

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

MONIZE MARTINS CAMPAGNOLI

*A Fragmentação da paisagem e a construção de rodovias: o Rodoanel Mário
Covas (SP-021) – Trecho Leste.*

SÃO PAULO, 2016

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

MONIZE MARTINS CAMPAGNOLI

*A Fragmentação da paisagem e a construção de rodovias: o Rodoanel Mário
Covas (SP-021) – Trecho Leste.*

Trabalho de Graduação Individual para conclusão
do curso de Bacharelado em Geografia -
Departamento de Geografia -
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Orientadora: Dr^a. Sueli Angelo Furlan

SÃO PAULO, 2016

CAMPAGNOLI, Monize Martins.

*A Fragmentação da paisagem e a construção de rodovias: o Rodoanel Mário
Covas (SP-021) – Trecho Leste.*

Trabalho de Graduação Individual para conclusão
do curso de Bacharelado em Geografia do
Departamento de Geografia da Faculdade de
Filosofia, Letras e Ciências Humanas.

Aprovada pela Banca Examinadora em ____ de _____ de 2016.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Sueli Ângelo Furlan - FFLCH/USP

Orientadora

Me. Julia Camara de Assis - UNESP Rio Claro

Edson Alves Filho - FFLCH/USP

Agradecimentos

Gratidão aos que de alguma maneira estiveram envolvidos direta ou indiretamente na elaboração e inspiração deste trabalho.

À Professora Sueli Angelo Furlan, pela orientação neste estudo e pelos ensinamentos geográficos que tanto me interessam.

Ao Marcelo Hideki Yamane pelo tempo e talento fotográfico aplicados ao meu trabalho de campo.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto pelo fornecimento dos layers necessários para elaboração do mapa de campo. E ao Professor Alfredo Queiroz por fornecer o contato do Mestre Carlos Roberto Machado, responsável por me conceder o layer da faixa de domínio do Trecho Leste do Rodoanel.

Ao Marcos Melo e ao Pablo Luiz Maia Nepomuceno pela paciência e pelo auxílio com a plataforma ArcGIS.

À Victória Dalla pelas informações técnicas relacionadas aos processos de licenciamento ambiental.

Ao Marlon Resende Faria pela ajuda no momento de desespero com as tecnologias rebeldes.

À Ana Lotufo pelas correções, mesmo estando do outro lado do oceano.

Ao Fábio Graziano pela análise do texto, questionamentos, criação de personagens.

Ao João Paulo de Lima por me apresentar a “Madrugada Produtiva”, período do dia em que 70% deste trabalho foi elaborado e escrito.

À todos que de alguma maneira tiveram que me ouvir contar sobre como é difícil a passagem de um lado para outro da estrada, e como isso atrapalha o processo de cópula dos animais e plantas.

Este, como um trabalho final de curso, centrado na ideia de formação, não me permite esquecer de algo tão importante à minha formação pessoal durante a minha estada

na Universidade de São Paulo, a *Bateria Manda Chuva - FFLCH* mudou os caminhos da minha vivência universitária a partir do samba e da vontade em construir um coletivo mesmo com todas as adversidades que isso implica.

Gostaria de agradecer também ao Departamento de Geografia e todo o seu corpo docente que tanto contribuíram para a minha formação como a geógrafa que sou e serei. Isso foi muito importante.

Resumo

CAMPAGNOLI, M. M. *A Fragmentação da paisagem e a construção de rodovias: o Rodoanel Mário Covas (SP-021) – Trecho Leste*. Trabalho de Graduação Individual em Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.

Este estudo trata da análise do processo de fragmentação da paisagem por rodovias, a partir do enfoque na cobertura vegetal. Com base no projeto de implantação do Rodoanel Mário Covas (SP-021), Trecho Leste, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), analisa-se a fragmentação a partir de indicadores de impactos na paisagem, obtidos através de observações em campo. Tendo em vista os diversos impactos ambientais gerados por esse tipo de infraestrutura, este trabalho tem como referência conceitual a ecologia da paisagem que auxilia no entendimento desta unidade de análise (paisagem) contribuindo para a tomada de medidas mitigadoras dos prejuízos causados ao meio ambiente. Conclui-se que o método de campo nos fornece indicadores dos impactos permanentes da obra.

Palavras-chave: Indicadores da Paisagem; Impacto Ambiental; Ecologia da Paisagem; Ecologia de Estradas.

Lista de Figuras

Figura 1 – Representação teórica da perda de diversidade de um fragmento florestal.....	14
Figura 2 - Zona sob Efeito de Estradas (<i>Road-Effect Zone</i>) e três mecanismos que determinam sua largura e forma.....	16
Figura 3 - Demonstração do Rodoanel completamente construído.....	27
Figura 4 - Mapa Localização Rodoanel - Trecho Leste e Área de Estudo na RMSP.....	37
Figura 5 - Mapa de Níveis de Perturbação Morfológica.....	38
Figura 6 - Exemplo de tabela utilizada em campo.....	41
Figura 7 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo.....	43
Figura 8 - Vegetação da planície de inundação do Rio Tietê.....	44
Figura 9 - Trecho da rodovia que tangencia um meandro do Rio Tietê.....	45
Figura 10 - Vegetação da planície de inundação do Rio Tietê.....	46
Figura 11 - Trecho da rodovia próximo a um meandro do Rio Tietê.....	47
Figura 12 - Grande acúmulo de água não existente no mapa produzido para o campo.....	48
Figura 13 - Exemplo de vegetação macrófita encontrada em campo.....	48

Figura 14 - Trecho da rodovia que tangencia o Rio Tietê acompanhado de acúmulo de água na planície de inundação.....49

Figura 15 - Área de mineração na margem direita do Rio Tietê.....50

Sumário

Introdução.....	9
Capítulo 1 - Rodovias e Ecologia da Paisagem.....	11
1.1 - Efeitos das estradas sobre a fragmentação de habitats.....	12
1.2 - O conceito de paisagem e a emergência da ecologia de paisagem.....	20
Capítulo 2 - O Rodoanel Mário Covas e a Legislação Ambiental.....	26
2.1 - Rodoanel: Breve histórico.....	26
2.2 - Legislação Ambiental: Breve análise de impacto ambiental.....	30
Capítulo 3 - Caminhos Metodológicos da Pesquisa.....	34
3.1 - Descrição da área de estudo.....	34
3.2 - Materiais e procedimentos metodológicos.....	32
Capítulo 4 - A Fragmentação da Paisagem e os Indicadores de Impacto.....	44
Considerações Finais.....	52
Referências Bibliográficas.....	54

Introdução

A partir do século XX, as rodovias se tornaram a forma mais comum de transporte de pessoas e mercadorias entre distintas localidades. Simultaneamente, nos últimos anos têm se estudado uma variedade de danos provocados por esses empreendimentos. Um dos ramos científicos que abordam problemas ambientais está relacionado à fragmentação dos habitats naturais.

Desde a metade do século passado o Brasil começou a expandir sua malha rodoviária, fruto de decisões governamentais aliadas a interesses privados. Este projeto, realizado para facilitar os fluxos e processos de trocas, acabou por modificar significativamente os ambientes no nosso território: áreas divididas e espaços fragmentados criaram novas interações, já que as rodovias passam a representar uma barreira geográfica significativa, dificultando o contato/troca entre habitats, diminuindo a diversidade biológica, alterando os padrões de drenagem, transformando o comportamento dos processos erosivos, além de alterarem o padrão de uso e ocupação do solo (Assis, 2014; Poletto, 2002; Viana, 1998).

A abertura de estradas em uma área de cobertura vegetal provoca significativos impactos ambientais negativos desde o momento de início das obras até a contínua utilização da via, gerando, dessa maneira, perturbações constantes e permanentes nas bordas dos fragmentos de vegetação. Uma simples trilha, ou uma via de grande circulação, produzem perturbações e podem ser mais ou menos impactantes. A fragmentação da cobertura vegetal, em particular a florestal, vem sendo estudada nas últimas décadas e, entre outros efeitos, causa o fenômeno de *efeito de borda*. As rodovias produzem efeito de borda que atingem diferencialmente as espécies da fauna e flora e são ponto importante nesse cenário.

Neste trabalho, será estudado a fragmentação da paisagem no caso do empreendimento viário Rodoanel Mario Covas - Trecho Leste (SP-021) a partir de conceitos da ecologia da paisagem e dos indicadores ambientais, ou bioindicadores, encontrados em campo.

A escolha do tema se deu após a produção um trabalho sobre impactos rodoviários na BR-101, realizado na disciplina FLG0545 - Cartografia Ambiental. O interesse pelo assunto se manteve e no TGI surgiu a oportunidade de continuar os estudos em ecologia de

estradas. O Trecho Leste do Rodoanel, recentemente inaugurado, surgiu como sugestão por parte da Professora Dr. Sueli Angelo Furlan, orientadora deste estudo. Optou-se por essa recomendação, por ser uma nova área de estudo e por apresentar uma problemática importante, o fato do Rodoanel - Trecho Leste atravessar uma parcela preservada, por isso sua relevância, da Planície Fluvial de Inundação do Rio Tietê, onde foi delimitada uma Área de Proteção Ambiental, a APA Várzea do Rio Tietê.

O trabalho está organizado em quatro capítulos. O primeiro capítulo fornece noções sobre os efeitos causados pelas rodovias no meio ambiente e associa aos conceitos de ecologia da paisagem para melhor entendimento dos prejuízos causados e das formas de mitigação de tais danos. O segundo capítulo discorre sobre informações gerais sobre o Rodoanel Mario Covas (como aspectos históricos do projeto, a quilometragem total do projeto, entre outros) e alguns dados técnicos do empreendimento. Ainda neste contexto se faz uma breve análise sobre a legislação ambiental vigente no momento da construção desta rodovia. O capítulo três fornece informações sobre a descrição da área de estudo e sobre os procedimentos realizados para o trabalho de campo e durante o campo. O capítulo quatro expõe, a partir de fotografias e observações, os resultados obtidos do estudo.

Capítulo 1 – Rodovias e Ecologia da Paisagem

As rodovias são empreendimentos importantes para a sociedade por promoverem o transporte de bens e pessoas entre diferentes localidades mantendo-os, de certa maneira, conectados. No entanto, esse tipo de obra demanda um custo ambiental que não é pouco: para manter os centros urbanos conectados, sacrifica-se o contato entre ecossistemas naturais, modificando o uso e ocupação do solo e gerando efeitos ecológicos dos mais diversos (Forman, 1998).

Nas palavras de Forman (2003): “De fato, [as rodovias] proveem uma capacidade de mobilidade humana sem precedentes, grandes facilitadoras da transferência de bens, também são responsáveis por estender os limites das relações sociais. Na realidade, rodovias e veículos estão no núcleo da sociedade e economia atuais”. Mas o autor também afirma: “O sistema viário cumpre a função de amarrar as regiões interligando-as para facilitar os fluxos e necessidades humanas, ainda que para a natureza, as rodovias representem cortes que dividem as paisagens em parcelas”.

A paisagem na perspectiva ecológica possui duas dimensões: a análise vertical, relações intra-paisagem, dos comportamentos de plantas, animais, água, ar, solo, entre outros elementos em uma mesma unidade espacial; e a análise horizontal, relação entre unidades espaciais diferentes, paisagens diferentes (Forman, 1986). Ao construirmos corredores viários – constituídos pelas as faixas vegetais paralelas, a faixa central e o corredor de manutenção – estamos cortando inúmeros processos horizontais da paisagem, degradando e perturbando padrões e processos naturais e, diante desse cenário, demandando gestão e medidas mitigadoras para o ambiente (Forman, 2003). Na figura 2 vemos um quadro síntese destes efeitos.

Diante destes pressupostos este trabalho tratará de comentar os principais efeitos e as consequências da implantação desse tipo de infraestrutura na paisagem e, em seguida, será analisado como a ecologia de paisagem pode contribuir para a discussão dos impactos de rodovias. Serão abordadas questões como a avaliação de impactos ambientais desses empreendimentos e, por fim, uma breve análise dos abalos provocados pelo Trecho Leste do Rodoanel na área da Área de Proteção Ambiental (APA) da Várzea do Rio Tietê.

1.1 – Efeitos das estradas sobre a fragmentação de habitats

Os empreendimentos rodoviários têm como objetivo a conexão entre áreas construídas. Ao cumprir o seu objetivo central, as estradas tornam-se responsáveis por mudanças no padrão da paisagem e pela fragmentação de habitats, gerando manchas de florestas e outras fitofisionomias, culminando na perda de diversidade biológica. A região de estudos originalmente possuía um mosaico de coberturas onde as florestas ombrófilas montana predominavam. Entre as alterações abióticas sofridas, podemos citar a retirada de cobertura vegetal para a construção da rodovia, o que permite, no caso de florestas uma maior entrada de luminosidade na área em questão, gerando um aumento da temperatura e diminuindo a umidade existente na região. Ainda sobre as alterações abióticas, podemos citar o aumento de processos erosivos na paisagem facilitando o assoreamento de cursos d'água por conta do maior escoamento superficial. (Assis, 2014).

As consequências bióticas também não são poucas. A fragmentação de parcelas da floresta faz diminuir em grande parte a biodiversidade existente, tanto da fauna quanto da flora. As rodovias são barreiras muito efetivas e de difícil transposição. Tal fato contribui para a diminuição da diversidade genética de animais e plantas ao passo que estes, não conseguem se reproduzir com indivíduos de outros fragmentos, culminando muitas vezes em casos de endogamia entre espécies, deixando-as mais suscetíveis à ocorrência de espécies invasoras. Para além, ainda constata-se a possibilidade de alteração da estrutura da vegetação gerando, em geral, uma redução da abundância e densidade de indivíduos. (Calegari, 2010)

Segundo Virgílio Viana (1998), a maior parte dos remanescentes florestais é encontrada na forma de fragmentos florestais. O fragmento florestal é uma área interrompida por fenômenos naturais, por exemplo, um lago, uma cordilheira, um oceano, ou antrópicos uma cidade, áreas de pastagens ou cultivos, estradas. Tais barreiras apresentam um impedimento para o fluxo de animais e sementes (Viana, 1990). Os fenômenos naturais normalmente produzem heterogeneidades na paisagem, essenciais para a sobrevivência das mais diversas espécies, atendendo às diferentes demandas que estas podem apresentar, “em efeito a natureza é um sem fim de fluxos e movimentos horizontais que moldam o mosaico da paisagem e cria os padrões da biodiversidade” (Forman, 2003). Em contraposição, a atividade humana sobre os ecossistemas naturais normalmente gera processos homogeneizadores na cobertura terrestre. A fragmentação dos habitats impede a

dispersão natural dos seres, fato que diminui muito a viabilidade de sobrevivência das espécies. (Meffe & Carrol, 1997 *apud* Poletto, 2002). Metzger (2010) afirma que “rodovias são cicatrizes permanentes na paisagem e, dessa maneira, facilitam o desmatamento e a fragmentação florestal devido ao aumento da acessibilidade e valorização da terra, que controla a dinâmica do uso e da cobertura do solo”.

A fragmentação introduz uma série de novos fatores na história evolutiva de populações naturais de plantas e animais. Essas mudanças afetam de forma diferenciada os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade de diferentes espécies e, portanto, a estrutura e dinâmica de ecossistemas. (Virgílio Viana, 1998)

Segundo Metzger (1995), a utilização dos estudos já realizados em relação à biogeografia de ilhas e ecologia de paisagens pode auxiliar no entendimento dos efeitos ecológicos que ocorrem nos fragmentos de floresta remanescentes de empreendimentos lineares. É necessário aqui atentar para a relação existente entre riqueza de espécies e área disponível: a área de um fragmento é fator determinante na riqueza das espécies (Metzger, 1999). A relação entre a área dos fragmentos e os seus atributos ecológicos, especialmente a diversidade de espécies, é um elemento central da teoria de biogeografia de ilhas (MacArthur e Wilson, 1967 *apud* Virgílio Viana, 1998) e pode ser utilizada para o entendimento da dinâmica da paisagem quando atingida por tais infraestruturas.

As espécies de animais e plantas dependem de uma área mínima para sua sobrevivência (cada espécie tem a sua quilometragem mínima), e a diminuição na área de um fragmento implica na redução da riqueza de espécies da seguinte maneira: nos pequenos fragmentos florestais, as populações de plantas, principalmente árvores, são constituídas por poucos indivíduos da mesma espécie, gerando percentual considerável de endogamia (cruzamento entre parentes) e alta probabilidade de extinção das espécies no local (Costa, 2003 *apud* Calegari, 2010). Outro fator que contribui para possíveis extinções é a redução na heterogeneidade da paisagem, também produto da diminuição da área dos remanescentes florestais. Esse cenário ainda apresenta, como produtos, a redução dos recursos disponíveis na região e, conseqüentemente, a intensificação das competições entre as espécies que pode acarretar em mais extinções (Poletto, 2002). Conforme afirma Virgílio Viana (1998), “os pequenos fragmentos não são auto-sustentáveis sem o manejo florestal. A teoria ecológica deve incorporar o processo de degradação espontânea de fragmentos de florestas tropicais. Mesmo sem a redução da área, as evidências apontam para uma perda de espécies. Isso ocorre em função dos fatores que afetam a demografia de populações

isoladas como endogamia, problemas na polinização e dispersão e predação de sementes. Esses fatores somam-se às perturbações de origem antrópica, especialmente a caça, o extrativismo predatório e incêndios florestais.”

Observe no gráfico, que demonstra que mesmo com a estabilização do tamanho da área do fragmento, o número de espécies ainda corre o risco de diminuição.

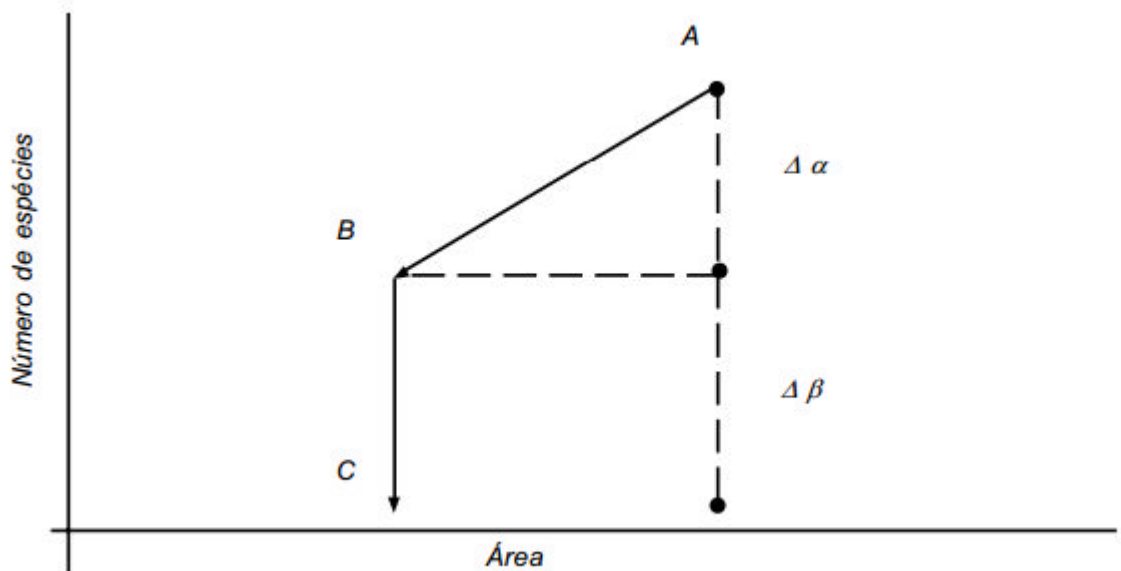


Figura 1 – Representação teórica da perda de diversidade de um fragmento florestal. Na condição A, este fragmento tem uma determinada área e diversidade. Com a diminuição da área, o fragmento passa a condição B, com uma menor diversidade e área. Com o passar do tempo, o fragmento experimenta uma redução da diversidade, mesmo sem ter a sua área reduzida. (modificado a partir de Viana *et al.*, 1992, *apud* Viana, 1998).

Além da fragmentação, os corredores viários funcionam como barreiras aos fluxos biológicos (Poletto, 2002) ao passo que o processo de recolonização de outros fragmentos é bloqueado ou dificultado pela rodovia. Largura e intensidade de tráfego são os principais determinantes quando vamos analisar a permeabilidade do empreendimento: estradas muito largas dificultam a troca entre indivíduos pela longa distância para chegar ao outro lado; e estradas com tráfego muito intenso não fornecem tempo hábil para o animal passar sem ser atropelado.

Esses empreendimentos lineares não atuam somente como barreiras aos fluxos da paisagem, eles também geram impactos em toda a sua extensão (Poletto, 2002). A área sob efeito da rodovia, sob efeito de borda, é uma região lateral à rodovia que corresponde à

zona de influência onde efeitos ecológicos atuam a partir da estrada (Forman *et al.* 1997). A extensão desta zona normalmente é superior à largura da própria estrada somada à sua faixa de domínio (Forman & Alexander, 1998), variando em distância de metros a quilômetros (Forman, 1995 *apud* Ferreira, 2013).

Segundo Forman *et al.* (2003), o efeito de borda de estradas funciona de acordo com três mecanismos que determinam a largura e a forma desses impactos. São eles: os processos de vertente (à montante/à jusante); os ventos (barlavento/sotavento); e o comportamento do habitat na paisagem (maior/menor). Observe a figura que expressa a amplitude desses eventos:

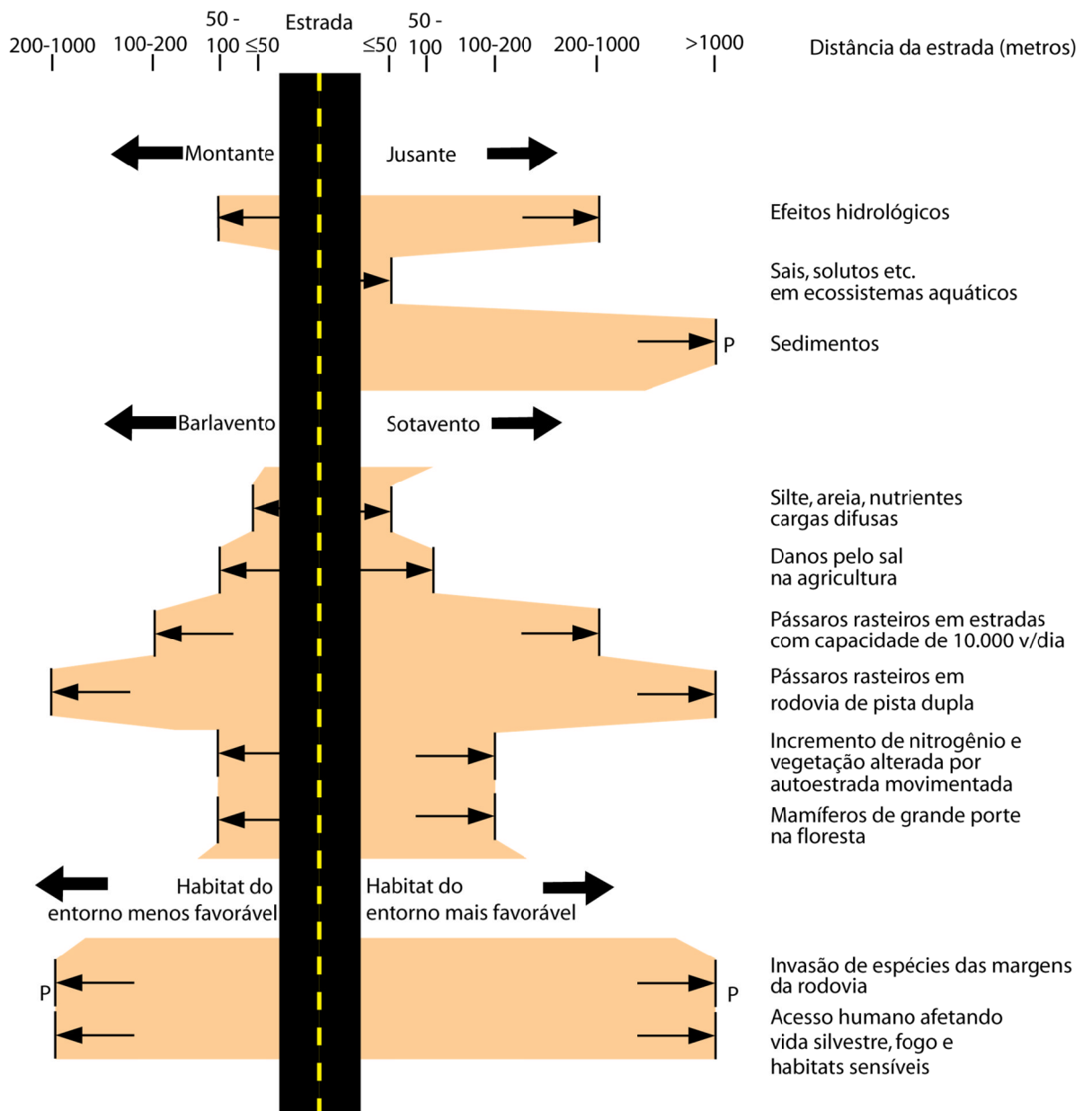


Figura 2 - Zona sob Efeito de Estradas (*Road-Effect Zone*) e três mecanismos que determinam sua largura e forma. A área sombreada corresponde à Zona sob Efeito da Estrada. P = efeito que se estende a partir de um ponto da estrada¹.

Como é possível observar no esquema da figura 2, os impactos são contínuos ao longo da rodovia. Mesmo assim, nas laterais de tais empreendimentos existe uma vegetação marginal normalmente formada por espécies herbáceas, de rápido crescimento e alta tolerância a distúrbios, cujo objetivo é reduzir a erosão em torno da estrada, podendo servir também como habitat substituto ou rotas de dispersão para fauna (Poletto, 2002). Nessas áreas também é comum o surgimento de espécies bioindicadoras da qualidade ambiental,

¹ Síntese das pesquisas de Forman *et al.* (1997) e Forman e Alexander (1998), apresentada em Forman *et al.* (2003), traduzido e adaptado por Ferreira, 2013.

tais como embaúbas, gleichenias, lianas, vegetação de troncos e galhos finos, gramíneas, caracterizando um ambiente menos úmido, portanto mais propício ao aparecimento de plantas generalistas, em detrimento das especialistas.

As rodovias projetam um impacto local sobre padrões e processos biológicos no fragmento florestal, como já pontuado, mas também produzem um impacto global na área construída (Poletto, 2002). Ao analisar o quadro rodoviário de uma área é necessário prestar atenção na distribuição da rede de habitats: as vias bem distribuídas pelo território inferem um elevado número de fragmentos e, conseqüentemente, um elevado número de barreiras na paisagem: “Rodovias são elementos permanentes da paisagem que representam uma ameaça latente para as florestas” (Metzger, 2010).

Para estimar a intensidade dos efeitos ecológicos gerados por essas infraestruturas é necessária a análise da densidade rodoviária. Para funcionamento natural da paisagem, ou seja, dos fragmentos capazes de abrigar populações até de grandes predadores, a densidade rodoviária pode ser de até 0,6 km/km² (Poletto, 2002). Além desse patamar, a estrutura da paisagem já fica comprometida. O estudo de Katia Mazzei (2007) sobre os grandes felinos na região da Serra da Mantiqueira-Cantareira procura identificar as principais áreas de passagem desses animais para evitar, por meio do planejamento adequado, que os remanescentes florestais fiquem cada vez mais isolados devido à ação de borda das rodovias que atravessam a região. “Assim, onde há a presença de rodovias bem distribuídas, as florestas estão em perigo” afirma Metzger, (2010) assim como é exemplificado no Relatório de Impacto Ambiental do Trecho Leste do Rodoanel:

Dentre os impactos no meio biótico, há de se ressaltar a necessidade da supressão de 79,52 ha de formações de floresta ombrófila densa em estágio médio ou médio-avançado de regeneração e 18,74 ha de matas em estágio inicial de regeneração, o que representa 3,4% das formações em estágio inicial, médio e/ou médio-avançado da sucessão secundária.

As rodovias podem gerar impactos nos ecossistemas causando efeitos imediatos, de médio prazo e de longo prazo (Poletto, 2002). O momento da construção gera uma primeira onda de impactos: abertura de terreno para a pista, montagem do pátio de obras, deslocamento de materiais, explosões, etc. Novas vias ou a melhoria de um sistema antigo podem facilitar as trocas entre as regiões interligadas, aumentando os fluxos e, assim, gerando uma segunda onda de impactos: fragmentos de floresta divididos, processos de sedimentação e drenagem interrompidos, assoreamento dos corpos hídricos, perda de solos,

entre outros. O mais fácil acesso a uma área induz de modo geral a um processo de valorização imobiliária, e a tendência a partir disso é a alteração no uso da terra no entorno da estrada dando espaço a empreendimentos industriais e comerciais (dependendo dos planos diretores municipais) que expõem flora e fauna a um maior e persistente efeito, pressionando e ameaçando a qualidade do solo e da água, fato representativo dos efeitos de longo prazo provocado pelas estradas (Metzger, 2010). Dessa maneira, as rodovias tornam-se eixos de expansão de áreas urbanas. No Estado de São Paulo, por exemplo, percebe-se que a formação das manchas urbanas acompanha a direção dos eixos rodoviários.

Segundo Cunha (1994), a ação antrópica é responsável por dois tipos de mudanças fluviais: as diretas, intervenções ocorridas no próprio canal fluvial (controle de vazões, armazenamento de água, retificação do canal, obras de alteração das margens, entre outras); e as indiretas, atividades humanas realizadas fora da área dos canais, mas que, no entanto, modificam os processos hidrodinâmicos do sistema fluvial (atividades ligadas ao uso da terra: tipo de prática agrícola, urbanização, etc). Ao analisar a rede de drenagem em uma rodovia pavimentada, como o objeto de estudo deste trabalho, percebe-se que os processos de escoamento superficial são incrementados provocando um aumento, tanto de extensão quanto de quantidade, nos processos erosivos e nas taxas de descarga de água que chegam aos rios, causando mudanças na paisagem, morfologia e dinâmica do canal fluvial. Ao mesmo tempo, as taxas de percolação da água no solo e as taxas de recarga de aquíferos ficam comprometidas.

As bacias e os cursos fluviais atravessados pelo traçado normalmente têm seus principais efeitos nos trechos à jusante do rio, podendo causar um fenômeno de acúmulo dos impactos nas bacias hidrográficas mais distantes. Os sedimentos transportados geram impactos nos canais fluviais e nas áreas de várzea resultando em mudanças no habitat aquático, como afirmam Sandra Baptista da Cunha e Antônio José Teixeira Guerra:

(...) pode-se considerar que alterações significativas na composição ambiental de certa porção da bacia de drenagem poderão afetar outras áreas situadas à jusante (...) os efeitos hidrológicos e geomorfológicos de processos naturais ou antrópicos se vão refletir num determinado ponto de saída de uma bacia de drenagem, podendo propagar-se a jusante por meio de bacias de drenagem adjacentes. Tais aspectos devem ser levados em consideração no planejamento das formas de intervenção humana.

(Sandra Baptista da Cunha e Antônio José Teixeira Guerra, 1994)

Outro liame da construção de rodovias em áreas de drenagem é o transporte de produtos perigosos e contaminantes devido à possibilidade de vazamentos, o que pode comprometer áreas de reservatório de águas para abastecimento urbano e a biodiversidade aquática, pouquíssimo estudada.

Em relação à fauna, é importante pontuar ainda duas questões: o atropelamento e o afugentamento dos animais, ambos provocados pela instalação do corredor rodoviário. A mortandade de certos animais em um habitat pode causar sérios impactos no ecossistema. As rodovias podem ser responsabilizadas por grande parte dessas mortes que atingem espécies generalistas (alta mortalidade compensado por alta natalidade, não provocando grandes mudanças na dinâmica do ecossistema) e espécies raras (alta mortalidade atrelada à baixa natalidade ou baixas taxas migratórias, podendo provocar desestabilizações no funcionamento do ecossistema). A respeito da mortalidade desses animais, Poletto (2002) afirma que: “a largura da rodovia, o volume diário de veículos e a velocidade desenvolvidas são os principais parâmetros para se ter noção dessas taxas de mortalidade”.

A localização das rodovias em determinadas áreas locais da paisagem também pode promover a maior mortalidade entre os animais. Áreas de várzea ou lagoas são propícias para o atropelamento de anfíbios e répteis. Locais de vegetação nativa fragmentada são propícias para mortes de grandes mamíferos e outros animais em dispersão.

Nesse contexto, 32 famílias e mais de 150 espécies de mamíferos deveriam ocorrer na região de estudo quando a matriz do entorno era caracterizada por maciços florestais contínuos e preservados. Entretanto, os processos antrópicos ocorridos há décadas levaram a extinção local de muitas espécies de mamíferos. (RIMA – Trecho Leste, 2009)

A evasão de animais causada pelos distúrbios do tráfego atinge, maior número de seres que a própria mortalidade (Poletto, 2002). Nesse aspecto o ruído do tráfego é um fator a ser analisado quando se estuda esse fenômeno em certa região, pois implica diretamente na permeabilidade da estrada. Em geral, a comunidade de aves é a mais afetada pelos ruídos provenientes das estradas (Assis, 2014). Esse tipo de distúrbio pode afastar algumas espécies de aves, diminuindo a biodiversidade da área e, além disso, o barulho dos veículos dificulta a comunicação entre os indivíduos, culminando em alterações comportamentais, aumento do *stress*, dificuldades para reprodução, entre outros efeitos negativos.

É perceptível que os impactos das rodovias excedem bastante a área ocupada pelo corredor viário, o que diminui muito a metragem de área que poderia ser ocupada pela fauna e flora.

1.2 – O conceito de paisagem e a emergência da ecologia de paisagem

As ações humanas na superfície terrestre e, especificamente como foco neste estudo, as ações relacionadas à construção de infraestrutura rodoviária, podem ser expoentes de transformações da heterogeneidade da paisagem e no padrão de uso e ocupação de áreas. Na tentativa de providenciar soluções para os impactos, é imprescindível compreender os padrões de mudança na paisagem gerados pela implantação de estradas.

A Geografia, sem abrir mão de categorias analíticas presentes em abordagens críticas e, ao mesmo tempo, ao radicalizar a leitura da evolução morfológica da paisagem ao longo de processos históricos (fazendo uso da geomorfologia), permite a identificação de processos e agentes sociais importantes da produção do espaço além de identificar parâmetros e indicadores para dimensionamento da magnitude das mudanças. (Rodrigues, 2015)

Esta autora ressalta a importância do estudo da morfologia da paisagem na Geografia Física. A paisagem é uma unidade de análise muito comum ao profissional geógrafo que, desde o final do século XIX (Sartorello, 2014), propõe distintas formas de definição deste conceito. Bertrand (1972), um autor muito referenciado nos estudos da paisagem em Geografia afirma que “a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução”. Com base nessa citação, podemos entender que a paisagem é a relação entre elementos culturais e naturais, sendo impossível a sua completa desvinculação. Ab’ Saber (2005) atenta para a necessidade de uma análise contínua da paisagem para melhor avaliação e entendimento das dinâmicas e dos processos naturais. Para Besse (2006), a paisagem é o espaço da existência composta por vizinhanças humanas e naturais estabelecidas em um “onde” – uma posição – e, assim, possível de ser cartografada. Na tentativa de elaboração de um mapa para expor os detalhamentos da superfície foi necessário desenvolver uma forma de organização e de estruturação “dos

elementos da paisagem, na qual o papel do observador da paisagem é fundamental” (Sartorello, 2014). Nesse sentido, Ross (2006) vai dizer que as sociedades humanas não podem ser consideradas elementos externos à dinâmica de fluxos do planeta, mas sim, partes que ajudam a constituir a paisagem, ou seja, o observador é considerado um dos componentes da paisagem sem o qual esta não pode ser descrita. Nesta referencia o observador é essencialmente o homem, que se apropria e produz paisagem.

Outro aspecto importante a ser pontuado a partir da visão do observador são as escalas de análise que podem ser utilizadas para a compreensão da paisagem. Nas escalas maiores, o nível de detalhamento será maior, porém a área representada terá um tamanho reduzido; nas escalas menores, perde-se em detalhes, porém obtêm-se um ganho em área. Segundo Tricart (1977), a paisagem pode ter dois princípios básicos de constituição: a homogeneidade e a heterogeneidade. Pela homogeneidade, a paisagem é vista como uma unidade de fisionomias e dinâmicas próprias e que, ao conhecer sua estrutura e funcionamento, chega-se ao entendimento e ao grau de coesão dos elementos que a compõem. Prevalece neste viés estudos que se utilizam de escalas pequenas, privilegiando, assim, amplas parcelas do território. Pela heterogeneidade, a paisagem é o conjunto de diversos indivíduos e elementos observáveis, característica que só pode ser analisada nas escalas grandes, pois nas escalas pequenas tornam-se invisíveis e desaparecem. O autor ainda afirma que a heterogeneidade normalmente é permeada por um caráter empirista (por exemplo, estudos de caso), ao passo que para a homogeneidade é sempre necessária certa abstração na generalização de partes do território.

Com a escola russa/soviética, acompanhada posteriormente pela escola francesa, desenvolveu-se a Teoria dos Geossistemas. Nos estudos de Dokuchaev, o Geossistema confere um aspecto funcional à paisagem e, nesse sentido, se algum elemento da paisagem é alterado, por consequência, toda a paisagem será alterada e, com isso, modifica-se também a funcionalidade do sistema. No Brasil, esse estudo teve grande repercussão no campo da geografia de forma a auxiliar o entendimento dos processos da superfície (Sartorello, 2014). Para o Professor Monteiro (2000), essa teoria surge como elemento de integração na síntese geográfica, além de fornecer arcabouço interdisciplinar na compreensão do ambiente.

De acordo com Metzger (2001), na ecologia, a paisagem é observada a partir das espécies pertencentes aos diversos habitats quanto às seguintes necessidades: área de vida,

alimentação, abrigo e reprodução. Em uma tentativa mais abrangente, o professor ainda define paisagem como “um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação”, dessa maneira, entende-se que a heterogeneidade da paisagem depende da escala do trabalho que se está realizando, conseqüentemente, a abrangência que o mapa alcança.

A ecologia da paisagem busca relacionar o padrão espacial estabelecido com os processos ecológicos dinâmicos, ou seja, “é o estudo da estrutura, função e dinâmica em uma área heterogênea composta de ecossistemas interativos” (Forman, 1986). E continua: “A ecologia da paisagem tem foco em três características de análise da paisagem: a estrutura, representando as relações espaciais estabelecidas entre os distintos ecossistemas e elementos presentes; a função, entendida como interações entre os elementos no espaço; e a mudança, caracterizando a alteração na estrutura e função no mosaico ecológico ao longo do tempo de acordo com as perturbações no sistema” (Forman, 1986). O ciclo sem fim a que estas características estão atreladas, nos dá uma ideia da complexidade de uma paisagem.

Nesse sentido, “a ecologia de paisagem emergiu como um ingrediente chave, elucidando os padrões espaciais, fluxos ecológicos e mudanças na paisagem” (Forman, 2003). A ecologia de paisagem aparece pela primeira vez na Alemanha, em 1939, com o biogeógrafo Carl Troll (Sartorello, 2014), e nos últimos vinte anos tem se ampliado e consolidado, fornecendo o embasamento teórico necessário para análises em escalas maiores. Tal viés se utiliza amplamente do conceito de paisagem como relação entre as unidades espaciais e sua modelagem quantitativa para explicar as transformações (mudanças na composição e diversidade) ocorridas no território.

Os elementos da paisagem podem ser classificados, de acordo com Forman & Godron (1986), “baseados na teoria mancha-corredor-matriz: a matriz é entendida como unidade dominante na paisagem analisada; os corredores são as unidades lineares existentes na paisagem; e as manchas são unidades homogêneas de extensões reduzidas e não-lineares.” Os fragmentos (manchas) variam em tamanho e forma, sendo preferível sempre mantê-los, quando possível, com a morfologia arredondada, pois tal cenário favorece a formação de núcleos menos suscetíveis a perturbações; os corredores variam em extensão, forma e conectividade: quando muito estreitos são formados basicamente por espécies de

borda, quando formados por matas ciliares são responsáveis por regular o fluxo de água e sedimentos, contribuindo para o controle da erosão, da perda de nutrientes e da qualidade das águas (Sartorello, 2014).

Para que tenhamos uma noção do grau de impacto sofrido por uma paisagem, é necessário definir métodos quantitativos para comparação das paisagens, e nesse sentido surgem as métricas da paisagem ou índices da paisagem (Poletto, 2002). Os dados provenientes dessas métricas servirão para a interpretação de dados como o grau de conectividade, o grau de isolamento, a composição da paisagem, o nível de distúrbio, a densidade de borda, entre outros. Entender os efeitos ecológicos das rodovias implica em saber como elas alteram os padrões da paisagem, nas palavras de Forman (2003), “em essência, a ecologia das rodovias se utiliza da ciência da ecologia e da ecologia de paisagem para explorar, entender e pontuar as interações de rodovias e veículos com o ambiente ao redor”. A partir de tal análise, torna-se possível estudar os impactos nos processos ecológicos, isto é, no funcionamento da paisagem: “a avaliação da paisagem torna-se importante para diagnosticar os problemas atuais, estimar influências futuras e apontar as mudanças necessárias para manter o equilíbrio natural” (Calegari, 2010).

Ações Mitigadoras dos Impactos de Rodovias

As rodovias são empreendimentos lineares que podem causar diversos malefícios aos ambientes que percorrem. Tanto na construção quanto na utilização, os efeitos são intensos e podem perdurar durante toda a existência da rodovia. “Rodovias são assim consideradas agentes do desmatamento, aceleradoras da fragmentação de florestas, redutoras da taxa de regeneração da vegetação” (Metzger, 2010). Com o crescimento da malha rodoviária por todo o mundo, mostra-se cada vez mais necessária a tomada de medidas para amenizar os impactos negativos que a construção desses empreendimentos causa. Para entender melhor como diminuir tais perturbações no território é necessário conhecer os conceitos de fragmentação e conectividade.

De maneira geral, os elementos da paisagem se encontram conectados, estabelecendo, dessa maneira, relações de interdependência que geram diversos fluxos – gravitacionais, eólicos, faunísticos, hidrológicos, entre outros (Forman, 1995) – desenvolvendo relações espaciais entre as unidades de paisagem (dimensão horizontal da paisagem). O processo de fragmentação pode se dar de maneira natural (no caso de

desastres naturais como deslizamentos, avalanches, enchentes) e/ou antrópica (provenientes de alterações no uso e ocupação do solo) e promove o surgimento de novas fronteiras, normalmente abruptas, principalmente no caso das alterações provocadas pelo homem, (Forman e Godron, 1986), estabelecendo outras relações de vizinhança com as áreas remanescentes, o efeito de borda (Sartorello, 2014).

“A fragmentação de habitats é um processo de divisão de grandes áreas contínuas (...)” (Sartorello, 2014) e gera problemas juntamente à taxa de fluxos realizados entre distintos ambientes. Segundo Forman (1995) e Metzger (1999), o tamanho, a forma e o aumento da distância entre os remanescentes florestais, além da permeabilidade da matriz circundante são cruciais para a definição da nova taxa de fluxos, que, em geral, apresentará certa diminuição. Tal processo também é responsável pela perda de habitats interferindo diretamente na riqueza das espécies (Metzger, 1999).

A perda de habitats está diretamente relacionada com a diminuição da conectividade, que é a capacidade de facilitar os fluxos biológicos entre distintas paisagens (Metzger, 2001). Este conceito possui dois aspectos para análise: a conectividade estrutural que diz respeito a disposição da paisagem (tamanho, forma, distribuição e arranjo dos fragmentos); e a conectividade funcional que é a resposta biológica à estrutura apresentada, ou seja, se, de fato, a disposição dos fragmentos é efetiva e permite o fluxo de seres vivos. Em função das diferentes formas de deslocamento das espécies, muitas vezes a estrutura dada não se realiza como meio de passagem, mas, de maneira geral, a conectividade estrutural se comporta como subsídio potencial para a conectividade funcional, isso quer dizer que uma boa/bem estruturada rede de corredores e trampolins ecológicos entre as manchas de vegetação remanescente, pode propiciar uma boa resposta dos seres vivos, aumentando a conectividade entre os fragmentos. “O conceito de conectividade é essencial na medida em que a sobrevivência das espécies em habitats fragmentados (ou distribuídos de forma heterogênea na paisagem) depende da capacidade destas espécies de atravessarem as unidades da matriz” (Metzger, 1999).

"Em empreendimentos lineares, praticamente todos os impactos derivam do traçado proposto, de maneira que a otimização ambiental do mesmo se constitui na estratégia principal de prevenção e mitigação de impactos" (RIMA – Trecho Leste, 2009). Felizmente, existem algumas medidas atenuantes dos efeitos das estradas: a construção de túneis e pontes de fauna que permitem a passagem para ambos os lados do fragmento;

fechamento e remoção de rodovias em áreas remotas e ecologicamente importantes, para redução do distúrbio; concentração do tráfego em rodovias primárias para diminuir o uso de diversas rodovias; redução de ruídos por mudanças nos meios de transporte como alterações no material utilizado nos pneus; utilização de pavimento silencioso. De maneira mais ampla, podemos citar os corredores ecológicos (unidades lineares da paisagem) e os *stepping stones* (pontos de ligação ou trampolins ecológicos), caracterizados como pequenos fragmentos remanescentes na matriz da vegetação que podem facilitar os fluxos entre manchas: a distribuição das classes de tamanho dos fragmentos na paisagem é um elemento importante para o desenvolvimento de estratégias para a conservação da biodiversidade (Viana *et al.*, 1992). Também é interessante pensar no entorno do fragmento e, quando possível, favorecê-lo como afirma Virgílio Viana (1998): “A qualidade da vizinhança pode ser melhorada através de plantios de bordadura, fora dos fragmentos. Esses plantios devem incluir sistemas de produção com elevada densidade de espécies arbóreas, preferencialmente espécies de ciclo longo, altas, perenifólias, com flores e frutos utilizados pela fauna nativa e elevada taxa de retorno econômico. O uso de sistemas agroflorestais apresenta um efeito favorável para o efeito de borda”.

Segundo Forman “nós estamos começando a reconhecer as diversas maneiras que as rodovias agridem a natureza e, conseqüentemente, perceber a nossa necessidade de entender esse fenômeno tanto quanto mitigar os resultados negativos” (Forman, 2003). No atual momento se faz necessária a incorporação da variável ambiental nos grandes projetos de infraestrutura, dando prioridade aos estudos de impacto ambiental. Nesse sentido, é importante a adoção de uma gestão ambiental associada a avaliações de desempenho do ambiente, contribuindo, dessa maneira, para uma política ambiental mais consciente para o setor dos transportes (Poletto, 2002).

Capítulo 2 – O Rodoanel Mário Covas e a Legislação Ambiental

2.1 – Rodoanel: Breve histórico

(...) o processo histórico de ocupação do território metropolitano, especialmente a partir do final dos anos 1960, no qual se inicia o planejamento metropolitano para enfrentar os problemas decorrentes do crescimento urbano desordenado e da consolidação das periferias carentes de serviços e de infraestrutura que caracterizam a primeira fase de expansão urbana da Região Metropolitana de São Paulo. (RIMA – Trecho Leste)

A ideia da construção de um anel viário em torno da cidade de São Paulo data desde a metade do século passado, porém, devido à falta de recursos e também às diversas injunções políticas, durante esse tempo – até 1999, quando o Rodoanel Mário Covas começou a ser construído –, o projeto ainda não tinha sido colocado em prática. O Rodoanel foi pensado para facilitar o escoamento das mercadorias provenientes do continente com destino ao litoral, ao Porto de Santos, e vice-versa. Dessa maneira os caminhões economizariam tempo ao não passar pela mancha intraurbana paulista, podendo contornar as cidades e escapar dos fatídicos engarrafamentos.

O Rodoanel Metropolitano de São Paulo é um empreendimento rodoviário inserido entre vinte e quarenta quilômetros do centro da cidade de São Paulo e idealizado como alternativa de tráfego aos fluxos perpassantes pela cidade e, na sua atual configuração, o empreendimento foi desenvolvido a partir de 1995 (RIMA – Trecho Leste) . Essa via tem a função de interligar importantes rodovias da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP -, formando ao redor da cidade um anel viário, que ao findar as obras completará seus 177 quilômetros de extensão. A faixa de domínio ocupada pelo empreendimento é de 130 metros e abrange as faixas de rolamento, o acostamento, o refúgio central, as faixas laterais para abrigar a drenagem e as eventuais obras para manutenção. Observe a imagem abaixo:



Figura 3 - Demonstração do Rodoanel completamente construído. Fonte: sempretops.com.

Acesso em: 12/12/2015.

A construção desse anel rodoviário possui, segundo documentos oficiais o mais elevado padrão técnico, classe "0", segundo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), e vem sendo construído por trechos. Atualmente os trechos entregues e já em operação são Oeste (32 quilômetros), Sul (57 quilômetros) e Leste (43,5 quilômetros), este inaugurado completamente em 27 de julho de 2015. O trecho Norte teve as obras iniciadas em março de 2013 e tem previsão de término em junho de 2017, segundo o DERSA².

Ainda segundo o DERSA (2009), a função principal do Rodoanel como um todo é interligar o sistema rodoviário da Grande São Paulo atendendo aos seguintes objetivos:

² Informações disponíveis no site do Dersa – Desenvolvimento Rodoviário do Estado de São Paulo: <http://www.dersa.sp.gov.br/>.

- Ordenar o tráfego de transposição da RMSP, principalmente o de caminhões, desviando-o do centro da Região Metropolitana, reduzindo os tempos de percurso entre rodovias e a solicitação dos sistemas viários locais, bem como contribuindo para a elevação da qualidade de vida da população;

- Hierarquizar e estruturar o transporte de passageiros e cargas na RMSP, servindo de alternativa para os fluxos de longa distância entre as sub-regiões da metrópole e promovendo a ligação entre os municípios da Região Metropolitana, de forma a facilitar a circulação sem necessidade de utilizar o sistema viário principal da Capital;

- Atender ao planejamento estratégico traçado pelo Plano Diretor de Desenvolvimento de Transportes – PDDT Vivo, que, juntamente com a instalação do Ferroanel e de Centros de Logística Integrados (CLI), constituem os elementos centrais de uma plataforma logística metropolitana voltada para reorganizar a interface entre a RMSP e o restante do Estado e do País, e permitir a integração intermodal do transporte de cargas. Como infraestrutura de transportes, o Rodoanel tem a função de redefinir a plataforma logística rodoviária da RMSP de radial para anelar;

- Propiciar a ligação entre as rodovias que servem a Região Metropolitana, por meio de uma via bloqueada, com acessos controlados e alto nível de serviços;

- Servir como alternativa estratégica de tráfego ao Anel Metropolitano existente;

- Constituir-se em fator de reordenação do uso do solo da Região Metropolitana e de otimização do futuro transporte regional de cargas e passageiros;

- Constituir-se em agente de integração entre as regiões metropolitana e macrometropolitana que compreendem importantes cidades do Estado (Regiões Metropolitanas de São Paulo, Campinas, Baixada Santista, Região de Sorocaba, Região de São José dos Campos e Vale do Paraíba).

O presente trabalho tratará especificamente de questões relacionadas ao Trecho Leste. Essa parcela do empreendimento tem 43,5 quilômetros de extensão e interliga importantes rodovias do Estado tais como (pela ordem de ligação) Presidente Dutra (BR-116), Ayrton Senna (SP-070), Anchieta (SP-150), Imigrantes (SP-160), fechando o ciclo na interligação com o Trecho Sul do Rodoanel (SP-021). Tal trajeto atravessa territórios de seis diferentes municípios: (sentido norte-sul) Arujá, Itaquaquecetuba, Poá, Suzano, Mauá e

Ribeirão Pires. Os objetivos específicos de tal segmento, de acordo com o Relatório de Impacto Ambiental de Abril de 2009, são:

- Desviar da malha urbana os fluxos rodoviários de carga que cruzam a região metropolitana de São Paulo com destino ou origem nos sistemas rodoviários da região leste da RMSP (Presidente Dutra, Ayrton Senna – Governador Carvalho Pinto e SP-066), assim como aqueles da região sudeste, formados pelas ligações perimetrais Rodovia Índio Tibiriçá (SP-031), Tamoios (SP-099) e Cubatão-Ubatuba (SP-055), e as radiais Itaquaquetuba-Igaratá (SP-056), Mogi das Cruzes-Salesópolis (SP-088), Mogi das Cruzes-Bertioga (SP-098);

- Viabilizar uma via adequada de conexão da região leste da RMSP com o Porto de Santos e os demais sistemas rodoviários regionais mencionados anteriormente, como o Projeto Ferroanel;

- Complementarmente, ao viabilizar no futuro uma alça ferroviária interligando as duas linhas ferroviárias já existentes que se dirigem ao Porto de Santos (Alça Sul do Ferroanel), compartilhando a faixa de domínio de parte do percurso do Rodoanel e implantando-se futuros Centros de Logística Integrada (CLI), o Trecho Leste do Rodoanel inclui entre seus objetivos o estímulo à intermodalidade no transporte de cargas, como preconizado no PDDT³.

As vias estruturais metropolitanas são predominantemente de configuração radial, e neste contexto o Trecho Leste do Rodoanel deverá se inserir nesta rede, como um componente perimetral, e uma rodovia de alta capacidade que cumpre a função de meio de transposição e de interligação entre as rodovias que acessam a RMSP e que permite, simultaneamente, um papel de interligação entre as sub-regiões nordeste, leste e sudeste da metrópole. (RIMA – Trecho Leste, 2009)

De maneira ampla, o Rodoanel Leste facilita a ligação dos fluxos de transportes provenientes do interior do continente e do Aeroporto de Guarulhos com o Porto de Santos e, ainda, desafoga o tráfego de caminhões em avenidas importantes da cidade de São Paulo e demais municípios da RMSP, tais como Juntas Provisórias, Anhaia Melo e Salim Farah Maluf. Esse trecho também permite que regiões como o Alto Tietê, Zona Leste e ABC,

³ O PDDT – Vivo 2000-2020 é um plano de abrangência estadual quem envolve o planejamento integrado de todos os modais de transporte do estado, com objetivo de ampliar a articulação do modal rodoviário com o modal ferroviário, que também se encontra em posição de ampliação no plano estadual. O Rodoanel faz parte do plano de ações para incremento da intermodalidade e será complementado futuramente pelo Ferroanel. (RIMA – Trecho Leste)

expoentes industriais da cidade, passem a ter uma integração logística maior, dada a facilidade nas trocas de mercadorias.

2.2 – Legislação Ambiental: Breve análise de impacto ambiental

A partir da metade do século XX, pode-se observar avanços nos procedimentos legais para realizações de obras, mas também ocorrem avanços nos estudos de impactos ambientais fornecendo melhores bases para a emissão de licenças. Ainda hoje há muita resistência por parte dos empreendedores no entendimento de questões ambientais de difícil visualização, como é o caso da fauna ou dos impactos a longo prazo provocados por rodovias. (Mazzei, 2007)

Desde o fim da II Guerra Mundial, já pairava no ar certas ideias sobre preservação e conservação do meio ambiente a ponto de impulsionar, quatro anos após o fim da segunda guerra, um encontro específico organizado pela UNESCO: a UNSCCUR (Conferência Científica da ONU sobre a Conservação e Utilização de Recursos), considerada um marco na ampliação do movimento ambientalista. Realizada em 1949 nos Estados Unidos, teve como foco a discussão sobre os recursos globais como os minerais, os combustíveis, as florestas, a água, entre outros, e a crescente pressão exercida sobre eles (Mc Cormick, 1989). Porém, o alerta da sociedade em relação ao meio ambiente só se tornou mais latente a partir dos anos 1960. Em 1962, a publicação do livro de Rachel Carson, *A Primavera Silenciosa*, dá forte impulso ao movimento ambientalista. A escritora conecta a importância dos ecossistemas à proteção da saúde humana, quando aborda criticamente a indústria de agrotóxicos. Tal cenário foi responsável por forçar países desenvolvidos e em desenvolvimento a considerar os fatores ambientais nas grandes instalações das obras de infraestrutura. No ano de 1969, os movimentos ambientalistas nos Estados Unidos conseguiram pressionar no Congresso a Lei Nacional de Política Ambiental (NEPA) de onde saíam as diretrizes ambientais do país necessárias para avaliações dos impactos ambientais gerados por grandes projetos e ações de infraestrutura no território. A utilização de tais instrumentos (avaliações de impacto) disseminou-se em diversos países, de acordo com as particularidades de cada região.

Em 1972 foi realizada a Conferência de Estocolmo, encontro considerado marco para a história da questão ambiental no mundo. No Brasil, a despeito de muita resistência

governamental as consequências da Conferência deram origem à Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) em 1973, subordinada ao Ministério do Interior.

Somente na década de 1980 com a Lei Federal 6938/81 "a avaliação de impacto ambiental foi incorporada como um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente", exigida para diversos tipos de projetos (públicos, privados, industriais, urbanos, rurais), porém sem especificações diretas sobre o que deveria conter no Estudo de Impacto Ambiental – EIA (Poletto, 2002).

Ainda nos anos 1980, o Conselho Nacional do Meio Ambiente expediu a Resolução Conama 001/86 com base no Decreto 88351/83, que estabelece as diretrizes e os parâmetros sobre os conteúdos da avaliação de impacto ambiental desenvolvidos no EIA e sobre os conteúdos e procedimentos do RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) e sua acessibilidade ao público. Por meio dessa resolução também foi estabelecida uma lista de obras e empreendimentos que podem ser sujeitos a este processo (avaliação de impacto), utilizando-se critérios tais como o tipo de projeto e seu porte ou ambientes considerados sensíveis, o último adicionado posteriormente (Sanchez, 1995). Nesse sentido, foi expedida também a Resolução Conama 09/87 que determina a realização de audiências públicas pelo Consema (Conselho Estadual do Meio Ambiente).

O Decreto 99274 de 1990 revogou o antigo Decreto 88351/83 para agregar os avanços legislativos da nova Constituição de 1988 que assegura o prévio estudo de avaliação de impacto ambiental para a instalação de atividade ou obras potenciais causadoras de degradação ambiental. Tal decreto também regulamentou as Leis 6902/81 e 6838/81 que regulam a criação de áreas de proteção ambiental e estações ecológicas, e essas normas também mantêm como competência do Conama a edição dos critérios necessários para a realização dos EIA's. A Resolução 237/97 dispõe sobre os procedimentos necessários para a avaliação de impacto ambiental.

A avaliação de impacto ambiental – AIA tem sido vista como um instrumento de planejamento, isto é, como um instrumento de prevenção do dano ambiental e como um procedimento definido no âmbito das políticas públicas, usualmente associado a alguma forma de processo decisório, como o licenciamento ambiental. (Sanchez, 1995)

Nesse sentido, a utilização da AIA com enfoque no planejamento é responsável pela identificação, prevenção e interpretação das consequências no meio ambiente de cada ação humana proposta, seja ela pública ou privada. Poletto afirma: "o objetivo da avaliação de

impacto ambiental é a análise da viabilidade ambiental de um projeto, plano ou programa." A função de alertar as autoridades competentes também fica a cargo da AIA que, dessa maneira, faz a importante ligação entre o conhecimento técnico-científico e sua aplicação no território.

No Brasil as competências da avaliação de impacto ambiental acima descritas são desempenhadas no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) – que realiza as funções de identificação, prevenção e interpretação dos dados – e no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), que se encarrega da comunicação com o público.

Como já pontuado por Sanchez (1995), a avaliação do ambiente para a realização de obras⁴ passa por um processo de licenciamento, e esse sistema é composto por etapas. O primeiro passo é a realização de uma consulta a órgãos públicos, em geral a CETESB, no Estado de São Paulo ou o IBAMA, que fazem a seleção dos projetos. A segunda etapa diz respeito ao estabelecimento de determinada tipologia e do termo de referência para o estudo ambiental prévio. A terceira etapa envolve o estudo de impacto ambiental que, atualmente, se utiliza das matrizes de impacto ambiental⁵ para tentar prever/quantificar a degradação causada e, ao fim do estudo, sua metodologia é sintetizar os resultados e apresentá-los organizadamente (Mazzei, 2007). O quarto passo debruça-se sobre a elaboração do Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. A quinta etapa se encarrega da revisão do EIA/RIMA pelo órgãos públicos responsáveis e também permite a solicitação de estudos complementares ao estudo principal realizado. Do sexto estágio fazem parte as audiências públicas, consulta à população sobre o projeto e os estudos apresentados. Na sétima etapa se decide sobre a aprovação positiva ou negativa do empreendimento, emitindo ou não a Licença Prévia, necessária para o início das obras. Oitavo e último passo gira em torno do acompanhamento das obras para fiscalização da implantação dos programas mitigatórios combinados.

O "Estudo de Impacto Ambiental deve ser adaptado não somente ao tipo de empreendimento, mas, também, às características ambientais do local ou região onde se pretende implantá-lo" (Sanchez, 1995), isto é, há uma gama de metodologias que podem ser utilizadas para cada caso de estudo, não existindo, dessa maneira, uma metodologia ideal. A escolha da metodologia está ligada ao tipo de empreendimento, projeto, ao tempo,

⁴ Existem categorias de empreendimentos, nem todos exigem estudos de impacto.

⁵ As matrizes de impacto são ferramentas de análise com muitas variáveis, são facilitadoras matemáticas com aplicação em diversos campos do conhecimento. (Mazzei, 2007)

aos recursos financeiros disponíveis, ao ambiente em questão. Aqui se insere a abordagem da ecologia de paisagem e utilização das métricas da paisagem (Poletto, 2002).

Observa-se nos últimos anos uma regularidade na utilização das matrizes de interação nos empreendimentos em atividade no Estado de São Paulo. Além da consulta a listas de verificação, como as propostas pela Resolução 001/86, as métricas da paisagem auxiliam nos procedimentos das avaliações de impacto ambiental, articulando o tipo de empreendimento potencialmente impactante com sua área de implantação (Ferreira, 2013).

Capítulo 3 – Caminhos Metodológicos da Pesquisa

3.1 – Descrição da área de estudo

O modelado dominante do Planalto Atlântico é constituído por morros com formas de topos convexos, elevada densidade de canais de drenagem e vales profundos. É a área definida por Ab'Saber como “domínio dos mares de morros”. (Ross, 1996)

A área por onde passa o Trecho Leste do Rodoanel Metropolitano de São Paulo está inserida no Planalto Paulistano, região caracterizada por colinas e morrotes, com altitudes em torno dos 700 a 800 metros. Esse relevo se encontra embasado por micaxistos, filitos, granitos, gnaisses. Também é possível encontrar sedimentos terciários que dão origem a formas mais suaves do relevo e, por fim, depósitos quaternários nas planícies aluviais. (Machado, 2011)

A região em questão é muito influenciada pela circulação atmosférica pela proximidade do Oceano Atlântico e pelas massas de ar quentes provenientes do centro do Brasil, culminado em uma área de transição climática. O clima em si é considerado do tipo Temperado Úmido com inverno seco, as precipitações se concentram nos meses de verão (dezembro a março) atingindo médias próximas dos 250 mm e no inverno não ultrapassam 50 mm. (Tarifa e Azevedo, 2001 *apud* Machado, 2011)

Os solos da região são predominantemente os Argissolos Vermelho-Amarelos, com textura majoritariamente argilosa, apresentam boa profundidade e boa capacidade de retenção hídrica, porém de baixa fertilidade e com muita acidez devido aos altos teores de alumínio. (Machado, 2011)

A rede hidrográfica da região é vasta, motivo pelo qual o empreendimento em questão corta e interrompe diversas drenagens. Na porção sul, foram sacrificados alguns contribuintes do Reservatório Billings e parcela da cabeceira do Rio Tamanduateí. Seguindo para norte, a rodovia cruza o Rio Guaió. Na parte central o Trecho Leste avança para dentro da Planície Fluvial do Rio Tietê, onde se encontra a Área de Proteção Ambiental Várzea do Rio Tietê. Ao norte são interrompidos cursos como o Ribeirão Caputera e alguns rios pertencentes à Bacia do Baquirivu-Guaçu.

O Trecho Leste do Rodoanel localiza-se no limite leste da mancha urbana formada pela Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), inserido no domínio da Mata Atlântica. Originalmente a vegetação dessa área era composta por Floresta Ombrófila Densa Montana e ecossistemas associados, acrescido da Mata Ciliar dos Rios Guaió e Tietê. Atualmente, a vegetação é formada por remanescentes de Floresta Ombrófila Densa, das matas ciliares e formações mistas e reflorestamentos comerciais. Na figura 4 é possível observar a localização do Trecho Leste na Região Metropolitana de São Paulo.

Segmento estudado: APA Várzea do Rio Tietê

Neste trabalho, analisaremos mais detalhadamente o segmento do Rodoanel que atravessa a região da Área de Proteção Ambiental Várzea do Rio Tietê. A APA Várzea do Rio Tietê contempla parte da Planície Fluvial do Rio Tietê e, segundo os estudos para produção do Plano de Manejo, a Planície Fluvial do Rio Tietê ultrapassa os limites da Área de Proteção Ambiental planejada para tal feição geomorfológica⁶. Essa feição da paisagem é originalmente constituída por sedimentos depositados pelos processos fluviais ao longo dos últimos 10 mil anos (Época Holocênica).

De maneira mais ampla, a APA em questão está inserida no Planalto de São Paulo que pertence à morfoestrutura da Bacia Sedimentar de São Paulo, onde predominam relevos constituídos por colinas variando dos 700 a 800 metros de altitude.

O compartimento geomorfológico '*Planície Fluvial*' possui algumas características próprias como o tipo de sedimento encontrado nessas áreas que são, geralmente, de origem argilosa e arenosa, não consolidados e depositados na planície por processos fluviais. São áreas dispostas a inundações periódicas (épocas de cheia), e tal fenômeno promove processos ecológicos dos mais diversos tipos⁷, sendo caracterizadas, de acordo com o Plano de Manejo, como de alto potencial de fragilidade.

⁶ “Os mapeamentos efetuados apontam que parte da área correspondente à planície fluvial original do Rio Tietê, nos trechos estudados, não está inserida nos limites atuais da APA VRT. Recomenda-se a adoção dos critérios geomorfológicos utilizados no mapeamento da morfologia original, ampliando-se lateralmente os limites da APA VRT para que esta possa, de fato, abarcar integralmente a planície fluvial do Rio Tietê, permitindo assim, a proteção da totalidade do sistema físico”. (Plano de Manejo – APA Várzea do Rio Tietê)

⁷ A água promove a rápida decomposição de animais e plantas mortos e dispersos pela planície, isso aumenta a disponibilidade de nutrientes que, por sua vez, faz crescer o número de microrganismos, seguido do crescimento de macro invertebrados (insetos, crustáceos, moluscos), que servirão de alimento aos peixes. O aumento da biomassa de peixes faz com que a possibilidade de retenção de alguns indivíduos nas poças remanescentes, quando da retração do rio, seja maior, podendo, então, servir de alimento aos pássaros.

Por conta do acúmulo das águas, o solo, durante certo período do ano, se encontra saturado. Tal situação é acompanhada pela elevação do lençol freático na área. Pode-se perceber, dessa maneira, que o escoamento superficial e subsuperficial nessas áreas encontra dificuldades. Esse cenário pode culminar na formação de aluviões e solos da ordem dos gleissolos. No entanto, as condições descritas são as ideais. Na atual conjuntura, uma parte considerável das planícies de inundação se encontra urbanizada⁸ ou simplesmente modificada pelo homem de alguma maneira (chácaras, usos agrícolas, mineração, entre outros). "De acordo com mensurações efetuadas, atualmente, a planície fluvial, nos trechos que compreendem a APA Várzea do Rio Tietê, apresenta cerca de 45% de sua área ocupada ou modificada por intervenções antrópicas" (Plano de Manejo - APA Várzea do Rio Tietê), como aponta o Mapa de Níveis de Perturbação Morfológica abaixo.

É possível notar, situado a oeste no mapa, uma grande área classificada como nível 10 em perturbação, ou seja, a mais impactante de todas. Tal área corresponde a uma cava de mineração que será pontuada adiante, pois faz parte do percurso da rodovia em questão.

⁸ Neste ponto é importante ressaltar um pouco do processo de urbanização vivido pelo sítio de São Paulo, a citação a seguir foi retirada do Plano de Manejo da APA da Várzea do Rio Tietê e ilustra este cenário: "Em função do crescimento da cidade de São Paulo, os constantes transbordamentos dos rios Tietê e Tamanduateí, passaram a constituir-se em um sério problema de saúde pública. As águas estagnadas por vários meses nas várzeas, após as chuvas de verão, acrescidas por espessos depósitos de lodo em fermentação, resultantes do lançamento de esgotos sem qualquer tratamento, propiciavam a proliferação de mosquitos, mau cheiro e, conseqüentemente, transformavam-se em focos de doenças. Na tentativa de sanar o problema das frequentes inundações, foram realizadas retificações do curso do rio Tietê, drenagens e aterros das várzeas. Tais intervenções, além de descaracterizarem drasticamente as feições geomorfológicas da planície fluvial e interferirem nas condições hidrológicas do rio Tietê, disponibilizaram estas áreas para a expansão urbana, agravando o problema das inundações, pois implicaram na impermeabilização de áreas que antes desempenhavam a função de absorção das águas transbordadas. No trecho em que o Rio Tietê atravessa a mancha urbana da Grande São Paulo, suas margens encontram-se ocupadas por vias expressas, indústrias, centros comerciais e residências de todos os padrões; tendo transformando-se em importante eixo de ligação entre os seus setores Leste e Oeste".

Localização do Rodoanel - Trecho Leste e Segmento Estudado na RMSP

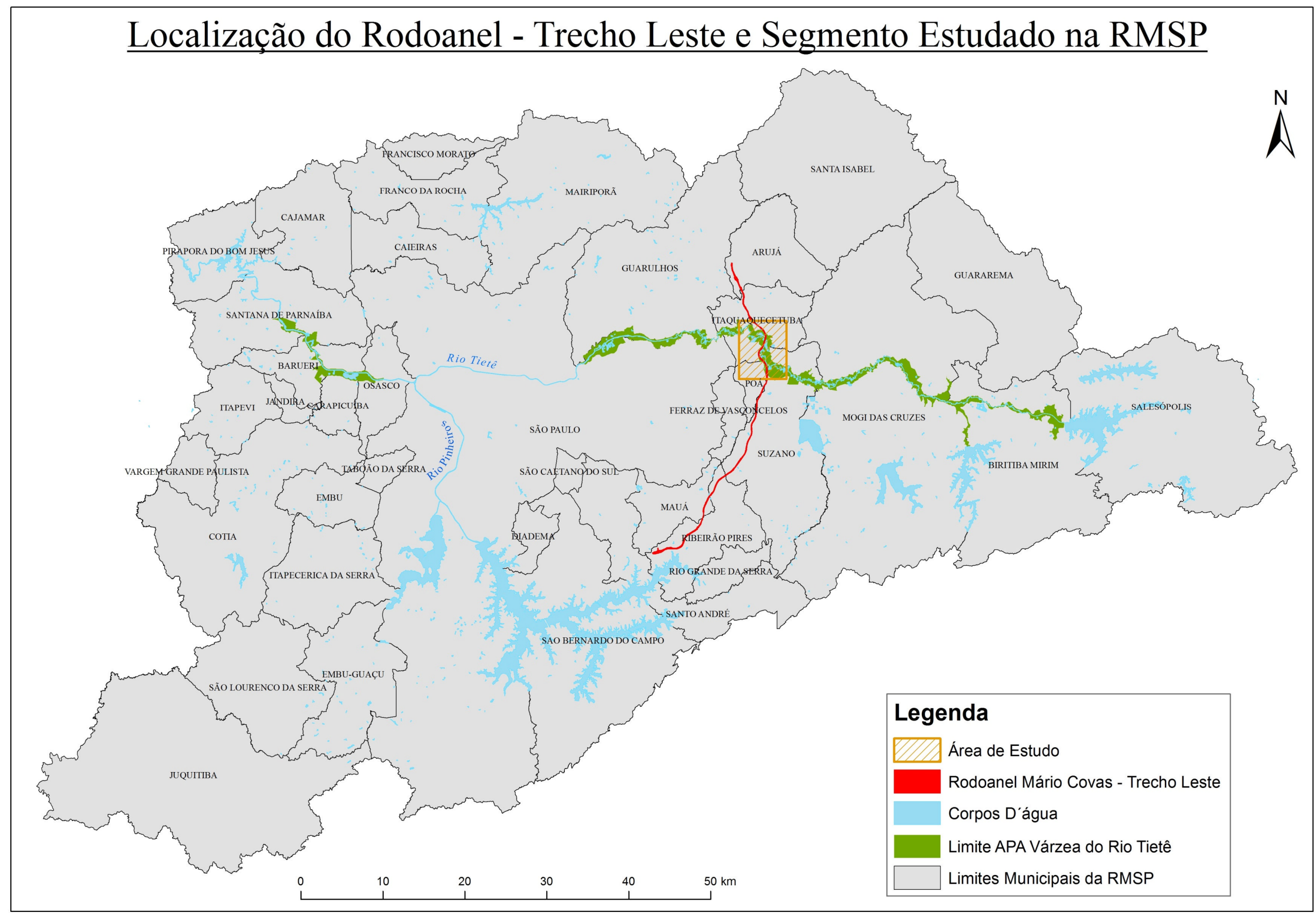
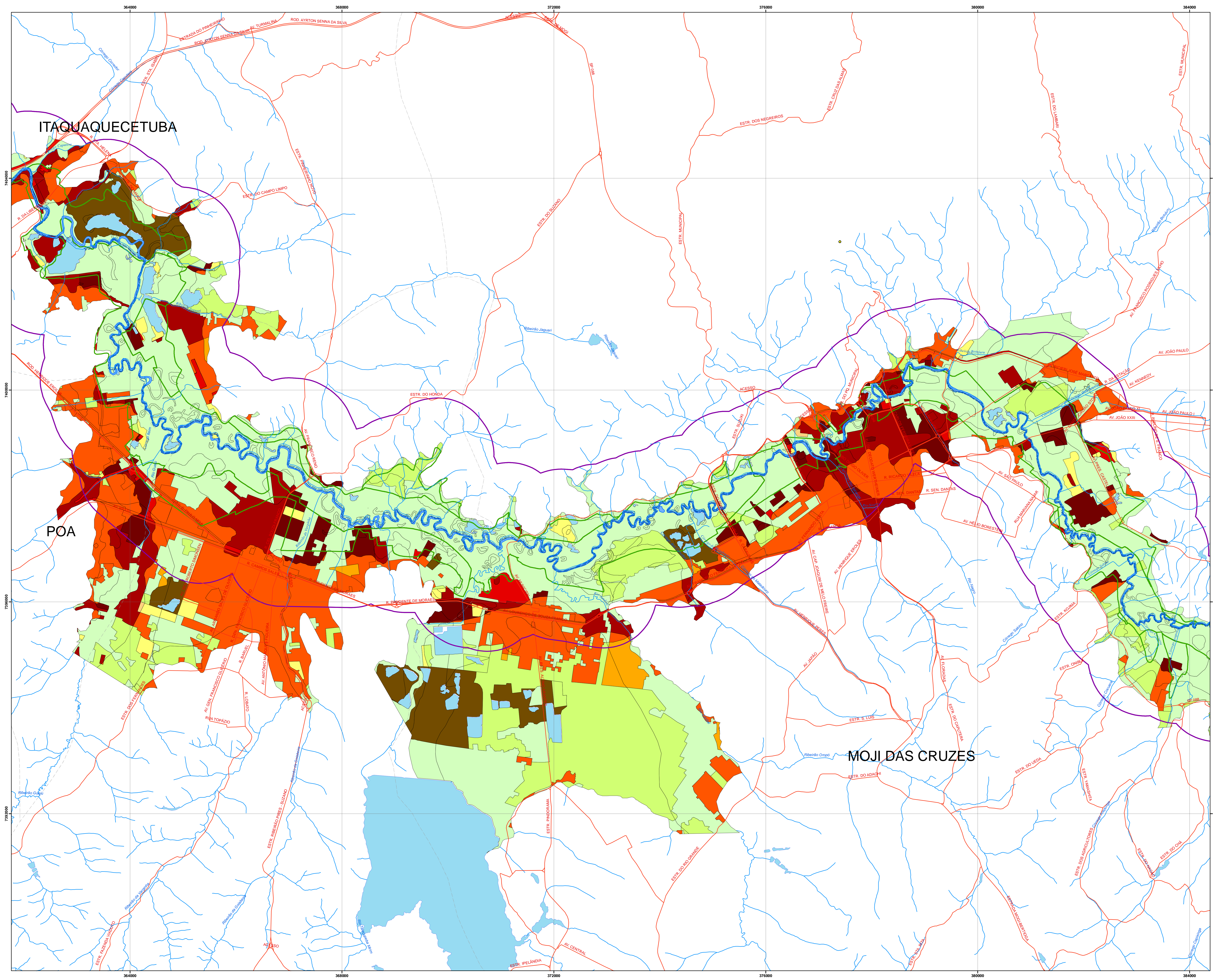
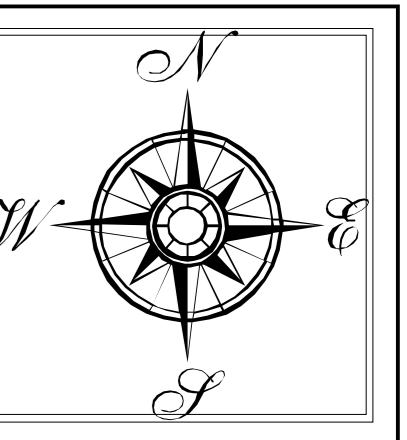


Figura 4 - Mapa Localização Rodoanel - Trecho Leste e Área de Estudo na RMSP.

Figura 5 - Mapa de Níveis de Perturbação Morfológica, Folha 3 (visualização de somente um quarto da APA - VRT).

Organização: LUZ, Rodolfo Alves da; MANTOVANI, Juliana da Costa; GOUVEIA, Isabel Cristina Moroz Caccia; RODRIGUES, Cleide; VENEZIANI, Yuri.

Mapa de Níveis de Perturbação Morfológica



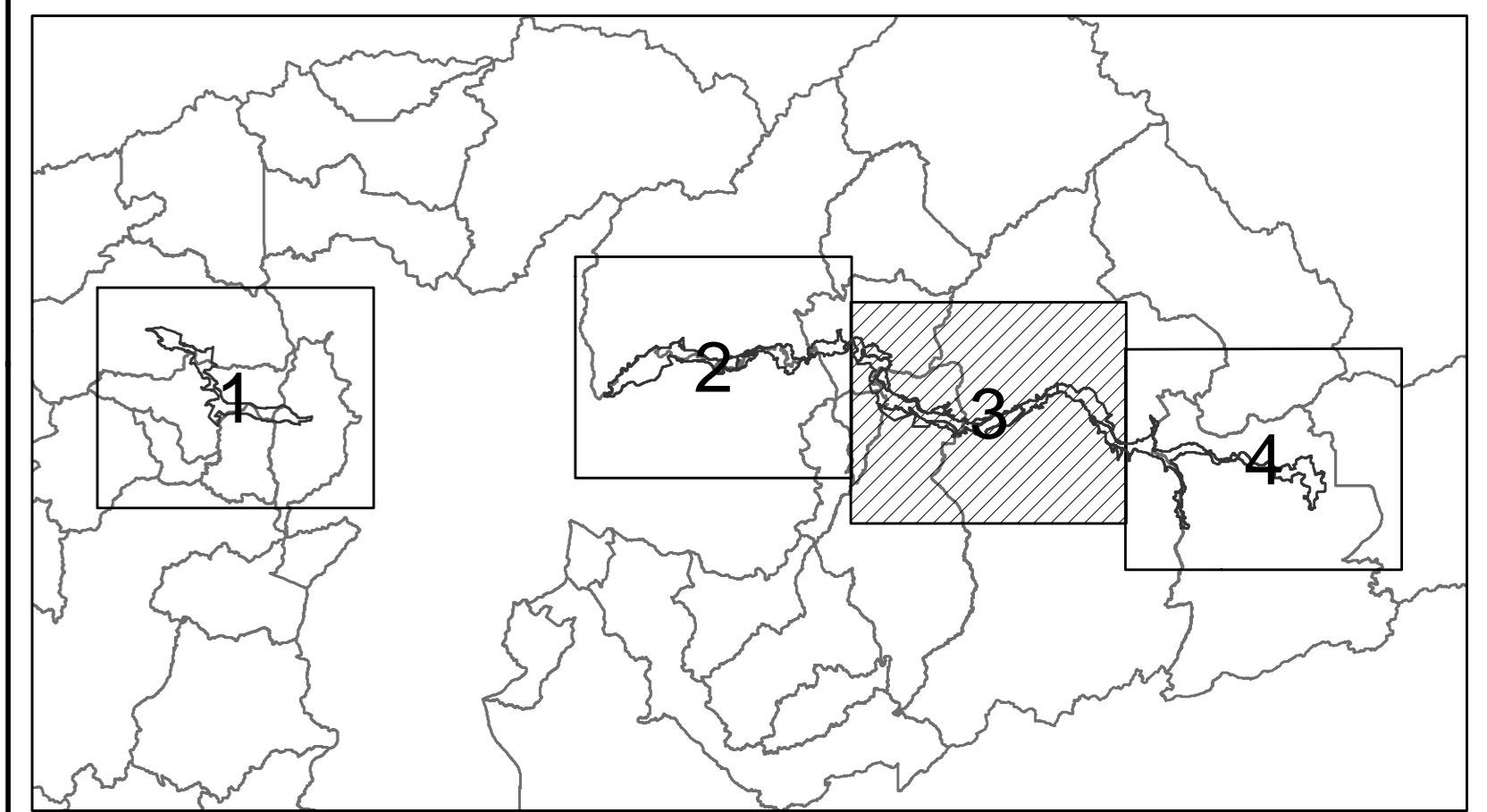
LEGENDA

- Pontos de Sondagem
- Sistema Viário
- Hidrografia
- ▭ Rio Tietê - Canal Atual
- ▭ Rio Tietê - Canal Original
- ▭ Represas e Lagos
- ▭ Limites Municipais
- ▭ Buffer de 1km da APA
- ▭ APA Várzea do Tietê

Níveis de Perturbação Morfológica

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

Mapa de Localização:



Articulação: **Folha 3**

Escala: 0 900 1.800 3.600 Metros

PROJEÇÃO:
UTM Fuso 23S

DATUM:
SAD 69

IMPRESSO EM:
Papel A0; Escala 1:25.000; Data 04/Maio/2011.

FONTE:
 1. ; Base Cartográfica Emplasa 1:10.000
 2. ; Plano de Bacias do Alto Tietê 2009
 3. ; Base Cartográfica fornecida pela FF/SMA
 4. ; Mapa de Uso da Terra elaborado pela sub-módulo de Uso do Solo do projeto PM APA VRT.

ORGANIZAÇÃO:
 1. **LUZ, Rodolfo Alves da;**
 2. **MANTOVANI, Juliana da Costa;**
 3. **GOUEIA, Isabel Cristina Moroz Caccia;**
 4. **RODRIGUES, Cleide;**
 5. **VENEZIANI, Yuri.**



SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE



Após percorrer o traçado inicial no Planalto Paulistano, cujas altitudes variam entre 800 a 1000 metros, o Rio Tietê adentra a Bacia Sedimentar de São Paulo, região menos acidentada, caracterizada por pequenas colinas e áreas planas, onde o rio, originalmente, apresentava inúmeros meandros ativos, como afirma Rodrigues (2015) "na região metropolitana de São Paulo, as planícies fluviais pré-urbanas eram marcadamente do tipo planície fluvial meândrica". Nessas áreas foram implantados, durante o processo de urbanização do sítio de São Paulo e até os dias de hoje, locais de exploração mineral, visando a captação de areia e argila para o setor da construção civil, como afirma o Plano de Manejo:

Antes mesmo da retificação do canal do Rio Tietê, na década de 1950, as planícies fluviais foram objeto de uma série de modificações na morfologia original e consequentemente, nos processos hidro-geomorfológicos, tais como aquelas decorrentes da extração de areia e argila.

Esse tipo de atividade pressupõe a retirada da cobertura vegetal, modificando os processos hidrodinâmicos e morfodinâmicos, além de alterar a topografia e, dessa maneira, transformar abruptamente a paisagem. Os resquícios da mineração no ambiente são diversos: a formação de lagoas antrópicas, cavas abandonadas e regiões com deposição de rejeitos.

Embora a extração de ouro tenha ocorrido em curto período, a extração de areia e argila nas várzeas do rio Tietê para a construção civil perdurou muito tempo, implicando na destruição dos meandros do rio, ampliando as áreas sujeitas às enchentes; na supressão de vegetação ciliar acelerando a retirada de sedimentos e consequente assoreamento do rio; na abertura de canais; e, no surgimento de inúmeras lagoas de águas estagnadas, formadas em cavas abandonadas. (Plano de Manejo – APA Várzea do Rio Tietê)

Tal atividade econômica é geradora de intensos impactos no terreno, motivo pelo qual existe um conjunto de regras específicas para sua prática que é classificada como de muito alto potencial de impacto, tornando esse tipo de região imprópria para ocupações. Dentro da APA é imprescindível: um rígido controle, uma fiscalização, atentando para o lançamento das águas de volta ao sistema natural; a exigência de plano de mitigação dos iminentes impactos; e, principalmente, nas áreas de APA, a suspensão da concessão de novas autorizações de lavras a fim de eliminar esse tipo de empreendimento dessas áreas.

Além do mais, é necessário considerar que parte da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê passou por retificações e aterro de parte de suas planícies, restando poucas áreas com cobertura pedológica/vegetal original.

Na cidade de São Paulo, o curso do Tietê foi retificado em quase toda sua extensão, tendo suas várzeas drenadas e aterradas e quase que totalmente impermeabilizadas. Entretanto, nos municípios de Poá, Suzano e Mogi das Cruzes, ainda é possível observar o traçado meândrico original do rio. (Plano de Manejo – APA Várzea do Rio Tietê)

O trecho atravessado pelo Rodoanel se encontra justamente onde ainda se observa o traçado original do rio. Além de sofrer com os prejuízos causados pela estrada, o rio, também é atingido por danos provenientes de áreas de mineradoras, como já pontuado. Por esse motivo, é necessário que o projeto de construção da estrada apresente algumas compensações⁹ ambientais como a delimitação de parques e/ou reservas florestais, como indicado no Relatório de Impacto Ambiental: “No âmbito dos estudos ambientais realizados para o Trecho Leste propõe-se a destinação de cerca de R\$ 20,8 milhões prioritariamente a duas unidades de conservação existentes próximas ao traçado do Trecho Leste, que são o Parque Natural Municipal da Gruta Santa Luzia, em Mauá, e a APA Várzea do Rio Tiete”.

Ainda sobre a APA Várzea do Rio Tietê, o Relatório de Impacto Ambiental completa, reiterando a importância desta área:

Na APA Várzea do Rio Tietê vem sendo retomada uma antiga proposta de criação e implantação do “Parque Tietê”, em um projeto que reúne diretrizes de preservação e recuperação ambiental com o tratamento paisagístico e urbanístico da várzea. Proposto pelo Governo do Estado de São Paulo, por meio do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), e apresentado no “Plano Geral Urbanístico do Parque Tietê” elaborado por Ruy Ohtake Arquitetura e Urbanismo. Constam deste Plano diretrizes para a implantação e o zoneamento do “Parque Tietê” e para a implantação de uma via Parque, contornando todos os seus limites e impondo uma barreira física de proteção à várzea. O zoneamento proposto concilia a manutenção de áreas de várzea como reguladora de cheias e a recuperação e remodelação urbanística de áreas já alteradas para criação de áreas de recreação.

Porém Rodrigues (2015) afirma que "de forma mais geral, o mecanismo da 'compensação ambiental', cada vez mais utilizado em operações e instrumentos urbanísticos, por passar ao longe da necessária conectividade para a preservação de sistemas físicos e ecossistemas associados, também tem auxiliado a degradação desses sistemas fluviais, seja em áreas urbanas ou não". Dessa maneira, mesmo com tais compensações, nas áreas de planície ainda preservada os processos hidrodinâmicos se dão de maneiras bastante diversas das originais, apesar da morfologia local ainda pouco

⁹ Tais compensações podem também ter um caráter social na medida em que o projeto rodoviário atravessa áreas de ocupação humana.

transformada, implicando em diferentes tempos de inundação e/ou períodos de seca (Rodrigues, 2010).

3.2 - Materiais e procedimentos metodológicos

Os procedimentos realizados nesta pesquisa seguiram as seguintes etapas metodológicas: delimitação da área de estudo; elaboração de um mapa de usos e ocupação do solo para uso em campo com objetivo de interpretar essa matriz; elaboração de uma tabela-guia para preenchimento em campo; seleção dos pontos a serem visitados; realização do trabalho de campo; e, por fim, análise e descrição das fotos obtidas em campo.

A delimitação da área de estudo foi selecionada devido à problemática que a construção de um empreendimento rodoviário causa em áreas de proteção ambiental, no caso estudado, uma região de planície fluvial de inundação. Foi definida uma faixa de entorno de 500 metros a partir do traçado atual da rodovia. O segmento estudado tem cerca de 11 quilômetros de extensão, tendo início onde a rodovia adentra a Área de Proteção Ambiental da Várzea do Rio Tietê, seguindo para Norte, permeando o canal fluvial, até sair da APA.

A elaboração da tabela-guia de campo se deu com a ajuda da orientadora deste estudo, e de um modelo de ficha de campo desenvolvida na tese de doutoramento de Katia Canil (2006) e conta com informações como: coordenadas geográficas, localidade do ponto, tipo de ambiente que se encontra, vegetação predominante, etc. Segue um exemplo de tabela utilizada:

Ponto	Coordenadas	Localidade	Ambiente	Vegetação	Observações	Foto
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Figura 6 - Exemplo de tabela utilizada em campo. Organização da autora.

A elaboração do mapa de uso e ocupação da terra teve, como primeiro objetivo, o direcionamento para definição dos pontos visitados em campo e o entendimento da matriz. Para a produção do mapa foi necessário o auxílio técnico do Laboratório de Sensoriamento Remoto do Departamento de Geografia, que forneceu as bases (*layers*) essenciais para a definição das classes de uso da terra e do Mestre Carlos Roberto Libonati Machado responsável pelo fornecimento do *layer* que corresponde à faixa de domínio da rodovia. Com os dados obtidos foi possível produzir um mapa, através da plataforma ARCGIS, atendendo aos interesses do estudo.

A escolha dos pontos visitados se deu pelas possíveis problemáticas que poderiam apresentar em termos de efeito barreira. O aplicativo *Google Earth* foi importante para fornecer as imagens de satélite e comparar com as classes de uso definidas pelo mapa de uso e ocupação da terra. Dessa maneira, o ponto um foi escolhido devido à existência de uma área de vegetação ampla do lado direito da estrada. O ponto dois foi elencado pois a rodovia percorre um trecho muito próximo a um meandro preservado do Rio Tietê. O terceiro ponto apresenta uma área de vegetação importante para análise, também do lado direito da estrada. O quarto ponto também foi escolhido devido à posição da rodovia, que se apresenta tangenciando parte do canal fluvial. O ponto cinco foi elencado devido à existência de um acúmulo de água, que pôde ser visualizado via *Google Earth*, não existente no mapa de uso e ocupação, indicando que seu surgimento se deu recentemente. O sexto ponto foi escolhido pois é onde a rodovia atravessa o Rio Tietê para a margem direita do canal. O sétimo e último ponto tem destaque devido à presença de uma área de mineração, localizada na margem direita do rio.

O trabalho de campo foi realizado no dia 05 de fevereiro de 2016 e para a sua realização foram utilizados alguns instrumentos como um GPS para marcação das coordenadas, um altímetro para definição da altitude dos pontos, uma bússola, uma máquina fotográfica para registro da vegetação, o mapa de classes de uso e ocupação, um mapa da mesma área montado no *Google Earth* (imagem de satélite) para auxílio e a tabela-guia para preenchimento em campo.

A análise e descrição das fotografias se deu com a ajuda da tabela-guia que foi preenchida durante o trabalho de campo. De cada um dos sete pontos, foram tiradas de cinco a doze fotos, sendo necessário a seleção da foto mais representativa dos respectivos pontos.

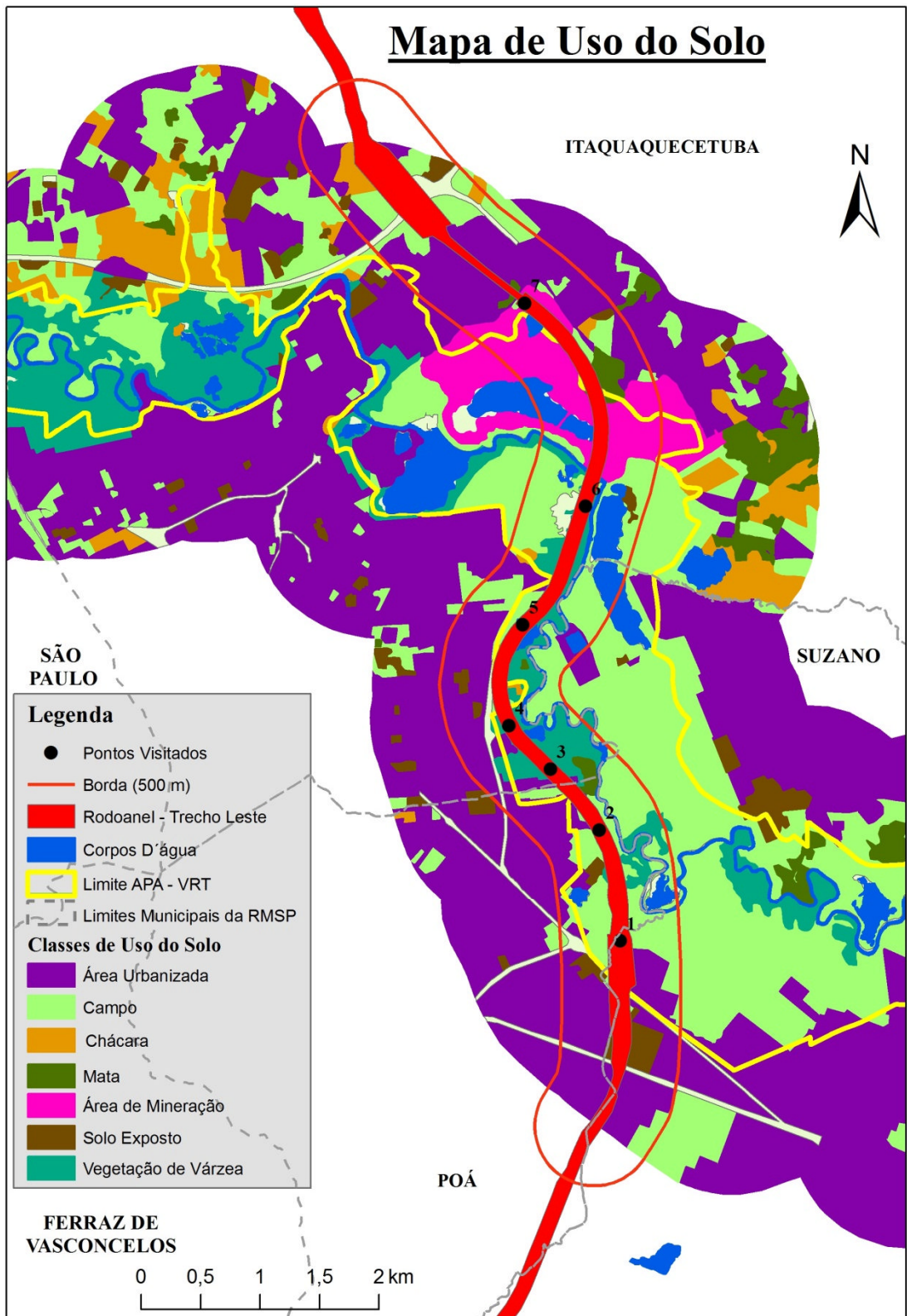


Figura 7 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra.

Capítulo 4 - A Fragmentação da Paisagem e os Indicadores de Impacto

Foram analisadas alterações no padrão de uso e ocupação da terra da APA - VRT e a ocorrência de inúmeros indicadores ambientais percebidos durante o trabalho de campo fornece indicativos das perturbações causadas pela implantação da rodovia. Essas perturbações constituem barreiras de fluxo para muitas espécies. Neste estudo analisaremos esses indicadores quanto a possíveis efeitos-barreira. Os resultados são apresentados a seguir, ponto a ponto, acompanhado de uma foto representativa e um texto explicativo da situação.

Ponto 1



Figura 8 - Vegetação da planície de inundação do Rio Tietê. Fotografia: Marcelo Hideki Yamane. Data: 05/02/2016.

O ponto um se encontra nas coordenadas geográficas 23°30' Sul e 46°19' Oeste, em uma altitude de 742 metros acima do nível do mar. Localizado próximo à Rodovia Henrique Eróles (SP-066), este trecho do Rodoanel é suspenso. O ambiente se caracteriza como Planície Fluvial Meândrica, apresentando remanescente de mata ciliar, observa-se o

predomínio de vegetação herbácea, gramíneas majoritariamente e também alguns fragmentos de mata baixa. Em campo foi possível vocalização sonora provenientes de fauna como grilos e aves urbanas, por exemplo garças. Ao fundo destaca-se a ocupação por moradias precárias. Grande quantidade de antenas. No skyline observa-se também fragmentos de vegetação remanescente muito alterada, com espécies exóticas. Configura-se como habitat de área úmida.

Ponto 2



Figura 9 - Trecho da rodovia que tangencia um meandro do Rio Tietê. Fotografia: Marcelo Hideki Yamane. Data: 05/02/2016.

O segundo ponto se encontra nas coordenadas 23°30' Sul e 46°19' Oeste, em uma altitude de 749 metros. Localizado muito próximo ao meandro do rio, quase tangenciando uma curva, este trecho também é suspenso. O ambiente, como no ponto um, se caracteriza como Planície Fluvial Meândrica, apresentando pontos aterrados proveniente da construção do Rodoanel, mas não só, na área é possível observar algumas vias secundárias que também geram impactos. Observa-se o predomínio da vegetação herbácea, porém apresenta alguns

pontos sem mata ciliar, além de alguns exemplares de vegetação sinantrópica¹⁰. Em campo foi possível constatar a presença de algumas aves como mergulhões, anus e garças, além de um certo odor característico, indicando a presença de esgoto e lixo nas proximidades. Paisagem também característica de habitats de áreas úmidas.

Ponto 3



Figura 10 - Vegetação da planície de inundação do Rio Tietê. Fotografia: Marcelo Hideki Yamane. Data: 05/02/2016.

O ponto três se encontra nas coordenadas 23°30' Sul e 46°19' Oeste, em uma altitude de 749 metros acima do nível do mar. Localizado em trecho suspenso, o ambiente, como nos pontos anteriores, se caracteriza como Planície Fluvial com meandros preservados e conta com a presença de lagoas e pequenas áreas alagadas. A vegetação é similar a dos demais pontos, predomínio do extrato herbáceo, gramíneas, mas também é possível observar algumas ilhas de vegetação (microfragmentos, as vezes formados por

¹⁰ Espécies sinantrópicas são aquelas que colonizam habitações humanas e seus arredores, retirando vantagens em matéria de abrigo, acesso a alimentos e água.

uma só árvore) que podem servir de trampolins ecológicos (*steeping stones*) a diversas espécies da fauna. Neste ponto, verificou-se a presença de mata de exótica de eucalipto.

Ponto 4



Figura 11 - Trecho da rodovia próximo a um meandro do Rio Tietê, destaque para a estrutura colunar apresentada pelo empreendimento. Fotografia: Marcelo Hideki Yamane. Data: 05/02/2016.

O quarto ponto se encontra nas coordenadas geográficas 23°30' Sul e 46°20' Oeste, em uma altitude de 747 metros. Localizado próximo ao meandro do Rio Tietê, este trecho da vida também é suspenso. O ambiente se caracteriza por Planície Fluvial de meandros ainda preservados e a vegetação, predominantemente herbácea, conta com exemplares de taboa (*Typha domingensis*, nativa da Mata Atlântica), além da presença de fragmentos que podem funcionar como entrepostos de passagem à fauna (*steeping stones*). Em campo, foi possível observar a presença de fauna como o irerês (*Dendrocygna viduata*) e alguns resíduos sólidos (lixo descartado). Nesta fotografia se destaca um pouco da estrutura do empreendimento: a grande quantidade de colunas utilizadas neste trecho da rodovia.

Ponto 5



Figura 12 - Grande acúmulo de água não existente no mapa previamente produzido para o trabalho de campo. Fotografia: Marcelo Hideki Yamane. Data: 05/02/2016.



Figura 13 - Exemplo de vegetação macrófita observada em trabalho de campo. Fotografia: Marcelo Hideki Yamane. Data: 05/02/2016.

O ponto cinco se encontra nas coordenadas 23°29' Sul e 46°19' Oeste, em uma altitude de 742 metros. Ainda em trecho suspenso da rodovia, localizado próximo a um represamento de água não existente no mapa elaborado em gabinete para o trabalho de campo, o ambiente ainda é caracterizado situado na Planície Fluvial. Acerca da vegetação foram identificados pontos de mata de eucalipto, uma grande quantidade de espécies de macrófitas¹¹, dentre elas os aguapés¹², esta última, normalmente encontrada em águas eutrofizadas indicando, assim, a presença de esgoto na região. Em campo, também constatou-se a presença do esgoto pelo odor característico, além de resíduos sólidos espalhados pela planície. Em relação à fauna foi possível observar exemplares de frangos d'água carijó (*Gallinula melanops*).

Ponto 6



Figura 14 - Trecho da rodovia que tangencia o Rio Tietê acompanhado de acúmulo de água na planície de inundação. Fotografia: Marcelo Hideki Yamane. Data: 05/02/2016.

¹¹ Plantas que crescem na água, em solos cobertos por água ou solos saturados em água.

¹² *Eichhornia crassipes*, planta aquática encontrada em águas calmas (rios de fluxo lento e/ou lagoas). Possui características que auxiliam na despoluição de ambientes aquáticos com capacidade de absorver e acumular poluentes, fato que a transforma em uma planta bioindicadora de ambientes poluídos.

O sexto ponto se encontra nas coordenadas 23°29' Sul e 46°19' Oeste, em uma altitude de 743 metros acima do nível do mar. Neste ponto a proximidade com áreas urbanizadas é maior, porém o ambiente ainda se caracteriza como planície fluvial, apresentando meandros e lagoas de água represada, motivo pelo qual este trecho da pista também se encontra suspenso. A vegetação se caracteriza como mata secundária inicial com presença de alguns exemplares de eucalipto, vegetação ciliar e aguapés (indicando que a qualidade da água não melhorou desde o ponto anterior). *In situ*, observou-se a presença de lixo doméstico (resíduos sólidos) e entulho. Em alguns setores como da foto, percebe-se o grande desenvolvimento das macrófitas.

Ponto 7



Figura 15 - Área de mineração na margem direita do Rio Tietê. Fotografia: Marcelo Hideki Yamane. Data: 05/02/2016.

O último ponto deste estudo se encontra nas coordenadas 23°28' Sul e 46°19' Oeste, a 749 metros acima do nível do mar. Próximo a uma área de mineração, neste trecho, a pista foi construída sobre aterro. O ambiente, a partir desse ponto, passa a se caracterizar como uma área de colinas, conferindo mais estrutura à ocupação, corroborando a existência

de áreas urbanas e áreas de mineração observadas em campo. Com poucos remanescentes de vegetação, não foi observada nenhuma presença de fauna visível no momento do trabalho de campo. Como afirma Machado (2011), “inicialmente, o Rodoanel irá percorrer a várzea do Rio Tietê pela margem esquerda em Poá e Itaquaquetuba (atingindo alguns agrupamentos habitacionais), depois disso, cruza para a margem direita para se afastar do centro de Itaquaquetuba, atingindo a borda de uma grande exploração mineral”, a cava para retirada de minérios citada, correspondente na fotografia acima, é responsável pela formação de lagoas artificiais, devido à retirada de areia.

Considerações Finais

A pesquisa revelou que a área de estudo apresenta marcas de impacto ambiental, ratificadas pelos bioindicadores encontrados em ocasião de visita ao local estudado, sejam estes de modificação da morfologia, seja pela presença de ocorrências de perturbação do habitat de área úmida. A fragmentação gerada pela construção de rodovias resulta em mais um fator de divisão de habitats, provocando impactos na paisagem. Em campo foi possível notar diversos reflexos como: assoreamento da planície fluvial de inundação; meandros modificados e deteriorados; focos de vegetação sinantrópica; focos de vegetação indicadora de ambientes poluídos (aguapés); ocorrência recente de acúmulo de água formando novas lagoas, dado que tal concentração não estava presente no mapa de uso e ocupação da terra produzido para campo; cavas abandonadas provenientes de campos de mineração; rebaixamento da planície fluvial devido às ações mineradoras; entre outros impactos que surgirão com o passar do tempo.

De maneira geral, devido a alterações no relevo (cortes, aterros), a APA Várzea do Rio Tietê¹³ sofre com a diminuição de remanescentes florestais e perdas na sua função hidrodinâmica, relacionada principalmente com o amortecimento das cheias periódicas inerentes ao funcionamento do sistema fluvial que tem como principal canal o Rio Tietê. Mesmo assim, esse trabalho não pode ser considerado suficiente para definição de uma área delimitada do impacto provocado pela rodovia. Muitos impactos já ocorriam antes do evento da obra, particularmente a ocupação urbana e a extração minerária. Para um acompanhamento mais detalhado dos impactos, se faz necessário estudos mais aprofundados, se utilizando também de ferramentas quantitativas da ecologia da paisagem, para avaliar a funcionalidade do território impactado. De qualquer modo o trabalho estabelece uma leitura do estado atual subsidiando um momento datado para futuros monitoramentos.

Diante dos objetivos de identificar impactos na paisagem através de vegetação indicadora da situação ambiental e com a ajuda dos estudos da paisagem, foi possível observar consequências dos prejuízos sofridos pelo meio quando se constroem corredores viários. É evidente que obras de infraestrutura são importantes, vide a atual conjuntura

¹³ Neste ponto se faz necessário um breve esclarecimento sobre o trecho do Rodoanel que se sobrepõe à Área de Proteção Ambiental Várzea do Rio Tietê: tal trecho foi construído sobre uma estrutura colunar, de aproximadamente 11 quilômetros de extensão, para que os impactos gerados fossem menos intensos para o ambiente ao redor.

mundial, porém, é necessário avaliá-las a longo prazo e em conjunto com a sociedade civil para mensurar os impactos em sua totalidade e definir as diretrizes ecológicas da construção de tais empreendimentos.

Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. N. Topografia, paisagem e ecologia. Scientific American Brasil, jan. 2005.

ASSIS, J. C. Ecologia de estradas no mosaico da Cantareira: conservação ambiental e planejamento. 109 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós - Graduação em Ciência Ambiental. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2014.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. Instituto de Geografia. São Paulo, 1972.

BESSE, J. M. Ver a Terra: seis ensaios sobre a paisagem e a geografia. São Paulo: Perspectiva, 2006.

CALEGARI L., MARTINS S. V., GLERIANI J. M., SILVA E., BUSATO L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. Revista Árvore, Viçosa - MG, v.34, n.5, p.871-880, 2010

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. in: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1994.

CANIL, Kátia. Indicadores para monitoramento de processos morfodinâmicos: aplicação na Bacia do Ribeirão Pirajussara (SP). Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

FERREIRA, A. L. Análise da fragmentação da paisagem nos arredores do trecho Norte do Rodoanel Mário Covas (SP-021) como subsídio à seleção de traçado de rodovias. Trabalho de Graduação Individual em Geografia – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 82. 2013.

FORMAN, R. T. T., GODRON, M. Landscape Ecology. New York: Wiley & Sons Ed. 1986.

FORMAN, R. T. T. Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

FORMAN, R. T. T.; FRIEDMAN, D. S.; FITZHENRY, D.; MARTIN, J. D.; CHEN, A. S.; ALEXANDER, L. E. Ecological effects of roads: toward three summary indices and an overview for North America. In: CANTERS, K. (ed.). Habitat fragmentation and infrastructure: proceedings. Delft: Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1997. p. 40-54

FORMAN, R. T. T., ALEXANDER, L. E. Roads and their major ecological effects. Annual Review Ecological Systems. 1998.

FORMAN, R. T. T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J. A.; CLEVINGER, A. P.; CUTSHALL, C. D.; DALE, V. H.; FAHRING, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C. R.; HEANUE, K.; JONES, F. J. A.; SWANSON, A.; TURRENTINE, T.; WINTER, T. C. Road ecology: science and solutions. Washington: Island Press, 2003, 481p.

MACHADO, C. R. L. Aplicação e comparação de metodologias de análise ambiental no Trecho Leste do Rodoanel Metropolitano de São Paulo. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MAZZEI, K. Corredores de fauna na região Cantareira Mantiqueira: evidências geográficas. 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MCCORMICK, J. Rumo ao Paraíso: A história do movimento ambientalista. Tradução: Marco Antonio Esteves da Rocha e Renato Aguiar. Relume Dumará, Rio de Janeiro. 1992.

METZGER, J. P. Structure du paysage et diversité des peuplements ligneux fragmentés du Rio Jacaré-Pepira (sud-est du Brasil). Tese (Doutorado). Université Paul Sabatier, Toulouse, França. 1995.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 1999.

METZGER, J. P. O que é ecologia da paisagem? v.1, n 1/2. Biota Neotrópica, Campinas, São Paulo. 2001.

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

MONTEIRO, C. A. F. Geossistemas: A história de uma procura. São Paulo, Contexto. 2000.

POLETTI, M. C. A ecologia da paisagem na avaliação de impactos ecológicos de corredores rodoviários: O caso de um segmento do Trecho Sul do Rodoanel de São Paulo. 2002. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

RODRIGUES, C. Avaliação do impacto da urbanização em sistemas hidrogeomorfológicos: desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo. in *Revista do Departamento de Geografia* n°20. (2010, prelo)

RODRIGUES, C. Atributos ambientais no ordenamento territorial urbano: O exemplo das planícies fluviais na Metrópole de São Paulo. *Geosp – Espaço e Tempo*, v. 19, n. 2, p. 325-348, ago. 2015.

ROSS, J. L. S. (org.). *Geografia do Brasil*. Edusp. 1996.

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

SANCHEZ, L. H. O processo de avaliação de impacto ambiental, seus papéis e funções. In: *A efetividade da avaliação de impacto ambiental no Estado de São Paulo*. Secretaria do Estado do Meio Ambiente de São Paulo. 1995.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Várzea do Rio Tietê. Convênio DERSA - Desenvolvimento Rodoviário S.A. e Universidade de São Paulo. (no prelo)

SÃO PAULO. Secretaria dos Transportes. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA: Programa Rodoanel Mario Covas (Trecho Leste). DERSA - Desenvolvimento Rodoviário S.A. & CONSÓRCIO JGP - PRIME. São Paulo. 2009.

SARTORELLO, R. Interações em estudos para conservação: conceitos e técnicas para análises geográficas e ecológicas da paisagem. 237 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2014.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, 1977.

VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos florestais naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Campos do Jordão. 1990.

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. A. J.; MARTINS, J. L. A. Restauração e manejo de fragmentos florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, São Paulo. Anais. São Paulo: Instituto Florestal de São Paulo, p. 400-407. 1992.

VIANA, V. M.; PINHEIRO L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. SÉRIE TÉCNICA IPEF v. 12, n. 32, p. 25-42. ESALQ/USP. 1998.

Endereço Eletrônico:

<http://www.sempretops.com>. (acesso em: 12/12/2015)