta” (APCB3), devem possuir peso maior do que a das que possuem uma das classificações como “Muito Alta” (APCB2), e o peso desta, deve ser ainda maior do que a das que possuem algo classificado como “Alta” (APCB1).

As Terras Indígenas (TI), também protegidas por lei, devem possuir o valor máximo de peso, uma vez que não é permitida nenhuma intervenção nessas áreas, as quais devem ter seus limites demarcados, permitindo apenas a ocupação de índios e de suas atividades.

Por fim, as Áreas Urbanas (AU) também devem possuir peso máximo, uma vez que existem construções em suas terras, e o processo de desapropriação, além de ser caro e complicado, não será envolvido nesse estudo. Dessa maneira, por envolver famílias e estabelecimentos, as Áreas Urbanas estão consideradas como restrição extrema.

Dessa forma, a classificação dos pesos de cada atributo de restrição seguiu a seguinte lógica de valores, de acordo com a **Figura 5**:

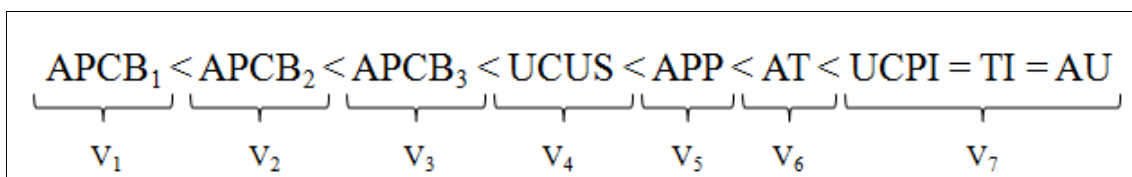


Figura 5 - Classificação dos Pesos dos Fatores de Restrição.

Com base em exemplos da literatura que indicam os valores normalmente utilizados

nos programas de SIG para definir a superfície de custo do território (BLASCHKE & LANG, 2009; EASTMAN, 1999; LISBOA, 2006), e juntamente com o grau de restrição atribuído anteriormente, foi possível criar a numeração para os valores: $V_1 = 20$; $V_2 = 30$; $V_3 = 40$; $V_4 = 50$; $V_5 = 80$; $V_6 = 100$ e $V_7 = 200$.

Esses números foram utilizados como pesos para criar a base de restrição do território, e assim, ser possível identificar quais as áreas mais e menos restritivas, de acordo com a valoração estipulada. Assim, todos os atributos de restrição foram sobrepostos, com seus devidos valores de peso considerados, a fim de produzir por um programa de geoprocessamento específico que trata também de imagens raster, um mapa que indique o custo do território, a partir de funções específicas do SIG. Indicando qual o ponto de partida (no caso, o início do traçado escolhido, no encontro com o Trecho Oeste do Rodoanel), o programa produz um mapa que mostra quais os conjuntos de pixels mais custosos a partir desse ponto, de acordo com a valoração realizada. Com esse mapa de custos, é possível obter um traçado menos custoso para se chegar a um ponto alvo (no caso, o final do traçado escolhido, no encontro com o Trecho Leste), ou seja, o traçado que passe por regiões menos restritivas de acordo com os critérios estabelecidos.

Com os pesos estabelecidos, é possível chegar a uma diretriz de traçado, a qual indica quais os principais pontos que devem ser evitados. Todos os pixels do mapa ficam assim, com um valor pré-estabelecido, ou seja, de acordo com o valor estipulado para cada atributo, o SIG faz com que o traçado passe pelos valores mais baixos, o que deixa o traçado dependente da diferenciação de valores entre os atributos. O que pode, de um lado, virar objeto de manipulação para quem estiver valorando e trabalhando com o mapa, pode também ser uma boa alternativa para trabalhar com áreas complexas onde existem regiões claramente mais e menos restritivas para a construção de uma rodovia, por exemplo.

Vale a pena ressaltar que como os pixels trabalhados eram, muitas vezes, muito

detalhados, e o tamanho da imagem trabalhada era muito grande (aproximadamente 2GB), o SIG não chegava ao mapa de custos ou ao final de um traçado, pois era muita informação para ser cruzada. Dessa maneira, a imagem de restrição foi contraída, a partir de vários testes, em 50 vezes. Foi verificado que não houve nenhuma alteração significativa que pudesse prejudicar o trabalho, uma vez que as diferentes classes continuaram bem definidas, e assim, os mapas puderam ser compostos.

Para estudar diferentes alternativas para as diretrizes de traçado produzidas, (como foi realizado com o Trecho Norte do Rodoanel, onde uma análise prévia baseada em informações secundárias indicou muitos traçados, e depois 3 desses foram estudados detalhadamente no EIA), foi escolhido alterar os valores das APPs (V_5), uma vez que elas possuem grande importância e vulnerabilidade ecológica para a região específica (área de mananciais da região metropolitana de São Paulo) e podem sofrer interferência dependendo da justificativa e da importância da ação, o que ocorre com frequência. Assim, o V_5 foi posteriormente alterado para 50 e 20, a fim de criar outros dois cenários para a região, dando importâncias (pesos) menores para a APP, a fim de verificar quais seriam as mudanças na diretriz de traçado resultante.

Com 3 diretrizes de traçado produzidas, além do traçado escolhido para ser construído, foi possível identificar áreas onde o traçado escolhido podia ter sido melhorado, do ponto de vista restritivo, evitando conflitos e problemas ambientais.

- Peso dos Atributos de Potencialidade

Já no grupo dos atributos de potencialidade do território, estão presentes os atributos Pedologia, Geologia, Relevo e Uso e Ocupação do Solo. Como todos esses atributos possuem diferentes classes dentro de cada um, foi estipulado um valor mínimo e um valor máximo para

todos eles, onde as classes de todos devem variar entre esses valores. Dessa maneira, as classes que possuem o menor valor (peso), são as mais favoráveis (menos desfavoráveis) para a construção da rodovia, enquanto as que possuem o maior valor, são as menos favoráveis, ou mais desfavoráveis para a construção.

Com relação à Pedologia e à Geologia, deve-se considerar qual o grau de estabilidade do terreno que cada categoria oferece. As classes que possuem maior probabilidade de erosão são desfavoráveis à construção da rodovia, e por isso devem ter peso máximo, ao passo que o peso mínimo deve ser alocado às classes favoráveis para uma construção, ou seja, que tornam o terreno estável.

De acordo com a EMBRAPA (2006), existem classes de vulnerabilidade dos solos. Em uma escala de 1 a 3, todos os 'latossolos' possuem vulnerabilidade valor 1; todos os 'argissolos' possuem valor 2; e todos os 'cambissolos' possuem valor 2,5. Dessa maneira, esses valores devem ser adaptados para os que foram aqui considerados. Os solos com menor valor, (1), devem continuar com o valor mínimo, 1; os solos com valor médio (2), devem possuir valor também médio, 6; e os solos com maior valor (2,5) devem possuir o valor máximo, 10;

Já para a Geologia, Crepani et. al. (2001) consideram os graus de vulnerabilidade das rochas. Numa escala também de 1 a 3, os sedimentos inconsolidados possuem o grau mais alto de vulnerabilidade, 3; as rochas gnáissicas e graníticas possuem um grau baixo de vulnerabilidade, 1,1 e 1,3; e as rochas magmáticas de composição félsica e máfica mais comuns, possuem vulnerabilidade de baixa à média, 1,1 e 1,5. Dessa maneira, de acordo com as considerações realizadas, as rochas de baixa vulnerabilidade devem possuir o valor mínimo, 1; as rochas de baixa-média vulnerabilidade devem possuir um valor pequeno, 3; e as rochas de grande vulnerabilidade, o valor mais alto, 10.

O Relevo possui apenas duas classes. Como está previsto no EIA-RIMA do Trecho Sul do Rodoanel, as inclinações da pista devem ser suaves, com no máximo 4%. Na maioria dos documentos que tratam da fragilidade que a declividade pode proporcionar (ROSS, 1994; CREPANI *et. al.*, 2001), uma declividade do terreno menor que 6% ainda pode ser considerada como pequena ou muito baixa. Portanto, considerando que não haja movimentação de terra (pois os custos são maiores e não é o foco deste trabalho mensurá-los), as inclinações com menos de 6% foram classificadas com o menor peso, 1; e as inclinações com mais de 6%, o maior valor, 10.

Com relação ao Uso e Ocupação do Solo, considerou-se que o “Campo Antrópico” é a melhor classe para a construção, uma vez que o solo exposto não representa espécies de fauna e flora e também não é uma área privada, que necessitaria de desocupação. Dessa maneira, o menor peso (1) deve ser atribuído para o campo antrópico, pois seria a classe mais favorável para a construção da rodovia. Já a vegetação (tanto as áreas de “Mata” quanto as de “Reflorestamento”) deve possuir um peso médio (5), uma vez que na maioria das vezes não são áreas particulares, porém não possuem a mesma facilidade para construção que o solo exposto. Dessa maneira, os pesos máximos (10) devem ficar com as áreas de “Mineração” e “Agricultura”, por serem áreas particulares e necessitarem de desapropriação, e as áreas de “Corpos D’Água”, “Várzea” e “Área Urbana”, representando áreas difíceis ou impossíveis para se construir a rodovia (COELHO, 2009).

Com todos os mapas que representam a potencialidade da região produzidos, com valores de 1 a 10, foi possível cruzá-los em sobreposição, obtendo um mapa que represente as áreas mais e menos favoráveis à construção de uma rodovia, principalmente do ponto de vista tecnológico e econômico (potencial).

Assim, cada diretriz de traçado obtida com o mapa de restrição, juntamente com o traçado escolhido para ser construído, puderam ser colocadas sobre o mapa de potencialidade.

Isso deve ser feito com a finalidade de verificar onde o traçado escolhido poderia ser alterado, em função da potencialidade, ou seja, onde ele podia ser otimizado do ponto de vista técnico e econômico.

5. Resultados

A partir da literatura e de todas as outras pesquisas realizadas e já citadas no trabalho, foi possível estabelecer uma lista de todos os fatores considerados na pesquisa (como pode ser visto no **Quadro 1**), identificando a partir de quais dados sua construção foi realizada e identificando por que cada atributo foi classificado como de ‘restrição’ ou de ‘potencialidade’.

Fator	Construção	Classificação	Justificativa
Uso e Ocupação do Solo	Imagem de satélite e foto aérea	Restrição/ Potencialidade	Algumas classes são restritivas (como a hidrografia e a várzea, que servem para delimitar a APP) e outras potenciais (como o solo exposto ou áreas degradadas)
Áreas Protegidas	Imagem de satélite, foto aérea e dados do ISA e do MMA	Restrição	Regiões que devem ser evitadas, pois possuem grande relevância ambiental
Área Urbana	Imagem de satélite e foto aérea	Restrição	Áreas que devem ser evitadas, pois resultariam em muitos custos e problemas de desapropriação e realocação
Topografia	Dados do ISA e de cartas topográficas	Potencialidade	Quanto menor for a inclinação do terreno, melhor para se construir
Pedologia	Dados do MMA	Potencialidade	Existem tipos de solos mais favoráveis para a construção
Geologia	Dados do MMA	Potencialidade	Existem tipos de rochas mais favoráveis para a construção

Quadro 1 - Fatores de Restrição e Potencialidade

De acordo com os fatores selecionados e os mapas que foram compostos a partir desses dados, cartas temáticas foram criadas para cada um deles, com a finalidade de compor a

base de referência ambiental.

Assim, serão apresentadas essas cartas temáticas, divididas de acordo com a classificação que foi atribuída a cada fator.

5.1 Fatores de Restrição

5.1.1 Áreas Protegidas

Unidades de Conservação – Proteção Integral

Dentro da área de estudo, foram consideradas 15 áreas como de proteção integral. Dentre estas, 12 Parques Municipais (Burle Marx; Estoril; Fontes do Ipiranga; Francisco Rizzo; Guapituba; Guarapiranga; Ilha dos Eucaliptos; Itapecerica da Serra; Jardim Botânico do Pedroso; Milton Marinho de Moraes; Nove de Julho; Represinha), 1 Parque Estadual (Serra do Mar), 1 Parque Ecológico (Guarapiranga) e 1 Reserva Estadual (Morro Grande).

De acordo com a **Figura 6**, é possível verificar que o traçado do Trecho Sul do Rodoanel atravessa diretamente apenas 1 Parque Municipal, o “Parque Regional e Jardim Botânico do Pedroso”, com aproximadamente 750 hectares. Considerando que o parque, localizado no município de Santo André, tem grande relevância sendo uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, os impactos de uma rodovia dentro dele são enormes. Além disso, o traçado passa muito próximo de várias outras áreas, considerando outros impactos indiretos a elas.

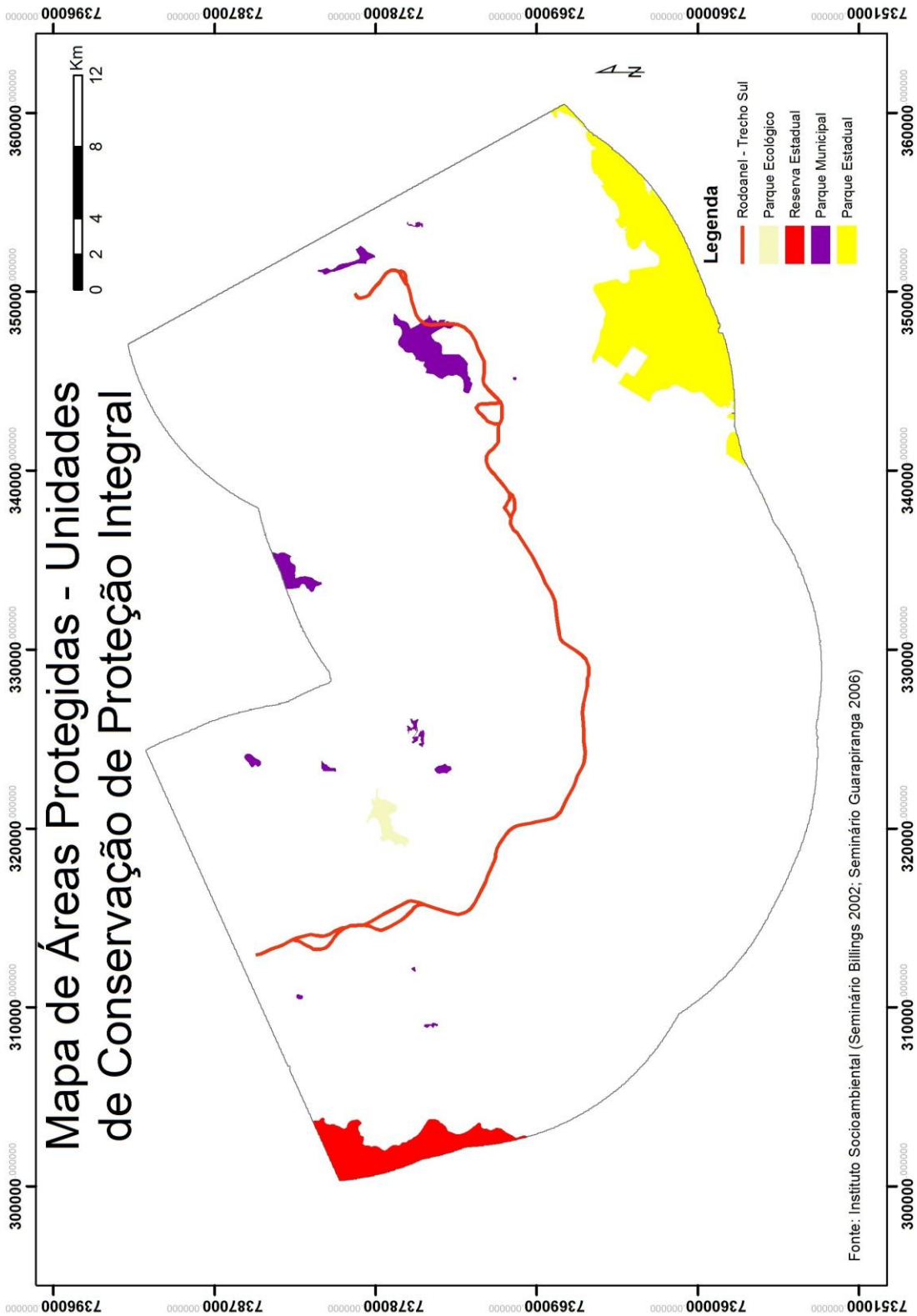


Figura 6 - Unidades de Conservação de Proteção Integral.

Unidades de Conservação – Uso Sustentável

As Unidades de Conservação de Uso Sustentável que fazem parte da área de estudo são Áreas de Proteção Ambiental (APA). No total, 3 APA's estão contidas na região, sendo que 2 ocupam áreas grandes (APA Municipal Bororé-Colônia; APA Municipal Capivari-Monos) e 1 ocupa uma área pequena (APA Estadual Haras de São Bernardo). De acordo com a **Figura 7**, pode-se identificar que o traçado do Trecho Sul do Rodoanel passa dentro de grande parte da APA Bororé-Colônia, mostrando que há uma interferência direta e importante da rodovia nessa Unidade de Conservação.

Vale a pena ressaltar que a APA Bororé-Colônia foi criada apenas em 2006, ou seja, após o processo de Avaliação de Impacto Ambiental do Trecho Sul do Rodoanel. Isso faz com que a APA não pudesse ter sido considerada, legalmente, na definição do traçado da rodovia. Porém, os principais objetivos da APA, que envolvem a proteção da Represa Billings e da fauna e flora remanescente, sempre foram relevantes e devem ser considerados na definição do traçado que passaria por lá.

Terras Indígenas

Duas Terras Indígenas estão dentro da área de estudo e sofrem interferências indiretas do traçado do Trecho Sul do Rodoanel, uma vez que este não cruza nenhuma delas, com uma distância de aproximadamente 7km, de acordo com a **Figura 8**. As Áreas Indígenas da Barragem e do Curucutu são relativamente pequenas, mas devem ser extremamente preservadas, uma vez que a legislação assegura os direitos indígenas, e por esse motivo, a menor interferência possível deve ser buscada por uma construção da magnitude de uma rodovia.

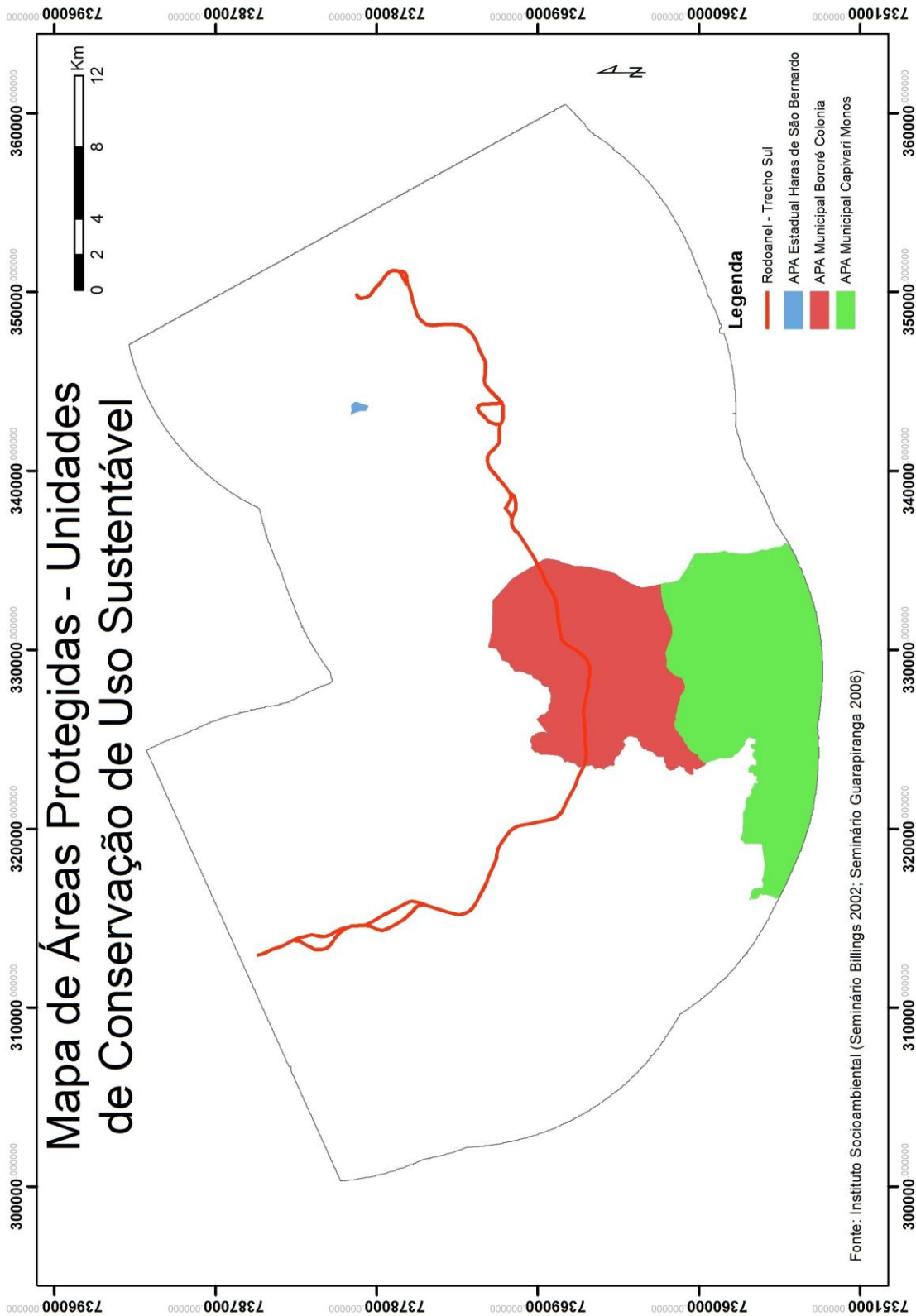


Figura 7 - Unidades de Conservação de Uso Sustentável.

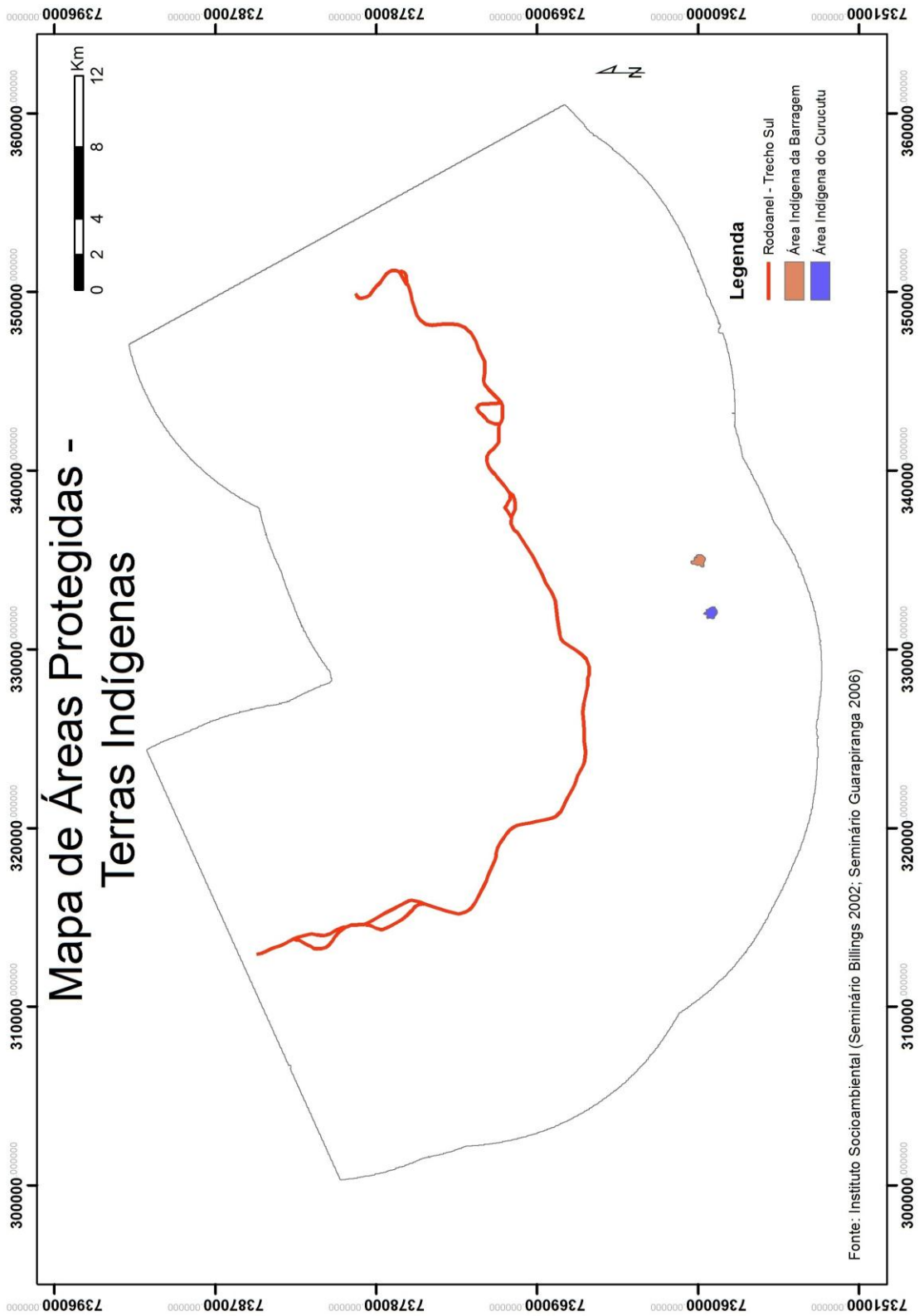


Figura 8 - Terras Indígenas.

Áreas Tombadas

Dentro da área de estudo, 2 Áreas Tombadas são destaque. A primeira, em grande extensão e importância, é a Serra do Mar e Paranapiacaba. Já a segunda, com aproximadamente 5km de extensão, é a Cratera de Colônia. O Traçado do Trecho Sul do Rodoanel não tem interferência direta com nenhuma das duas áreas, como pode ser visto na **Figura 9**. Porém, como essas duas regiões possuem grande importância histórica, cultural e ambiental, devem ser preservadas ao máximo, evitando qualquer tipo de interferência externa.

Áreas de Preservação Permanente

Grande parte da região é composta de Áreas de Preservação Permanente, como pode ser visto na **Figura 10**, principalmente porque os mananciais representam uma extensa área, e com isso, surgem as APPs nos seus entornos e dos rios, lagos e nascentes que também fazem parte das bacias hidrográficas. Além disso, a região apresenta uma pequena área de serra, o que faz com que as APPs por declividade acentuada também sejam facilmente encontradas.

As áreas de várzeas, como também foram consideradas aqui como APPs, são encontradas com facilidade, uma vez que os mananciais proporcionam o predomínio delas. A interferência da rodovia em áreas de APP pôde ser comprovada nas visitas de campo realizadas em setembro e outubro de 2011.

Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade

Dentro da área de estudo, existem 6 Áreas Prioritárias para a Conservação da

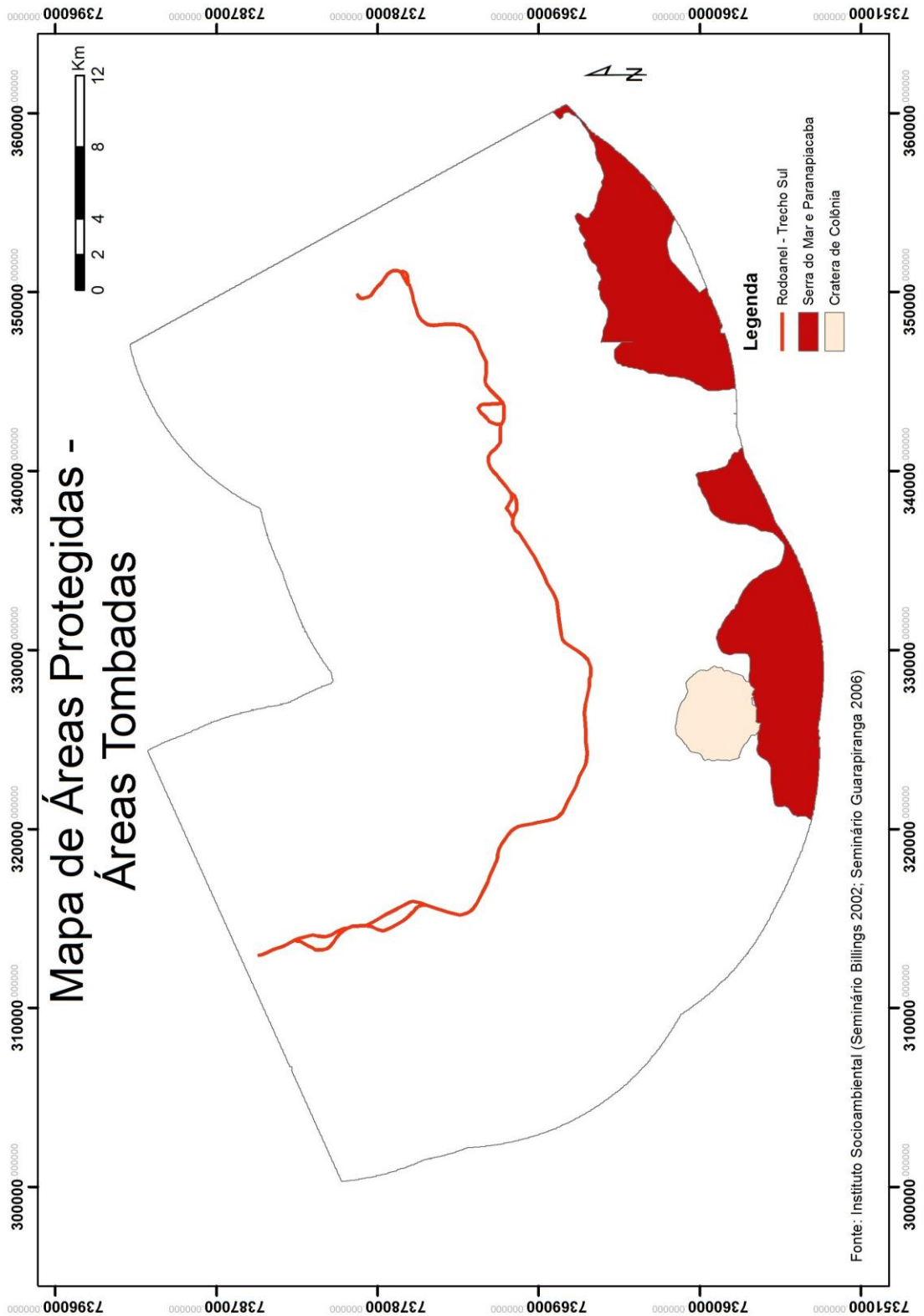


Figura 9 - Áreas Tombadas.

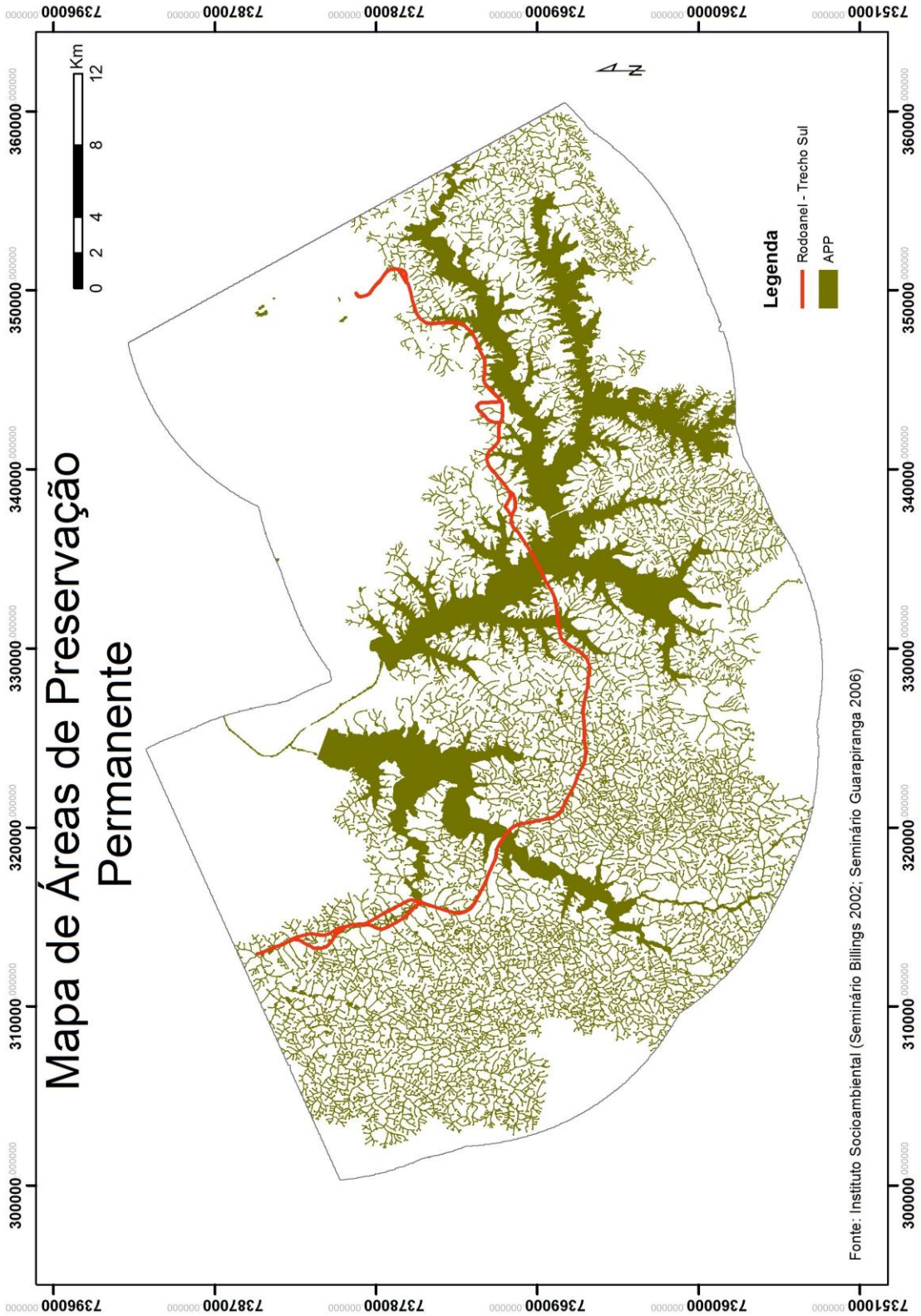


Figura 10 - Áreas de Preservação Permanente.

Biodiversidade, de acordo com o que o Ministério do Meio Ambiente considera que deve ser protegido, se tornando áreas protegidas. Dentro destas, 3 Parque Ecológicos (Embu-Guaçu; Guarapiranga; Serra Do Mar-Cubatão), 2 Corredores Ecológicos (Billings-Guarapiranga; Quilombos do Médio Ribeira) e 1 Unidade de Conservação de Uso Sustentável (Morro Grande) são indicadas para serem construídas.

Os 2 Corredores Ecológicos e o Parque Ecológico Serra Do Mar-Cubatão foram considerados pelo MMA de importância e prioridade “Extremamente Altas”, uma vez que possuem grande importância ambiental e necessitam ser preservados rapidamente. O Parque Ecológico Guarapiranga, é considerado de importância “Extremamente Alta” e prioridade “Muito Alta”, assim como a Unidade de Conservação de Morro Grande é considerada de importância “Muito Alta” e prioridade “Extremamente Alta”, mostrando que possuem relevância pouco inferior às anteriores. Por fim, o Parque Ecológico Embu-Guaçu é considerado de importância “Extremamente Alta” e prioridade “Alta”, mostrando uma relevância ainda um pouco menor que as anteriores.

De acordo com a **Figura 11**, é possível verificar que o traçado do Trecho Sul Rodoanel passa diretamente em grande parte de uma das áreas consideradas mais relevantes, o Corredor Billings-Guarapiranga. Isso indica que mesmo que não tenha sido criada uma unidade de conservação, essa área possui extrema importância ecológica e necessita ser protegida com extrema prioridade. O MMA ainda indica que a melhor solução é criar Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), Unidades de Conservação de Uso Sustentável.

5.1.2 Área Urbana

Entendendo a área urbana como uma região que deve ser evitada, por inúmeros motivos já citados, para a construção da rodovia, pode-se verificar de acordo com a **Figura 12** que de uma maneira geral o traçado escolhido para o Trecho Sul do Rodoanel tem uma certa distância da grande mancha urbana da Região Metropolitana de São Paulo, passando apenas por fragmentos. Entretanto, interferência da rodovia em áreas urbanas pôde ser comprovada nas visitas de campo realizadas em setembro e outubro de 2011.

Considerando que o traçado deve ter início no ponto de encontro com o Trecho Oeste e fim no encontro com o Trecho Leste, e ainda deve interceptar as Rodovias Régis Bittencourt, Imigrantes e Anchieta, não tem como evitar totalmente o contato com a área urbana. Porém, este deve ser evitado ao máximo, e foi verificado que o traçado escolhido teve esta preocupação como um dos principais objetivos, evitando maiores conflitos sociais e gastos.

A partir de todos esses mapas que representam os atributos de restrição, e junto com os valores de pesos atribuídos anteriormente, foi possível criar o Mapa de Restrição da Área de estudo, como pode ser visto na **Figura 13**. Esse mapa mostra, de acordo com os primeiros valores de pesos considerados, quais são as áreas mais e menos restritivas, onde quanto mais escura a cor da legenda, mais restritivo. O traçado escolhido para o Trecho Sul do Rodoanel também pode ser visto nesse mapa, mostrando sob quais valores de restrição ele foi construído. Pode-se considerar que em seu início, o traçado passa por valores pequenos de restrição, mas depois, principalmente por causa da intervenção com as APPs e com a área urbana, o traçado atravessa áreas consideradas como de grande restrição.

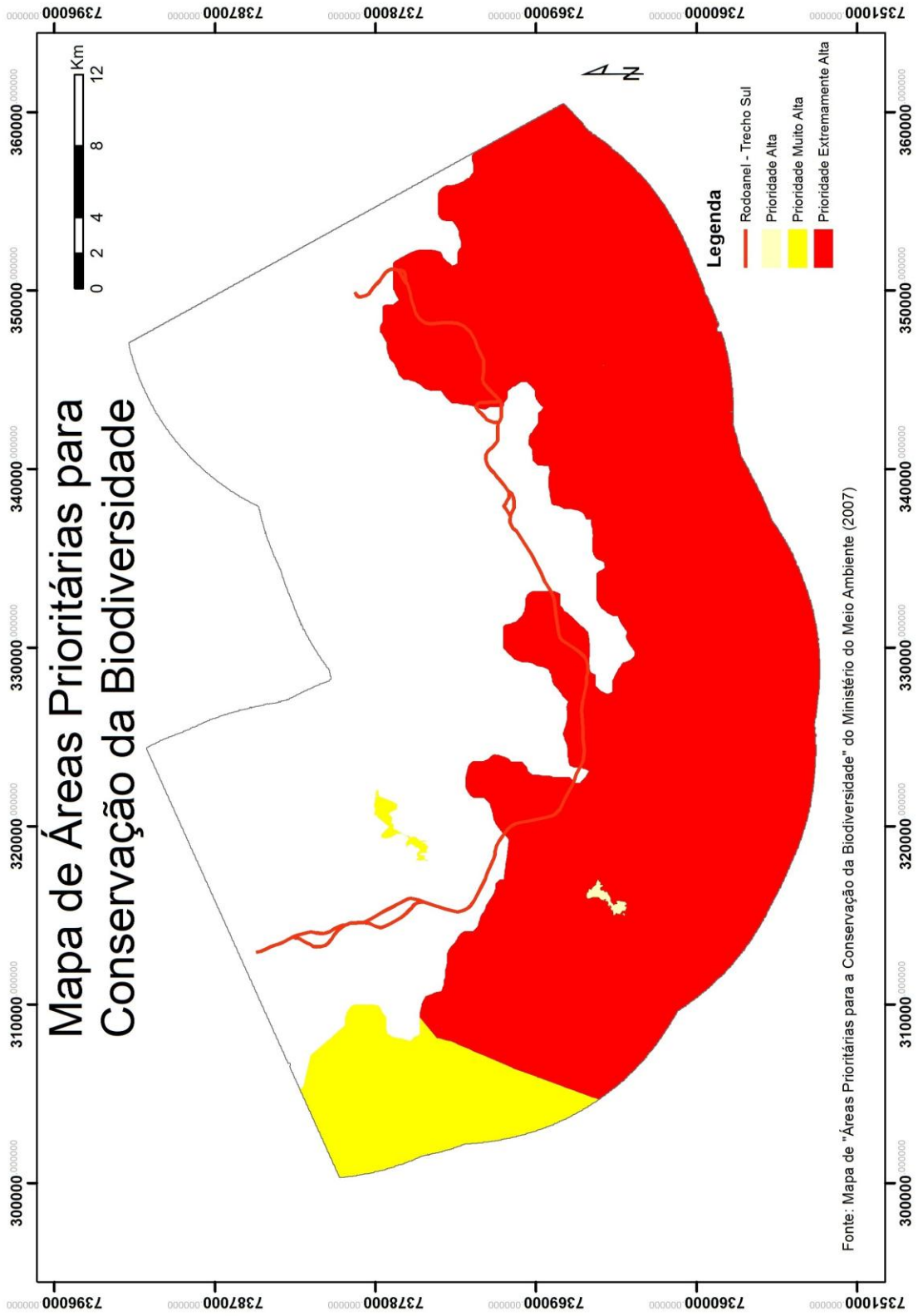


Figura 11 - Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.

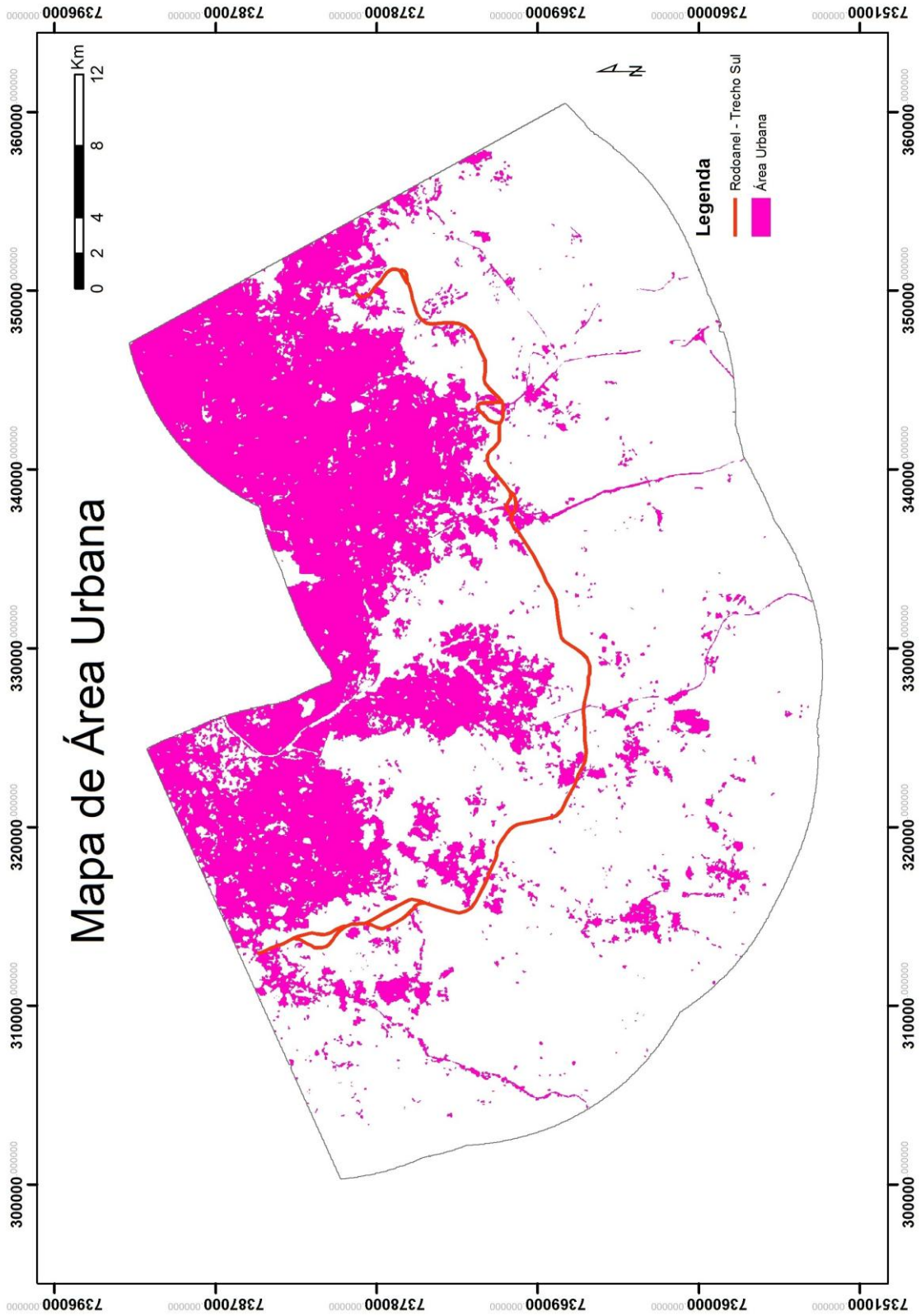


Figura 12 – Área Urbana.

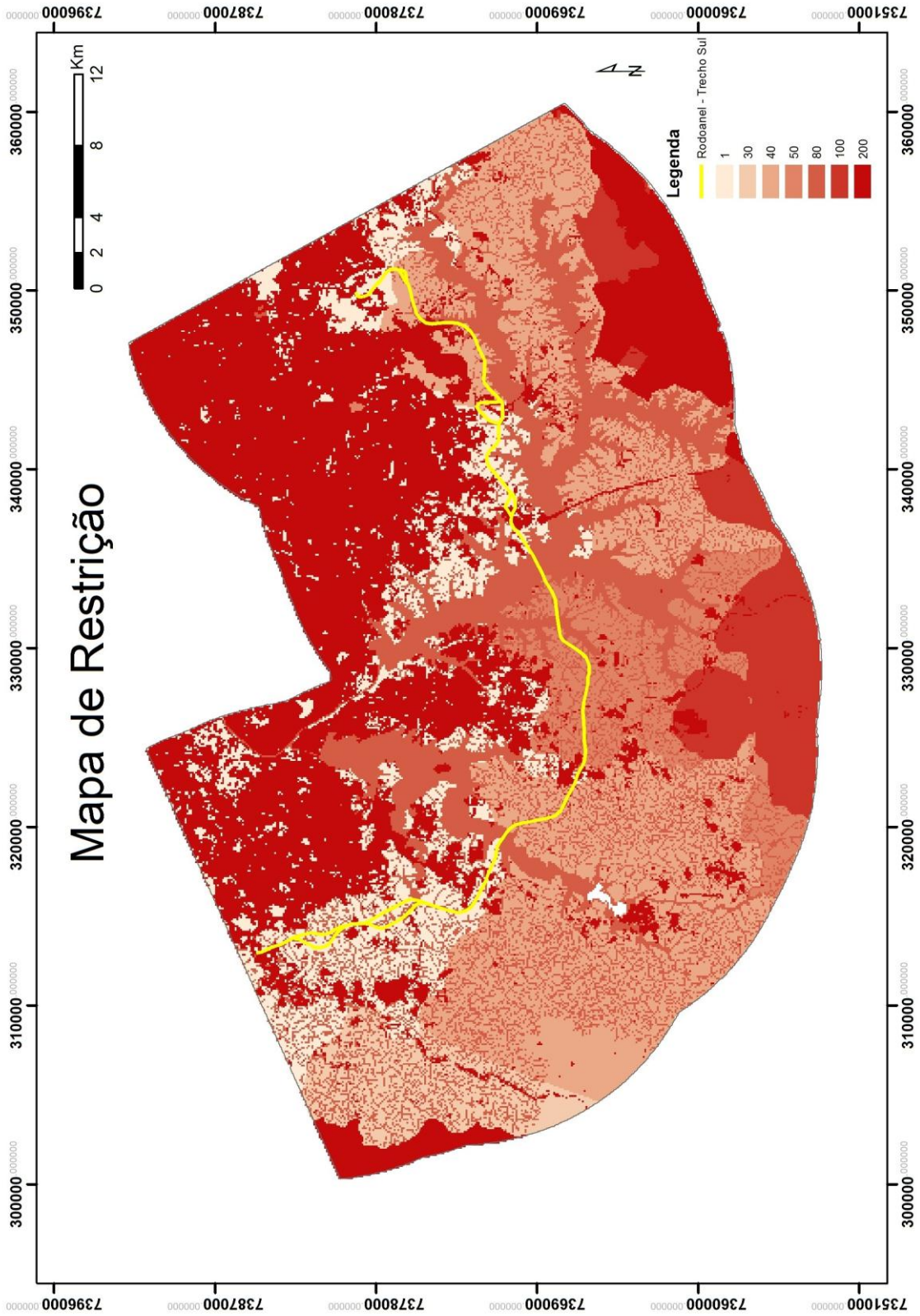


Figura 13 - Mapa de Restrição.

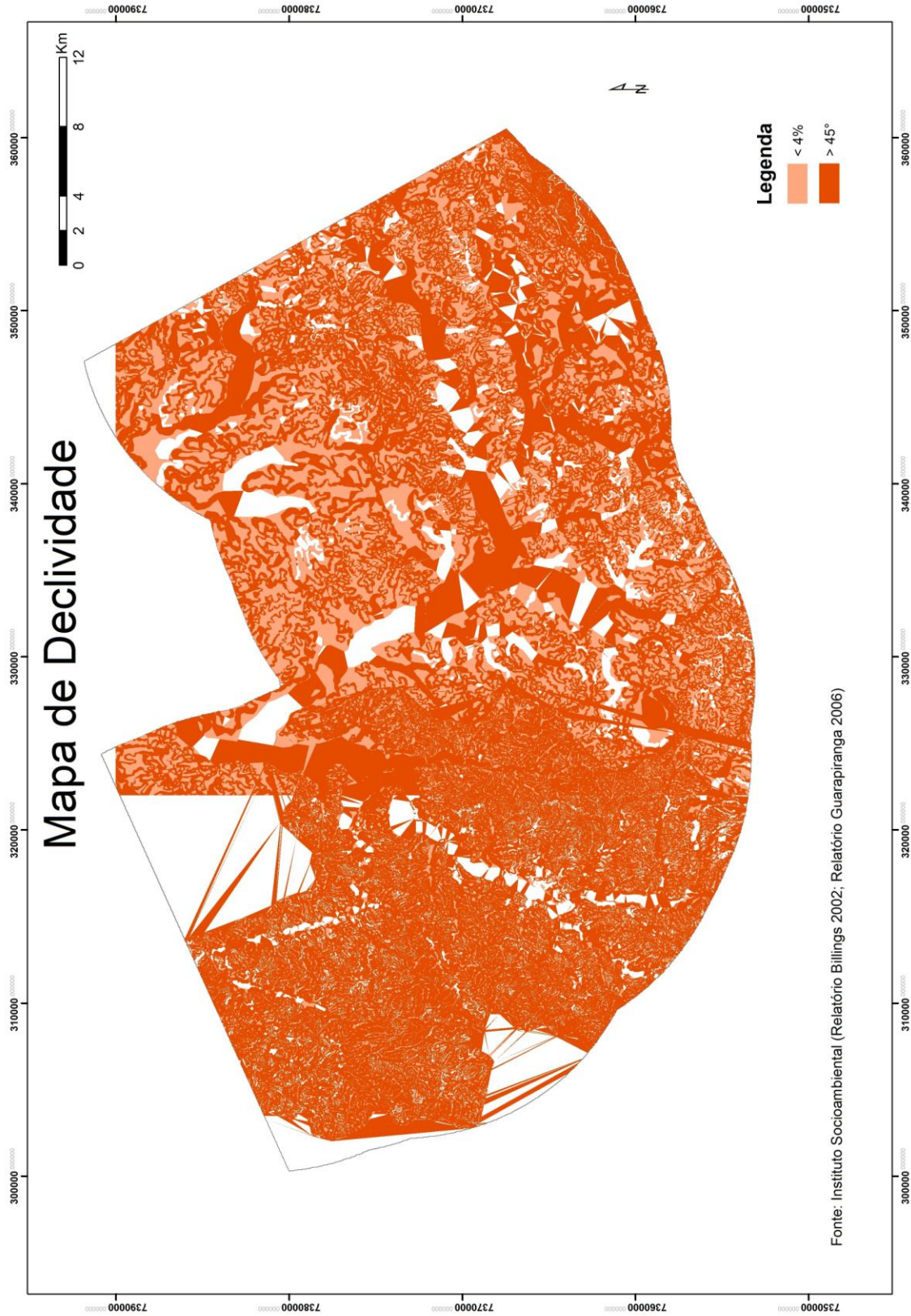


Figura 14 – Declividade.

5.2 Fatores de Potencialidade

Topografia

A topografia da região pode ser identificada a partir da **Figura 14**, que mostra que há uma enorme amplitude de declividade em toda a área de estudo, como existe em praticamente todo lugar de grande extensão. Entretanto, escolheu-se, para o mapa produzido, apenas os intervalos interessantes para a pesquisa, ou seja: as áreas mais planas, com declividade inferior à 4%, favorável para a potencialidade; e as áreas mais íngrimes, com declividade superior à 45°, indicando regiões de APPs.

Vale a pena ressaltar que o mapa apresentado foi utilizado apenas para a melhor visualização neste documento, a partir da triangulação TIN, nos programas de geoprocessamento. Porém, para trabalhar na base de referência ambiental, os dados foram separados, em unidades, recebendo os pesos pré-definidos.

Pedologia

O mapa de Pedologia, de acordo com a **Figura 15**, revelou que 2 grandes grupos de solos estão presentes na área de estudo, o Cambissolo Háplico e o Argissolo Vermelho-Amarelo. Porém, os Cambissolos estão subdivididos em duas categorias: Cambissolo Háplico Distrófico e Cambissolo Háplico Distrófico com Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Os Argissolos também estão subdivididos, em: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico com Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Vale a pena ressaltar que o tipo de solo predominante é o que é considerado como o “grande grupo”, e assim, é considerado para compor a Base de Referência Ambiental. Ou seja, todos os tipos de “cambissolos” serão assim considerados, uma vez que possuem alta

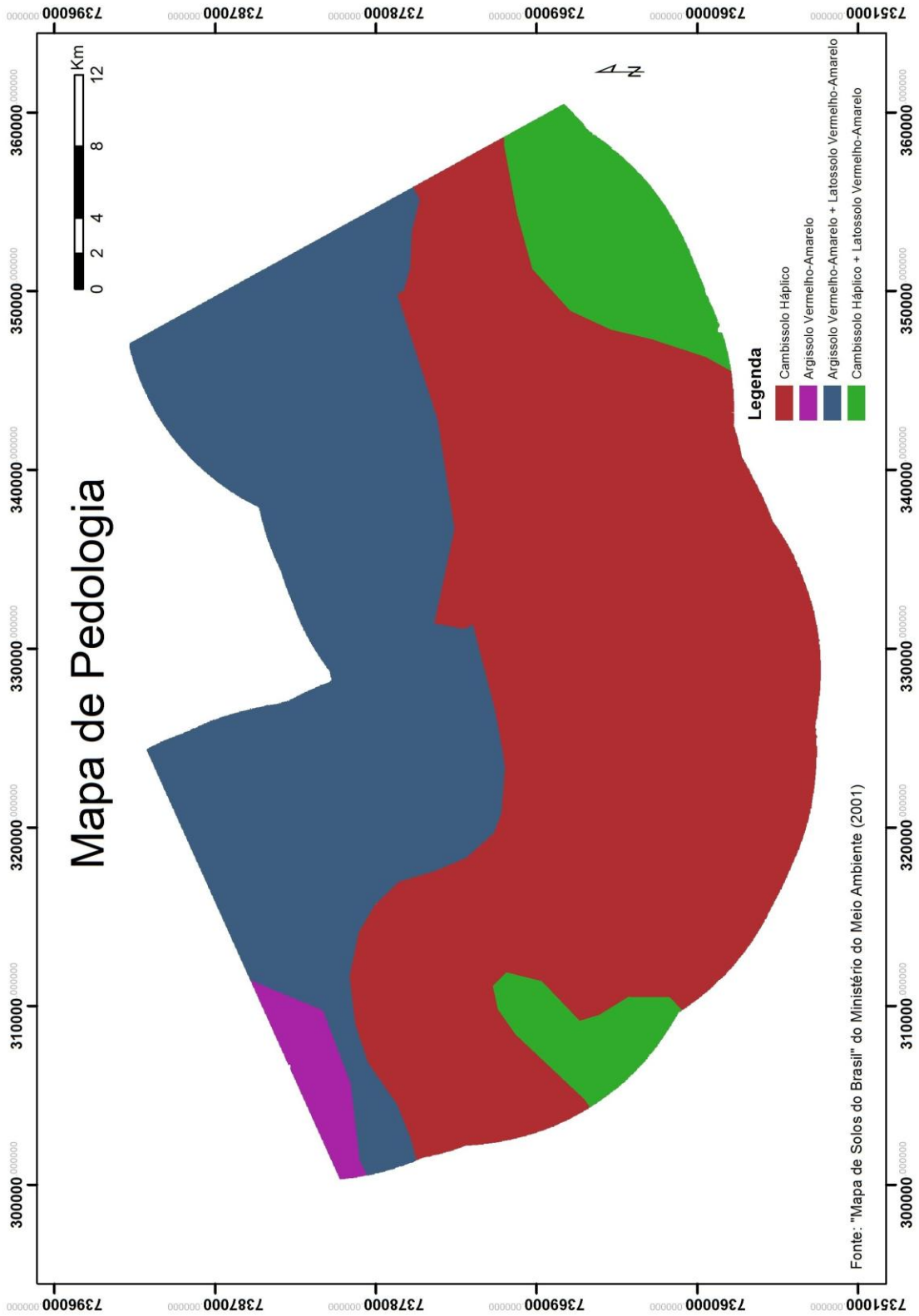


Figura 15 – Pedologia.

vulnerabilidade e devem ser considerados por isso. Já os “argissolos”, que possuem média vulnerabilidade, são aqui separados, uma vez que a mistura com um tipo de “latossolo” deixa o solo menos vulnerável.

O solo que predomina na região, é o Cambissolo Háptico, indicando grande vulnerabilidade e probabilidade de erosão, principalmente nas regiões dos reservatórios. Um solo vulnerável deve ser evitado para a construção de uma rodovia, pois o controle para que não haja deslizamentos ou outros problemas decorridos da instabilidade do solo é bem maior quando há vulnerabilidade, e assim, aumentam os problemas e os custos do projeto.

Geologia

O mapa Geológico mostrou que existem 3 tipos geológicos na região: Sedimentos Arenosos, Rochas Magmáticas e Rochas Gnáissicas e Graníticas. Porém, o tipo predominante, presente em quase toda a área, é o de rochas gnáissicas e graníticas, como pode ser visto na **Figura 16**. Essas rochas representam baixos graus de vulnerabilidade, indicando que do ponto de vista geológico não existem muitos problemas de instabilidade.

Portanto ao contrário da pedologia, a geologia se mostra favorável para a construção de uma rodovia. Porém, a combinação entre solo e rocha é fundamental para definir a estabilidade do terreno, e por isso, devem ser estudadas em conjunto. Todos os programas de controle de erosão do empreendimento devem ser feitos com base nessas classificações.

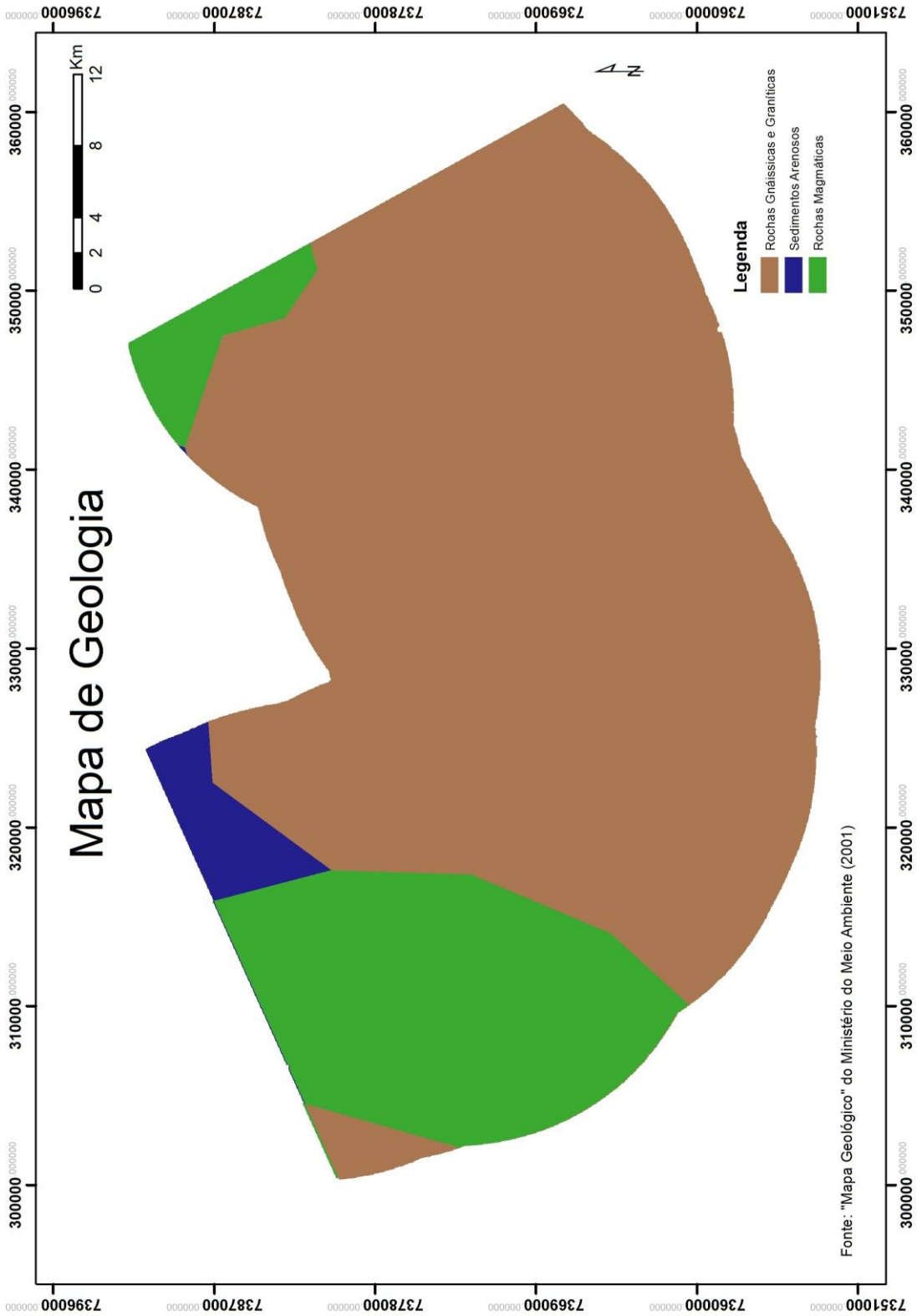


Figura 16 – Geologia.

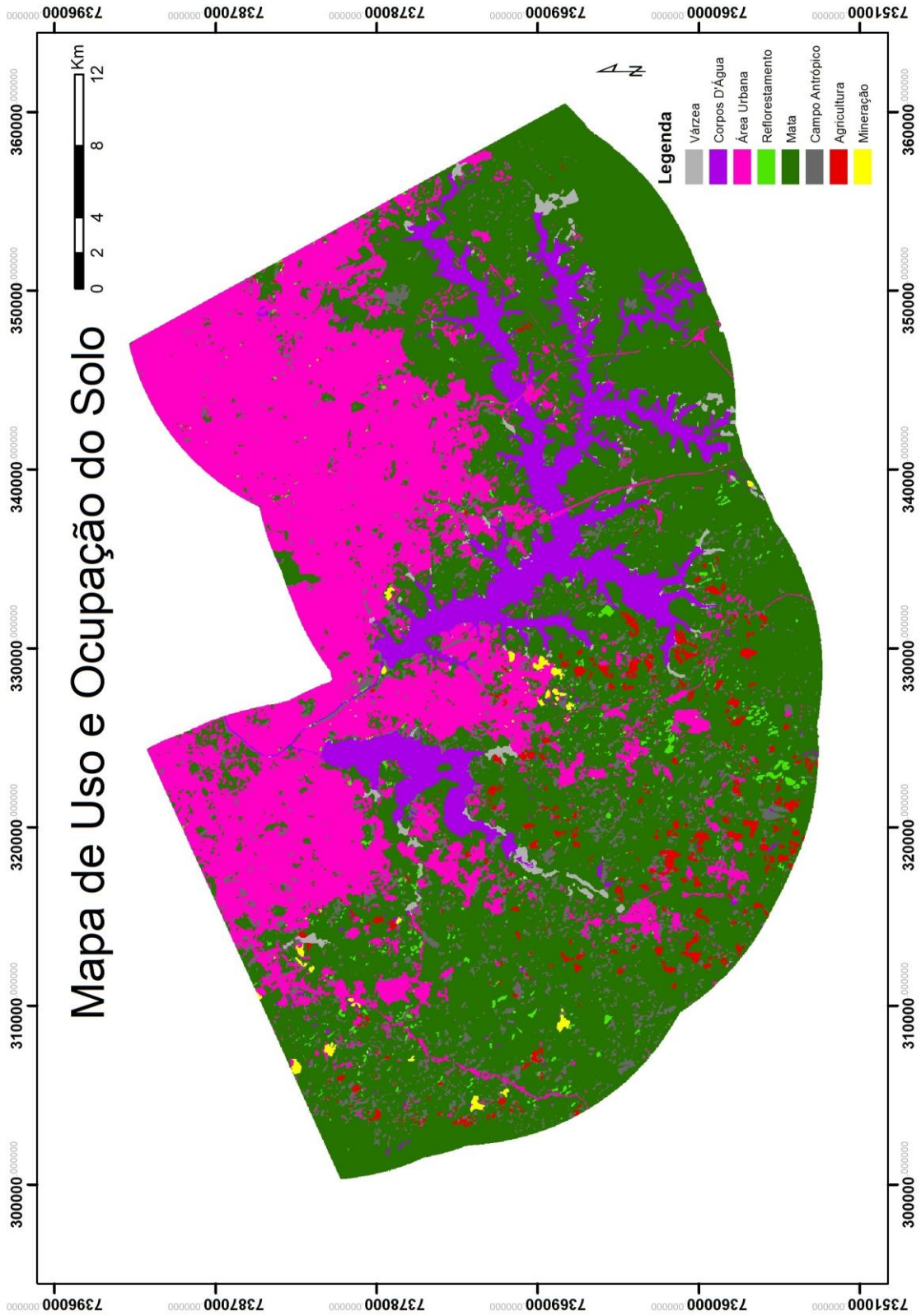


Figura 17 - Uso e Ocupação do Solo.

5.3 Fator de Restrição e Potencialidade

Uso e Ocupação do Solo

A partir desse mapa, identificado pela **Figura 17**, foi possível verificar claramente a região de uso heterogêneo que o Trecho Sul do Rodoanel se encontra.

Além de possuir vários usos diferentes, e muitas vezes intercalados na mesma região, é importante salientar o predomínio da área urbana e da vegetação, o que pode indicar conflito de uso do solo e é um fator determinante para a configuração da base de referência ambiental.

5.4 Diretrizes de Traçado

A partir dos mapas relativos aos fatores de restrição apresentados anteriormente, e de acordo com a metodologia apresentada, foi possível chegar a três diferentes diretrizes de traçado para o Trecho Sul do Rodoanel.

A **Figura 18** indica, além do traçado construído, as três diretrizes de traçado obtidas a partir dos mapas de restrição. (Note-se que o mapa de restrição base apresentado nesta figura é o considerado inicialmente, para a primeira diretriz de traçado, apenas para efeito de melhor visualização dos seus componentes, mas o foco principal é as diretrizes de traçado). Assim, é possível fazer as seguintes observações sobre os traçados em questão:

- Traçado do Trecho Sul do Rodoanel : suas peculiaridades já foram discutidas neste trabalho, porém, é importante salientar que ele atravessa grande parte dos tipos de restrição considerados, sendo Unidades de Conservação, Áreas de Preservação Permanente, e Áreas Urbanas.

- Diretriz de Traçado 1: o traçado aqui obtido, tem como principal característica

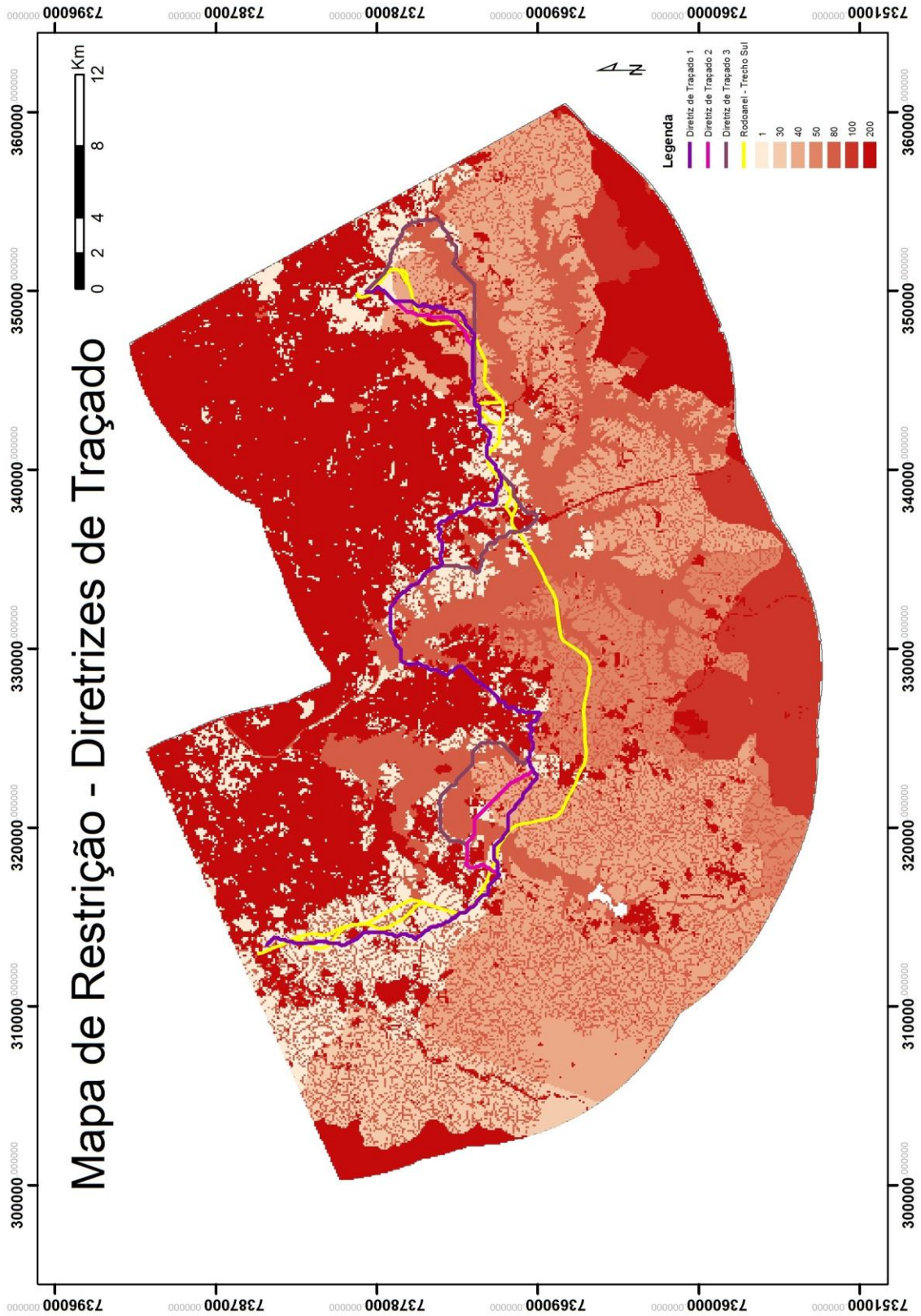


Figura 18 - Diretrizes de Traçado.

a tentativa de não interferir nas áreas mais restritivas (Área Urbana, Terra Indígena e Unidades de Conservação de Proteção Integral). Mesmo assim, atravessa áreas de APP, principalmente os dois mananciais. Porém, vale a pena identificar que foram escolhidas áreas de pequena largura dos mananciais para diminuir o impacto (na Guarapiranga, foi o mesmo escolhido pelo traçado construído, mas na Billings foi diferente), e as Unidades de Conservação de Uso Sustentável foram evitadas. Mesmo assim, o traçado atravessou áreas delimitadas como Prioritárias para a Conservação de prioridades extremamente altas. O comprimento total do traçado é de aproximadamente 69km, pouco maior que os 61km do traçado construído.

- Diretriz de Traçado 2: o traçado obtido com essa diretriz segue a maioria das evidências do traçado obtido com a Diretriz 1, principalmente em evitar as Áreas Urbanas e as Unidades de Conservação. Porém, próximo da região da represa Guarapiranga, a diretriz indicou outro caminho, atravessando uma largura maior do manancial, porém, atravessando uma área menos restritiva entre os dois mananciais. Além disso, perto do final do trajeto, o traçado também foi pouco modificado, atravessando regiões de APP. O comprimento total do traçado é de aproximadamente 70km.

- Diretriz de Traçado 3: essa diretriz revelou um traçado mais longo, com aproximadamente 85km. Também segue as principais características dos dois traçados anteriores, de evitar Áreas Urbanas e Unidades de Conservação. Porém, ao chegar na região da represa Guarapiranga, o traçado faz um caminho diferente, atravessando uma largura maior do manancial, porém, evitando uma Área Prioritária para Conservação da Biodiversidade de relevância extremamente alta, a qual concentra partes significativas dos remanescentes da região. Após atravessar a represa Billings (pela largura pequena, como nas outras 2 diretrizes), o traçado atravessou outros dois braços da represa, a fim de evitar regiões de Área Urbana. Ao final, o traçado indicou um caminho ainda maior, atravessando mais duas vezes a

represa Billings, porém, evitando atravessar áreas maiores, importantes e prioritárias para a conservação, e outros focos de Área Urbana.

6. Discussão

A primeira discussão aqui realizada leva em conta a comparação feita entre cada uma das diretrizes de traçados obtidas e o traçado escolhido e construído para o Trecho Sul do Rodoanel.

De acordo com a **Figura 19**, que compara o traçado construído com o produzido pela primeira diretriz, é possível identificar que a principal diferença, em termos de restrição ambiental, é o fato de que enquanto o traçado construído possui uma extensão menor e passa por uma largura maior da represa Billings (aproximadamente 1800m), o traçado oferecido pela primeira diretriz indica um deslocamento para não só desviar da APA Bororé Colônia mas também atravessar um trecho menor da represa, de aproximadamente 1000m. Isso indica que seria possível desviar de fragmentos ambientais importantes, mesmo que a extensão da rodovia fosse maior. Porém, deve ser ressaltado que nesse trajeto da diretriz de traçado 1, para atravessar uma largura menor do manancial, existe uma mancha urbana significativa. Por mais que o traçado não passe exatamente sobre fragmentos urbanos, a proximidade é muito grande e poderia causar maiores conflitos não só com a população, mas também de facilidade de interferência na rodovia, uma vez construída.

Considerando as Unidades de Conservação como elementos importantes (BRASIL, 2000) para a preservação da biodiversidade e regulação do meio ambiente, e a interferência que uma obra dessa magnitude causa numa região de mananciais (SÁNCHEZ & SILVA-SANCHEZ, 2008), é importante evidenciar que o traçado produzido tenha optado por fazer um caminho mais longo que o traçado construído, a fim de evitar ou diminuir os impactos sobre esses fatores. O problema da interferência no trecho de área urbana pode ser, talvez, minimizado por medidas mitigadoras para evitar ao máximo os impactos negativos

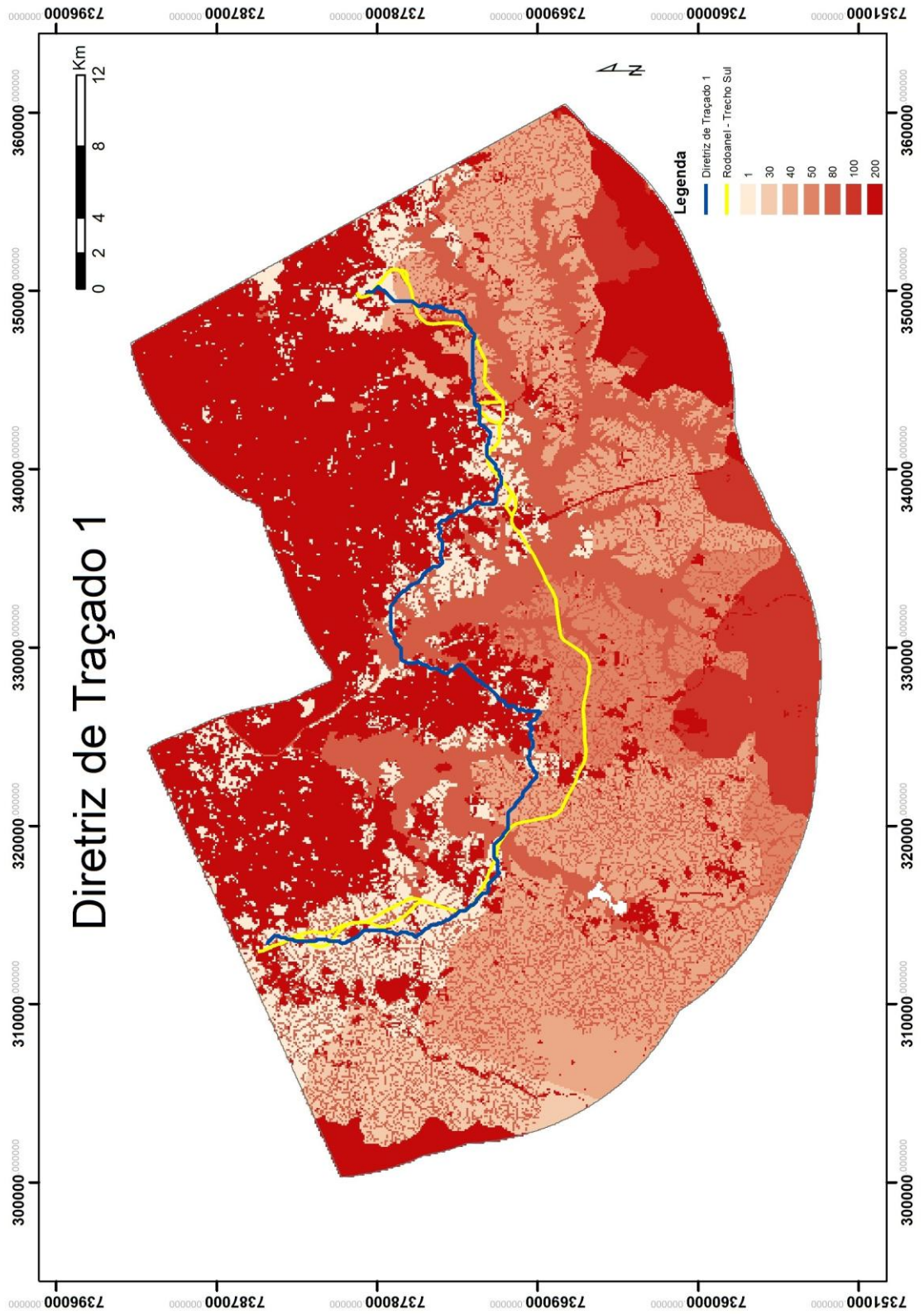


Figura 19 - Diretriz de Traçado 1.

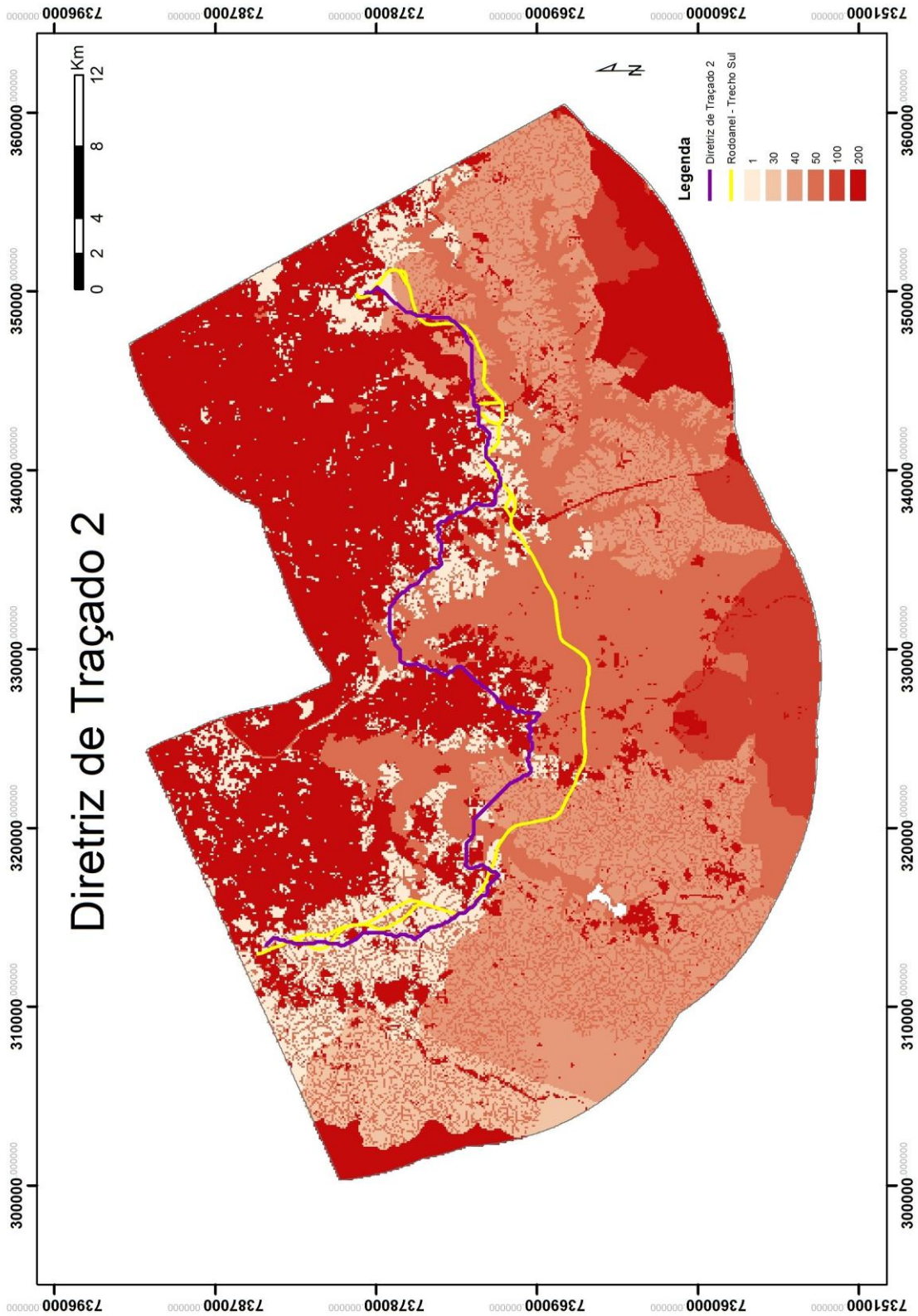


Figura 20 - Diretriz de Traçado 2.

sobre a população que continuaria vivendo no local, ou, por alternativas tecnológicas de traçado, como pontes, nas áreas mais concentradas.

Já na **Figura 20**, é possível comparar o traçado construído com o apresentado na segunda diretriz de traçado. Todas as considerações feitas na discussão da primeira diretriz de traçado também cabem aqui, uma vez que o segundo traçado produzido também optou por desviar da APA Bororé Colônia e atravessar uma largura menor da represa Billings. Além disso, a segunda diretriz mostrou uma outra opção para atravessar a represa Guarapiranga. O traçado atual tem uma ponte de aproximadamente 800m sobre essa represa, e a segunda diretriz aponta um traçado apenas um pouco maior (aproximadamente 900m). O deslocamento deve-se ao fato de que ao invés de atravessar uma área considerada como prioritária para a conservação da biodiversidade, muito vegetada (de acordo com o mapa de Uso e Ocupação de Solo), com aproximadamente 5km de rodovia, a segunda diretriz apontou para um caminho que corta essa região por apenas 3km. Essa área, por mais que não seja legalmente protegida, é uma região de mananciais e abriga grande concentração de biodiversidade que deve ser protegida e evitada ao máximo por um empreendimento do tipo.

De acordo com os problemas que o Trecho Sul do Rodoanel causou em sistemas importantes de fauna e flora (BARBOSA & CATHARINO, 2007), é conveniente pensar numa alternativa para se evitar esse tipo de impacto, como aponta a diretriz de traçado 2. Além de ser uma região muito florestada, também é uma região de APP, devido aos afloramentos que ocorrem na região. Isso mostra que mesmo que as Áreas Prioritárias para a Conservação ainda não estejam legalmente implementadas para preservação, as APPs estejam, e devem ser evitadas ao máximo para uma interferência do tipo.

Por fim, a terceira diretriz de traçado (**Figura 21**) pode ser comparada com o

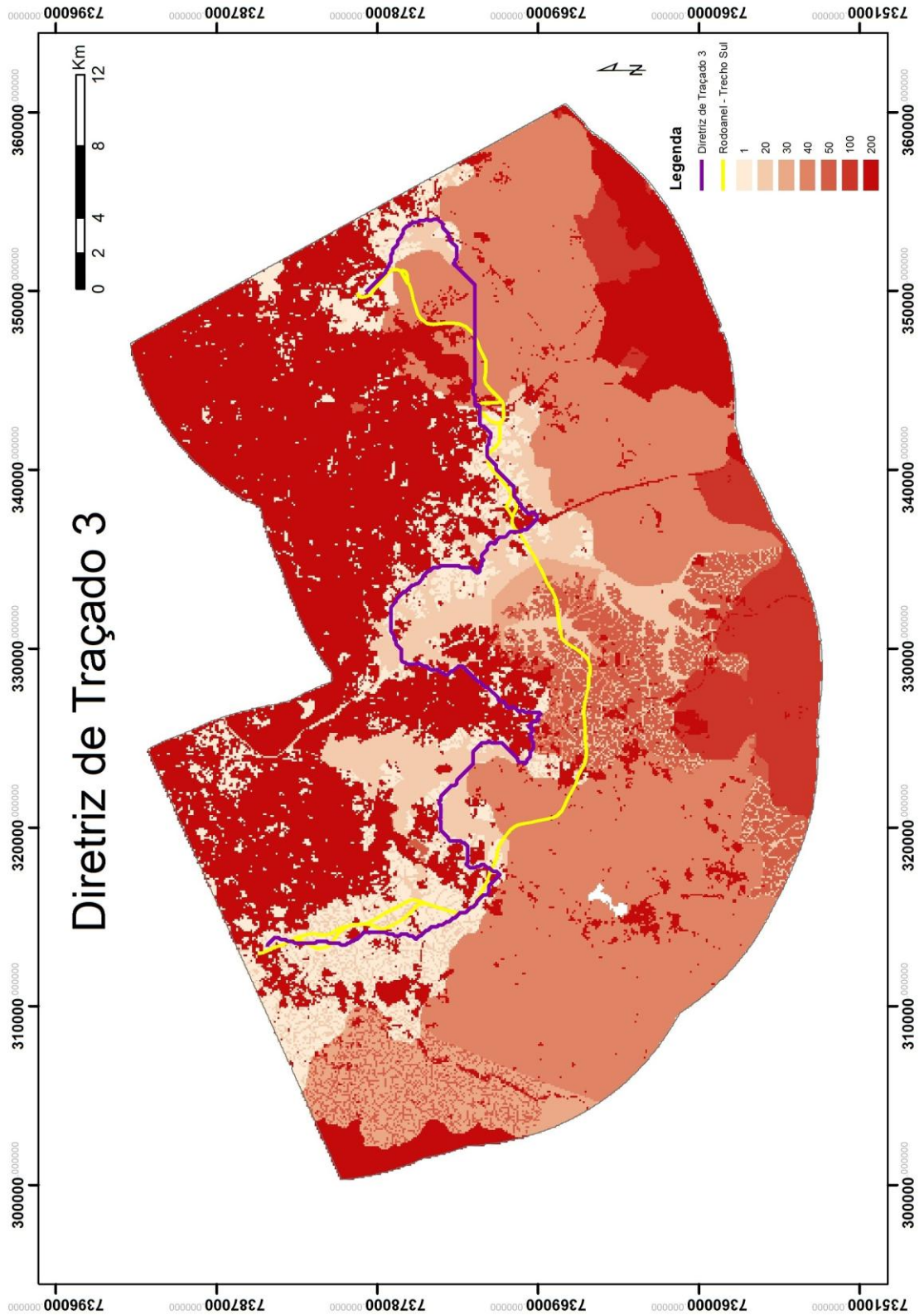


Figura 21 - Diretriz de Traçado 3.

traçado construído do Trecho Sul. Comparando com os outros, esse é o traçado com maior extensão, com praticamente 15km a mais que o traçado original da rodovia. As considerações feitas para a primeira diretriz de traçado, acerca da diferença do traçado próximo à represa Billings, pra evitar a APA Bororé Colônia e uma largura maior da represa, também podem se aplicar a esse traçado, que possui a mesma estrutura nessa parte da região. Porém, na região da represa Guarapiranga, essa diretriz aponta pra um traçado que atravessa duas vezes o reservatório, uma vez que buscou-se evitar mais ainda a região das Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade, ou seja, áreas ricas em fauna e flora. Para não passar por essas regiões, foi considerada uma volta maior ao redor delas, o que obrigou a segunda passagem pela represa. Mesmo que seja relevante a consideração das áreas prioritárias, deve-se lembrar do grande problema que a é a construção de um empreendimento desse porte sobre regiões de mananciais, e todas as interferências negativas que ocorrem (SÁNCHEZ & SILVA-SANCHEZ, 2008). É difícil mensurar e quantificar todos os impactos negativos que uma rodovia causa nesses dois tipos de regiões, mas além disso, deve-se levar em conta que a alternativa proposta pela diretriz aponta não só por um traçado mais longo, mas também por interferências indiretas em áreas urbanas, o que considera outro problema.

Finalmente, uma outra comparação deve ser feita entre esses dois traçados. Ao final do caminho, a diretriz aponta para uma outra menor interferência numa região de prioridade para a conservação, e para isso, cruza mais duas vezes a represa Billings, uma vez que as regiões de APP foram consideradas com peso baixo nesse exercício de traçado. O deslocamento é muito grande a fim de evitar essas regiões, e além disso, ainda causaria interferências negativas e de alta magnitude em regiões importantes, como os mananciais e as APPs.

Enfim, as três diretrizes de traçados apontam alternativas para o traçado construído para o Trecho Sul do Rodoanel, e consideram detalhes importantes que poderiam ter sido levados em consideração no momento de planejamento da rodovia.

Como a concepção dessas diretrizes levou em conta, basicamente, apenas questões ambientais de restrição, é possível identificar onde o traçado construído poderia claramente ter sido melhorado, do ponto de vista ambiental. Todas as diretrizes apontam para o deslocamento do traçado para evitar a APA Bororé Colônia, com alto valor ecológico, e diminuir a interferência na represa Billings, optando por uma largura menor, ao norte da que foi escolhida. Além disso, é muito importante lembrar da consideração feita pela segunda diretriz de traçado, que opta por outro caminho ao atravessar a represa Guarapiranga, a fim de ter uma menor interferência em uma área relevante e com rica biodiversidade.

Essas alternativas poderiam ter sido estudadas com maior detalhe no planejamento da rodovia, mostrando todas suas vantagens e desvantagens, em relação ao traçado que foi escolhido para ser construído.

Além dessas considerações, é importante fazer uma segunda análise, do ponto de vista técnico e econômico. A **Figura 22** mostra o traçado escolhido para ser construído, em cima dos fatores de potencialidade, onde quanto mais escura a legenda (menor valor), mais potencial é a região, ou seja, maiores são os atrativos técnicos e econômicos para a construção de uma rodovia.

A partir desse mapa, é possível identificar onde o traçado escolhido poderia ter sido otimizado, junto com as considerações realizadas na metodologia, sobre os pesos dos fatores de potencialidade.

Primeiramente, é visto que praticamente o traçado inteiro foi construído em cima de um “cambissolo”, o que aumenta as chances de erosão e deslizamento, dependendo da declividade do terreno (FLORENZANO, 2008). Se esse tipo de solo fosse alterado

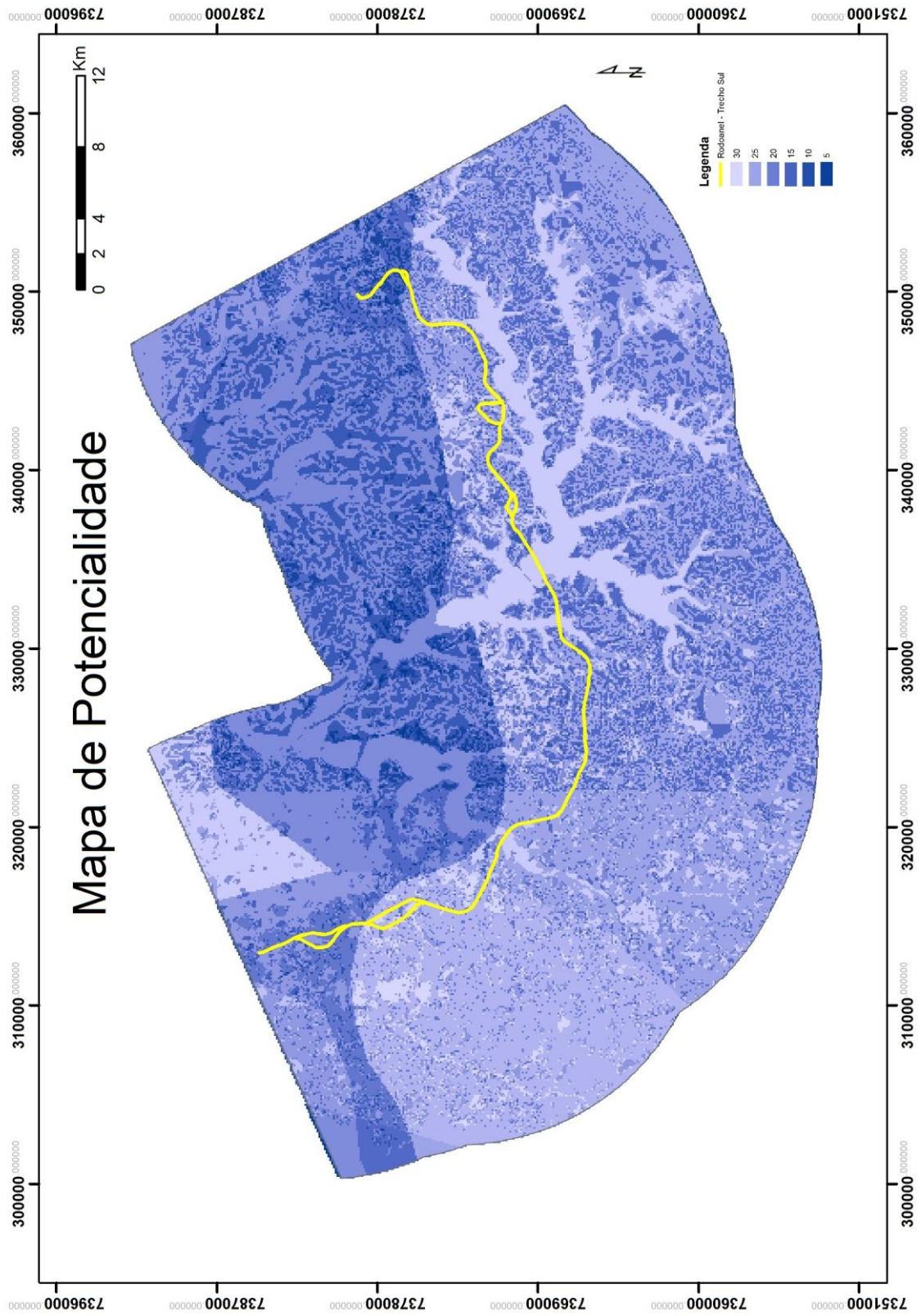


Figura 22 - Mapa de Potencialidade.

por um tipo menos vulnerável, medidas mitigadoras para evitar problemas pedológicos poderiam ser minimizadas, diminuindo o custo da obra. É possível verificar que as alterações propostas pelas diretrizes de traçado, principalmente relativas à interferência numa largura menor da represa Billings, ao norte do traçado construído, indica que o tipo de solo muda para “argissolo + latossolo”, o que considera um solo menos vulnerável, e portanto seria uma alternativa favorável não só ambientalmente, mas também com maior potencial técnico e econômico.

Além disso, é importante verificar, a partir do mapa de “Uso e Ocupação do Solo”, que grande parcela do início do traçado construído passa por uma região de intensa atividade agrícola. O valor para realocação de áreas agrícolas são altos, uma vez que existe uma atividade econômica a partir do uso da terra. As interferências indiretas de uma rodovia sobre essas regiões trazem muitos prejuízos, quando não for necessária a desapropriação e indenização (DNIT, 2006). Dessa maneira, essas regiões de agricultura ou mineração (em menor escala) podiam ter sido evitadas, a fim de manter as atividades realizadas na região e diminuir os custos provenientes da desapropriação de terras.

Com relação à declividade, é importante destacar que o terreno da região como um todo é muito desregrado, pois os solos possuem declividades diversas e seria impossível delimitar um caminho melhor a ser percorrido pelo traçado com o nível de detalhe delimitado para a pesquisa. O que pode ser facilmente visto é que no final do traçado, existe uma área com maiores declividades, a qual poderia ter sido evitada para diminuir os custos de movimentação de terra e de alternativas tecnológicas (DNIT, 2006).

Por fim, é necessário identificar que como o mapa de potencialidade possui muitas divisões, principalmente relativas à declividade e aos pequenos polígonos do mapa de “Uso e Ocupação de Solo”, as pequenas diferenças entre o traçado construído e as diretrizes oferecidas podem revelar as opções que as diretrizes fizeram para evitar as APPs, tanto de

declividade quando de várzea, o que vale para uma análise potencial também, pois uma vez que são evitados uma declividade muito íngreme e um tipo de território frágil, como o de várzea, o traçado é potencializado, diminuindo os gastos para melhorar o solo e movimentar a terra. Essa consideração pode ser comprovada na parte de várzea e agricultura, já citadas como áreas pouco potenciais, onde os traçados resultantes das diretrizes indicam uma mudança para o sul do traçado construído, evitando essas áreas vulneráveis e pouco potenciais.

Como um todo, é possível identificar pelo mapa de potencialidade que principalmente na região da segunda divisão das pistas da rodovia, antes de se chegar na represa Guarapiranga, onde a região é composta por muitas áreas de várzea e de agricultura, e na região próxima do final da estrada, os valores de potencialidade são baixos, o que significa que outras possibilidades poderiam ter sido utilizadas para otimizar o traçado e diminuir os custos técnicos e econômicos.

Analisando as considerações feitas sobre os aspectos de restrição e de potencialidade, pode ser visto que todas as alternativas propostas podem ser conciliadas, e não são excludentes.

Todas essas considerações levam à uma última análise do trabalho, sobre a metodologia empregada: a do emprego de uma base de referência ambiental antes da consideração do EIA de um projeto e do estudo completo de uma única alternativa locacional.

Para realizar todo o processo metodológico, desde a prospecção e obtenção dos dados até a finalização da base de referência, gastou-se aproximadamente 12 meses. Com exceção do tempo gasto nas ações burocráticas de relatórios, ou relativo à pós-graduação, pode-se considerar que o tempo gasto foi de, aproximadamente 500 horas. Esse tempo, refere-se à busca de dados secundários, à produção de dados primários e a todo o tratamento de dados que envolveu os programas de geoprocessamento.

Como já foi considerado, gastou-se muito tempo na busca de dados secundários que pudessem ser trabalhados na pesquisa, pois nem todos são confiáveis ou estão no nível de escala necessário para uma análise do tipo. Aliás, a escala é uma questão que deve ser bem considerada, uma vez que o nível de detalhe identifica o tipo de resultado esperado. A presente pesquisa, por tratar de uma área de grande extensão, tinha a meta de definir diretrizes de traçado pra uma rodovia.

Porém, uma análise de planejamento ambiental de um projeto real necessita de uma escala mais detalhada, onde podem ser estudadas as alternativas de traçado a fundo, a delimitação de todas as infra-estruturas pontuais passíveis de serem construídas, como curvas e viadutos, e outras atribuições que só podem ser realizadas com um nível de detalhamento maior. Entende-se que uma consultoria responsável por um projeto desse porte não tenha problemas em obter os dados necessários para fazer uma análise com esse detalhamento de escala.

Dessa maneira, é necessário ressaltar a contribuição metodológica deste trabalho, evidenciando o que significa, do ponto de vista do empreendedor do projeto, realizar essa abordagem aqui considerada.

Primeiramente, a análise aqui realizada é em ampla escala, e seria empregada previamente aos estudos detalhados da AIA. Seria possível assim, a partir das macro diretrizes de traçado delimitadas, identificar possíveis traçados a serem construídos, e assim, estudá-los com mais clareza e profundidade no EIA-RIMA. A vantagem trazida, é a de que utilizando informações secundárias disponíveis que revelem restrições ambientais, é possível ter uma ampla ideia de quais são as possibilidades de construção do traçado, antecipando a identificação de regiões críticas e de alta restrição. A partir daí, então, as análises específicas dos traçados pré-definidos podem ser realizadas, encontrando o melhor desenho, a partir do que for estipulado no EIA-RIMA.

No entanto, essas análises, ou a possibilidade de realizá-las a partir de informações secundárias disponíveis, não podem ser de total responsabilidade do empreendedor, uma vez que existe um sistema de avaliação de impacto ambiental que define diretrizes e limites para que o licenciamento ambiental seja feito no país. Assim, para que uma metodologia desse tipo possa ser considerada, o sistema deve fornecer um direcionamento que possibilite essas análises e assim, cobrar do empreendedor.

Como as análises de potencialidade técnica e econômica já são muito bem consideradas e estudadas pela engenharia, o grande foco do trabalho acaba sendo as análises de restrição ambiental, uma vez que foi considerado que grande parte dos estudos carecem de informações e detalhamentos sobre elas, e por isso, a metodologia aqui empregada resolveria essa questão.

A metodologia não apresentaria nenhuma grande desvantagem para o empreendedor, uma vez que os grandes empecilhos desta pesquisa foram relacionados à busca e ao tratamento de dados, e é considerado que um grande empreendedor não teria esses problemas, mesmo utilizando dados mais específicos que resultariam numa maior quantidade de trabalho. Vale a pena ressaltar, novamente, que a escala utilizada neste trabalho não seria a mais adequada para um estudo completo, e assim, os dados devem ser mais específicos, em maior escala.

A segunda grande contribuição da pesquisa diz respeito ao estudo de caso considerado, ou seja, o que significaria, para o traçado escolhido para o Trecho Sul do Rodoanel, ter utilizado essa metodologia.

No EIA-RIMA do projeto, é estudado com detalhamento apenas o traçado que foi escolhido ao final, sem outras diretrizes de traçado que resultassem em alternativas locacionais. Se fossem definidas essas macro diretrizes a partir de restrições ambientais, antes da realização do EIA-RIMA, alguns problemas ambientais do traçado poderiam ter sido

evitados. Se não representasse uma grande mudança no desenho do traçado, seria ao menos justificada por estudos prévios, mas que já considerassem as restrições do território. Com isso, parte dos problemas ambientais ou de conflito com a sociedade, poderiam ser solucionados ou amenizados.

7. Conclusões

A pesquisa e a metodologia da base de referência ambiental teve como principal vantagem a quantificação de fatores importantes e essenciais para a construção de uma rodovia. As restrições territoriais impostas são essenciais para a concepção de diretrizes de traçado para uma rodovia e podem identificar detalhes que um EIA que analisa a fundo apenas uma alternativa locacional não mostra.

Respondendo a pergunta de pesquisa do trabalho, é possível sim, compatibilizar potencialidades e restrições territoriais ambientais na concepção de alternativas de localização, previamente ao processo de licenciamento ambiental, para o caso de empreendimentos rodoviários, como mostram os resultados obtidos. Porém, as dificuldades encontradas, neste trabalho, nas etapas de obtenção e tratamento de informações secundárias e a escala considerada pequena para um estudo desse tipo, podem atrapalhar a análise de um traçado, previamente ao licenciamento ambiental, e por isso, o empreendedor deve possuir todos os cuidados para que os dados sejam os mais detalhados e específicos possíveis.

Portanto, a metodologia é válida pra definir alternativas de traçado para uma rodovia, porém, com um nível de detalhamento maior, uma vez que os dados devem ser mais específicos e resultar em uma análise crítica de cada trecho da rodovia.

Por fim, é importante ressaltar que este é um processo que poderia ter sido incorporado antes da realização do EIA-RIMA deste empreendimento, haja vista que todas as informações aqui utilizadas já estavam disponíveis neste período. Esta abordagem prévia poderia ter orientado diferentemente a análise de traçados que ocorreu no EIA-RIMA e no detalhamento do projeto posterior, evitando, por exemplo, problemas ambientais importantes, como foi o caso do aterramento de parte da Billings e da fragmentação de uma importante área de várzea.

8. Referências Bibliográficas

- BANDEIRA, C. & FLORIANO, E. P. **Avaliação de impacto ambiental de rodovias**. Caderno Didático nº 8, 1ª ed. Santa Rosa, 2004.
- BARBOSA, L. M. & CATHARINO, E. L. M. **Restauração de Matas Ciliares** – Estudos Ambientais e Implantação de Projetos com Alto Impacto Ambiental: o Rodoanel Trecho Sul, um Estudo de Caso. In: Barbosa, L.M. & Santos Jr., N.A. (Orgs). *A Botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas públicas ambientais*. São Paulo: SSB. p. 645-648, 2007.
- BLASCHKE, T. & LANG, S. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.
- BRASIL. **Lei nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal.
- BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.
- CARNEY, M.; CHEMOBAI, E.; REIBEL, M. **Nonlinear Spatial and Temporal Effects of Highway Construction on House Prices**. *Journal of Real Estate Finance and Economics*. v. 42, p. 348-370, 2011.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999. 236 p.
- COELHO, L. S. **Impactos Ambientais de Rodovias**. 2008. Disponível em: <<http://www.licenciamentoambiental.eng.br/impactos-ambientais-de-rodovias/>>. Acessado em: nov. 2011.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados**

ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 2001.

DERSA, Desenvolvimento Rodoviário. **Rodoanel Mário Covas.** s/d. Disponível em: <<http://www.dersa.com.br/rodoanel/especial/>>. Acessado em: mai. 2010.

DERSA, Desenvolvimento Rodoviário. **Programa da Flora.** 2011. Disponível em: <http://www.rodoanel.sp.gov.br/portal.php/sobre_programadaflora>. Acessado em: abr. 2012.

DNIT, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e programas ambientais rodoviários.** 2006. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/manuais/diretrizes_basicas_para_atividades_rodoviaras_ambientais.pdf>. Acesso em: set. 2011.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows: User's Guide, version 32.** Worcester: Clark University, 1999.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FERNANDES, J. P. **Landscape ecology and conservation management** - Evaluation of alternatives in a highway EIA process. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 20, p. 656-580, 2000.

FESPSP, Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Rodoanel Mário Covas – Trecho Sul Modificado.** 2004.

FISCHER, T. **Strategic environmental assessment and transport planning:** towards a generic framework or evaluating practice and developing guidance. *Impact Assess Proj Apprais*, v. 24, p. 183–97, 2006.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G. (org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de TEXTOS, 2008. 318 p.

FOGLIATTI, M.C. et al. **Avaliação de Impactos Ambientais – Aplicação aos Sistemas de Transporte**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004, 276p.

FREITAS, S. R.; HAWBAKER, T. J.; METZGER, J. P. **Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian Atlantic Forest**. *Forest Ecology and Management*, v. 259, 410-417, 2010.

GALLARDO, A. L. C. F.; SÁNCHEZ, L. E. . **Follow-up of a road building scheme in a fragile environment**. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 24, p. 47-58, 2004.

GENELETTI, D. **Biodiversity Impact Assessment of roads: an approach based on ecosystem rarity**. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 23, p. 343-345, 2003.

GIRVETZ, E. H.; McCOY M. C.; THORNE, J. H. **Evaluating Aggregate Terrestrial Impacts of Road Construction Projects for Advanced Regional Mitigation**. *Environmental Management*. v. 43, p. 936–948, 2009.

GOODCHILD, M. F.; PARKE, B. O.; STEYAERT, L. T. **Environmental Modelling and GIS**. New York: Oxford University Press, 1993.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Planejamento Sistemático da Conservação**. Brasília, 2010. 64 p.

IICT, Instituto de Investigação Científica Tropical. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica**. Curso de Introdução à Georreferenciação de CH&C. 2009. Disponível em: <http://www.idcplp.net/archive/doc/georrefIntroducaoSIG_InesPinto.pdf>. Acesso em: dez. 2011.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Divisão de Geração de Imagens: Os satélites LANDSAT 5 e 7**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: jul. 2011.

ISA, Instituto Sócio Ambiental. **Seminário Billings 2002**: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, recuperação e uso sustentável da Bacia Hidrográfica da Billings. 2002. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/prg/man.shtm>>. Acesso em: ago. 2010.

ISA, Instituto Sócio Ambiental. **Guarapiranga 2005** - Diagnóstico Socioambiental Participativo. 2005. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/prg/man.shtm>>. Acesso em: ago. 2010.

ISA, Instituto Sócio Ambiental. **Mananciais: Uma Nova Realidade?**. São Paulo, 2008. 340p.

JORDÃO, C. O. **O zoneamento ambiental como instrumento de apoio ao planejamento e de qualificação do licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas**. São Paulo: Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, Universidade de São Paulo, 2008.

LEI, W.; QIAOFU, Z.; SHUANGCHENG, L. **Road construction and landscape fragmentation in China**. Journal of Geographical Sciences. v. 15, p. 123–128, 2005.

LISBOA, M. V. **Avaliações ambientais estratégicas de rodovias com a utilização de métodos multicriteriais de auxílio à tomada de decisão**. In: V ECOECO - Encontro Bienal da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2003, Caxias do Sul. Anais do V ECOECO, 2003.

LISBOA, M. V. **Multicriteria analysis in the selection of urban highway alignment alternatives with application of the analytic hierarchy process: an environmentally sustainable approach**. WIT Transactions on The Built Environment. v. 89, p. 595-604, 2006.

LIU, S.; DONG, Y. **Quantifying the effect of main road construction on landscape change in a rural-urban fringe zone**. In: 2nd Conference on Environmental Science and Information Application Technology, 2010, Wuhan.

MEDAUAR, O. **Coletânea de legislação ambiental**. Constituição Federal. 7. ed. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 2008. 1117 p.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Atualização das Áreas Prioritárias 2006**. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=38>>. Acesso em: set. 2011.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Download de dados geográficos**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: set. 2011.

MONTAÑO, M.; OLIVEIRA, I. S. D.; RANIERI, V. E. L.; SOUZA, M. P.; FONTES, A. T. **O papel do instrumento zoneamento ambiental no processo de licenciamento de atividades: o caso do aterro sanitário do Município de Piracicaba (SP)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2004, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis, 2004. CD-ROM.

MONTAÑO, M.; OLIVEIRA, I. S. D.; SOUZA, M. P. **O estabelecimento da Base de Referência Ambiental como fundamento para a viabilidade da ocupação do território**. In: 24º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... Belo Horizonte, 2007. CD-ROM.

MORETTO, E. M. **Análise da argumentação dialética que considera o licenciamento ambiental um impeditivo ao desenvolvimento econômico do país: premissas, interesses e possibilidades de superação**. In: IV Encontro da Associação Nacional de PósGraduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS), 2008, Brasília. CD-Row do IV Encontro da ANPPAS, 2008.

MPU, Ministério Público da União. **Deficiências em estudos de impacto ambiental**. Brasília: Ministério Público Federa, 4ª Câmara de Coordenação e Revisão: Escola Superior do Ministério Público da União, 2004. 48 p.

NAIME, R.; LAHM, R. A.; GARCIA, A. C. **Minimização de impactos ambientais no traçado de estradas, através de técnicas de sensoriamento remoto.** *Ciência e Natura*. v. 26, p. 101-109, 2004.

NERI, M.; MENCONI, M. E.; VIZZARI, M; MENNELLA, V. G. G. **Propuesta de una nueva metodología para la ubicación de infraestructuras viarias ambientalmente sostenibles.** *Aplicación en el tramo viario de la pedemontana Fabriano-Muccia. Informes de la Construcción*. v. 62, p. 101-112, 2010.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados.** In: *Revista do Departamento de Geografia n°8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.* apud SPORL, C.;

ROSS, J. L. S. **Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos.** In: *GEOUSP – Espaço e Tempo, n°15, São Paulo, 2004.*

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 495p.

SÁNCHEZ, L. E.; SILVA-SANCHEZ, S. S. **Tiering Strategic Environmental Assessment and Project Environmental Impact Assessment in Highway Planning in São Paulo, Brazil.** *Environmental Impact Assessment Review*, v. 28, p. 515-522, 2008.

SENNA, L. A. S.; MICHEL, F. D. **Rodovias Auto-Sustentadas: O desafio do século XXI.** São Paulo: CLA, 2006.

SOUZA, M. P.; OLIVEIRA, I. S. D; FONTES, A. T.; MONTAÑO, M.; RANIERI, V. E. L. **A Base de Referência e os Instrumentos da Política Ambiental.** In: 24° CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... Belo Horizonte, 2007. CD-ROM.

SPELLERBERG, I. F. **Ecological effects of roads and traffic:** a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters*. v. 7, p. 317–333, 1998.

STEINEMANN, A. **Improving Alternatives for Environmental Impact Assessment.**

Environmental Impact Assessment Review. v. 21, p. 3-21, 2001.

TEIXEIRA, A. M. G.; SOARES-FILHO B. S.; FREITAS, S. R.; METZGER, J. P. **Modeling landscape dynamics in an Atlantic Rainforest region:** Implications for conservation. *Forest Ecology and Management*. v. 257, p. 1219–1230, 2009.

TROMBULAK, S. C.; FRISSELL, C. A. **Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities.** *Conservation Biology*. v. 14, p. 18-30, 2000.

TURNER, B. L. **Vulnerability and resilience:** Coalescing or paralleling approaches for sustainability science?. *Global Environmental Change*. 2010.

ZHEN, F. **On the Road Construction and Environmental Protection.** *International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (MACE)*, 2010.