



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro



GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

ALEXANDRE MAGNUM LEME

Proposta metodológica para elaboração de Cartas SAO terrestre: Estudo de caso de trecho da rodovia Wilson Finardi (SP-191)

ALEXANDRE MAGNUM LEME

Proposta metodológica para elaboração de Cartas SAO terrestre: Estudo de caso de trecho da rodovia Wilson Finardi (SP-191)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Orientadora: Prof^{ca} Dr^a Paulina Setti Riedel

550 Leme, Alexandre Magnum
L551p Proposta metodológica para elaboração de Cartas SAO
terrestre: estudo de caso de trecho da rodovia Wilson Finardi
(SP-191) / Alexandre Magnum Leme. - Rio Claro, 2018
183 f. : il., figs., tabs., quadros

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientadora: Paulina Setti Riedel

1. Geologia. 2. Cartas de sensibilidade ambiental. 3.
Petróleo. 4. Geotecnologias. 5. Rodovia. I. Título.

ALEXANDRE MAGNUM LEME

**Proposta metodológica para elaboração de Cartas SAO
terrestre: Estudo de caso de trecho da rodovia Wilson Finardi (SP-
191)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão
Examinadora

Prof^a. Dr^a. Paulina Setti Riedel (Orientadora)

IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof^a. Dr^a. Cenira Maria Lupinacci

IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Profa. Dr^a. Mara Lucia Marques

PUC – Campinas

Resultado: APROVADO

Rio Claro, 09 de Maio de 2018

Dedico essa dissertação aos amigos que me auxiliaram ao longo dessa etapa de formas que eu não consigo descrever, em especial aqueles que estiveram constantemente ao meu lado: Carolina Reame Santos, Daniela Ferreira Ribeiro e Vinícius dos Santos.

AGRADECIMENTO

À minha família, meus pais Luciana Cândido e Edivaldo Leme, meus avós Lourdes Leme e Luís Leme (in memorian) e meus irmãos Alex Leme, Damaris Silva e Ellen Leme, por todo apoio, amor e companheirismo, não só durante o mestrado mas ao longo de toda a minha vida, não sei o que eu faria sem vocês.

À minha amiga e companheira de laboratório Daniela Ferreira Ribeiro por todas as discussões, auxílios, ajudas, conversas em momentos bons e principalmente naqueles onde as saídas pareciam não existir.

À minha amiga Carolina Reame Santos e colega de pós graduação por estar presente nessa etapa, por ouvir os desabafos e oferecer caminhos quando era difícil achar por conta própria.

À meu amigo, irmão e colega de casa Vinícius dos Santos, por todas as ajudas acadêmicas e principalmente aquelas pessoais, obrigado por sempre confiar em mim e me ajudar nos piores momentos.

A professora Dra. Paulina pela orientação, carinho e amizade ao longo desses dois anos de mestrado.

Aos professores: Prof. Dra. Cenira Maria Lupinacci, Prof. Dr. Mara Lucia Marques e Prof. Dr. José Eduardo Zaine pelas contribuições nas bancas de qualificação e defesa mas também ao longo do desenvolvimento da pesquisa, proporcionando uma melhora no trabalho e auxílio nos caminhos trilhados na vida acadêmica.

Às companheiras e amigas de laboratório Thamiris Basílio e Mayara Ferreira, por todas as contribuições, trocas, diálogos e suporte profissional e pessoal ao longo dessa pesquisa.

Aos queridos amigos Yuri Amano, Felipe Takimoto, Amicis Monteiro, Felipe Pinto, Aline Porto, Bruna Albuquerque, Bruno Zuherato, Gean Mauro, Isabela Horta, Franciele Sodelli, Bruno Melato, Bianca Bortolin, Karen Litholdo, Bruna Paixão, Rodrigo Jesus, Ana Santos, Fernanda Cardoso, Livia Helene, Natália Almeida, obrigado por estarem ao meu lado em momentos tão importantes, obrigado pela amizade, auxílios, conversas, amo vocês e não sei se teria conseguido chegar até aqui se não fosse a ajuda de tanta gente maravilhosa.

Aos amigos de Rio Claro, que me auxiliam desde antes do início da vida acadêmica: Cristiano Stetz, Leonardo Campos, Rafaella Dias, Mateus Arena, Cíntia de Luca, Nathalia Lorenzon, Paula Natasha, Leandro Pires, Matheus Pereira, Daniel Brunello e Matheus Araújo, muito obrigado por tudo.

Aos amigos de casa, que compartilharam esses momentos comigo e estiveram ao meu lado nos momentos difíceis: Aryel Goes, Ivan Angelocci Filho, Juliano Corrêa, Leandro Santos, Luís Franzoni, Murilo Camargo, Rafael Pereira, Ruan Corrêa e Sebastian Balbin.

A técnica de laboratório Darlene de Cássia Armbrust, obrigado pela companhia, conversas e por toda a ajuda, agradeço de coração.

À secretaria da pós graduação em Geociências Rosangela Vacello por todo o auxílio ao longo da execução do mestrado, sempre muito solícita e atenciosa.

À Capes pelo apoio financeiro ao longo da execução da pesquisa.

RESUMO

No Brasil, a rodovia se apresenta como um dos modais mais utilizados para o transporte de derivados do Petróleo, consequente a esse fato os espaços ambientais adjacentes a rodovias se destacam como áreas importantes para mapeamentos de sensibilidade ambiental a derrames de óleo. Dados da CETESB (2009) apontam que no período de 1978 a 2009 cerca de 40% dos acidentes ambientais envolvendo produtos perigosos no Estado de São Paulo foram referentes ao transporte rodoviário. As Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo (Cartas SAO) apresentam o índice de sensibilidade ambiental, obtido a partir de características do meio físico e representado num intervalo de 1 a 10, além de informações bióticas e socioeconômicas, representadas na forma de ícones predefinidos. Estas cartas são importante ferramenta de apoio técnico gerencial para a tomada de decisão no planejamento de ações de emergência, em casos de acidentes envolvendo óleo e são amplamente utilizadas em áreas costeiras, onde são produzidas a partir de adaptações de metodologia elaborada pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Não existe, porém, uma padronização destas cartas para ambientes terrestres. A presente pesquisa propõe um índice de sensibilidade terrestre denominado índice socioambiental a derrames de óleo em rodovias (ISS), por contemplar fatores físicos, bióticos e socioeconômicos em sua composição. O presente trabalho realiza também uma comparação entre o resultado do mapeamento realizado com este índice e aquele ancorado somente no meio físico, nos moldes do que é efetuado para ambientes costeiros, como contribuição para a padronização futura das Cartas SAO em ambientes terrestres. Para a elaboração do índice proposto, utilizou-se primeiramente a técnica de Compartimentação Fisiográfica, por meio da qual são estabelecidas áreas com características homogêneas, para posterior classificação da sensibilidade ao óleo. O processo de compartimentação se deu por meio de fotointerpretação de imagens orbitais SPOT 5 e trabalho de campo, o que propiciou a delimitação de 13 Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs, classificadas de acordo com cinco parâmetros físicos: declividade, textura e espessura do perfil de alteração do solo, profundidade do nível d'água e densidade de drenagem e cinco parâmetros socioambientais: existência de unidades de Conservação, área ocupada por fragmentos florestais, uso e ocupação do solo, IDHM dos municípios e vulnerabilidade da rodovia. Foram estabelecidos pesos variando de 1 a 3 para cada parâmetro e realizada uma álgebra de mapas no software ArcGIS 10.2.2 (ESRI), para a elaboração das duas cartas de sensibilidade. Na primeira carta, os índices de sensibilidade foram obtidos somente a partir das características do meio físico (IST), enquanto a segunda incorporou na elaboração do índice as características bióticas e socioeconômicas (ISS). Como resultado, a área de estudo apresentou uma maior concentração de índices elevados e intermediários de sensibilidade para o IST e concentração de valores de média a baixa sensibilidade para o ISS. Conclui-se que o índice de sensibilidade ambiental ao óleo utilizando os fatores bióticos e socioeconômicas (ISS) é uma representação mais realista das características do meio terrestre, com produção rápida e objetiva e que permite a aplicação em ambientes similares, embora haja necessidade de atualização constante, por incluir características dinâmicas, como as socioeconômicas.

Palavras-chave: Cartas de Sensibilidade Ambiental, Petróleo, Geotecnologias, Rodovia.

ABSTRACT

In Brazil, the highway is one of the most used modalities for the transport of petroleum derivatives and because of that the space adjacent to highways stands out as important area for environmental sensitivity mapping to oil spills. Data from CETESB (2009) indicate that from 1978 to 2009, about 40% of the accidents involving dangerous products in the State of São Paulo were related to the road transport. The Environmental Sensitivity Maps for Oil Spills present the environmental sensitivity index obtained from characteristics of the physical environment and represented in a range from 1 to 10, as well as biotic and socioeconomic information, represented as predefined icons. These maps are an important tool for decision-making for emergency response in case of accidents involving oil and are widely used in coastal areas, where they are produced based on a methodology designed by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). There is, however, no standardization for the terrestrial environment. This research proposes a terrestrial sensitivity index called socio environmental index to oil spills on highways (ISS), considering physical, biotic and socioeconomic factors in its composition. The present research also compares the result of the mapping performed with this index and that anchored only in the physical environment, as applied for coastal areas, as a contribution to the future standardization of the SAO mapping for terrestrial environment. For the proposed index, the Physiographic Compartmentalization technique was applied, in order to establish homogeneous areas, for later classification of their oil sensitivity. This process was performed by the photointerpretation of SPOT 5 images and field work, and 13 Basic Compartmentation Units – UBCs were delimited and classified according to five physical parameters: slope, texture and thickness of the soil profile, water depth and drainage density and also five socio-environmental parameters: existence of conservation units, area of forest fragments, land cover and landuse, municipalitie's IDH, and highway vulnerability. Weights ranging from 1 to 3 were established for each parameter and a map algebra was performed in the ArcGIS 10.2.2 software (ESRI), to produce the two sensitivity maps. In the first map, the sensitivity indexes were obtained only from the characteristics of the physical environment (IST), while the second incorporated the biotic and socioeconomic characteristics (ISS) into the index. As a result, the study area presented a higher concentration of high and intermediate sensitivity index for the IST and concentration of medium to low sensitivity index for the ISS. It is concluded that the environmental sensitivity index to oil using biotic and socioeconomic factors (ISS) is a more realistic representation of the terrestrial environment, with rapid and objective production and allows the application in similar environments, although there is a need for updating, because it includes dynamic characteristics, such as socioeconomic ones.

Key words: Environmental Sensitivity Map to Oil Spills, Oil, Geotechnologies, Highways.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução do perfil de umidade do solo.....	27
Figura 2: Comportamento do NAPL em subsuperfície	34
Figura 3: Comportamento do NAPL em contato com o solo	35
Figura 4: Transporte de LNAPL no subsolo	36
Figura 5: Distribuição de LNAPL em subsuperfície	37
Figura 6: Distribuição de DNAPL em subsuperfície.....	38
Figura 7: Generalização das formas de percolação do óleo, conforme o tipo do solo.....	39
Figura 8: Processo de migração de óleo em um substrato rochoso fraturado	40
Figura 9: Articulação das Cartas Topográficas	44
Figura 10: Etapas da pesquisa.....	45
Figura 11: Espacialização dos pontos de campo.....	55
Figura 12: Metodologia para cálculo do IDHM	60
Figura 13: Localização da área de Estudo	70
Figura 14: Unidades Litoestatigráficas da Área de Estudo.....	73
Figura 15: Formas de Relevo presentes na área de estudo	75
Figura 16: Mapa de Declividade da área de estudo.....	77
Figura 17: Mapa Hipsométrico da área de estudo.....	78
Figura 18: Tipos de solo da área de estudo	81
Figura 19: Mapa da rede hidrográfica e de águas subterrâneas da área de estudo	84
Figura 20: Classes de vegetação da área de estudo	86
Figura 21: Classificação por valor de IDHM	92
Figura 22: Mapa de uso e cobertura do solo	94
Figura 23: Compartimentação Fisiográfica da área de estudo em Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs	96
Figura 24: Isolinhas de profundidade do lençol freático na área de estudo	99
Figura 25 - Nível Piezométrico da área de estudo	100
Figura 26: Peso de cada um dos parâmetros físicos analisados no Índice de Sensibilidade Ambiental ao Óleo Terrestre (IST)	103
Figura 27: Sensibilidade referente ao Parâmetro de Uso e Ocupação do Solo	106
Figura 28: Peso dos parâmetros Bióticos e Socioeconômicos analisados no Índice de Sensibilidade Socioambiental ao óleo Terrestre(ISS)	109
Figura 29: Cartas SAO a partir da aplicação das metodologias IST e ISS	111
Figura 30: Ficha de caracterização do compartimento A	113

Figura 31: Ficha de caracterização do compartimento B	115
Figura 32: Ficha de caracterização do compartimento C	117
Figura 33: Ficha de caracterização do compartimento D	119
Figura 34: Ficha de caracterização do compartimento E.....	122
Figura 35: Ficha de caracterização do compartimento F.....	124
Figura 36: Ficha de caracterização do compartimento G	126
Figura 37: Ficha de caracterização do compartimento H	128
Figura 38: Ficha de caracterização do compartimento I.....	130
Figura 39: Ficha de caracterização do compartimento J	132
Figura 40: Ficha de caracterização do compartimento K.....	134
Figura 41: Ficha de caracterização do compartimento L.....	136
Figura 42: Ficha de caracterização do compartimento M	138
Figura 43: Espacialização do grau de Discordância para cada compartimento da área de estudo....	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de derivados de petróleo por refinarias no ano de 2014	32
Tabela 2: Classes de cobertura vegetal presentes nos municípios de abrangência da área de estudo	85
Tabela 3: Caracterização Socioeconômica dos municípios de abrangência da pesquisa para o ano de 2016.....	92
Tabela 4: Situação do nível do freático para cada UBC e sua respectiva sensibilidade.....	101
Tabela 5: Ocupação por fragmentos florestais nos compartimentos e sua respectiva sensibilidade	105
Tabela 6: Sensibilidade de cada compartimento em relação ao uso e ocupação do solo	107
Tabela 7: Acidentes por km da rodovia SP-191	108
Tabela 8: Grau de discordância dos compartimentos em relação aos índices aplicados.....	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Derivados Energéticos e Não Energéticos do Petróleo	29
Quadro 2: Derivados de petróleo e sua utilização.....	29
Quadro 3: Alguns efeitos da toxicidade dos derivados do petróleo.....	31
Quadro 4: Distinção entre os LNAPLs e os DNAPLs	35
Quadro 5: Classificação de sensibilidade ambiental ao óleo para Dutos.	42
Quadro 6: Classes de declividade da área de estudo	48
Quadro 7: Procedimentos Metodológicos para a elaboração de Compartimentação Fisiográfica.....	51
Quadro 8: Síntese dos critérios adotados na compartimentação do relevo	52
Quadro 9: Parâmetros propostos por Zaine (2011) na área de estudo.....	53
Quadro 10: Parâmetros escolhidos para a determinação dos índices de sensibilidade ambiental ao óleo para a rodovia com as respectivas classes de análise e o peso correspondente para cada classe.	56
Quadro 11: Classes, subclasses e unidades de uso e cobertura do solo	62
Quadro 12: Critérios de identificação das classes de uso.....	64
Quadro 13: Sensibilidade ao óleo das classes de uso e ocupação do solo.....	65
Quadro 14: Parâmetros escolhidos para a determinação dos índices de sensibilidade ambiental ao óleo para a rodovia com as respectivas classes de análise e o peso correspondente para cada classe.	66
Quadro 15: Cores correspondentes ao ISA proposto pelo NOAA/MMA e seu valor equivalente para o IST.....	67
Quadro 16: Cores correspondentes ao ISA proposto pelo NOAA/MMA e seu valor equivalente para o ISS.	68
Quadro 17: Unidades de Conservação presentes na área de estudo.....	88
Quadro 18: Cultivos Temporários e Permanentes dos municípios de estudo	93
Quadro 19: Caracterização Física das UBCs.....	97

SUMÁRIO

Introdução.....	13
1.1 Objetivos.....	15
1.2 Objetivos específicos	15
1.3 Estrutura da pesquisa	16
2 Estado da Arte.....	17
2.1 Sensibilidade Ambiental a derrames de óleo	17
2.1.1 Histórico e Premissas das Cartas SAO	17
2.1.2 Cartas SAO: A realidade brasileira	21
2.2 Hidrocarbonetos em Ambientes Terrestres.....	26
2.2.1 Infiltração x Escoamento.....	26
2.2.2 Características dos Hidrocarbonetos	28
2.2.3 Percolação do óleo em subsuperfície	32
2.3 Sensibilidade Socioambiental	40
3 Materiais E Métodos.....	43
3.1 Materiais.....	43
3.2 Métodos.....	44
3.2.1 Levantamento Bibliográfico	45
3.2.2 Escolha da Área de Estudo	46
3.2.3 Elaboração do Banco de Dados.....	47
3.2.3.1 Elaboração da base cartográfica	48
3.2.3.2 Elaboração de mapas de caracterização da área de estudo	49
3.2.4 Compartimentação Fisiográfica	50
3.2.5 Mapeamento dos Parâmetros físicos, bióticos e socioeconômicos	56
3.2.5.1 Parâmetros Físicos	56
3.2.5.1.1 Declividade	56
3.2.5.1.2 Densidade Hidrográfica	57
3.2.5.1.3 Profundidade do Lençol Freático.....	57
3.2.5.1.4 Textura do perfil de alteração	58
3.2.5.1.5 Espessura do Perfil de alteração	58
3.2.5.2 Parâmetros Bióticos e Socioeconômicos.....	58
3.2.5.2.1 Inserção em Unidades de Conservação (UCs)	59

3.2.2.2.2 Área ocupada por Vegetação	59
3.2.2.2.3 IDHM dos municípios.....	59
3.2.2.2.4 Vulnerabilidade da rodovia	61
3.2.2.2.5 Mapeamento do uso e cobertura do solo	61
3.2.6 Elaboração das Carta SAO	66
3.2.6.1 Carta SAO utilizando o IST	66
3.2.6.2 Carta SAO utilizando o ISS	67
4 Caracterização da área de estudo.....	69
4.1 Contexto Geológico Regional	71
4.2 Relevo da área de estudo	74
4.2.1 Caracterização Regional.....	74
4.2.2 Caracterização Local.....	74
4.3 Solos da área de estudo	79
4.4 Clima	82
4.5 Hidrografia	82
4.5.1 Águas Superficiais	82
4.5.2 Águas Subterrâneas	83
4.6 Caracterização do Meio Biótico	85
4.6.1 Vegetação	85
4.6.2 Unidades de Conservação.....	87
4.6.3 Fauna.....	89
4.6.3.1 Mastofauna	89
4.6.3.2 Avifauna	90
4.6.3.3 Herpetofauna	90
4.7 Caracterização do Meio Socioeconômico	91
4.7.1 Situação Socioeconômica.....	91
4.5.2 Uso e Cobertura do solo	92
5 Resultados e discussões	95
5.1 Compartimentação Fisiográfica	95
5.2 Mapeamento dos Parâmetros	98
5.3 Cartas SAO.....	110
5.4 Caracterização e comparação dos índices obtidos para cada compartimento.....	112
5.5 Síntese dos Resultados.....	139

6 Conclusões	143
Referências.....	145
ANEXOS	156
Anexo 1 - Quadros de análise e interpretação fotogeológica.....	157
Anexo 2 - Quadros das classes de uso e cobertura do solo	160
Anexo 3 - Quadro de mamíferos de médio e grande porte	163
Anexo 4 - Quadros de aves	166
Anexo 5 – Quadro de Anfíbios e Répteis.....	178

INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da sociedade, o homem necessita extrair os mais variados recursos naturais para suprir suas carências, a obtenção desses recursos se dá de forma *in natura* e estes são transformados para seu devido aproveitamento. Estas ações impactam o meio ambiente, seja *in situ* (onde são retirados), no trajeto, ou no local onde são transportados, sendo assim necessária uma preocupação com todas essas etapas desde a obtenção até a destinação final desses recursos naturais (RODARTE, 2015).

Considerando o avanço das tecnologias e uma população com mais de 7 bilhões de habitantes, sendo grande parte urbana e consumidora desses recursos naturais, o homem se torna “o mais vigoroso agente geológico hoje atuante sobre a superfície da Terra” (SANTOS, 2009, p.16) uma vez que os impactos gerados pela ação do homem são frequentes e intensos, estes são mais acentuados quando não levam em consideração as potencialidades e limitações do meio físico, causando grandes acidentes ambientais (RODARTE, 2015).

Dentro desse cenário de exploração dos recursos naturais, o aumento da população mundial tem ampliado a exploração por fontes de energia no meio ambiente, destacando-se o petróleo como uma das principais fontes de energia utilizadas pelo homem (ANP, 2015).

A utilização do petróleo se dá em larga quantidade para a geração de energia elétrica, entretanto sua utilização abrange diversos outros produtos fundamentais para a humanidade como a gasolina, utilizada como combustível para grande parte dos automóveis ao redor do mundo. Os hidrocarbonetos também são responsáveis pela geração de matéria prima para remédios, plásticos, borrachas, asfaltos, pneus, tintas, solventes, etc. (RIBEIRO, 2017).

O Petróleo acarreta diversos riscos ao meio ambiente. A poluição por óleo atinge diferentes escalas e pode trazer graves impactos aos meios físico, biótico e socioeconômico. Grande parte dos acidentes envolvendo contaminação por Petróleo está diretamente ligada ao transporte desse produto, que se dá por meio terrestre (dutos, ferrovias, rodovias) e aquaviários (balsas, navios transportadores, plataformas, etc.) e podem ocorrer por diversos motivos, como por exemplo: colisão entre navios transportadores, rompimento de dutos, explosões nas plataformas e acidentes envolvendo os veículos transportadores.

Dados da CETESB (2009) apontam que em um período de 31 anos (1978-2009) 40% dos acidentes ambientais envolvendo produtos perigosos no Estado de São Paulo são referentes a acidentes no transporte rodoviário, oito vezes mais que os procedentes de transporte marítimo e quinze vezes mais que os de transporte dutoviário (ARAÚJO et al., 2002). Isso se dá principalmente pelo fato de que no Brasil, o principal modal empregado para esse tipo de transporte é o rodoviário, o que ocorre em vários países europeus. (TEIXEIRA,

2005). O Brasil se destaca como o 4º país com maior malha rodoviária do mundo, ficando atrás apenas de países como Estados Unidos da América, Índia e China (DEARO, 2013). A malha brasileira apresenta um total de 1.553.082,3 km de extensão, entre rodovias federais, estaduais e municipais (CNT, 2016), deste total o Estado de São Paulo é responsável por 198.995,55 km de extensão (DER, 2015).

Entende-se que a intensidade do risco dos acidentes envolvendo transporte de produtos perigosos depende da periculosidade do mesmo. É considerado produto perigoso aquele que apresenta risco para: pessoas; segurança pública e meio ambiente. Estes produtos podem ser inflamáveis, explosivos, corrosivos, tóxicos ou até mesmo produtos que não apresentam risco iminente mas que em caso de acidente podem ocasionar grave ameaça à população e ao meio ambiente. Os custos decorrentes da contaminação ambiental geram prejuízo financeiro e social (FERREIRA, 2003).

A preocupação com os impactos do óleo no meio ambiente tomou forma a partir da década de 1970 onde surgiram os primeiros mapeamentos de sensibilidade ambiental, as Cartas SAO - Cartas de Sensibilidade Ambiental para derrame de Óleo representam uma importante ferramenta técnico-gerencial para o planejamento e gerenciamento de áreas mais sensíveis ou de concentração de esforços e medidas a serem aplicadas nestas áreas.

De acordo com O'Rourke; Connolly (2003), o transporte mais utilizado para a locomoção do óleo se dá por meio marítimo, principalmente em se tratando de grandes distâncias, aliando esse fator com a com a grande visibilidade desses derrames, devido a proporção de derrame por acidente, acabou por priorizar esse ambiente (mar e zona costeira) na elaboração das Cartas SAO.

Atualmente os estudos de sensibilidade ambiental ao óleo têm sido satisfatórios para ambientes litorâneos, mas bastante incipientes para áreas fluviais e ambientes terrestres, os quais devem ser também priorizados, pois apesar dos acidentes individuais não apresentarem grande volume de óleo ao comparados com acidentes litorâneos, estes apresentam volume total superior aquelas provenientes de grandes derramamentos (EPSTEIN; SELBER, 2002 apud O'ROURKE; CONNOLLY, 2003).

As áreas terrestres também devem ser priorizadas nos estudos de sensibilidade ambiental a derrames de óleo, uma vez que essas áreas apresentam características biológicas, físicas e socioeconômicas que são afetadas em casos de acidentes envolvendo esses poluentes. A rodovia por ser um espaço de traslado desse componente, se constitui como uma região interessante para esse tipo de estudo, além disso por ser uma obra linear perpassa por diferentes estruturas geológicas, feições geomorfológicas e diversos tipos de solos, o que nos

possibilita uma análise integrada desses elementos e estabelecimento de uma metodologia que leva em consideração essa grande variabilidade

Os índices de sensibilidade ambiental ao óleo surgiram para as áreas costeiras, onde são de utilização consagrada. O *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) desenvolveu a metodologia para a elaboração das cartas de sensibilidade ao óleo (Cartas SAO) para estes ambientes, que foi adaptada por vários países, de acordo com seus diversos ambientes.

No Brasil o Ministério do Meio Ambiente (MMA) produziu o primeiro guia para a elaboração das Cartas SAO denominado “Manual básico para elaboração de mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo no sistema Petrobras: ambientes costeiros e estuarinos” (ARAUJO et al., 2002). Este manual foi utilizado como embasamento para a produção das “Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo” (ARAUJO et al., 2002, MMA, 2004).

Nas regiões costeiras, as Cartas SAO são compostas por informações dos índices de sensibilidade do litoral (ISL), mais informações socioeconômicas e bióticas, estas duas sobrepostas às cartas na forma de ícones padronizados. Os índices são ancorados nas características do meio físico e as informações socioeconômicas e bióticas não integram sua composição, sendo apresentadas de forma complementar, tendo como base as publicações supracitadas do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Neste contexto, diante das lacunas existentes, o presente trabalho se propõe a elaborar uma carta SAO para ambiente terrestre, tendo um trecho de uma rodovia paulista para aplicação da metodologia proposta, testando uma forma diferenciada de elaboração do índice de sensibilidade, de forma a agregar de forma quantitativa em sua formulação as informações socioeconômicas e bióticas.

1.1 Objetivos

O objetivo da pesquisa é desenvolver uma metodologia para elaboração de Cartas SAO para rodovias, que inclui os fatores físicos, bióticos e socioeconômicos em sua composição, e demonstrar sua funcionalidade pela aplicação em um trecho da rodovia Wilson Finardi (SP-191), entre os km 21+200 e 74+500.

1.2 Objetivos específicos

- Elaborar um índice de sensibilidade ambiental ao óleo que leve em consideração os fatores físicos, bióticos e socioeconômicos em sua composição, padronizado

com o sistema NOAA/MMA, que seja aplicável nos mapeamentos de modais rodoviários.

- Validar a metodologia proposta a partir de sua aplicação em trecho da rodovia Wilson Finardi (SP-191) no trecho entre os km 21+200 e 74+500, utilizando dois índices de sensibilidade ambiental diferentes para comprovar a aplicabilidade da metodologia utilizada.
- Comparar a metodologia convencional (ancorada no meio físico) com a metodologia proposta nesse trabalho, afim de verificar a viabilidade da mesma nos mapeamentos de sensibilidade ambiental a derrames de óleo.

1.3 Estrutura da pesquisa

A dissertação se constitui em seis capítulos, os quais são denominados: Introdução; Estado da Arte; Materiais e Métodos, Caracterização da Área de Estudo; Resultados e Conclusões, seguidos pelo Referencial Bibliográfico e Apêndices.

O capítulo de Introdução corresponde a uma breve apresentação do tema, abrangendo a necessidade da utilização do petróleo, principalmente como fonte de energia, e os riscos que o mesmo acarreta no meio ambiente, focando nos riscos derivados de seu transporte no meio terrestre por meio de rodovias. O segundo capítulo, denominado Estado da Arte, corresponde ao referencial teórico da pesquisa e subdivide-se em três subtemas: “Sensibilidade Ambiental a derrames de óleo”, Hidrocarbonetos em Ambientes Terrestres” e “Índice de Sensibilidade Socioambiental a Rodovias”. O terceiro capítulo expõe os materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa e quais os métodos utilizados para a obtenção dos resultados preliminares.

O quarto capítulo apresenta uma caracterização da área de estudo, referente à sua localização, bem como as condições socioeconômicas e os parâmetros físicos no entorno da mesma. O quinto capítulo apresenta os resultados da pesquisa, divididos em cinco subcapítulos: o primeiro referente à Compartimentação Fisiográfica, o segundo referente ao mapeamento dos parâmetros utilizados para a elaboração das Carta SAO, o terceiro sobre as Cartas SAO elaboradas, o quarto subcapítulo traz uma comparação entre os mapeamentos realizados e o último subcapítulo traz uma síntese dos resultados obtidos. O último capítulo traz as conclusões obtidas na pesquisa. Em seguida se encontra o Referencial Bibliográfico utilizado e os Apêndices e Anexos que compõem materiais/documentos complementares à pesquisa.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Sensibilidade Ambiental a derrames de óleo

Desde sua origem a indústria do petróleo tem causado diversos acidentes, com um impacto ambiental incomensurável, acarretando danos aos ecossistemas (terrestre, fluvial, lacustre e marinho) e as populações humanas de forma direta ou indireta, esses impactos podem impossibilitar a realidade econômica de comunidades que se utilizam desses ecossistemas como meio de sobrevivência, ou até mesmo em questões de saúde, afetando diretamente a economia e a saúde pública.

A partir da década de 1970 vem sendo realizado o mapeamento da sensibilidade ambiental como uma ferramenta técnico-gerencial, que serve de suporte para a tomada de decisão, tanto para a mitigação quanto para o planejamento de proteção das áreas mais sensíveis, pois esses mapeamentos apresentam a priorização dos ambientes a serem protegidos em casos de acidentes e/ou emergências, de forma a reduzir o impacto ambiental causado por estes derrames ou pelos esforços de limpeza (ARAÚJO et al., 2002).

2.1.1 Histórico e Premissas das Cartas SAO

Em caso de acidentes envolvendo derrame de óleo é necessário que haja informações suficientes para priorizar as áreas que necessitam de maior proteção, para que as ações de limpeza e proteção sejam direcionadas para esses locais, buscando assim diminuir os impactos causados no meio ambiente. A forma de determinar quais são esses locais é por meio do mapeamento da sensibilidade ambiental, que indica o grau de dificuldade que determinado ambiente tem para responder a uma alteração de suas condições normais, ou seja, para lidar com o óleo derramado. Para isso é necessário a análise de indicadores/parâmetros relacionados a características físicas, biológicas e socioeconômicas (BENEDITTI, 2015).

As informações sobre as áreas mais sensíveis ao óleo se encontram disponíveis em Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo – Cartas SAO, estas têm como objetivo caracterizar as áreas costeiras, marinhas, fluviais e terrestres para auxiliar e reduzir as consequências dos derramamentos de óleo nestes ambientes, bem como orientar os trabalhos de limpeza e contenção dessas áreas.

A gênese das Cartas SAO está ligada a estudos marinhos e costeiros, o que denota numa maior quantidade de trabalhos de mapeamento voltado a essas áreas. A base (conceitual e histórica) desses mapeamentos no ambiente marinho e costeiro é de suma importância para

o mapeamento de outros ambientes, pois sua metodologia é bem definida e fornece subsídios para a adaptação desse método em outros ambientes, como o meio fluvial e terrestre.

Gherardi et al (2008) apontam três cenários fundamentais para a utilização das Cartas SAO:

1. Na elaboração de planos de contingência: desde a etapa de identificação dos possíveis riscos associados, até no estabelecimento de áreas prioritárias, com a definição de estratégias de contenção e limpeza/remoção do óleo, bem como os custos necessários para essas atividades;
2. No combate aos derrames de óleo, nos próprios procedimentos emergenciais para avaliar os acidentes e os danos ocasionados pelo menos, facilitando assim identificação dos locais sensíveis e possíveis rotas de acesso, “áreas de sacrifício e localização e quantificação de equipamentos para a limpeza do óleo; e
3. No planejamento ambiental, as Cartas SAO podem ser utilizadas em etapas de licenciamento ambiental na definição de locais para a instalação de empreendimentos ligados a indústria do petróleo, além disso servem como auxílio aos instrumentos políticos e administrativos responsáveis pelo ordenamento territorial.

Fica evidenciado o papel das Cartas SAO como auxílio em todas as etapas envolvendo empreendimentos ligados ao petróleo, desde o planejamento até a mitigação de problemas ambientais oriundos do derrame de óleo.

A partir da década 1970 surgiram nos Estados Unidos estudos relacionados à avaliação de impactos ambientais originados por derrames de petróleo no meio ambiente. Esses métodos foram criados por um grupo de pesquisadores da Divisão de Pesquisa Costeira do Departamento de Geologia da Universidade da Carolina do Sul, nos Estados Unidos da América (MICHEL et al., 1978).

Esse grupo de pesquisa teve sua motivação a partir de três acidentes com derrame de óleo: os navios petroleiros “Metula”, no Chile, em 9 de agosto de 1974; “Urquiola”, na Espanha, em 12 de maio de 1976 e “Jakob Maersk”, em 29 de janeiro de 1975, em Portugal (MICHEL et al., 1978).

Foi graças aos estudos pioneiros desse grupo que surgiram as publicações que são utilizadas como base para as pesquisas de sensibilidade ambiental ao óleo que são utilizadas até os dias atuais. Destacam-se as publicações de Gundlach e Hayes (1978) e Michel et al. (1978).

A publicação de Gundlach e Hayes (1978) apresentou a metodologia do “Índice de Vulnerabilidade ao Derrame de Óleo” (ESI – *Environmental Sensitivity Index*), que atualmente serve como base aos estudos ligados a essa temática, ela classificava os ambientes costeiros numa escala de 1 a 10, sendo 1 referente a menor vulnerabilidade do ambiente e 10 para os ambientes mais vulneráveis com relação aos danos causados por derrames de óleo. Essa escala inclui a permanência do óleo nesses ambientes e os impactos no meio biótico (GUNDLACH e HAYES, 1978).

A utilização das Cartas SAO – Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo, resultados dos esforços iniciados na década de 1970 se tornam de uso mundial a partir da década de 1990 devido ao acidente envolvendo o navio petroleiro Exxon Valdez em 1989 (MARTINS, 2012).

O navio petroleiro Exxon Valdez da companhia Exxon Mobil encalhou em um recife rochoso na baía do Príncipe Willian no dia 24 de Março de 1989, houve o rompimento do casco do navio ocasionando um desastre ambiente na ordem de aproximadamente 257.000 barris de petróleo (BIRKLAND; LAURENCE, 2002). O acidente custou a morte e lesões de diversos animais, bem como trouxe impactos socioeconômicos afetando a população local que sobrevivida da pesca (LEACOCK, 2005).

Os impactos do acidente do navio petroleiro Exxon Valdez apresentam consequências até os dias atuais, uma vez que a área apresenta uma recuperação extremamente lenta pois se encontra em uma região abrigada de clima frio e alta sensibilidade ambiental. Esse desastre culminou em maior rigor nas legislações internacionais “a fim de estabelecer medidas de maior responsabilidade em relação ao transporte e armazenamento do petróleo e seus derivados” (COSTA, 2013, p.54).

A partir de então, inúmeros estudos surgiram a respeito da sensibilidade ambiental ao óleo, o que levou a criação de um guia/modelo para a construção de Cartas SAO pela NOAA, para que houvesse um sistema padronizado para a produção desses mapeamentos (MARTINS, 2012).

Até o ano de 1989 os mapas tradicionais de sensibilidade ambiental eram mapas coloridos produzidos em papel com uma distribuição bastante limitada com alto custo de produção, a partir de 1989 os atlas dos “Índices de Vulnerabilidade ao Derrame de Óleo” (ESI – *Environmental Sensitivity Index*) começaram a ser gerados em bases digitais (PETERSEN et al, 2002).

A partir da década de 1990 a utilização do Sistema de Informação Geográfica – SIG e as imagens de sensores orbitais, permite uma padronização e operacionalização na geração de

mapas de sensibilidade ambiental dos ambientes costeiros à poluição por derrame de óleo (JENSEN et al., 1993).

Essas ferramentas apoiadas nas novas tecnologias trazem diversas facilidades ao mapeamento de sensibilidade ambiental, Gherardi et al. (2008) lista três principais vantagens na utilização dessas ferramentas:

- Extração de elementos morfológicos costeiros e identificação e limites dos ecossistemas costeiros provenientes de análises visuais e/ou digitais das imagens de sensoriamento remoto e fotografias aéreas;
- Organização e elaboração de banco de dados geográficos facilitando a identificação, recuperação e atualização dos dados, bem como possibilita sua reprodução em outras pesquisas;
- Integração das imagens com os dados coletados em campo na geração de mapas por meio de análises espaciais (Gherardi et al., 2008).

As cartas de sensibilidade ambiental apoiadas nas geotecnologias seguem uma série de parâmetros para sua elaboração, entretanto a maioria dos estudos é referente à área litorânea, sendo que as metodologias existentes, tanto pelo NOAA, quanto pelos manuais elaborados pelo Ministério do Meio Ambiente são específicas para essas áreas. Apesar dessa especificidade essa metodologia proposta serve como base para os demais estudos envolvendo os meios lacustres, fluviais e terrestres.

De acordo com a publicação do MMA (2002), as Cartas SAO possuem três componentes a serem mapeados:

- Recursos do meio físico – correspondente ao mapeamento e classificação da linha de costa baseado em uma escala de 0 a 10 de acordo com a sensibilidade local, com relação à persistência do óleo e facilidade de limpeza. Quanto maior o valor dessa escala maior será a sensibilidade desse ambiente.
- Recursos biológicos – análise qualitativa indicando a localização de animais sensíveis ao óleo e localização de plantas raras, bem como vegetação aquática e recifes de corais.
- Recursos humanos – apresenta de forma qualitativa áreas específicas com alta sensibilidade de acordo com seu valor de uso, como praias, santuários marinhos, afluentes, parques e áreas de proteção arqueológica.

As Cartas SAO são utilizadas em diversos locais, com diferentes componentes naturais e antrópicos. Com isso é necessário adaptar as metodologias propostas pelo NOAA

para as diferentes localidades, apesar dessa alteração de alguns fatores regionais a base do mapeamento tem de ser constante em todos os mapeamentos.

Gundlach et al. (2001) apresentam os conceitos básicos das Cartas SAO que devem ser mantidos, pois são a base fundamental desse mapeamento: as cartas de sensibilidade ambiental devem apresentar informações sobre o ambiente físico de modo a facilitar a localização das áreas prioritárias e facilitar a escolha dos procedimentos de limpeza e proteção dessas áreas; devem obrigatoriamente apresentar três componentes principais – físico/geomorfológico, biológico e socioeconômico. A sensibilidade do ambiente físico é realizada em uma escala crescente, usualmente variando de 1 a 10. Componentes socioeconômicos e biológicos são demonstrados de forma pontual ou através de ícones, específicos, dependendo da magnitude do elemento e da escala adotada, entretanto não apresentam valor quantitativo

Há uma grande abrangência de trabalhos nas regiões litorâneas, principalmente pela visibilidade que esses acidentes ganham pela mídia devido ao alto impacto ao meio ambiente gerado e ao volume derramado. Entretanto cabe ressaltar a necessidade de estudos envolvendo áreas terrestres devido à alta possibilidade dessas serem atingidas por derrames de óleo, além da complexa situação física, biológica e socioeconômica dessas áreas.

A NOAA entende a complexidade dos diferentes ambientes em caso de acidente envolvendo derrame de óleo e com isso abarcou as áreas lacustres, fluviais e palustres em sua última atualização (PETERSEN et al., 2002). Dentre os diversos trabalhos que vem sendo elaborados para as áreas fluviais destacam-se os estudos de Hayes et al. (1995), para os Grandes Lagos canadenses; Hayes et al. (1997), para o sudeste dos EUA; Zengel et al. (2001a), para o sul do Estado da Flórida (EUA) e Zengel et al. (2001b), para o Caribe.

2.1.2 Cartas SAO: A realidade brasileira

O Brasil seguiu a tendência do resto do mundo no que diz respeito ao mapeamento de sensibilidade ambiental, as primeiras pesquisas sobre o tema focaram-se em áreas litorâneas, um dos principais fatores é alto impacto que os acidentes envolvendo navios petroleiros e plataformas de extração de petróleo, acarretam, esses acidentes ganham maior visibilidade tanto por parte da mídia como de instituições e órgãos governamentais e sua direta relação com a população em si.

A metodologia apresentada pelo NOAA é internacional, entretanto cada localidade tem suas especificidades, sendo assim essa metodologia é adaptada e atualizada com o avanço o surgimento de novos estudos sobre a temática.

As diferentes localidades apresentam ambientes com diferentes tipos de componentes que podem variar devido às mudanças regionais, mas, apesar disso, a metodologia criada pela NOAA deve ser respeitada, apesar das nuances entre os diferentes mapas de sensibilidade produzidos, mantendo-se assim os conceitos originais de desenho e formato (GUNDLACH, 2001).

Um dos grandes casos de acidente ambiental causado por derrame de petróleo no Brasil data de 1978, quando o navio petroleiro Brazilian Marina encalhou no canal de São Sebastião ocasionando o vazamento de 6.000 toneladas de óleo para o ambiente. Após essa tragédia foi criado o Comitê de Defesa do Litoral – CODEL, formado por dez organizações governamentais, cinco estaduais e quatro federais (CETESB, 2011).

A Petrobras iniciou as pesquisas na área para o desenvolvimento de Cartas SAO a partir de 1996 e utilizou como parâmetro para esses mapeamentos a metodologia produzida pelo NOAA. Entretanto o primeiro guia para o mapeamento dessas cartas foi publicado no Brasil em 2002 “Manual básico para elaboração de mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo no sistema Petrobras: ambientes costeiros e estuarinos” (ARAÚJO et al., 2002), e serviu como base para outra importante publicação do Ministério do Meio Ambiente “Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo” (MMA, 2002.), outra importante publicação, com o mesmo nome foi publicada pelo MMA no ano de 2004, trazendo atualizações e complementações para a publicação anterior.

Nas especificações técnicas do MMA, as Cartas SAO têm de abranger diferentes escalas de análise, para que seja possível trabalhar desde pequenos derrames locais, em pontos específicos da costa, bem como de grandes extensões, por isso em sua publicação é definido três escalas de mapeamento, de acordo com o Plano Cartográfico para o Mapeamento de Sensibilidade Ambiental ao Óleo, cuja unidade cartográfica adotada foi as Bacias Marítimas (MMA, 2004).

Os três tipos de Carta SAO, de acordo com sua escala de mapeamento são: Cartas Estratégicas, Cartas Táticas e Cartas Operacionais/de detalhe. As cartas estratégicas apresentam abrangência regional/bacia marítima, ou seja em torno da escala de 1:500.000 com pouco detalhamento e grande abrangida, devem incluir toda a área de determinada bacia e/ou bacias próximas. As cartas táticas englobam o litoral da bacia, apresentam maior detalhamento que as cartas estratégicas e se encontram em uma escala intermediária, em torno de 1:150.000. A última carta, operacional ou de detalhe abrange locais específicos de alto

risco/sensibilidade, tendo a necessidade de serem apresentados em escala grande, entre 1:10.000 a 1:50.000, com maior nível de detalhamento (MMA, 2004).

O Ministério do Meio Ambiente também classifica uma tipologia de acordo com o volume derramado (MMA, 2004):

- Descargas Pequenas: Até 8m³
- Descargas Médias: Entre 8 e 200m³
- Grandes Descargas: Acima de 200m³

Apesar de apresentar a escala grande acima de 200m³, o MMA (2004) exige mapeamentos em diferentes tipos e escalas pra acidentes envolvendo grandes descargas do produto.

Todas as publicações iniciais e mapeamento de sensibilidade ambiental foram voltadas para as regiões litorâneas, as áreas fluviais e terrestres não possuem estudos tão avançados, entretanto estes são necessários pois há uma grande possibilidade desses ambientes serem atingidos por derrames de petróleo, além disso estes ambientes apresentam grande complexidade e importância biológica e socioeconômica e devem ser englobados nestes mapeamentos.

Os estudos dos ambientes fluviais e terrestres estão resultando em uma diversidade metodológica e aos poucos vem ganhando espaço no meio acadêmico. Os ambientes terrestres apresentam grande vulnerabilidade a acidentes envolvendo derrame de óleo, os trabalhos atuais tem seu foco nas áreas fluviais. Pode-se citar os trabalhos de Araújo et al (2006) e de Ferreira e Beaumord (2008) referentes a Região Amazônica e Itajaí (no Estado de Santa Catarina) respectivamente. Essas metodologias trabalharam com o índice de Sensibilidade Ambiental Fluvial, trazendo adaptações de componentes e variáveis a serem analisados, e mantiveram o ranking de 1 a 10, proposto pelo NOAA.

Em ambientes terrestres, entendidos como os ambientes continentais, que não englobam as áreas fluviais, os mapeamentos de sensibilidades ambientais são restritos aos locais vulneráveis a derrame de óleo, ou seja, aqueles locais que são passíveis de serem atingidos por derrames de óleo, como áreas adjacentes aos modais rodoviários e ferroviários, obras lineares que são utilizadas para o transporte desses produtos e a possibilidade de acidente envolvendo esses transportes, e dutos e postos de combustíveis, uma vez que apresentam a possibilidade de vazamento devido a rompimento e vazamento do óleo no ambiente. A partir disso entende-se que as Cartas SAO elaboradas para os ambientes terrestres devem estar inseridas dentro da escala operacional com grande nível de detalhamento, sendo representadas em escalas grandes entre 1:10.000 e 1:50.000.

Nesse sentido podem-se destacar algumas tentativas metodológicas a essas áreas, os dutos receberam alguns esforços, sendo um dos primeiros resultantes do trabalho de Walker et al, em 1978, trabalhos mais atuais como as publicações de Mendes et al. (2005) e Gundlach et al (2005) se destacam por apresentarem uma metodologia similar à proposta pelo NOAA, aplicando uma classificação de 1 a 10 para a sensibilidade dos ambientes, bem como são utilizados os símbolos padronizados daquele órgão.

O trabalho de Mendes et al. (2005) propõe uma metodologia chamada MARA – Mapeamento do Risco Ambiental, a metodologia se justifica pelo fato de que a repercussão ambiental dos acidentes envolvendo a indústria do petróleo apresentam diversos enfoques e profundidades, sua complexidade se constitui numa ciência em desenvolvimento, não sendo consenso os estudos elaborados, estando esses passíveis de mudanças. Essa metodologia se configura como uma ferramenta para que tanto o Órgão Ambiental quanto a Petrobras tenham melhor resposta e gerenciamento em caso de emergência.

O mapeamento do Risco Ambiental se configura como uma metodologia macro para reconhecimento das áreas mais impactadas por vazamentos em oleodutos (MENDES et al. 2005), os índices propostos pelo MMA são aferidos a partir da atribuição de pesos diferentes para os parâmetros ambientais, os fatores que mais influenciam no risco ambiental apresentam pesos maiores, em detrimento daqueles parâmetros com menor influência e são baseados na biodiversidade, recuperação ambiental e sensibilidade dos habitats.

Esse trabalho se constitui como uma importante fonte de informações para o estudo aqui proposto pois também lida com obras lineares avaliando ambientes interiores/continentais, ainda, são analisados áreas tropicais, apresentando uma base conceitual apropriada e parâmetros ambientais que devem ser analisados para o caso de acidentes envolvendo derrames de óleo.

Mattos (2008) trabalhou com a caracterização das áreas a partir do seu grande fluxo de transporte de produtos perigosos, bem como a importância dada aos atributos biológicos, físicos e socioeconômicos da região em mapas digitais, o autor analisou em conjunto com esses dados as condições da própria rodovia e dos fluxos de automóveis, associando esses fatores a partir da utilização de sistemas de informação geográfica. Como estudo de caso foi analisada uma rodovia no estado do Rio Grande do Norte.

Outro importante trabalho concomitante ao de Mattos (2008) foi o de Santos (2008), que elaborou uma carta de sensibilidade ambiental aplicada a postos de combustíveis no município de Rio Claro – SP, ampliando assim os mapeamentos de sensibilidade ambiental além dos oleodutos e rodovias.

A elaboração das Cartas SAO em rodovias e ferrovias ainda se encontram em estado embrionário, havendo poucas publicações representativas nessa área. Um dos estudos pioneiros no Brasil envolvendo essa área de estudo é o trabalho de Mattos (2008), pode-se observar que a pesquisa é bastante recente, esse estudo propõe um Índice de Sensibilidade Rodoviário, no qual sugere três classes de sensibilidade ambiental: baixa, média e alta.

O grupo de pesquisa “Sensibilidade Ambiental ao Óleo – UNESP/RC” trouxe grandes esforços no que diz respeito ao mapeamento de sensibilidade ambiental para rodovias. Martins (2012) mapeou a sensibilidade da rodovia Tamoios (SP-099), localizada no estado de São Paulo. O autor propôs uma metodologia para o mapeamento de áreas adjacentes à rodovias, utilizando para isso geotecnologias, especialmente o SIG – Sistema de Informação Geográfica e o Sensoriamento Remoto.

O autor gerou um Índice de Sensibilidade Terrestre (IST), que serviu como base para os estudos futuros do grupo de sensibilidade ambiental ao óleo, as variáveis utilizadas pelo autor para a composição do índice foram:

- Declividade do terreno
- Textura
- Profundidade do perfil de alteração
- Profundidade do nível d’água
- Permeabilidade relativa

Martins (2012), Ribeiro (2017) e Ferreira (2017) fizeram o mapeamento de sensibilidade ambiental ao óleo de trechos de importantes rodovias do Estado de São Paulo. Ribeiro (2017) utilizou a metodologia de Martins como base para o mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo das áreas adjacentes à rodovia Washington Luís (SP-310), a autora se utilizou dos parâmetros propostos por Martins e propôs uma nova metodologia em SIG para a construção do índice de sensibilidade ambiental ao óleo, através de ferramentas de cálculos de sensibilidade de cada um dos parâmetros.

Ribeiro (2017) também se utilizou de índices de 1 a 10 pra facilitar a integração das áreas terrestres com as costeiras, segundo proposta pelo MMA (2004). Ferreira (2017) aplicou o Índice de sensibilidade ambiental ao óleo para rodovias de Ribeiro (2017) na rodovia Anhanguera (SP-330) demonstrando assim a aplicabilidade e capacidade de reprodução dessa metodologia.

Outro importante trabalho realizado recentemente foi o mapeamento de sensibilidade ambiental ao óleo da Estrada de Ferro Carajás, realizado por Cologna (2017), no qual foi

proposta uma adaptação da metodologia de Martins (2012). O autor trabalha com o processo de compartimentação da área em unidades geoambientais, no qual integra as informações físicas do terreno de modo quantitativo e apresenta as informações biológicas e socioeconômicas através dos símbolos padronizados pelo MMA, a análise de sensibilidade ambiental proposta pelo autor varia numa escala de 0 a 10.

O termo “ambientes terrestres” é referente a áreas continentais que não englobam ambientes lacustres e fluviais uma vez que estes apresentam metodologias próprias para a sensibilidade ambiental ao óleo (FERREIRA, 2017).

2.2 Hidrocarbonetos em Ambientes Terrestres

Em processos de contaminação com petróleo é necessário distinguir as formas pelas quais este produto entra em contato com o solo, que podem se dar por adsorção, transporte pelo vento ou pelas águas pluviais e/ou lixiviados pelas águas de infiltração podendo atingir as águas subterrâneas, contaminando aquíferos (VIANA, 2009).

2.2.1 Infiltração x Escoamento

A grande maioria dos estudos referentes à infiltração em subsuperfície são referentes a estudos envolvendo a água, considera-se nesse trabalho à similaridade do comportamento da água com o dos hidrocarbonetos, para tanto será realizada uma revisão dos conceitos de infiltração e escoamento envolvendo águas, de precipitação, e posteriormente será analisado o caso dos hidrocarbonetos em específico.

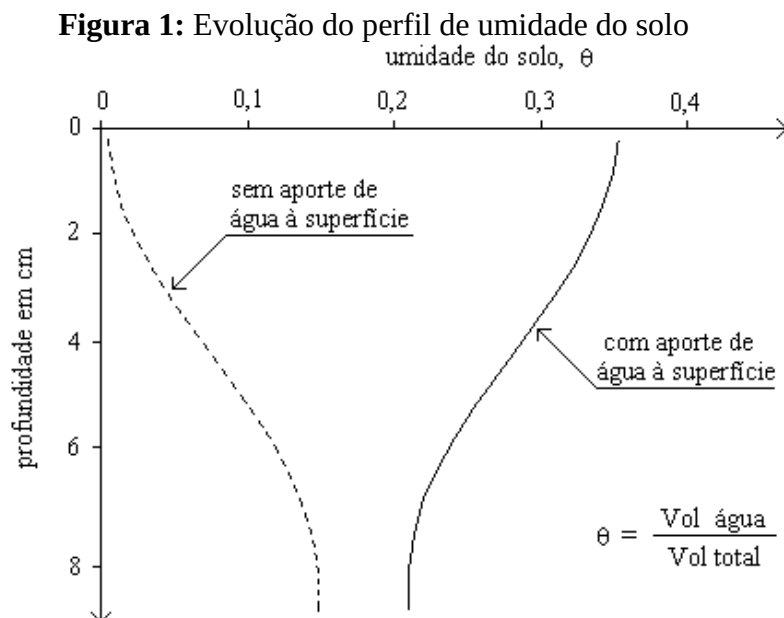
Para Barbosa Jr (2013), infiltração é o processo de passagem da água que se encontra em superfície para o interior do solo e depende principalmente da quantidade de água disponível para a infiltração, a natureza do solo, o estado da camada superficial do solo (uso e ocupação, definindo o grau de permeabilidade do mesmo) e da quantidade de água e de ar presente no solo no momento da infiltração.

A água quando infiltra no solo se locomove a favor da gravidade em função da porosidade do solo, ou seja dos espaços intergranulares que compõem a estrutura do solo, o teor de umidade do solo sempre será menor ou igual a sua porosidade, conforme a água infiltra pela superfície, as camadas superiores do solo vão se umedecendo de forma vertical, alterando gradativamente o perfil de umidade (BARBOSA Jr, 2013)

Enquanto houver aporte de água, o perfil de umidade evolui e tende à saturação em toda a profundidade, sendo a superfície, naturalmente, o primeiro nível a saturar. Cumpre observar que, normalmente, a infiltração decorrente de precipitações naturais não é capaz de saturar todo o solo,

restringindo-se a saturar, quando consegue, apenas as camadas próximas à superfície. Em consequência, desenvolve-se um perfil típico de umidade, em que o seu teor decresce com a profundidade (BARBOSA JR, p.56, 2013).

Tal constatação pode ser visualizada na Figura 1 (linha cheia).



Fonte: BARBOSA JR, 2013.

Os fatores que exercem influência na infiltração de água no solo são vários, os principais fatores estão listados a seguir:

- Tipo de solo: quanto maior a granulometria do solo, maior a porosidade e por consequente maior a capacidade de infiltração.
- Grau de umidade do solo: solos mais secos retêm maior líquido, ou seja, apresentam maior capacidade de infiltração. A umidade inicial do solo é inversamente proporcional a sua capacidade de infiltração.
- Compactação pela ação de homens e animais: a compactação da superfície diminui os espaços intergranulares, tornando o solo mais impermeável e diminuindo a capacidade de infiltração, como por exemplo, pode-se citar o pisoteamento de gado para pastagem.
- Cobertura vegetal: a cobertura vegetal diminui a capacidade de escoamento superficial, ou seja retarda esse processo e acumula água por mais tempo aumentando a capacidade de infiltração do solo, além disso, por atenuar a ação da chuva indiretamente facilita atividade de insetos e outros animais no processo de escavação, aumentando os espaços vazios do solo.

- e. Uso e ocupação do solo: depende do tipo de uso que é realizado no solo ele se torna mais ou menos impermeável, a impermeabilização para construções urbanas por exemplo apresentam um dos maiores índices de impermeabilização do solo, ampliando assim o escoamento superficial.

O escoamento superficial se caracteriza pelo deslocamento da água sobre a superfície terrestre, e sua origem está ligada diretamente com as precipitações. Quando uma chuva atinge determinada área, parte é interceptada pela vegetação, evaporando posteriormente, e outra parte atinge a superfície do solo, desse montante parte da água infiltra no solo e o restante escoar pela superfície. O escoamento superficial acontece após a precipitação superar a capacidade de infiltração do solo e após as depressões e obstáculos presentes na superfície atingirem seu limite de armazenamento (BARBOSA JR, 2013).

Pode-se observar portanto que a infiltração e o escoamento são inversamente proporcionais, essa constatação servirá como base para entender a percolação do óleo em subsuperfície a partir das características fisiográficas do relevo.

2.2.2 Características dos Hidrocarbonetos

De acordo com a *Society of Petroleum Engineers* – SPE (2005), o petróleo se caracteriza como uma mistura natural complexa formada em sua maioria por hidrocarbonetos na fase líquida, gasosa ou sólida, os hidrocarbonetos, se constituem em compostos químicos formados a partir de moléculas de hidrogênio e carbono.

Os derivados do petróleo que são o enfoque desse trabalho são obtidos a partir do processo de refino desse petróleo, que se corresponde a separação química, física e térmica do petróleo em frações de destilação principais, para posteriormente serem tratados através da séries de separações mais detalhadas e específicas e em etapas de conversão em produtos petrolíferos acabados (USEPA, 1995).

A produção dos derivados de petróleo é constante e exacerbada, uma vez que estes apresentam diversas aplicações, são utilizados como matéria prima para indústrias e produções de materiais tanto energéticas quanto não energéticas, a listagem desses produtos pode ser visualizada no Quadro 1.

Quadro 1: Derivados Energéticos e Não Energéticos do Petróleo

Derivados Energéticos	Derivados Não Energéticos
Gás Combustível	Nafta
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	Gasóleos
Gasolina	Asfalto
Querosene	Solventes domésticos e industriais, como aguarrás, querosene, etc.
Óleo Diesel	
Óleo Combustível	
Coque	

Fonte: Adaptado de GILVAN JÚNIOR, 2016.

Gilvan Junior (2016) classifica os derivados do petróleo também com relação à complexidade de suas cadeias carbônicas:

- Leves – Derivados com menores cadeias carbônicas
- Médios – Derivados com cadeias carbônicas de comprimentos considerados moderados
- Pesados – Derivados que apresentam cadeias carbônicas complexas e maiores, além de apresentarem maior concentração de contaminantes. O Quadro 2 apresenta os principais derivados de petróleo e suas aplicações.

Quadro 2: Derivados de petróleo e sua utilização

Produto	Utilização
Gasolina e óleo Diesel	Combustível automotivo
Óleo combustível	Industrial, naval, geração de eletricidade
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	Cocção
Querosene de Aviação	Combustível aeronáutico
Querosene Iluminantes	Iluminação
Parafina	Velas, indústria alimentícia
Nafta	Matéria-prima da petroquímica
Propeno	Matéria-prima do polipropileno (plásticos) e acrilatos (tintas)

Produto	Utilização
Óleos Lubrificantes	Lubrificação de máquinas e motores
Asfalto	Pavimentação

Fonte: RIBEIRO, 2017 adaptado de GILVAN JUNIOR, 2016.

A Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados (*United States Environmental Protection Agency* – USEPA), classifica os produtos primários obtidos a partir do refino do petróleo em três categorias básicas: Combustíveis (gasolina, diesel, querosene de aviação, etc.); produtos acabados não combustíveis (solventes, graxas, óleo lubrificantes, parafinas, etc.); e matérias-primas da indústria química (nafta, etano, propano, butano, benzeno, etc) (USEPA, 1995).

Apesar da grande variedade de produtos provenientes do refino do petróleo, se destacam a gasolina e o diesel como maiores responsáveis pela produção e demanda mundial, com cerca de 50% dentre todos os derivados (EIA, 2017).

Para a obtenção da gasolina é necessário uma complexa mistura de hidrocarbonetos hidrofóbicos, que são relativamente voláteis, a gasolina e o diesel se diferenciam por algumas características principais, destacadas por Ferreira e Zuquette (1998):

- Tamanho da cadeia
- Número de carbonos existentes na estrutura
- Peso nuclear
- Pressão de vapor; e
- Maior quantidade de hidrocarbonetos aromáticos/BTEX

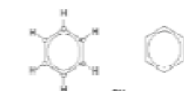
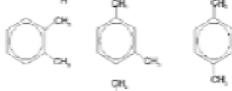
Para Finotti e Caicedo (2011) o composto de maior importância ambiental da gasolina é o BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno), principalmente por sua alta toxicidade humana, e para o diesel se destacam, o naftaleno, que apresenta grande mobilidade e o benzeno/pireno, pois apresenta alto risco carcinogênico, ambos da classe dos aromáticos polinucleados.

Comumente é adicionado à gasolina o MTBE (metil-terc-butil-éter), popularmente conhecido como etanol, a função desse componente é melhorar o processo de octanagem e assim diminuir a emissão de monóxido de carbono na atmosfera, esse produto apesar de não apresentar alta toxicidade, não é degradado e nem biodegradado, ou seja, tende a permanecer no ambiente por várias décadas.

Além destes já destacados, cabe ressaltar que no processo de refino dos derivados do petróleo alguns compostos são adicionados na mistura, tal ação resulta na modificação de algumas características dos derivados.

No Quadro 3 podem ser observados os principais derivados do petróleo e seus riscos ao ser humano.

Quadro 3: Alguns efeitos da toxicidade dos derivados do petróleo.

QUÍMICO	SÍMBOLO	TOXICIDADE HUMANA
Benzeno		Provável carcinogênico (agente causador do câncer, depressão do sistema nervoso central (SNC), arritmia cardíaca.
Xileno		Dor abdominal, vômitos, efeitos sobre o SNC, danos ao coração e fígado, danos a medula óssea.
Tolueno		Mutagênico (causa mutações), depressão do SNC, irritações respiratórias, danos ao fígado e rins.
Etilbenzeno		Narcole, efeitos no SNC, irritação na pele e nos olhos.
Naftaleno		Dor abdominal, icterícia, insuficiência renal, neurite óptica e lesões na córnea.
PHAs (polihidroxialcanoatos)		Classe geral com diferentes graus de toxicidade, vários dos que são potencialmente cancerígenos.
Metais	Cádmio, crômio, chumbo, arsênico	Diferentes graus de toxicidade. O arsênico é uma substância cancerígena e tem efeitos reprodutivos. O chumbo pode causar doenças renais, desnutrição e fraqueza.

Fonte: DEP/DPEP, 2011.

As responsáveis pela produção dos derivados de petróleo são as refinarias. Tomando como base o ano de 2014, as refinarias brasileiras foram responsáveis por mais de 125 milhões de m³ de derivados de petróleo, desse montante a região sudeste foi responsável por 61,9%, sendo que o estado de São Paulo se destaca como o maior produtor. Somente a Replan, localizada no município de Paulínia, foi responsável por cerca de 19,4% da produção das refinarias além de ser a responsável pela maior produção de gasolina A (21,3% do total), GLP (19,6%), óleo diesel (24,5%) e coque (35%) (ANP, 2015).

A Tabela 1 apresenta a produção dos derivados do petróleo por refinarias para o ano de 2014, tanto energéticos quanto não energéticos.

Tabela 1: Produção de derivados de petróleo por refinarias no ano de 2014

DERIVADOS DE PETRÓLEO	PRODUÇÃO (M³)								
	RIOGRANDENSE (RS)	LUBNOR (CE)	MANGUINHOS (RJ)	RECAP (SP)	REDUC (RJ)	REFAP (RS)	REGAP (MG)	REMAN (AM)	REPAR (PR)
TOTAL	772.584	495.070	157.359	3.412.594	14.690.956	11.357.373	9.555.487	2.531.908	12.571.951
Energéticos	587.381	215.505	157.359	3.067.965	10.877.304	9.827.387	8.212.993	1.823.008	10.915.208
Gasolina A	141.963	-	157.359	1.137.958	2.324.710	2.902.143	2.331.604	391.074	3.195.266
Gasolina de aviação	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GLP	24.416	7.931	-	298.000	953.084	744.871	749.007	77.892	850.007
Óleo combustível	120.876	165.644	-	9.383	2.873.757	592.083	921.372	341.484	858.751
Óleo diesel	299.707	41.930	-	1.622.624	3.374.098	5.005.149	3.431.369	831.415	5.683.314
QAV	-	-	-	-	1.324.235	240.199	773.814	174.251	325.485
Querosene iluminante	420	-	-	-	-	-	5.827	0	2.384
Outros	-	-	-	-	27.419	342.942	-	6.891	-
Não energéticos	185.202	279.565	-	344.629	3.813.652	1.529.986	1.342.494	708.901	1.656.743
Asfalto	-	207.779	-	-	316.324	177.393	952.242	166.077	436.234
Coque	-	-	-	-	520.234	199.121	390.252	-	655.001
Nafta	143.306	-	-	-	1.648.795	938.571	-	542.824	29.097
Óleo lubrificante	-	71.786	-	-	510.832	-	-	-	-
Parafina	-	-	-	-	15.830	-	-	-	-
Solvente	41.896	-	-	90.193	-	324	-	-	43.986
Outros	-	-	-	254.436	801.637	214.577	-	-	492.426

DERIVADOS DE PETRÓLEO	PRODUÇÃO (M³)								
	REPLAN (SP)	REVAP (SP)	RLAM (BA)	RPBC (SP)	RPCC (RN)	RNEST(PE)	UNIVEN (SP)	DAX OIL (BA)	TOTAL
TOTAL	24.534.471	15.522.009	17.843.440	10.404.147	2.506.847	63.302	395	48.140	126.468.034
Energéticos	21.775.330	13.695.632	15.987.986	9.334.993	2.506.847	41.296,03	-	12.323	109.038.517
Gasolina A	6.156.985	3.502.717	3.450.057	2.678.407	501.643	-	-	-	28.871.886
Gasolina de aviação	-	-	-	93.762	-	-	-	-	93.762
GLP	1.485.934	856.060	1.143.217	387.391	-	773	-	-	7.578.584
Óleo combustível	1.141.195	2.109.107	5.163.383	607.407	1.353.088	-	-	10.361	16.267.891
Óleo diesel	12.179.425	5.192.688	5.922.851	5.568.025	479.977	40.523	-	1.962	49.675.057
QAV	809.688	2.034.941	283.731	-	112.770	-	-	-	6.079.114
Querosene iluminante	2.103	120	1.151	-	-	-	-	-	12.005
Outros	-	-	23.596	-	59.369	-	-	-	460.217
Não energéticos	2.759.141	1.826.377	1.855.454	1.069.155	-	22.006	395	35.817	17.429.518
Asfalto	490.722	388.788	113.293	-	-	-	-	-	3.248.853
Coque	1.661.146	702.395	-	620.715	-	-	-	-	4.748.864
Nafta	5.601	474.108	1.181.469	86.772	-	22.006	-	2.092	5.074.640
Óleo lubrificante	-	-	99.435	-	-	-	-	-	682.053
Parafina	-	-	118.806	-	-	-	-	-	134.636
Solvente	-	1.636	1.610	164.854	-	-	395	33.725	378.620
Outros	601.672	259.449	340.841	196.815	-	-	-	-	3.161.852

Fonte: ANP, 2015.

Ainda de acordo com a ANP (2015), o óleo diesel representou 44,1% dos derivados de petróleo produzidos no estado de São Paulo, a gasolina 26,7%, o óleo combustível 14,4%, o GLP 8,9%, o QAV 5,4%. Para Ribeiro (2017) a Região Sudeste, por apresentar maior capacidade de armazenamento e produção de petróleo do país, deve priorizar os estudos relacionados ao petróleo e seus derivados nessa região, inclusive aqueles ocasionados devido a acidentes ao meio ambiente e a população.

2.2.3 Percolação do óleo em subsuperfície

As formas de contaminação (infiltração e escoamento) são extremamente influenciadas pela permeabilidade do solo, em áreas de solos impermeáveis, o contaminante acompanha a declividade do terreno escoando superficialmente e podendo assim atingir drenagens e cursos d'água, bem como acompanhar fraturas e fragilidades do terreno, podendo

formar poças e penetrar esses locais fraturados. Já em ambientes com solos permeáveis o óleo irá percolar no subsolo, por influência direta da gravidade e pelos processos de capilaridade (MARTINS, 2012)

A capilaridade pode ser definida como a modificação do nível de líquidos a partir de um fenômeno físico, sendo este o contato da superfície desse líquido com um produto em formato sólido, é um movimento do líquido contrário à ação gravitacional que ocorre devido ao contato do líquido com o solo, que resulta na adesão entre eles fazendo com que haja uma tensão superficial no topo da coluna, neste ponto as moléculas do líquido são atraídas pelas moléculas do sólido (LEINZ e LEONARDOS, 1982).

Guiger (2000) afirma que os processos de capilaridade são forças que influenciam o movimento dos hidrocarbonetos, quando em fase líquida, pelos poros do solo. Essas formas de atração resultantes do processo de capilaridade são influenciadas pelas características desse solo, pelas propriedades físico-químicas do poluente e pela quantidade de água e de poluente no solo.

Outro importante fator relacionado à mecânica dos solos que deve ser considerado no processo de percolação do óleo em subsuperfície é a capacidade troca de cátions (CTC), a CTC pode ser definida como a quantidade de cátions que um solo pode reter por unidade de peso (TEDESCO et al., 1992).

Os solos mais arenosos apresentam menor CTC quando em comparação com aqueles de maior teor de argila, isso porque os solos arenosos exibem menor capacidade de adsorção (PICARELLI, 2003). Além desses fatores granulométricos a matéria orgânica deve ser considerada ao se definir a CTC de um solo, tanto com relação ao tipo de matéria orgânica, quanto ao teor da mesma, pois ela determina a adsorção dos compostos. É importante também se ter o conhecimento da biota local, pois a energia para o crescimento microbiano é obtida através da decomposição enzimática dos compostos orgânicos e da oxidação de compostos inorgânicos e metais (ALEXANDER, 1977).

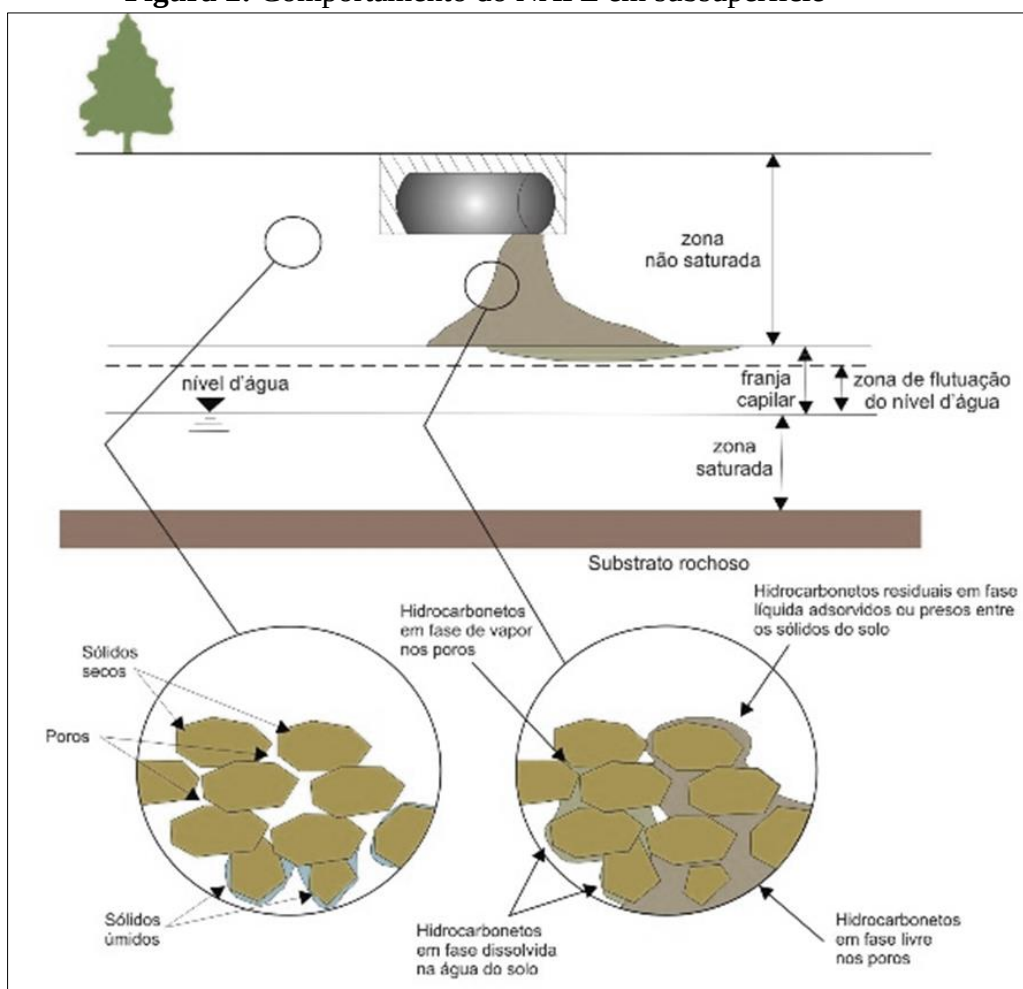
Para a percolação do óleo em subsuperfície é necessário distinguir as quatro fases de estado do óleo que irão influenciar no processo de migração dos contaminantes, a seguir serão listadas as quatro fases e suas características, de acordo com Guiger (2000):

- Fase líquida residual – são os resíduos líquidos em estado relativamente imóvel e podem ser adsorvidos ou retidos dentre os sólidos do solo.
- Fase líquida livre – são os líquidos livres não residuais, que perpassam por dentre o solo, e em caso de atingirem o freático flutuam sobre ele.

- Fase dissolvida – São os hidrocarbonetos dissolvidos que podem ou não estar presentes no solo, quando em contato com a superfície sólida do solo ou com a água formam películas. Quando atingem o nível d'água subterrâneo, podem formar uma pluma de contaminação.
- Fase vapor – São os hidrocarbonetos em vaporização que podem ou não existir como componentes do vapor do solo e que quando condensados podem ser adsorvidos pela superfície sólida ou dissolvidos na água do solo.

A Figura 2 demonstra o comportamento do NAPL em seus diferentes estágios.

Figura 2: Comportamento do NAPL em subsuperfície



Fonte: Guiger, 2000.

Guiger (2000) afirma que o escoamento no meio saturado sempre será bifásico, apresentando uma fase disjunta denominada “Fase Líquida Não Aquosa” ou NAPL (*non-aqueous phase liquid*), pois os compostos orgânicos presentes nesses contaminantes possuem

baixa miscibilidade em água. Esses NAPLs podem ser subdivididos por sua vez em duas fases: LNAPL e DNAPL como pode ser observado no Quadro 4.

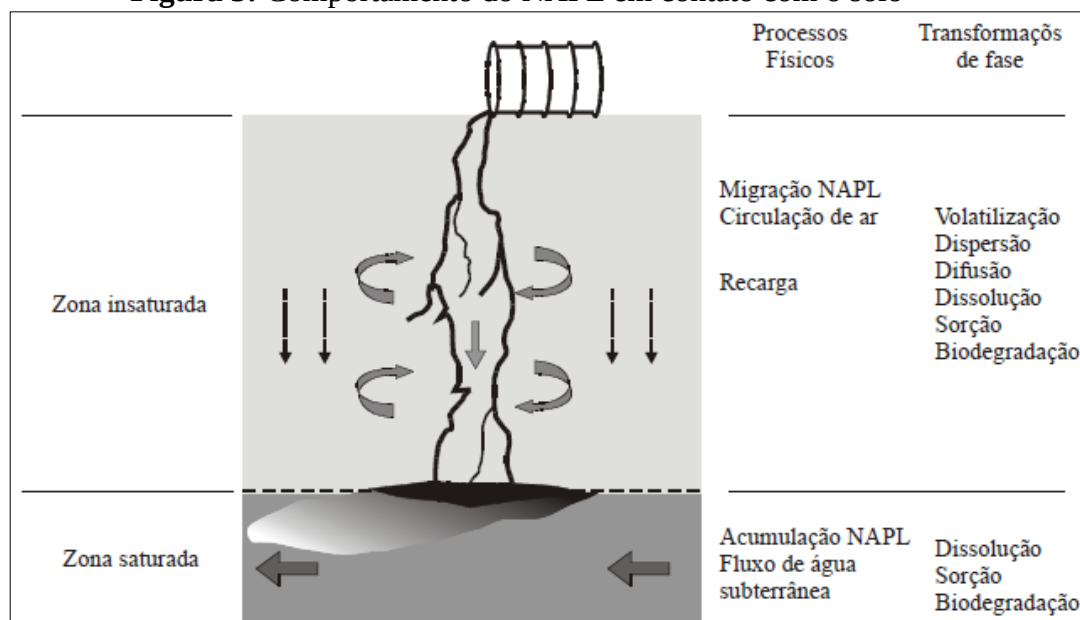
Quadro 4: Distinção entre os LNAPLs e os DNAPLs

LNAPL (light non-aqueousphaseliquids)	DNAPL (dense non-aqueousphaseliquids)
Caracterizam-se como líquidos aquosos menos densos que a água, estão comumente associados com a produção, refino e distribuição dos produtos provenientes do refino do petróleo, como por exemplo, a gasolina, o óleo diesel e o querosene	Caracterizam-se como líquidos não aquosos mais densos que a água, ou sejam, são mais pesados e estão relacionados com as atividades industriais, como por exemplo, os hidrocarbonetos clorados, PCBs (bifenilas poli cloradas), antraceno, pireno, 1,1,1-TCE e fenol.

Fonte: adaptado de CONDUTO (1998) e Guigar (2000).

O transporte do NAPL nas zonas saturadas e não saturadas está diretamente relacionado com a quantidade de hidrocarbonetos liberados no meio. Na Figura 3 pode ser observado como se comporta o NAPL quando em contato com o solo.

Figura 3: Comportamento do NAPL em contato com o solo



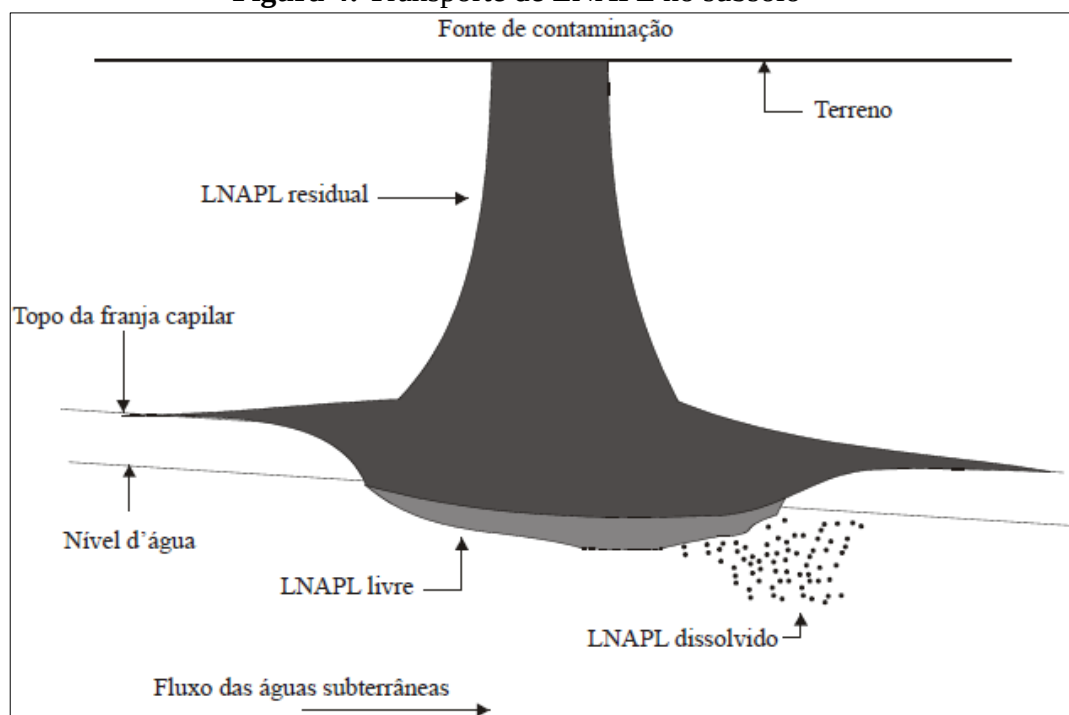
Fonte: Day et al (2001).

Quando há o vazamento de LNAPL o contaminante fica retido na zona saturada até alcançar o grau de saturação residual (FERREIRA; ZUQUETTI, 1998). Esse estado de

saturação residual se refere à dissolução dos componentes solúveis como por exemplo o benzeno, o tolueno e os xilenos, a partir das águas de infiltração, que posteriormente são lixiviados até a zona saturada formando uma pluma que irá se distribuir por meio de difusão e advecção. O processo envolvendo o transporte do LNAPL no subsolo podem ser observados na Figura 4.

Os componentes voláteis do LNAPL se particionam fazendo com que o gás também sofra partição e dessa forma uma parte desse gás fica retida no solo e outra no ar e podem ser transportados, por meio da difusão molecular, para outras partes do aquífero, acelerando o processo de contaminação. Essa contaminação pode atingir áreas muito extensas, através de ciclos de volatilização, transporte e liquefação (FERREIRA; ZUQUETTI, 1998).

Figura 4: Transporte de LNAPL no subsolo



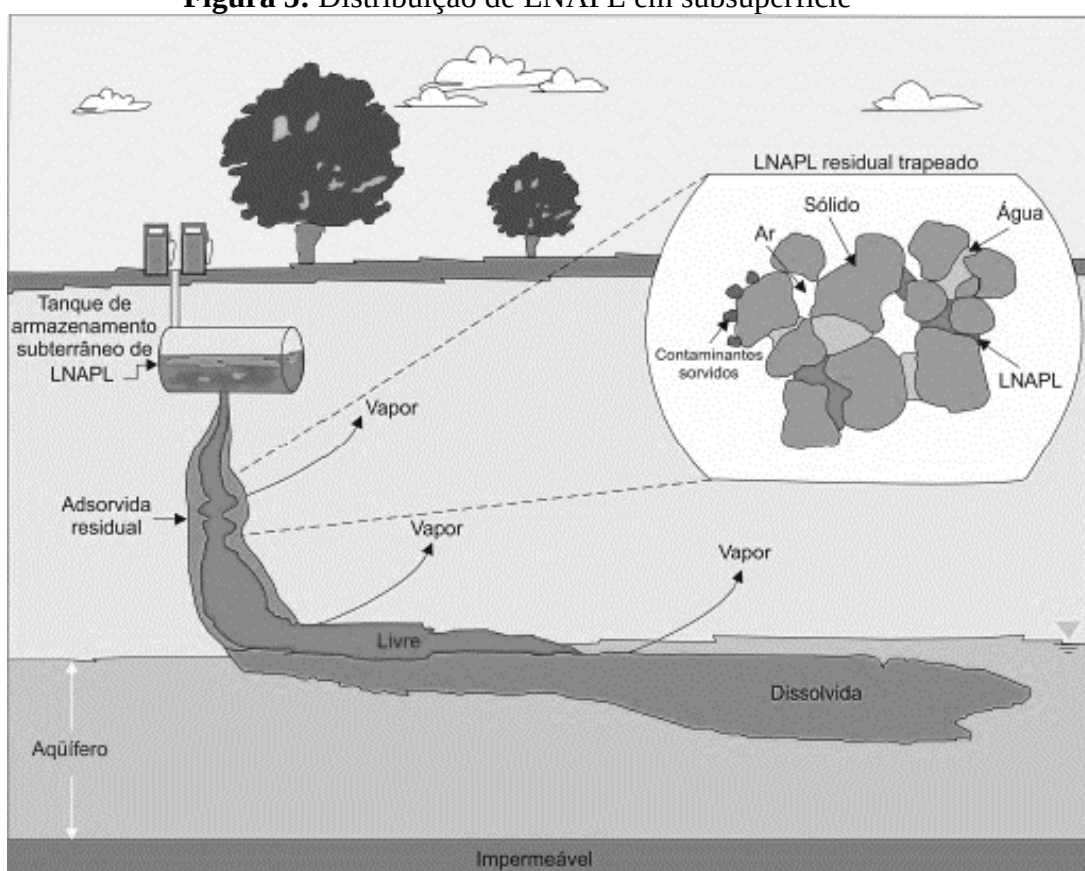
Fonte: (NANNI, 2003)

Quando em ocorrência de grandes vazamentos de NAPL, este contaminante irá migrar até encontrar uma barreira física, ou então ser parado por forças de empuxo localizadas próximo ao lençol freático (MARTINS, 2013). Em contato com solos homogêneos esse transporte se dará de forma complexa, podendo migrar também de forma horizontal a partir de vias mais permeáveis, ou seja, de maior porosidade, ou pode ficar acumulado nas camadas de baixa permeabilidade acima do lençol freático (NEWELL et al., 1995).

De acordo com Ferreira e Zuquette (1998), a permeabilidade relativa do LNAPL é esgotada quando este chega ao topo da franja capilar, pois é nesse local que a água satura um grande volume de poros, com a saturação desses poros ocorre o impedimento do movimento vertical por parte do contaminante, e com isso, este se acumula e flui na mesma direção da água subterrânea. Como os LNAPL apresentam baixa densidade eles flutuam próximo ao nível d'água subsuperficial, na zona de capilaridade.

A Figura 5 demonstra como se dá a dinâmica de espalhamento do LNAPL em subsuperfície.

Figura 5: Distribuição de LNAPL em subsuperfície

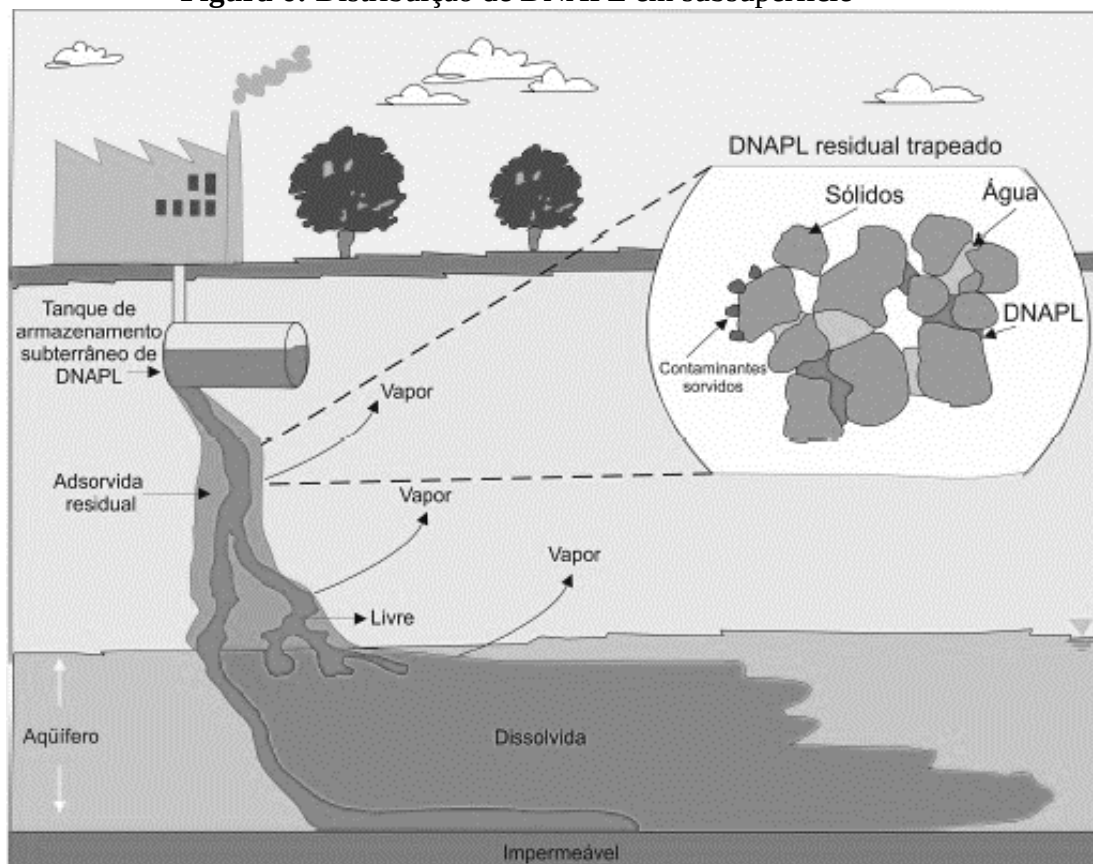


Fonte: SALVADOR, 2015.

O segundo tipo de NAPL chamado DNAPL apresenta uma dinâmica semelhante ao do LNAPL quando em contato com a zona não saturada, impedindo o óleo de chegar ao lençol freático, no caso da saturação residual não ser atingida. Esse cenário não considera o caso da lixiviação dos componentes solúveis ao óleo pela água de percolação ou por flutuação do lençol freático, que alteraria completamente a dinâmica padrão (HULING; WEAVER, 1991).

De acordo com Ferreira e Zuquette (1998), os DNAPLs apresentam alta densidade, baixa viscosidade e baixa solubilidade, e com isso podem apresentar uma grande mobilidade, atingindo rapidamente a zona saturada no processo de infiltração. Ao sofrer partição o DNAPL pode passar para a fase de vapor denso, que infiltra rapidamente até o topo da zona saturada, onde ocorre os processos de capilaridade, migrando assim a grandes distâncias quando dissolvido em água, como pode ser observado na Figura 6.

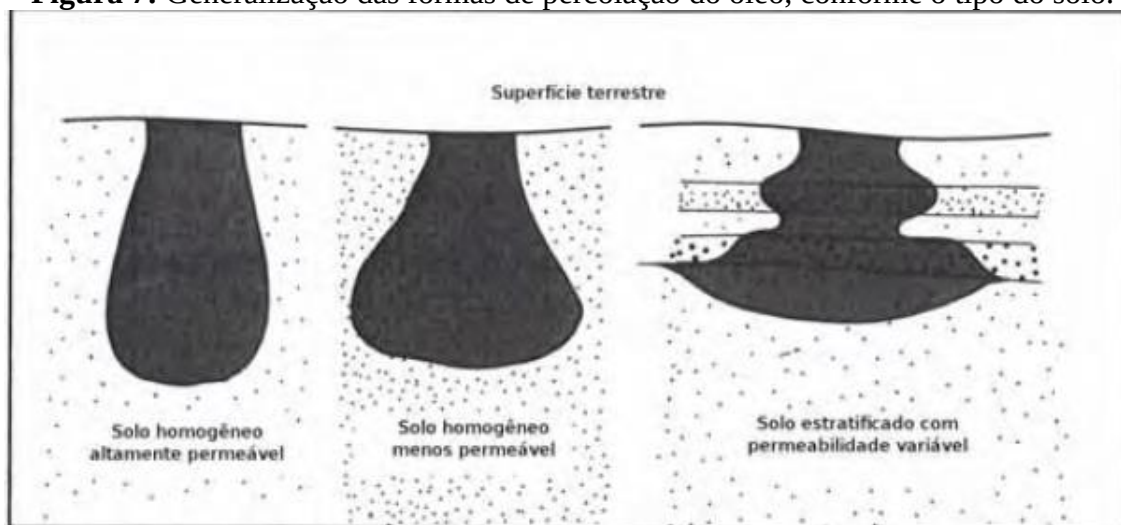
Figura 6: Distribuição de DNAPL em subsuperfície



Fonte: Salvador (2015)

OS NAPLs quando na superfície, apesar de apresentarem os comportamentos supracitados dependem também da textura do solo, a percolação do óleo está diretamente relacionado ao tipo de solo, sua homogeneidade e textura, a Figura 7 apresenta uma generalização das formas de percolação do óleo de acordo com o tipo de solo.

Figura 7: Generalização das formas de percolação do óleo, conforme o tipo do solo.



Fonte: Fussel et al. (1981).

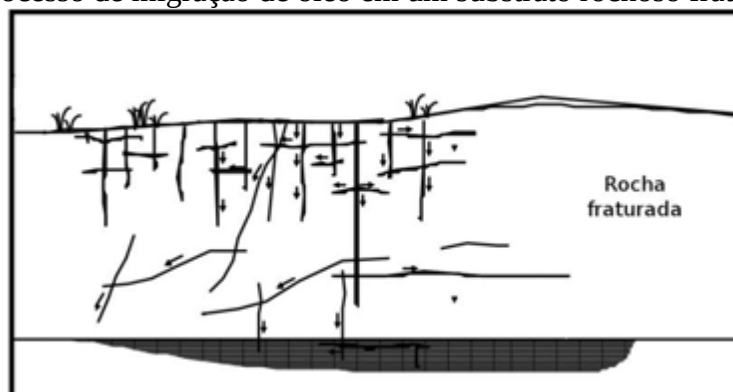
Além do solo é importante destacar a importância das rochas no processo de migração do óleo em subsuperfície, as características da geologia local irão influenciar no deslocamento desses contaminantes. É necessário destacar a importância das fraturas do substrato rochoso e a dinâmica dos NAPLs no processo de migração, o qual pode acontecer após o deslocamento pelo solo, ou diretamente no substrato rochoso caso o derrame ocorra sobre o mesmo.

Tanto o LNAPL quanto o DNAPL seguem um caminho complexo em substrato rochoso, que irá depender das características da rocha como a densidade de fraturas, orientação e distribuição das aberturas (NEWELL et al., 1995; HULING; WEAVER, 1991). A partir dessas características, caso a rocha seja bastante fraturada, e com aberturas bem distribuídas, o contaminante pode alcançar regiões profundas de forma bastante rápida, independente do volume do contaminante, pois a capacidade de retenção da rocha é bastante baixa (MACKAY; CHERRY, 1989).

De acordo com a orientação dessas fraturas tem-se também um deslocamento horizontal, que pode dificultar a limpeza e mitigação dos acidentes ambientais, pois o óleo é levado a áreas distantes do acidente. Esse processo de percolação do óleo em substrato rochoso fraturado pode ser observado na Figura 8.

Quando em contato com substrato rochoso impermeável (sem fraturas), o óleo irá migrar por gravidade para áreas mais baixas e acumular poças (HULING; WEAVER, 1991).

Figura 8: Processo de migração de óleo em um substrato rochoso fraturado



Fonte: MARTINS (2012)

2.3 Sensibilidade Socioambiental

Os trabalhos envolvendo o mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo são ancorados nos aspectos do meio físico. O meio socioeconômico e biótico são apresentados na forma de ícones, como informação suplementar, mas não são incorporados na formulação do índice. A presente pesquisa buscar incorporar estas informações na geração de um índice de sensibilidade denominado de índice de sensibilidade socioambiental ao óleo - ISS, que leve em consideração os aspectos socioeconômicos e bióticos, uma vez que estes são impactados no caso de um acidente. Pretende-se compará-lo ao índice obtido por meio da metodologia de Martins (2012), aplicada por Ribeiro (2017) e Ferreira (2017), que utilizaram um índice totalmente respaldado em aspectos físicos, denominado de Índice de Sensibilidade Ambiental ao Óleo Terrestre (IST).

O termo socioambiental, utilizado na presente pesquisa, representa a junção dos fatores físicos, bióticos e socioeconômicos no estudo da sensibilidade dos ambientes. Está relacionado diretamente com a capacidade de resposta dos ambientes em caso de derrames de óleo, analisando os elementos que irão promover a absorção do impacto desse acidente. (ESTEVES, 2011).

A primeira distinção que se faz necessária é entre o termo vulnerabilidade e sensibilidade, nos estudos iniciais esses termos eram utilizados como sinônimos, entretanto cabe ser realizada uma distinção entre esses conceitos-chave, que será baseada em Zacharias e Gregr (2005).

- Sensibilidade pode ser definida como o grau pelo qual os ambientes irão responder a determinado stress, essa resposta é analisada a partir de um ou mais indicadores (quantidade e tipos de espécies, por exemplo) que

respondem a um ou mais fatores de stress que podem ser naturais ou de causa antrópica.

- Vulnerabilidade por sua vez é caracterizada como a probabilidade de um recurso ser atingido por um fator de stress ao qual este é sensível.

Essas definições realizadas por Zacharias e Gregr (2005), se mostram adequadas para a abordagem de Índice de Sensibilidade Ambiental (ESI) a qual foi proposta por Gundlach e Hayes (1978) e que vem sendo adaptada desde então. De acordo com essa metodologia um recurso pode ser considerado sensível ao óleo independente de ser exposto ao óleo. Ainda de acordo com ESI, pode-se considerar um recurso vulnerável quando este recurso apresenta uma probabilidade de ser atingido pelo óleo durante longos períodos causando assim prejuízos aos recursos (ZACHARIAS; GREGR, 2005).

Pode-se observar que ambos os termos são importantes para o mapeamento da sensibilidade ambiental, embora seja mapeada a sensibilidade ambiental dos ambientes, os locais de mapeamento são escolhidos a partir do momento que apresentam alta probabilidade de serem atingidos por derrames de óleo (vulnerabilidade), por isso o mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo muitas vezes se limita aos locais que são vulneráveis a este evento como áreas adjacentes a oleodutos, modais rodoviários e ferroviários e postos de gasolina.

De acordo com Gregorio et al (2015) o conhecimento das ameaças e das vulnerabilidades está relacionado com a forma pela qual as condições presentes em determinado território favorecem a ocorrência de fenômenos/acidentes com potencial para suscitar danos ao sistema, na elaboração dessa susceptibilidade um fator determinante é a cobertura do terreno que pode ser avaliada e mapeada através do sensoriamento remoto.

O mapeamento do uso da terra subsidia as análises de vulnerabilidade/sensibilidade socioambiental, facilitando a compreensão das condições de vida com as mudanças ambientais, bem como os possíveis impactos pra cada uso de acordo com determinado evento/acidente (JESUS, 2017).

Cada classe de uso e ocupação responde de uma forma em casos de acidentes envolvendo derrame de óleo, por isso é necessário entender como um derrame afeta essas classes e assim gerar um índice adequado e que possa ser replicado para estudos futuros.

No Quadro 5 pode-se observar a classificação da sensibilidade ambiental para dutos proposta por Mendes et al (2005), nesse quadro estão representados diferentes ambientes seus índices de sensibilidade, a proposta dessa pesquisa é gerar um índice similar, entretanto não

focado somente nos diferentes ambientes, mas também nos usos antrópicos que se dá nessas áreas.

Quadro 5: Classificação de sensibilidade ambiental ao óleo para Dutos.

AMBIENTES / HABITATS	Biodiversidade		Recuperação ambiental			Sensibilidade	
	RARIDADE ESPÉCIES RARAS	GRAU DE COMPLEXIDADE DA COMUNIDADE BIOLÓGICA	PERSISTÊNCIA DO ÓLEO NO AMBIENTE	GRAU DE COMPLEXIDADE DAS OPERAÇÕES DE LIMPEZA	RESTRICÇÕES À REGENERAÇÃO NATURAL	NÍVEL DE SENSIBILIDADE	CLASSIFICAÇÃO FINAL
CAMPO / CAMPO DE ALTITUDE	1	1	1	1	1	5	1a
VEGETAÇÃO DE DUNAS	1	1	1	1	1	5	1b
CAMPO DE RESTINGA	2	1	2	1	2	8	2
CERRADO / CAMPO CERRADO	2	2	2	1	2	9	3
MATA CILIAR (RIO ENCAIXADO)	2	2	2	2	2	10	4
COMUNIDADES RUPESTRES (LITORÂNEAS)	3	3	1	1	3	11	5a
CAMPO RUPESTRE	3	3	1	1	3	11	5b
FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL	3	2	2	2	2	11	5c
JUNDU (ESCRUBE)	2	2	2	3	3	12	6a
MATA DE RESTINGA SOBRE/ENTRE CORDÕES ARENOSOS	3	3	2	2	2	12	6b
MATAS DE TRANSIÇÃO RESTINGA / ENCOSTA	2	3	1	3	3	12	6c
FLORESTA OMBRÓFILA DENSE ATLÂNTICA	2	3	1	3	3	12	6d
CERRADÃO	3	2	3	2	2	12	6e
MATAS DE RESTINGA PALUDOSA	3	3	3	3	2	14	7
MATA CILIAR (VÁRZEA/ALAGADO)	3	3	3	3	3	15	8

Fonte: Mendes et al., 2005.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

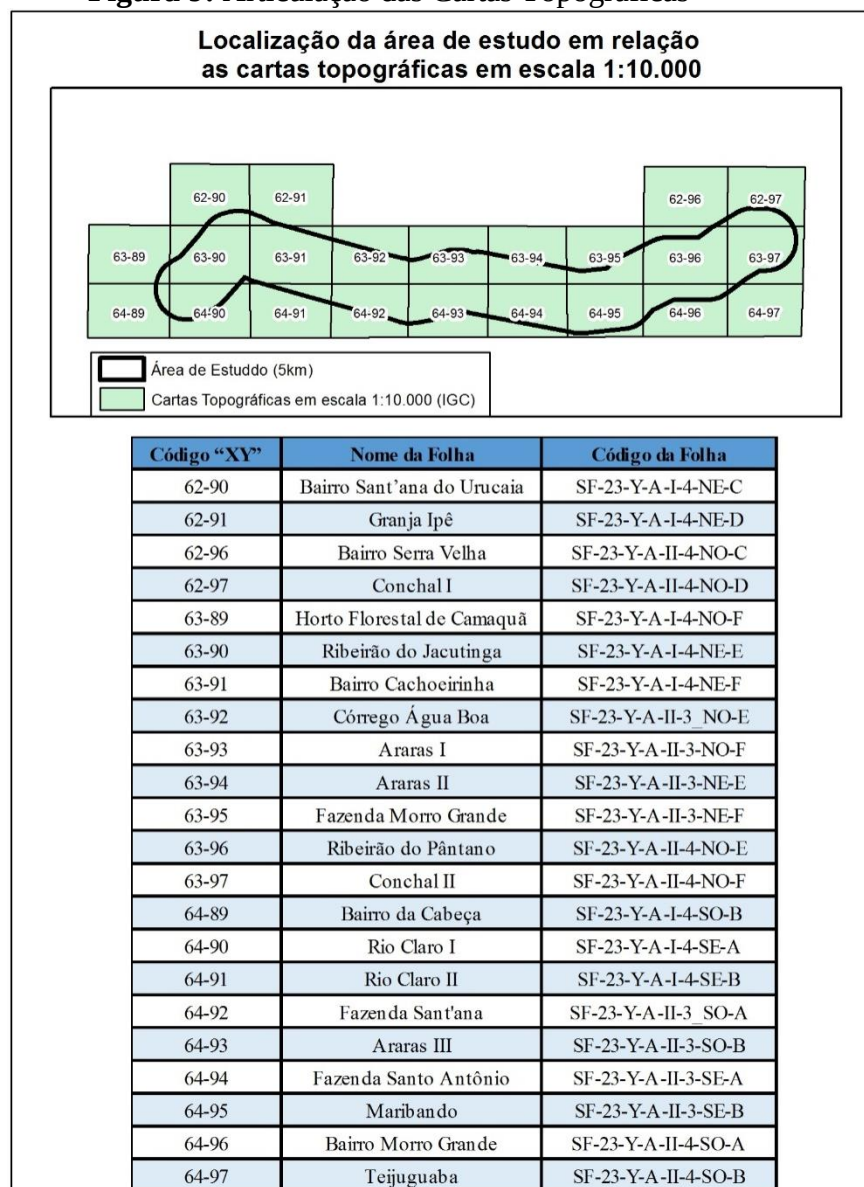
A base cartográfica utilizada para a presente pesquisa compôs a criação de um banco de dados em ambiente GIS para facilitar a análise dos dados e produção dos mapeamentos, essa base foi composta por recortes do mosaico de imagens ortorretificadas SPOT, cedido pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental – CPLA da Secretaria do Meio Ambiente – SMA e foi criado a partir da sobreposição das imagens do satélite SPOT 5, coloridas, com 2,5m de resolução espacial, compatíveis com a escala 1:10.000.

As imagens têm formato GeoTiff, o recorte de cada imagem ortorretificada segue a articulação 1:25.000 proposta pelo IBGE e a datação das fotos varia entre os anos de 2007 e 2010, o datum utilizado no mapeamento foi o SIRGAS 2000 pelo Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM.

Além das imagens foram utilizadas as folhas topográficas em escala 1:10.000, mapeadas pelo Instituto Geológico do Sistema Ambiental Paulista de São Paulo – IG, essas folhas fazem parte do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (1979), utilizando a projeção UTM e *datum* Córrego Alegre 23S. Todos os dados foram convertidos para o sistema de coordenadas UTM datum SIRGAS 2000, além disso essas folhas foram vetorizadas e assim foram extraídas as curvas de nível, drenagem e pontos cotados. A listagem das folhas topográficas e sua nomenclatura podem ser visualizadas na Figura 9, bem como a articulação dessas folhas na área de estudo.

Demais informações adquiridas em formato de vetorial (planos de informação) como as rodovias, e as características físicas da área de estudo foram obtidos através de bases virtuais como a plataforma DataGEO - Base Territorial Ambiental Unificada na Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo desenvolvido pelo Sistema Ambiental Paulista. Além dessa base foram adquiridos planos de informação junto ao IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e os dados socioeconômicos foram baixados em formato de tabelas através da plataforma IMP – Informação dos Municípios Paulista, da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE.

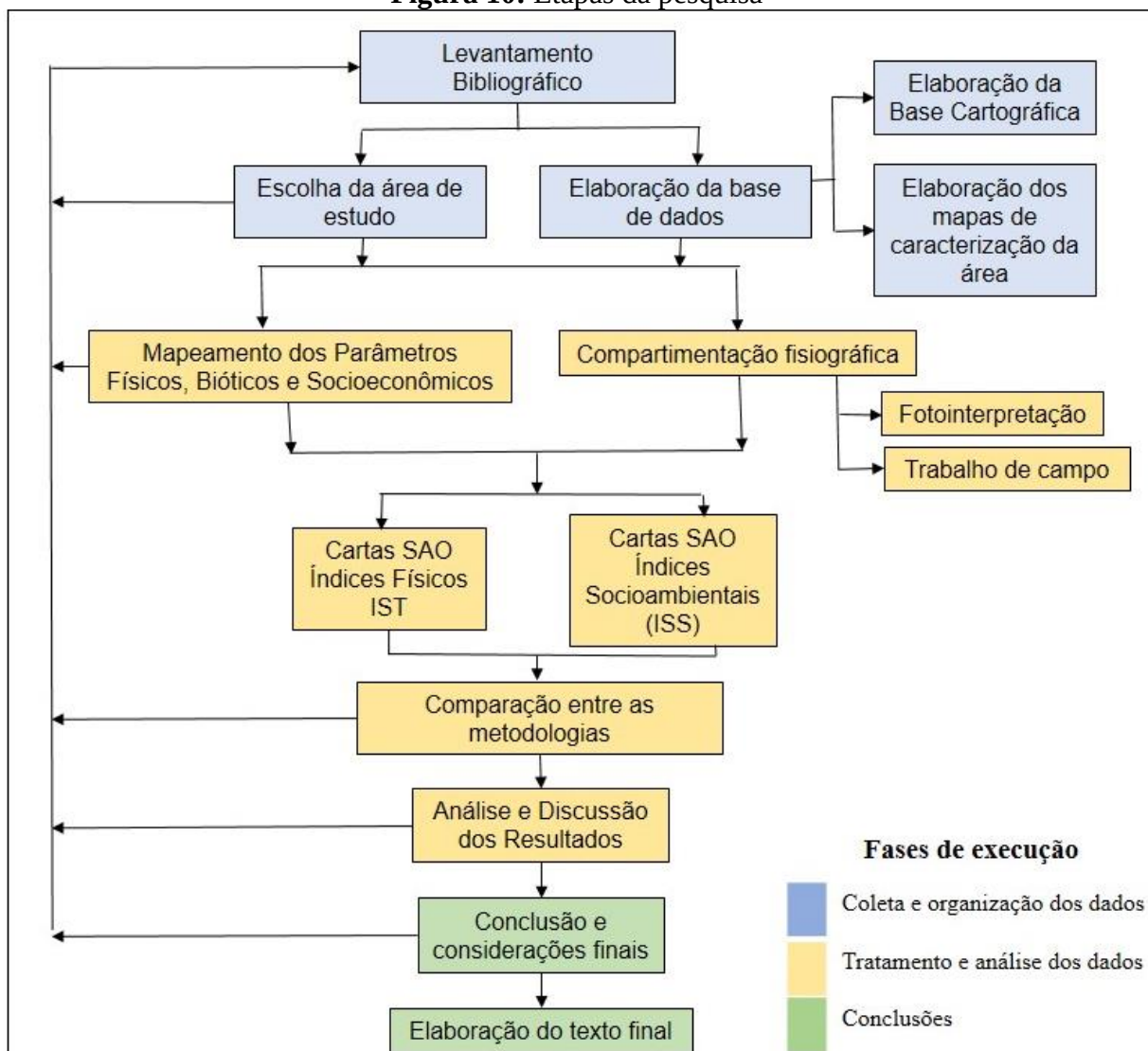
Foram utilizados também os softwares ArcGIS 10.2.2 (ESRI, 2015), o Pacote Microsoft Office 2010 (Microsoft Word, Microsoft Excel e Microsoft Power Point) e *software* Surfer 10. Os equipamentos de informática utilizados foram: computador, notebook, scanners e impressoras disponíveis no Laboratório de Geoprocessamento, do Departamento de Geologia Aplicada (DGA), na UNESP, campus de Rio Claro.

Figura 9: Articulação das Cartas Topográficas

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Métodos

A pesquisa se encontra estruturada em 9 etapas principais, que estão apresentadas na Figura 10.

Figura 10: Etapas da pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.1 *Levantamento Bibliográfico*

A primeira etapa da pesquisa consistiu no levantamento bibliográfico, tendo sido realizadas pesquisas em acervos físicos e digitais, tanto nacionais quanto internacionais.

As consultas nos acervos físicos incluíram buscas em livros, dissertações e teses da biblioteca da Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho - Campus de Rio Claro. As consultas nos acervos digitais incluíram as seguintes bases acadêmicas: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações - Parthenon (UNESP) e C@tedra, e o Portal Periódicos Capes no qual são apresentadas publicações de relevantes universidades ao redor do mundo, bem como no *web browser* Google e Google Scholar, além disso existe um banco de dados referente a temática da sensibilidade que é constantemente abastecido pelos pesquisadores do grupo de sensibilidade ambiental ao óleo.

Para a realização da pesquisa tanto nos acervos físicos quanto digitais utilizou-se a pesquisa booleana que, de acordo com UNESP (2016), é uma forma de busca através de equações utilizando termos específicos para incluir ou retirar palavras-chave da busca.

- E (*AND*) – é utilizado para intersecção, onde é possível pesquisar documentos que contenham os termos exatos da procura;
- OU (*OR*) - funciona como união, ou seja, apresenta pesquisas que contenham um dos termos ou todos pesquisados no mesmo documento; e
- NÃO (*NOT*) para exclusão, possibilitando pesquisar um único termo, excluindo o segundo, então caso haja um termo em específico que se deseja retirar utiliza-se essa expressão booleana.

As buscas nos acervos físicos e digitais focaram primeiramente em buscar termos necessários ao desenvolvimento inicial da pesquisa, principalmente referentes à temática da sensibilidade ambiental ao óleo em termos gerais, para entender e contextualizar as pesquisas em sensibilidade ambiental ao óleo, para posteriormente focar nos trabalhos envolvendo áreas continentais, em específicos as áreas terrestres, tema da pesquisa, possibilitando assim realizar um histórico das Cartas SAO e caracterizar como as cartas continentais tem sido elaboradas atualmente, outras pesquisas realizadas foram referentes ao transporte do Petróleo, ao comportamento de hidrocarbonetos no solo e nas rochas, a caracterização física, biótica e socioeconômica da área de estudo, e nos índices já elaborados de sensibilidade ambiental.

Cabe ressaltar que essa etapa de trabalho, apesar de ser inicial, perpassa por todas as etapas da pesquisa, então conforme se demonstrou necessário foram realizadas pesquisas complementares.

3.2.2 Escolha da Área de Estudo

A escolha da área de estudo se deu simultaneamente à elaboração do banco de dados, uma vez que essa base cartográfica foi necessária para a avaliação das possíveis rodovias e escolha da área e, posteriormente à escolha definitiva, a base foi recortada para a área em questão.

Os critérios adotados para a seleção da área de estudo foram:

- Significativa diferenciação litológica, uma vez que o projeto, por ser metodológico necessita de uma área com litologia diversificada, para que o estudo seja o mais completo possível.

- Proximidade e interligação com rodovias de importante fluxo e de ocorrência de acidentes envolvendo produtos perigosos. O trecho escolhido da rodovia Wilson Finardi (SP-191) está integrado com a rodovia Anhanguera (SP-330) e com a rodovia Washington Luís (SP-310), que ficaram em segundo e quarto lugar no ranking de rodovias com mais acidentes envolvendo emergências químicas em 2015. (CETESB, 2016).
- Grande importância hidrológica da região, uma vez que o trecho apresenta 5 pontos de captação de água, sendo quatro pontos no município de Conchal e um em Araras.
- Proximidade com o campus da UNESP – RC, o que facilita a exequibilidade do projeto, principalmente em termos de custos para trabalho de campo,
- Existência de base cartográfica adequada ao projeto, principalmente cartas topográficas na escala 1:10.000 e imagens satélite de boa resolução.

A delimitação da área de estudo foi baseada na metodologia proposta pelo Programa de Gerenciamento de Riscos para Administradores de Rodovias para o Transporte de Produtos Perigosos – PGR Rodovias desenvolvido pela CETESB (2013), que apresenta uma área de influência de pelo menos 300m a partir dos limites da pista, entretanto, permite uma área maior de acordo com os estudos realizados. Nessa pesquisa optou-se por uma área de 2,5km, tendo em consideração também a escala de apresentação dos produtos finais em 1:25.000. Além disso, a escala 1:25.000 é de detalhe, que é a escala exigida pelo Ministério do Meio Ambiente para nível operacional, que pode variar de 1:10.000 a 1:50.000 (MMA, 2004) e consistente com a escala dos dados obtidos para a elaboração da pesquisa.

Para a realização desse recorte de análise foi utilizada uma análise de proximidade através da ferramenta buffer no software ArcGIS 10.2.2 (ESRI, 2015) com uma distância de 2.5km a partir do eixo da rodovia, utilizando como base o plano de informação referente ao do trecho de análise da rodovia Wilson Finardi – SP 191, iniciando no km 21+200 e encerrando no km 74+500, o polígono final ficou com uma extensão em torno de 56km com uma área total de 273km² no software ArcGIS 10.2.2 (ESRI, 2015).

3.2.3 Elaboração do Banco de Dados

Concomitante ao levantamento bibliográfico deu-se a etapa de criação do banco de dados, que consistiu na elaboração da base cartográfica e na confecção dos mapas de caracterização da área de estudo

3.2.3.1 Elaboração da base cartográfica

A organização dos dados essenciais compilou em um banco de dados todos os planos de informação utilizados na pesquisa. Alguns arquivos foram obtidos de forma direta, que se encontram listados no subcapítulo 3.1; a partir desses arquivos demais informações foram extraídas. Essas informações foram armazenadas em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), pelo software ArcGIS 10.2.2 (ESRI, 2015).

A digitalização da base topográfica e hidrográfica teve como base as folhas topográficas do IGC em escala 1:10.000 apresentadas na Figura 9. Estas figuras foram georreferenciadas e posteriormente foi feita a transformação de datum da projeção UTM datum SAD 69 fuso 23S para o datum SIRGAS 2000 fuso 23S e a partir das mesmas foi possível extrair as curvas de nível, os pontos cotados e a hidrografia, a vetorização das curvas de nível se deu utilizando uma equidistância de 5 m de altitude.

Após essa etapa de vetorização da base topográfica e de hidrografia, foi gerado um modelo numérico do terreno (MNT), pelo processo de triangulação, uma vez que as feições triangulares se adequam melhor a superfície topográfica e apresentam maior similaridade com a realidade. Tendo esse MNT em mãos, foi possível gerar os mapas de declividade e hipsometria.

O mapa hipsométrico foi dividido em classes de hipsometria de acordo com a realidade da área. O mapa de declividade foi gerado a partir da transformação do arquivo *TIN* em raster pela ferramenta *TIN to Raster* e posteriormente foi gerado um Raster de declividade pela ferramenta *Slope* e subdividido em classes de declividade de acordo com a bibliografia.

O mapa de declividade gerado para caracterização da área de estudo é diferente daquele gerado como parâmetro do índice de sensibilidade ambiental ao óleo, para o mapa de caracterização a declividade foi baseada em Lepsch (1983), entretanto o autor apresenta sete classes de declividade, mas a área de estudo só apresenta cinco destas, não tendo correspondências as classes f (intervalo entre 45 e 70%) e g (acima de 70%), tais informações podem ser observadas no Quadro 6.

Quadro 6: Classes de declividade da área de estudo

Classes	Intervalos (%)	Características
a)	< 2,0	Relevo Plano
b)	2,1 – 5,0	Relevo Suave Ondulado
c)	5,1 – 10,0	Relevo Ondulado
d)	10,1 – 15,0	Relevo Moderadamente Ondulado

Classes	Intervalos (%)	Características
e)	15,1 – 45,0	Relevo Fortemente Ondulado
f)	45,0 – 70,0	Relevo Íngreme
g)	>70,0	Relevo Muito Íngreme ou Escarpado

Fonte: Lepsch, 1983.

3.2.3.2 Elaboração de mapas de caracterização da área de estudo

Os mapas de caracterização da área de estudo se deram a partir da vetorização de mapeamentos prévios em formato raster, realizados por fontes oficiais.

Os mapas de caracterização que foram elaborados foram:

- Mapa de Localização da área de estudo: localizando a área nos municípios de abrangência de pesquisa e municípios adjacentes a partir da base cartográfica do IBGE em formato vetorial.
- Mapa Geológico: Foram obtidas as folhas Araras (IG, 1987, SF-23-M-11-3) e Leme (IG, 1980, SF-23-Y-A-11-1) em formato analógico e a folha Conchal (UNESP/DAEE, 1982, SF-23-M-II-3) em formato digital na escala 1:50.000. As folhas em formato analógico foram escaneadas e posteriormente foi realizado o georreferenciamento das três folhas geológicas e então foi criado o plano de informação a respeito da geologia da área para a posterior elaboração do mapa geológico.
- Mapa Geomorfológico: Foi realizado com base no mapeamento geomorfológico realizado pelo IPT (1997) em escala de pouco detalhe em 1:500.000, o arquivo obtido em formato raster foi georreferenciado e posteriormente vetorizado dentro dos limites da área de estudo.
- Mapa Pedológico: realizado com base no mapeamento semi-detalhado do Estado de São Paulo, foram utilizadas as quadrículas São Carlos (SF-23-Y-A-1) e Araras (SF-23-YA-2) de 1981 em escala 1:50.000, as cartas foram escaneadas e digitalizadas e posteriormente foram georreferenciadas e vetorizadas no plano de informação “pedologia”.
- Mapa de Vegetação: Foi adquirida a base do Inventário Florestal em formato raster em escala de 1:25.000, junto ao Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo – SIFESP, essa base foi georreferenciada e delimitada pelo plano de informação referente a área de estudo.

- Mapa de Uso e Ocupação do Solo: Foi elaborado a partir das imagens SPOT e das imagens disponibilizadas pelo Google Earth para que o uso seja o mais próximo do contexto atual, as imagens SPOT datam dos anos de 2007 a 2010 e as imagens do Google Earth do ano de 2012, foi realizado também um trabalho de campo para conferência e adequação do mapa confeccionado.

3.2.4 Compartimentação Fisiográfica

Martins (2012) entende que para a geração de um índice de sensibilidade ambiental para rodovias é necessário definir essas áreas com características homogêneas, entendendo que a percolação, permanência do óleo e limpeza sejam bastante similares em cada área, e assim manter a padronização presente nos mapeamentos de sensibilidade ambiental ao óleo litorâneos, que já apresentam uma metodologia consolidada.

A partir de Martins (2012) os trabalhos do grupo de sensibilidade ao óleo da UNESP campus de Rio Claro tem trabalhado com o método de Compartimentação Fisiográfica para a determinação dessas áreas de características homogêneas.

A Compartimentação Fisiográfica pode ser definida como a divisão de uma determinada região de interesse, em unidades ou compartimentos que internamente apresentam as mesmas características, e tais características distinguem essa área de suas áreas adjacentes. As zonas homogêneas ou homólogas são criadas a partir do traçado de polígonos equivalentes a áreas do terreno (VEDOVELLO; MATTOS, 1998).

Zuquette e Gandolfi (2014) atentam para a importância dessa etapa, na elaboração de zoneamentos do meio físico, sendo uma etapa prévia necessária para a elaboração de modelos teóricos de comportamento/evolução do terreno, auxiliando na obtenção de resultados e diminuindo as necessidades de campo, diminuindo assim custos de execução.

Ao se trabalhar com zonas homogêneas entende-se que por conta das características serem as mesmas para cada compartimento não é necessário diversos pontos de campo, agilizando assim essa etapa de caracterização.

A Compartimentação Fisiográfica demonstra ser uma ferramenta indispensável para avaliação e planejamento do meio físico, uma vez que permite uma rápida e funcional visualização da distribuição espacial das características do terreno. Essa ferramenta tem caráter integrador, podendo ser aplicado em diversas aplicações ambientais (VEDOVELLO & MATTOS, 1998; PAULA et.al., 2008; PAULA & CERRI, 2010).

De acordo com Ross (1995) existem dois procedimentos metodológicos para a Compartimentação Fisiográfica, que se encontram descritos no Quadro 7.

Quadro 7: Procedimentos Metodológicos para a elaboração de Compartimentação Fisiográfica

Análise Multitemática	Análise Integrada (Land System)
Nessa análise são gerados diversos produtos cartográficos, de forma individual, com os temas necessários à compartimentação e estes são integrados posteriormente gerando um mapa síntese das informações levantadas	Na Análise Integrada os diversos elementos do terreno são extraídos e analisados simultaneamente pela percepção dos padrões de fisionomia, através da fotointerpretação identificando diferentes unidades.

Fonte: Adaptado de ROSS, 1995.

Na presente pesquisa priorizou-se o método de Análise Integrada para a elaboração do mapa de compartimentação, pois de acordo com Vedovello e Mattos (1998) esse método apresenta vantagens com relação a tempo e custos de execução, sendo elaborado um único produto cartográfico para a Compartimentação Fisiográfica.

Vedovello e Mattos (1998) apresentam o método de divisão das unidades homólogas por Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs, tal procedimento foi adotado neste trabalho, baseando-se na identificação dos compartimentos fisiográficos para a delimitação de porções do terreno que se distinguem das áreas vizinhas, a partir de critérios fotointerpretativos, denominadas de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs).

As UBCs foram obtidas através do método de fotointerpretação proposto por Soares e Fiori (1976) e Zaine (2011). Soares e Fiori (1976) definem a fotointerpretação como a análise sistemática dos elementos texturais e tonais em produtos de sensores remotos, feitas com base na homogeneidade, tropia e assimetria dos elementos presentes nesses produtos.

Zaine (2011) apresenta uma tabela de fotointerpretação dos elementos presentes nas imagens de sensores remotos, o autor divide a análise em quatro etapas que estão listadas em sequência:

- 1- Análise da densidade textural
- 2- Análise das formas e características do relevo
- 3- Análise das estruturas geológicas
- 4- Análise complementar

Para a Compartimentação Fisiográfica foram utilizados os critérios de Zaine (2011), selecionando os critérios pertinentes à sensibilidade ambiental ao óleo, que podem ser observados no Quadro 8.

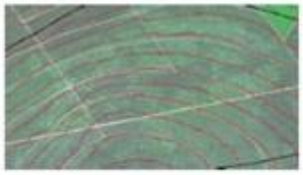
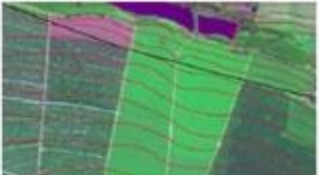
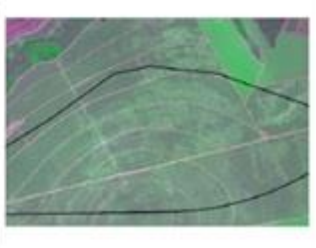
Quadro 8: Síntese dos critérios adotados na compartimentação do relevo

Análise	Critérios de Análise	Propriedade Analisada
Densidade Textural	Densidade dos elementos de drenagem	Permeabilidade
	Densidade dos elementos de relevo	
Formas e Características do relevo	Amplitude	Solubilidade e Resistência a erosão natural
	Declividade	
	Forma de Encosta	
	Forma de Topo	

Fonte: Adaptado de Ribeiro (2017).

A partir da determinação dos critérios de análise, foi criado um plano de informação, denominado “compartimentação”, onde foram delimitadas as Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) da área de estudo, de forma manual, por meio de fotointerpretação visual, com base nos elementos texturais e estruturais da drenagem e do relevo, observados nas imagens SPOT, apoiadas pelo modelo digital de elevação – MDE e o mapa de relevo sombreado. No Quadro 9 podem ser observados os parâmetros propostos por Zaine (2011) em comparação com recortes da área de estudo.

Quadro 9: Parâmetros propostos por Zaine (2011) na área de estudo.

Classificação Zaine (2011)		
Baixa (0 a 5/10 km ²)	Média (5 a 30/10 km ²)	Alta (> 30/ km ²)
		
Recortes da área de Estudo		
		
Formas de Encosta		
Classificação Zaine (2011)		
Convexa 	-	Retilínea 
	-	
Recortes da área de Estudo		
	-	
Formas de Topo		
Classificação Zaine (2011)		
Aplainados	-	Arredondados
	-	
Recortes da área de Estudo		
	-	

Fonte: Elaborado pelo autor

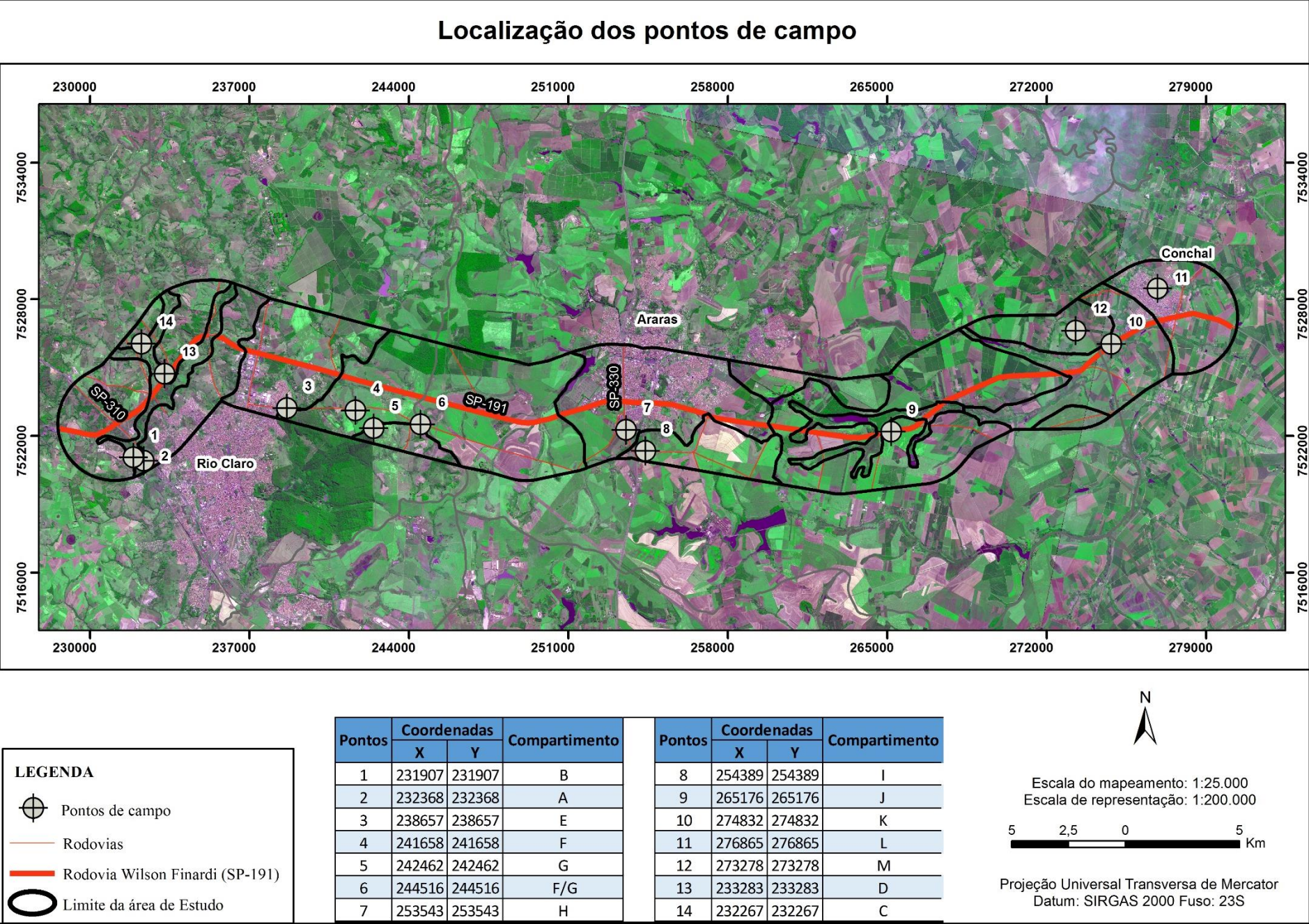
A identificação dos elementos densidade de drenagem foi realizada a partir da extração da hidrografia nas folhas topográficas em 1:10.000 e posterior ajuste destas nas imagens orbitais SPOT, além da elaboração do relevo sombreado que facilitou a visualização dessas feições no terreno.

A densidade dos elementos do relevo, está diretamente associada com a densidade da rede de drenagem pois a mesma modela o relevo através do intemperismo. Quanto maior a densidade de drenagem da área mais movimentado é o relevo.

Após a etapa de fotointerpretação preliminar foi realizado um trabalho de campo ao longo da rodovia Wilson Finardi (SP-191), para corroborar com as informações obtidas na etapa anterior, bem como ajustar limites dos compartimentos traçados e corrigir os erros, validando assim as informações obtidas previamente.

A distribuição dos pontos de campo ao longo da área de estudo está ilustrada na Figura 11.

Figura 11: Espacialização dos pontos de campo



Elaborado pelo autor

3.2.5 Mapeamento dos Parâmetros físicos, bióticos e socioeconômicos

O mapeamento dos parâmetros é uma etapa crucial para a elaboração do índice de sensibilidade ambiental e para posterior confecção das Cartas SAO, todos os parâmetros foram padronizados numa escala de peso variando de 1 a 3, sendo o valor 1 referente a menor sensibilidade do parâmetro e 3 a maior sensibilidade.

3.2.5.1 Parâmetros Físicos

São utilizados cinco parâmetros físicos no mapeamento de sensibilidade ambiental ao óleo, tanto no IST (Índice de Sensibilidade Ambiental ao Óleo Terrestre) quanto no ISS (Índice de Sensibilidade Socioambiental ao Óleo Terrestre) são eles: Declividade, Densidade de Drenagem, Profundidade do Lençol Freático, Textura e Espessura do perfil de alteração, a informação referente a cada classe de análise e os pesos dentro de cada de classe estão descritos no Quadro 10.

Quadro 10: Parâmetros escolhidos para a determinação dos índices de sensibilidade ambiental ao óleo para a rodovia com as respectivas classes de análise e o peso correspondente para cada classe.

Parâmetros	Classes	Pesos para cada classe
Declividade	Alta > 30%	1
	Média 15 – 30%	2
	Baixa 0 – 15%	3
Textura do perfil de alteração	Argilosa	1
	Intermediária	2
	Arenosa	3
Espessura do perfil de alteração	Muito espesso > 2m	1
	Espessura intermediária 1m-2m	2
	Pouco espesso < 1m	3
Profundidade do Nível D'água	Profundo > 45m	1
	Intermediário 15 – 45m	2
	Raso < 15m	3
Densidade de Drenagem	Alta (> 30 km ²)	1
	Média (5 a 30/10km ²)	2
	Baixa (0 a 5/10 km ²)	3

Fonte: Ribeiro, 2017

A metodologia para o mapeamento de cada um dos parâmetros está descrita a seguir.

3.2.5.1.1 Declividade

O mapa de declividade elaborado na caracterização da área de estudo foi reclassificado em 3 classes para que seja adequado à metodologia de elaboração das Cartas SAO. Para

definir as classes de declividade foi utilizada a classificação proposta por Zaine (2011), em alta média e baixa. Os intervalos adotados seguiram a classificação de Ribeiro (2017), que define os seguintes valores:

- Declividade Baixa – Valores abaixo de 15%
- Declividade Média – Valores entre 15 e 30%
- Declividade Alta – Valores acima de 30%

3.3.2.5.2 Densidade Hidrográfica

A partir da extração da drenagem foi possível calcular a densidade de drenagem para cada compartimento. Com essas informações levantadas foi realizado a divisão da densidade de drenagem em Baixa (0 a 5/10 Km²), Média (5 a 30/10 Km²) e Alta (> 30/10 Km²) de acordo com Zaine (2011), atribuindo o maior peso para as áreas com menores densidades de drenagem, pois a percolação em subsuperfície é inversamente proporcional ao nível de escoamento superficial do terreno.

3.2.5.1.3 Profundidade do Lençol Freático

A drenagem obtida através das cartas topográficas foi ajustada com base nas imagens ortorretificadas da área. Após essa etapa foram extraídas as informações de nascentes, tendo como base a drenagem já ajustada na imagem, para cada drenagem foi atribuído o valor da cota de altitude de cada nascente utilizando como base o MNT gerado pelos dados topográficos vetorizados, na etapa anterior.

O nível piezométrico foi obtido através da interpolação dos dados de cotas das nascentes, através do software Surfer 10.2 (GOLDEN SOFTWARE Inc., 2011) baseando-se no método de curvatura mínima, que consiste na utilização de grades regulares e triangulares, representando a superfície a partir de coordenadas X, Y e Z. Este método admite dois pontos adjacentes em determinado levantamento contidos num mesmo arco, que por sua vez está contido num plano de inclinação e ângulo de orientação conhecido (SAWAN, 2005).

A partir da malha regular obtida pelo software Surfer 10.2 (GOLDEN SOFTWARE Inc., 2011), foram vetorizadas as isolinhas e atribuídos os valores de altitude dentro do software ArcGIS 10.2.2 (ESRI, 2015), e então foi gerado um arquivo no formato matricial (Raster) do nível piezométrico ferramenta *Topo to Raster*, que interpola os valores das isolinhas para toda a área de estudo, transformando dados pontuais em áreas contínuas.

Através da subtração do valor encontrado no mapa hipsométrico com os valores do mapa do nível piezométrico foi possível obter o valor da profundidade do nível do lençol freático, e então calculado o valor médio através de ferramentas estatísticas (*zonal statistics*) pelo software ArcGIS 10.2.2 (ESRI, 2015).

3.2.5.1.4 Textura do perfil de alteração

A textura do perfil de alteração extraída da descrição do levantamento pedológico semi-detalhado do estado de São Paulo quadrícula São Carlos e Araras e esta foi aferida a partir da realização de ensaio para textura em amostras de solo obtidas nos trabalhos de campo. A partir disso a textura foi classificada em três classes de textura de acordo com a permeabilidade destas: argilosa para materiais com predomínio de argila; intermediária para materiais com presença de areia e argila; e arenosa para materiais com predomínio de areia. Com relação à sensibilidade ao óleo para este fator, considerou-se que os perfis argilosos possuem menor sensibilidade; os perfis com argila e areia, sensibilidade intermediária e perfis arenosos alta sensibilidade.

3.2.5.1.5 Espessura do Perfil de alteração

Para a determinação da espessura do perfil de alteração utilizou-se a definição de Vedovello (2000) que apresenta esse parâmetro como o valor médio do volume de material inconsolidado da área. Essa classe foi subdividida em 3 categorias para padronização do índice de sensibilidade ambiental, para essa divisão baseou-se nos valores apresentados por Martins et al (2013): pouco espesso (<1m); espessura intermediária (1m-2m) e muito espesso (>2m).

Para obter os valores em si foram realizadas expedições a campo, com medições de espessura do perfil de alteração localizadas em perfis expostos em cortes da rodovia e em estradas vicinais.

3.2.2.2 Parâmetros Bióticos e Socioeconômicos

Foram utilizados também cinco parâmetros bióticos e socioeconômicos no estabelecimento do índice de sensibilidade socioambiental ao óleo terrestre (ISS) sendo dois bióticos: Inserção da área em Unidades de Conservação e Área do compartimento ocupada por vegetação natural; e dois socioeconômicos: o IDHM dos municípios, a vulnerabilidade da rodovia (trechos críticos em relação a acidentes) e o uso e cobertura do solo.

3.2.2.2.1 Inserção em Unidades de Conservação (UCs)

Para tal levantamento foram consideradas UCs federais, estaduais e municipais, buscando-se informações nos bancos de dados disponíveis dos órgãos ambientais como: Instituto Chico Mendes para a Biodiversidade (ICMBio), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA), Instituto Florestal de São Paulo (IF/SP) e Fundação Florestal (FF/SP).

Para a elaboração da sensibilidade ambiental foram consideradas 3 situações para cada compartimento, inserção do compartimento em UC de Proteção Integral com valor alto de sensibilidade (Peso 3), inserção do compartimento em UC de Uso Sustentável com valor médio de sensibilidade (Peso 2) e não inserção do compartimento em UC, apresentando valor baixo de sensibilidade (Peso 1).

3.2.2.2.2 Área ocupada por Vegetação

A partir do mapeamento do uso do solo foram geradas as classes de vegetação e realizado a ocupação dessas áreas em relação à área total do compartimento, quanto maior a porcentagem de vegetação no compartimento, maior a sua sensibilidade ambiental ao óleo.

Como a área de domínio está completamente inserida na área do Mapa da Área de Aplicação da Lei 11.428 de 2006, a Lei da Mata Atlântica, foram considerados os valores de fragmentos florestais remanescentes para a área que é de 12,5%. (PASSOS et al, 2017).

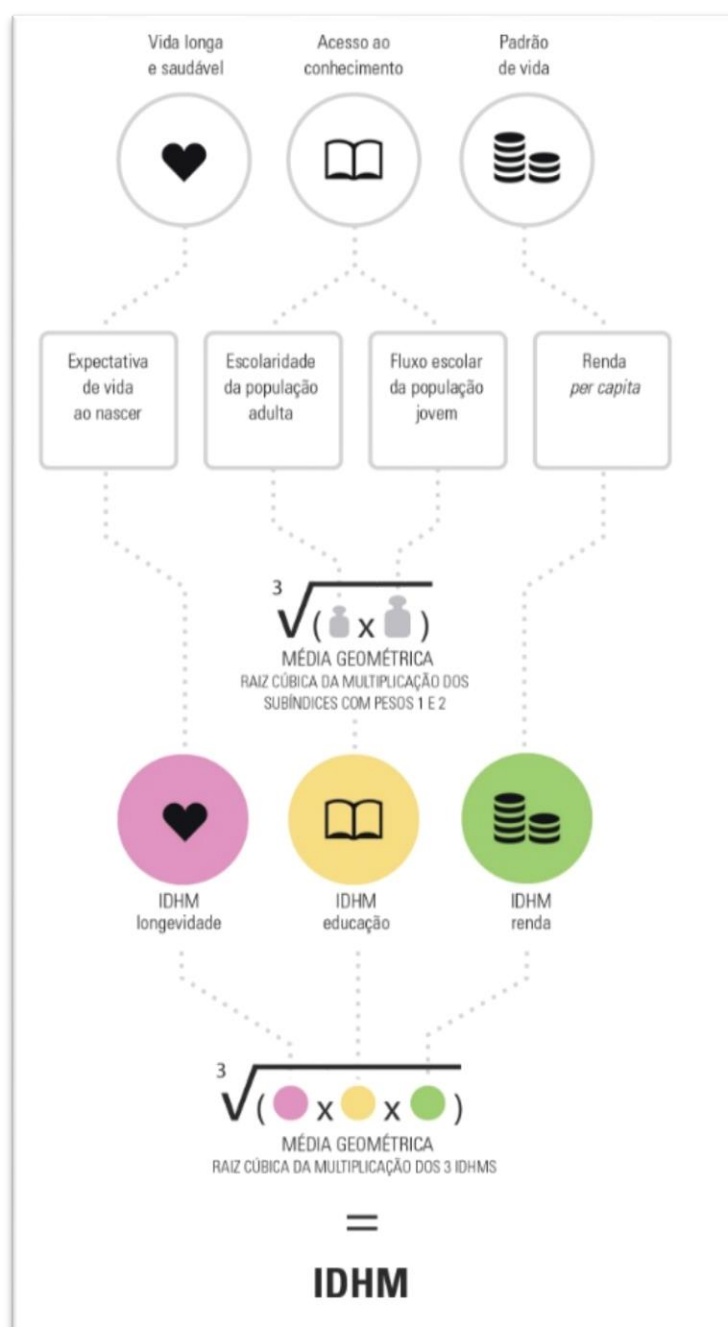
Quanto maior a área ocupada pelo fragmento, maior será a diversidade deste em relação à fauna e à flora, e com isso maior será a sensibilidade ambiental do compartimento, pois acarreta em maior prejuízo à fauna e flora. A partir disso foram selecionadas 3 classes de sensibilidade para esse parâmetro: até 12,5% (valor de domínio da Mata Atlântica) foi considerado baixa sensibilidade, entre 12,5 e 20% sensibilidade média e acima de 20% sensibilidade alta.

3.2.2.2.3 IDHM dos municípios

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM é calculado a partir da adaptação da metodologia do IDH Global de modo a garantir a mesma fonte de dados e comparabilidade internacional entre os municípios, e foram utilizados 3 indicadores: Vida Longa e Saudável, Acesso a Conhecimento e Padrão de Vida.

O indicador Vida Saudável é referente à expectativa de vida ao nascer, ele mostra o número médio de anos que uma pessoa nascida no município analisado viveria a partir do nascimento; Acesso a Conhecimento possui dois indicadores: a escolaridade da população adulta e fluxo escolar da população jovem, essa última acompanha a população em idade escolar em quatro momentos importantes da sua formação, tais dados pertencem ao Censo Demográfico do IBGE e o último indicador Padrão de Vida é medido pela renda municipal per capita (PNUD, 2014). O cálculo desses valores pode ser observado na Figura 12.

Figura 12: Metodologia para cálculo do IDHM



Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano, 2010.

Com relação ao índice de sensibilidade socioambiental, foram consideradas 3 classes de análise, agrupando as classes Muito Baixo e Baixo com peso 3, as classes Médio e Alto com peso 2 e a classe de valor Muito Alto com peso 1, pois quanto maior o IDHM maior será a capacidade do município de lidar com as consequências provenientes do derrame de óleo. Como as classes dizem respeito a limites políticos e a compartimentação fisiográfica utilizada para determinar os compartimentos foi ancorada no meio físico um mesmo compartimento pode se encaixar em mais de uma classe, sendo que nestes casos foi calculada a área do compartimento em cada classe, ou seja, a classe que predomina no compartimento.

3.2.2.2.4 Vulnerabilidade da rodovia

A vulnerabilidade da rodovia foi levantada a partir da identificação dos trechos de maior incidência de acidentes, com média de 0,322 acidentes/km para a Pista Leste e 0,168 para a Pista Sul (dados relativos aos acidentes ocorridos ao longo do ano de 2014), foram identificados os trechos com maior incidência de acidentes, ou seja, aqueles com número de acidentes igual ou superior à média estabelecida. Estes dados foram levantados juntos a CETESB a partir do PGR/PAE da malha rodoviária que se encontra em concessão da Intervias.

Foram selecionadas 3 classes com relação à vulnerabilidade da rodovia, sendo: Peso 1 para os compartimentos que apresentarem abaixo de 3 trechos de maior incidência de acidentes, peso 2 para os compartimentos que apresentarem 3 ou mais trechos com maior incidência de acidentes e peso 3 para aqueles que apresentarem trechos críticos, sendo entendido como trecho crítico aquele com maior incidência de acidentes, associado à existência de pelo menos um dos elementos ambientais sensíveis: recursos hídricos ou ambientes naturais/áreas protegidas, de acordo com a CETESB (2016).

3.2.2.2.5 Mapeamento do uso e cobertura do solo

Para a realização do mapeamento do uso e cobertura do solo foi necessária uma etapa prévia de definição de categorias que englobassem os diferentes usos, de acordo com sua relevância para a sensibilidade ambiental ao óleo. A definição dessas classes foi ancorada no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013), considerando a importância de cada categoria na pesquisa.

O IBGE subdivide cada uma das classes em subclasses e posteriormente em unidades, esta subdivisão pode ser observada no Anexo 2. Para a pesquisa foram selecionadas as seguintes classes de uso e cobertura do solo, apresentadas no Quadro 11:

Quadro 11: Classes, subclasses e unidades de uso e cobertura do solo

Classe	Subclasse	Unidades
Áreas Antrópicas	Áreas não agrícolas	Áreas Urbanizadas
		Áreas de Mineração
	Áreas Agrícolas	Culturas Temporárias
		Culturas Permanentes
		Pastagem
		Demais usos
Áreas Naturais	Floresta	Área Campestre
		Área Florestal
Outras Áreas	Áreas Descobertas	Solo Exposto
Água	Águas Costeiras	Corpos d'água

Fonte: Adaptado de IBGE, 2013.

As imagens de sensoriamento remoto registram as coberturas do solo, mas não o uso, que são as atividades exercidas diretamente, portanto cabe ao intérprete levantar informações acerca da reflectância, textura, estrutura e padrões de formas e assim derivar informações sobre o uso da cobertura da terra (ARAÚJO et al, 2007).

Tomando as fotografias e as imagens orbitais como base para interpretação dos elementos que compõem a cobertura do solo, é necessário que haja técnicas de observação, desenvolvimentos lógicos e precisos para se chegar a conclusões (CRUZ, 1981).

As imagens que num primeiro olhar são vistas como um todo devem ser desmembradas analiticamente no processo de identificação deste objeto a uma dada categoria, isolando esse objeto daqueles com características diferentes de seu entorno (NOVO, 1995).

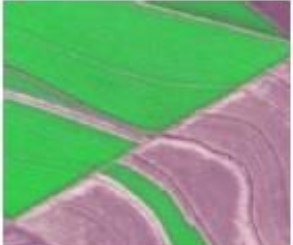
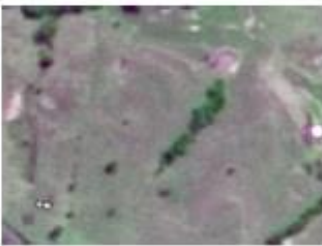
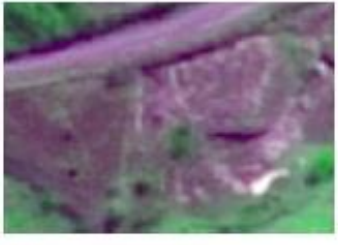
No processo de identificação das feições a partir da interpretação visual foram utilizados os seguintes critérios, de acordo com Panizi e Fonseca (2011):

- Forma: geometria do objeto;
- Tamanho: critério que varia conforme a escala da fotografia aérea ou a resolução espacial da imagem;
- Tonalidade: quantidade de energia (normalmente a luz solar) refletida por um objeto. Obedecendo o princípio da reflectância, um objeto que absorve a energia incidente aparece nas imagens em tons escuros. O contrário acontece com um objeto que reflete a energia que aparece em tons claros;

- Localização do objeto na paisagem;
- Textura: lisa ou rugosa, homogênea ou heterogênea
- Estrutura: paralela, quadriculada, retangular, etc.

A partir dos critérios de interpretação visual das imagens foi realizada a análise das classes de usos encontradas na área de estudo, com base nas classes pré-estabelecidas, para posterior mapeamento do uso e cobertura do solo. Essas informações estão sintetizadas no Quadro 12.

Quadro 12: Critérios de identificação das classes de uso

Tipologia	Tonalidade	Textura	Estrutura	Amostra	Feições mapeadas
Áreas Urbanizadas	Clara	Traçada Heterogênea	Quadriculada		Cidades, vilas e demais áreas urbanas isoladas, bem como áreas de rodovias, energia, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e áreas isoladas dos centros urbanos mas caráter de ocupação humana.
Áreas de Mineração	Clara	Traçada Heterogênea	Retangular desviado		Áreas de exploração ou extração de substâncias minerais.
Culturas Temporárias	Clara	Curvada homogênea	Reticulado curvo		Cultivo de plantas de curta ou média duração, com ciclo vegetativo comumente inferior a um ano. Na área de estudo: cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho, soja e tomate.
Culturas Permanentes	Escura	Curvada homogênea	Reticulado curvo		Plantas de ciclo vegetativo de longa duração. São plantas que produzem por vários anos sucessivos sem necessidade de replantar após cada colheita. Na área de estudo: abacate, banana, café, laranja, limão, mamão, manga, maracujá, palmito e tangerina, dentro dessa classe estão também as atividades de silvicultura.
Pastagem	Clara	Lisa Homogênea	-		Áreas destinadas ao pastoreio do gado, tendo como substrato o plantio de forragens perenes ou aproveitamento e/ou melhorias das pastagens naturais.
Área Campestre	Escura	Oolítica Homogênea	Alveolar		Caráter de predominância arbustiva, sendo especializado de forma esparsa sobre uma vegetação gramíneo-lenhoso, abarcando diferentes tipologias primárias e campos hidroarenosos (restinga) além de campinas, savanas, estepes, veredas, formações de influência lacustre e fluvial.
Área Florestal	Escura	Oolítica Heterogênea	Alveolar		Formações arbóreas com porte superior a 5m (Floresta Densa, Floresta Aberta, Floresta Estacional e Floresta Ombrófila Mista).
Solo Exposto	Média	lisa homogênea	-		unidade solo exposto, que diz respeito aos ambientes naturais e antrópicos que apresentam solo desnudo, sem recobrimento de vegetação ou uso de qualquer tipo.
Corpos d'água	Escura	Lisa Homogênea	-		Diz respeito aqueles corpos d'água passíveis de serem mapeados na escala proposta, naturais e artificiais que não possuem origem marinha: rios, lagos e represas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da definição das classes e dos critérios fotointerpretativos a serem utilizados realizou-se a vetorização das classes de uso e cobertura do solo em escala 1:10.000. Em seguida foram calculadas as áreas do polígono através da ferramenta *calculate geometry* e posteriormente foi elaborado o mapa de uso e cobertura do solo, indicando as áreas de cada classe e a porcentagem correspondente em comparação à área total.

A partir do mapeamento foi realizada a análise da sensibilidade ambiental para cada compartimento a partir da predominância dos usos para cada compartimento. Os usos de solo, em relação à sensibilidade ambiental ao óleo estão descritos no Quadro 13.

Quadro 13: Sensibilidade ao óleo das classes de uso e ocupação do solo

Sensibilidade Baixa	Sensibilidade Média	Sensibilidade Alta
Áreas Urbanizadas Cultura Temporária Solo Exposto Áreas de Mineração	Pastagem Cultura Perene	Área Campestre Área Florestal Corpos d'água

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para calcular o uso do solo predominante em cada compartimento foram realizadas análises estatísticas a partir da ferramenta *Zonal Statistics*, que apresenta informações como média, moda, mediana, e valor mínimo e máximo. Para isso primeiro foi atribuído o peso para cada polígono (1 a 3, referente a sua sensibilidade), com isso a ferramenta avalia a quantidade de polígonos por compartimento. Para a classificação do uso do compartimento foi selecionada a variável mediana, pois essa utiliza a variável que mais se repete, além de apresentar maior concordância com a análise visual qualitativa.

Todos os parâmetros foram selecionados a partir da análise de estudos de impacto ambiental de rodovias, analisando a importância destes em relação à sensibilidade ambiental, tanto em questão de limpeza, custos, quanto a prejuízos à fauna e flora. A informação referente a cada classe de análise, bem como os pesos dentro de cada de classe estão descritos no Quadro 14.

Quadro 14: Parâmetros escolhidos para a determinação dos índices de sensibilidade ambiental ao óleo para a rodovia com as respectivas classes de análise e o peso correspondente para cada classe.

Parâmetros	Classes	Pesos para cada classe
Inserção em Unidades de Conservação	Não inserido	1
	UC de Uso Sustentável	2
	UC de Proteção Integral	3
Fragmentos Florestais	Abaixo de 12,5 %	1
	Entre 12,5 e 20 %	2
	Acima de 20%	3
IDH dos municípios	Acima de 0,800	1
	Entre 0,600 e 0,799	2
	Abaixo de 0,599	3
Vulnerabilidade da Rodovia	Menos de 3 trechos de maior incidência de acidentes	1
	3 ou mais trechos de maior incidência de acidentes	2
	Apresenta trechos críticos	3
Uso e Cobertura do Solo	Predominância de classes de uso com baixo impacto ambiental ao derrame de óleo	1
	Predominância de classes de uso de médio impacto ambiental ao derrame de óleo	2
	Predominância de classes de uso com alto impacto ambiental ao derrame de óleo	3

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.6 Elaboração das Carta SAO

Foram elaboradas duas Cartas SAO, a primeira ancorada somente nos parâmetros físicos (IST), baseada na proposta NOAA/MMA e outra utilizando também os parâmetros bióticos e socioeconômicos (ISS) em sua composição.

3.2.6.1 Carta SAO utilizando o IST

A Carta de Sensibilidade Ambiental utilizando o índice de sensibilidade ambiental ao óleo para rodovias foi confeccionada a partir da determinação de pesos para cada classe estabelecida dentro de cada um dos parâmetros utilizados (Declividade, Densidade de Drenagem, Profundidade do Lençol Freático, Textura e Espessura do perfil de alteração) e posterior análise integrada dos dados.

A metodologia utilizada foi a álgebra de mapas elaborada a partir da sobreposição do mapeamento de cada um dos parâmetros para a criação de um mapa síntese da área. Não foram atribuídos pesos para os parâmetros em si, pois entende-se que todos os parâmetros influenciam na mesma magnitude no que se refere à sensibilidade ambiental ao óleo. Com isso, o menor valor possível de ser obtido, caso um compartimento apresente valor 1 para todos os parâmetros é 5 e o maior valor, no caso de um compartimento apresentar valor 3 para cada um dos parâmetros é 15, ou seja, 5 significando menor sensibilidade e 15 maior sensibilidade.

Foi utilizada a associação realizada por Ribeiro (2017), com relação à adequação dos intervalos de índices à metodologia do NOAA/MMA, segundo exposto no Quadro 15.

Quadro 15: Cores correspondentes ao ISA proposto pelo NOAA/MMA e seu valor equivalente para o IST.

Índice de Sensibilidade Ambiental NOAA/MMA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 B	10 A
Cor											
Índice de Sensibilidade Ambiental obtido pela metodologia utilizada para Rodovias	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Fonte: Ribeiro, 2017.

3.2.6.2 Carta SAO utilizando o ISS

A Carta de Sensibilidade Ambiental utilizando o índice de sensibilidade socioambiental ao óleo para rodovias (ISS) utilizou além dos cinco parâmetros discutidos previamente outros cinco parâmetros, sendo dois bióticos (Inserção da área em Unidades de Conservação e Área do compartimento ocupada por vegetação) e dois socioeconômicos (IDHM dos municípios, a vulnerabilidade da rodovia e o uso e cobertura do solo) e posterior análise integrada dos dados.

Também baseado na álgebra de mapas e realizado em ambiente computacional a partir software ArcGIS 10.2.2, todos os parâmetros foram considerados como iguais na relevância à sensibilidade ambiental ao óleo, com isso o menor valor possível de ser obtido, caso um compartimento apresente valor 1 para todos os parâmetros é 10 e o maior valor, no

caso de um compartimento apresentar valor 3 para cada um dos parâmetros é 30, ou seja, 10 significando menor sensibilidade e 30 maior sensibilidade.

Em posse dessas informações, os valores foram adequados ao Índice de Sensibilidade Ambiental – ISA proposto pelo NOAA/MMA. O menor valor 10 foi associado ao valor 1 no ISA e o maior valor 30 foi associado ao valor 10A no ISA. As cores foram as mesmas do ISA e do IST previamente apresentados e o Quadro 16 apresenta os resultados obtidos no mapeamento, com as cores oficiais do NOAA/MMA.

Quadro 16: Cores correspondentes ao ISA proposto pelo NOAA/MMA e seu valor equivalente para o ISS.

Índice de Sensibilidade Ambiental NOAA/MMA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 B	10 A
Cor											
Índice de Sensibilidade Ambiental obtido pela metodologia utilizada para Rodovias	10/11	12/13	14/15	16/17	18/19	20/21	22/23	24/25	26/27	28/29	30

Fonte: Elaborado pelo autor.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo engloba um trecho da rodovia estadual Wilson Finardi (SP-191) e as áreas adjacentes a mesma. O trecho da rodovia se encontra localizado na região nordeste do estado de São Paulo, esse trecho é cortado pelas Anhanguera (SP-330) e Washington Luís (SP-310) que também foram áreas de estudo de outros mapeamentos do grupo de sensibilidade ambiental ao óleo.

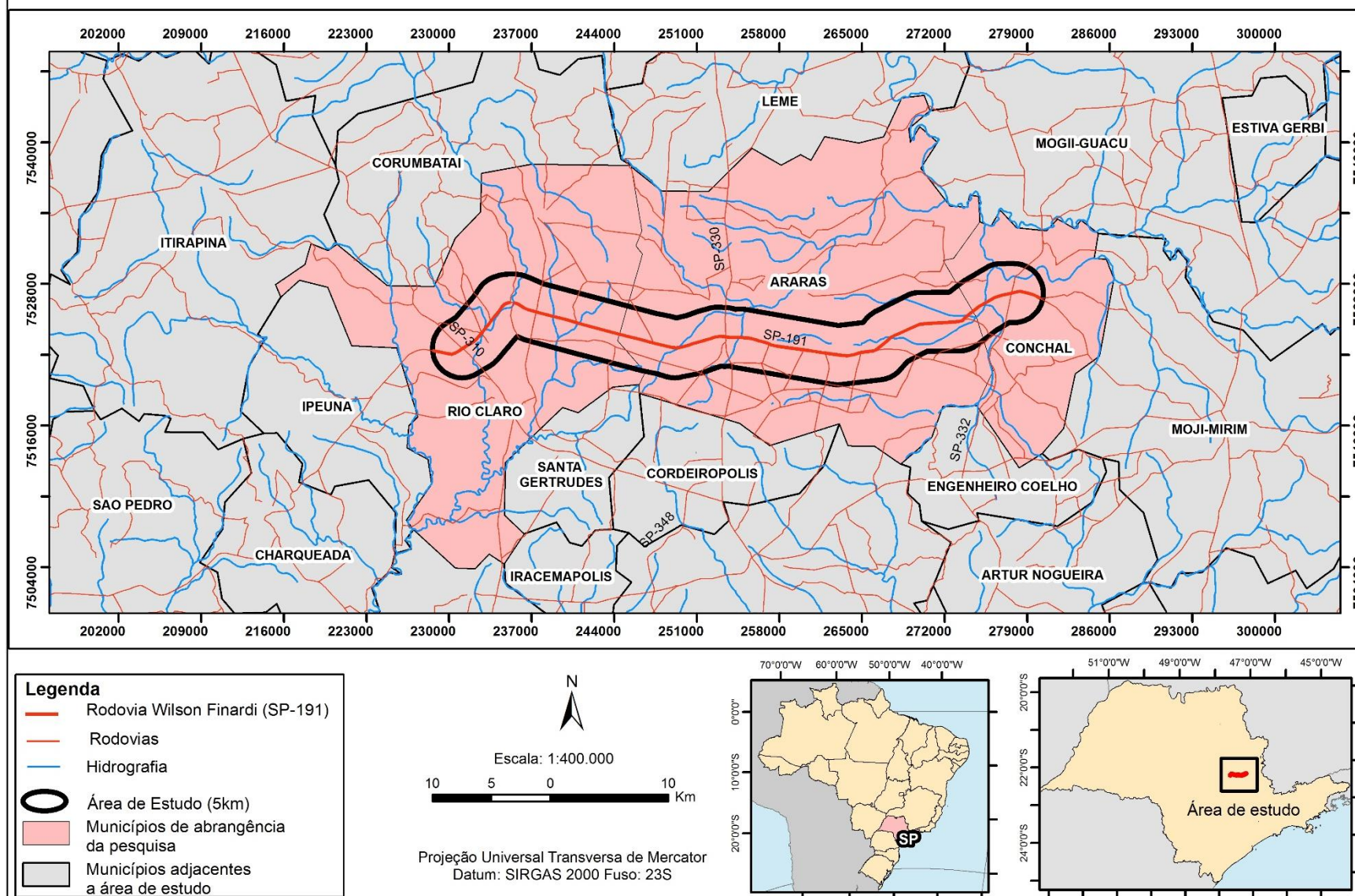
De acordo com o Programa de Gerenciamento de Risco / Programa de Ações Emergenciais (PGR/PAE) da rodovia a malha rodoviária da concessionária Intervias, pertencente ao grupo Arteris da qual a rodovia Wilson Finardi (SP-191) faz parte possui um predomínio do transporte de líquidos inflamáveis (etanol, óleo diesel e gasolina), além disso a rodovia Wilson Finardi (SP-191) apresenta 5 pontos de captação de água, sendo quatro pontos no município de Conchal e um em Araras.

A rodovia Wilson Finardi (SP-191), trecho Mogi-Mirim – Rio Claro foi implantada em 1975 com uma única pista, duas faixas de rolamento, uma em cada sentido. Possui uma extensão de 71,32km de extensão, sendo atualmente pista simples em todo o percurso, entretanto o trecho entre Rio Claro e Araras se encontra em processo de autorização para duplicação na CETESB. Essa rodovia interliga a SP-147 (Monsenhor Clodoaldo de Paiva do km 041+360 ao 060+700, Engenheiro João Tosello do km 062+450 ao 106+320 e Deputado Laércio Corte do km 111+748 ao 143+000) com a Washington Luís SP-310 e Anhanguera SP-330, constituindo-se num importante eixo rodoviário, servindo as cidades Mogi Mirim, Conchal, Araras e Rio Claro.

O trecho em estudo nesse trabalho localiza-se na região nordeste do estado de São Paulo, pertencente a Região Administrativa de Campinas, e corresponde a uma área de 51 km, iniciando-se aproximadamente no quilômetro 20, e com término aproximadamente no quilômetro 80. O trecho da rodovia se localiza entre as coordenadas latitude 22°22'56" e 22°20'47" sul e longitude 47°36'41" e 47° 9'31" oeste e perpassa os municípios de Rio Claro, Araras e Conchal. A Figura 13 apresenta a localização da área de estudo, com relação aos municípios de abrangência e no Estado de São Paulo.

Figura 13: Localização da área de Estudo

Inserção da área de estudo no contexto estadual e nacional



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 Contexto Geológico Regional

A área se insere no flanco nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, constituída por coberturas da era Paleozoica das formações Itararé e Tatuí, datadas do Carbonífero e Permiano Inferior, e pelas formações Irati e Corumbataí, pertencentes também do Permiano Inferior, presente na área há também se encontram as seguintes formações da Era Mesozoica: Formação Piramboia (Triássico) e rochas básicas da Formação Serra Geral (Cretáceo), além disso apresentam-se também coberturas recentes do Cenozoico, representados pelas formações Rio Claro e Pirassununga (Quaternário) e por Depósitos Aluvionares ao longo das drenagens mais representativas

A Formação Itararé (PCi) corresponde à unidade mais complexa e variável da área, composta por arenitos de granulação bastante variáveis, tendo predominância a variação média a grossa (SOARES, 1972), Além disso apresenta pacotes expressivos de diamictitos e sedimentos pelíticos, no qual podem ser encontrados siltitos, folhelhos e ritmitos, podendo ser encontrado ainda seixos e blocos erráticos ao longo de sua espacialização (CABRAL JR; SOARES, 1980).

A Formação Tatuí (Pt) é constituída por siltitos e lamitos de coloração verde, creme e chocolate, maciços e bioturbados, e se constitui numa sequência eminentemente pelítica. Em menores quantidades podem ser observados arenitos, conglomerados e calcários (ZAINÉ 1994).

A Formação Irati (Pi) é dividida em dois membros:

- Membro Taquaral: é a sequência Basal constituída por folhelhos cinza-escuros e cinza-claros e siltitos de cinza.
- Membro Assistência: é a sequência superior, constituída por folhelhos cinza escuros a pretos, que são pirobetuminosos, geralmente associados a calcários dolomíticos.
- A Formação Corumbataí (Pc) é constituída por argilitos, folhelhos e siltitos com coloração cinza-escura a preta, apresentam fraturas conchoidais e concreções calcíferas, apresenta ainda um conjunto de argilitos e folhelhos cinza-escuros, com ocasionais leitos de calcário silicificados, além de níveis coquinoídes em sua seção inferior e uma sequência de argilitos e arenitos finos, argilosos, esverdeados, arroxeados e avermelhados em sua seção superior (PERROTA et al., 2005).

- A espessura dessa formação, em áreas de afloração rochosa é em torno de 130 m e vai se atenuando em direção norte, não ultrapassando dos 60m próximo a Leme e Pirassununga. (ZAINE, 1994).

A Formação Serra Geral e a Formação Piramboia são pertencentes ao grupo São Bento.

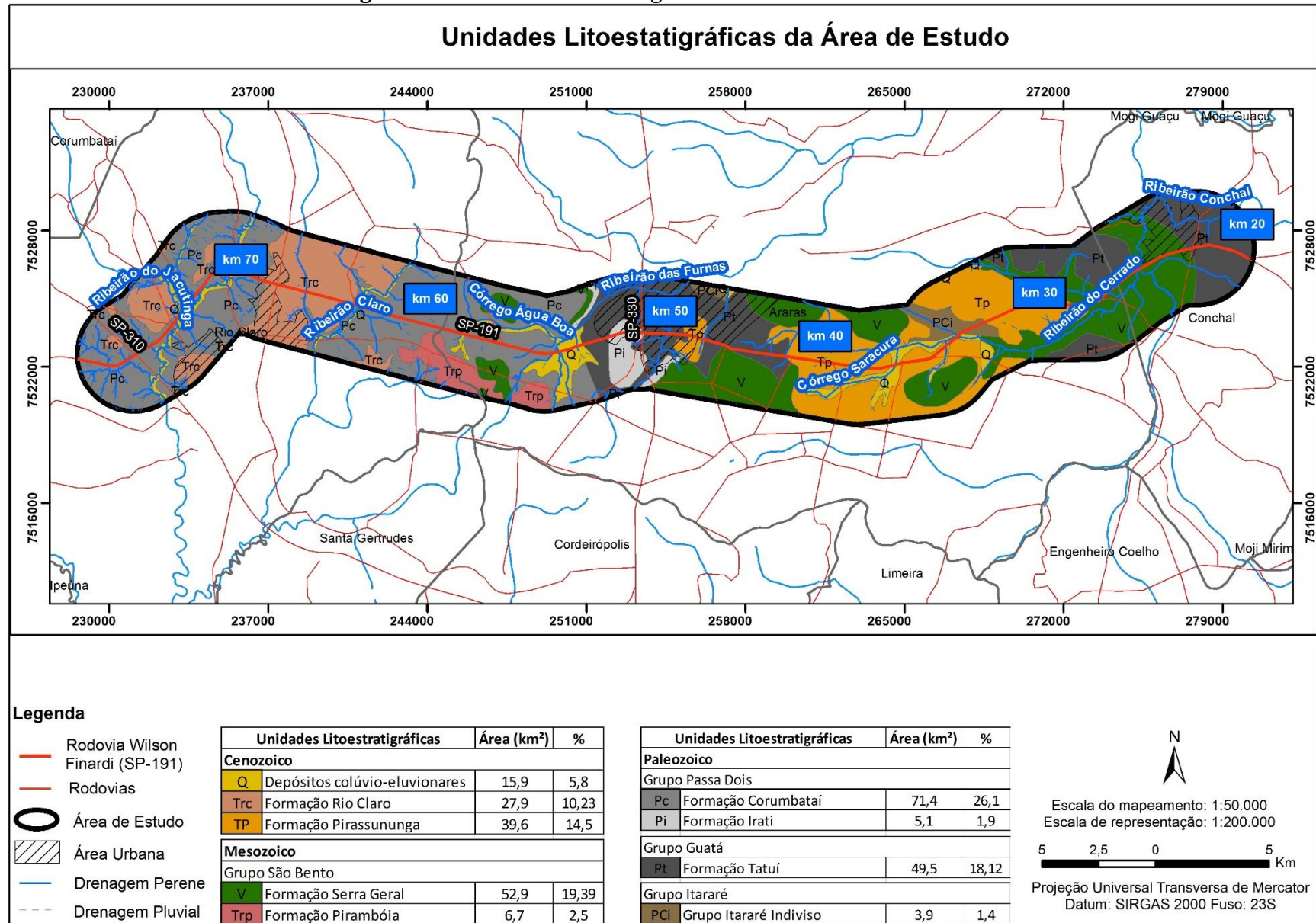
A Formação Piramboia (Trp) é composta por espessos corpos de arenitos enbranquiçados, amarelos e avermelhados, sua granulometria varia de fina a média, intercalando argilitos e siltitos e localmente pode apresentar conglomerados. (ZAINE, 1994). Enquanto a Formação Serra Geral apresenta uma sequência de rochas vulcânicas, compostas predominantemente por basaltos e diabásios (ZAINE, 1994; PERROTA et al, 2005).

As formações Rio Claro e Pirassununga são descritas por Zaine (1994) como correlacionadas. A Formação Rio Claro (Trc) é constituída por arenitos, arenitos conglomeráticos, arenitos argilosos e argilitos intercalados e podem ser separados em quatro fácies: depósitos de lamitos com clastos centimétricos imaturos e laminação ausente ou incipiente; depósitos de cascalhos associados com areias com estratificação acanalada ou tabular; depósitos de areia com estratificação plano-paralela e cruzada acanalada e com intercalações de argila; e depósitos argilosos e silto-argilosos, com laminação distinta e indistinta e conteúdo fossilífero (PERROTA et al., 2005).

Os Depósitos Aluvionares (Q) se constituem de depósitos nas margens, nas planícies de inundação e em fundos de canais dos rios, nesta formação podem-se encontrar areias, cascalheiras, siltes, argila e, pontualmente turfas que são geradas a partir de processos erosivos, transporte e deposição de diferentes fontes, dependendo do contato local entre os depósitos aluvionares e outras formações geológicas. Os depósitos aluvionares se desenvolvem sobre a Província Paraná, mas podem ser encontrados também nas províncias limítrofes, também devido à erosão, transporte e sedimentação (PERROTA et al., 2005).

A Figura 14 apresenta a espacialização das unidades Litoestatigráficas presentes na área de estudo, bem como o quantitativo de cada área em relação a área total.

Figura 14: Unidades Litoestratigráficas da Área de Estudo



Fonte: IG, 1980; IG, 1987; UNESP/DAEE, 1982.

4.2 Relevo da área de estudo

4.2.1 Caracterização Regional

De acordo com Ross e Moroz (1996), a área de estudo está inserida na Unidade Morfoestrutural correspondente à Bacia Sedimentar do Paraná, onde está inserida a Unidade Morfoescultural Depressão Periférica Paulista, abarcando as zonas do Médio-Tietê e do Moji Guaçu. A Figura 15 apresenta um esboço das unidades morfoesculturais presentes na área de estudo.

A Depressão Periférica Paulista ocupa cerca de 50% da área total do Estado de São Paulo, e está localizada quase inteiramente em sedimentos Paleo-mesozoicos da bacia. O modelado dessa área é bastante diverso, por conta da variação litológica proveniente da influência da tectônica e dos graus de atuação de processos morfodinâmicos de diversos ambientes paleoclimáticos. (ROSS e MOROZ, 1996; ZAINE, 2005)

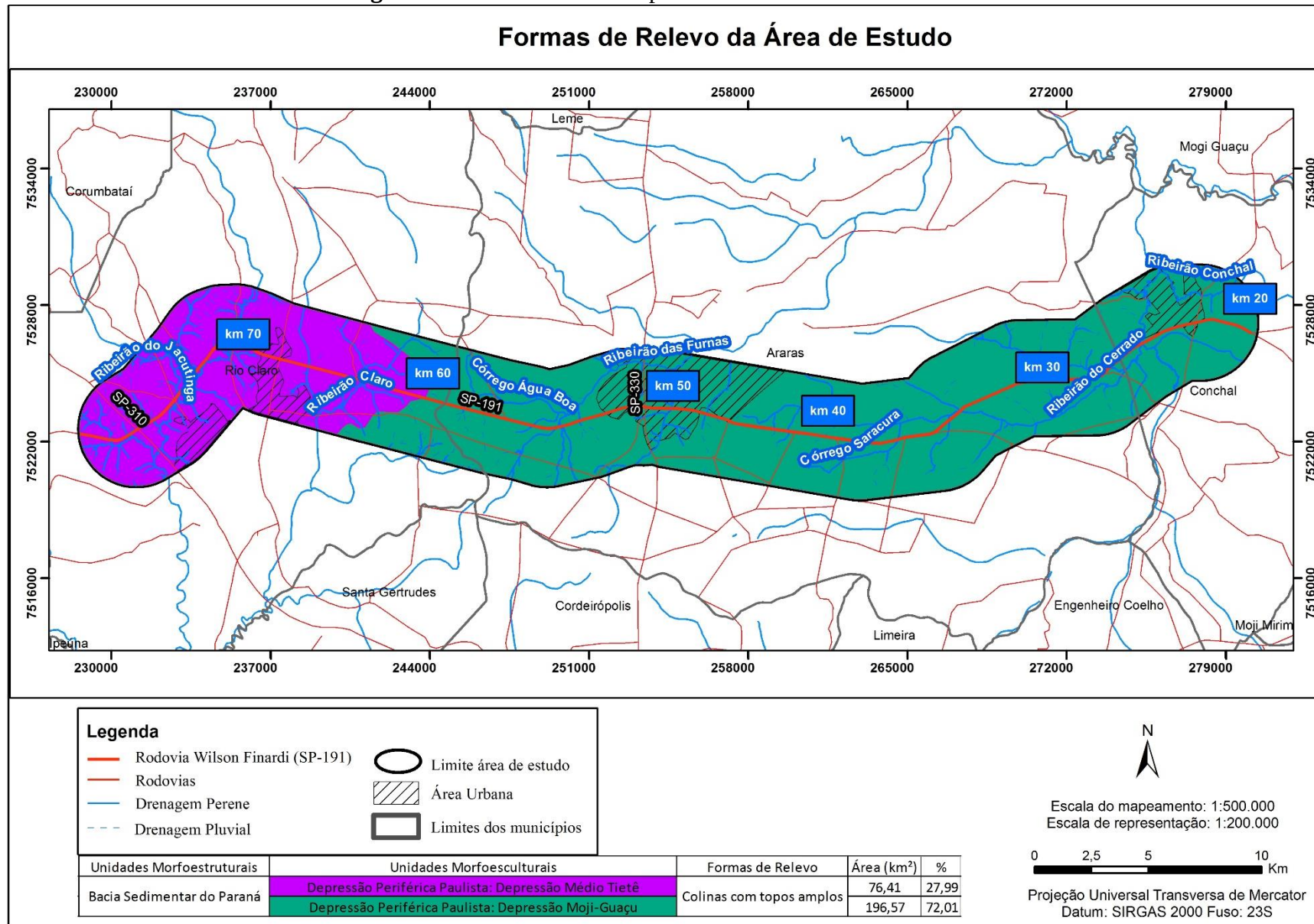
O relevo é, em essência, levemente ondulado havendo predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplainados. Com altitudes variando entre 600 e 750m, as colinas são tabuliformes, interflúvios extensos e aplainados, sem divisor de águas ou linha de cumeada definida, as vertentes apresentam perfis retílineos e convexos, com baixa densidade de drenagem (PENTEADO, 1971 apud ZAINE, 1994; ZAINE, PENTEADO-ORELLANA, 1994).

Almeida (1974) destaca na área a presença de campos extremamente uniformes, de vales amplos e poucos profundos, os quais, abrigam cursos d'água com pequenas margens de planícies aluviais arenosas e terraços.

4.2.2 Caracterização Local

Cerca de 70% da área de estudo está inserida na zona do Moji Guaçu e o restante está inserida na zona do Médio-Tietê, a partir de fotointerpretação e por constatação em expedições a campo, observa-se que a região do Médio-Tietê apresenta um relevo mais movimentado e com maior densidade de drenagem em comparação à unidade de Moji-Guaçu.

Figura 15: Formas de Relevo presentes na área de estudo



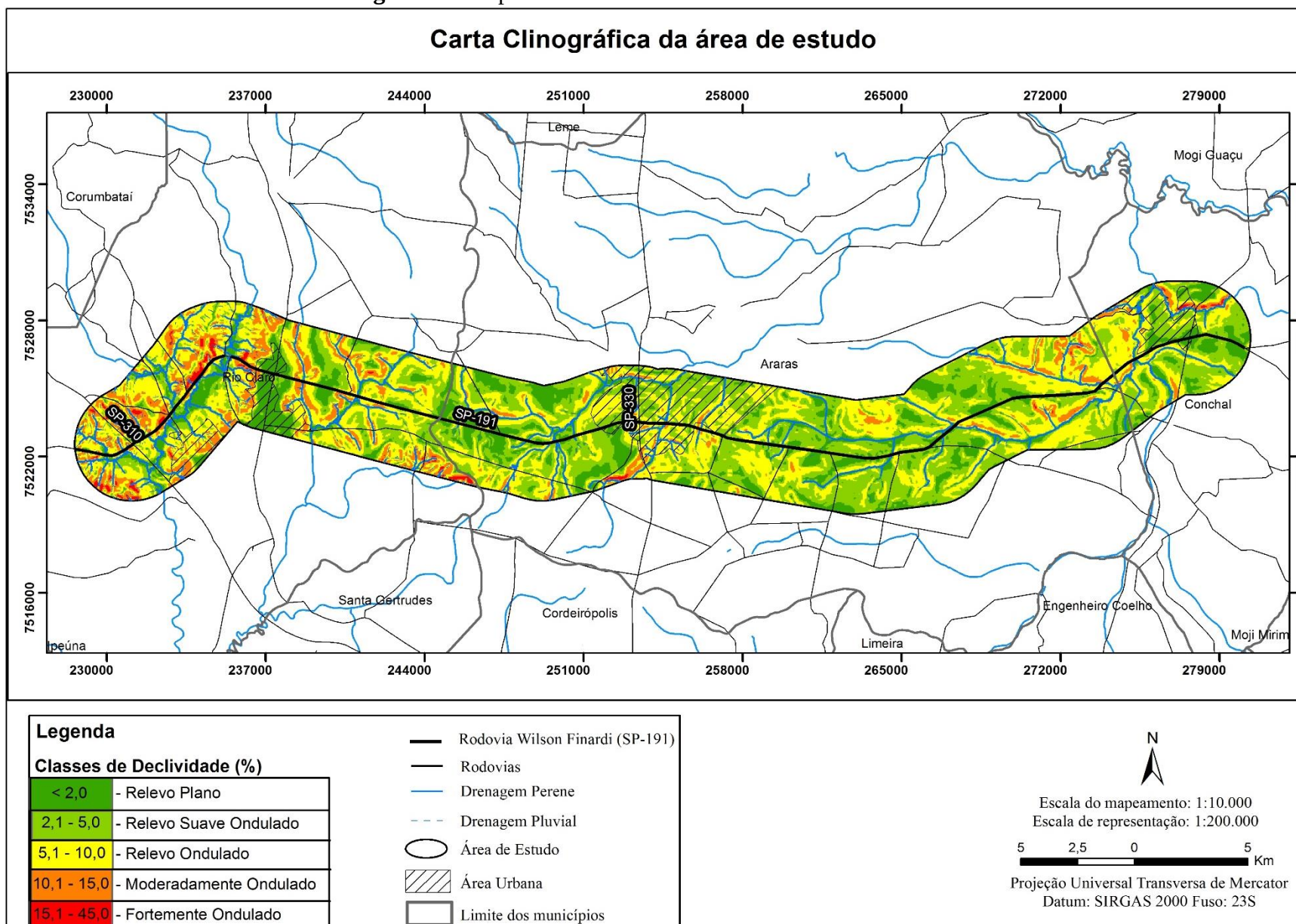
Fonte: Extraído de IPT, 1997

Os mapas de declividade e hipsometria auxiliam no entendimento do relevo da área de estudo em uma escala local de maior detalhe, quando comparados com o mapa de geomorfologia do IPT, já que o mapeamento se deu na escala de 1:10.000.

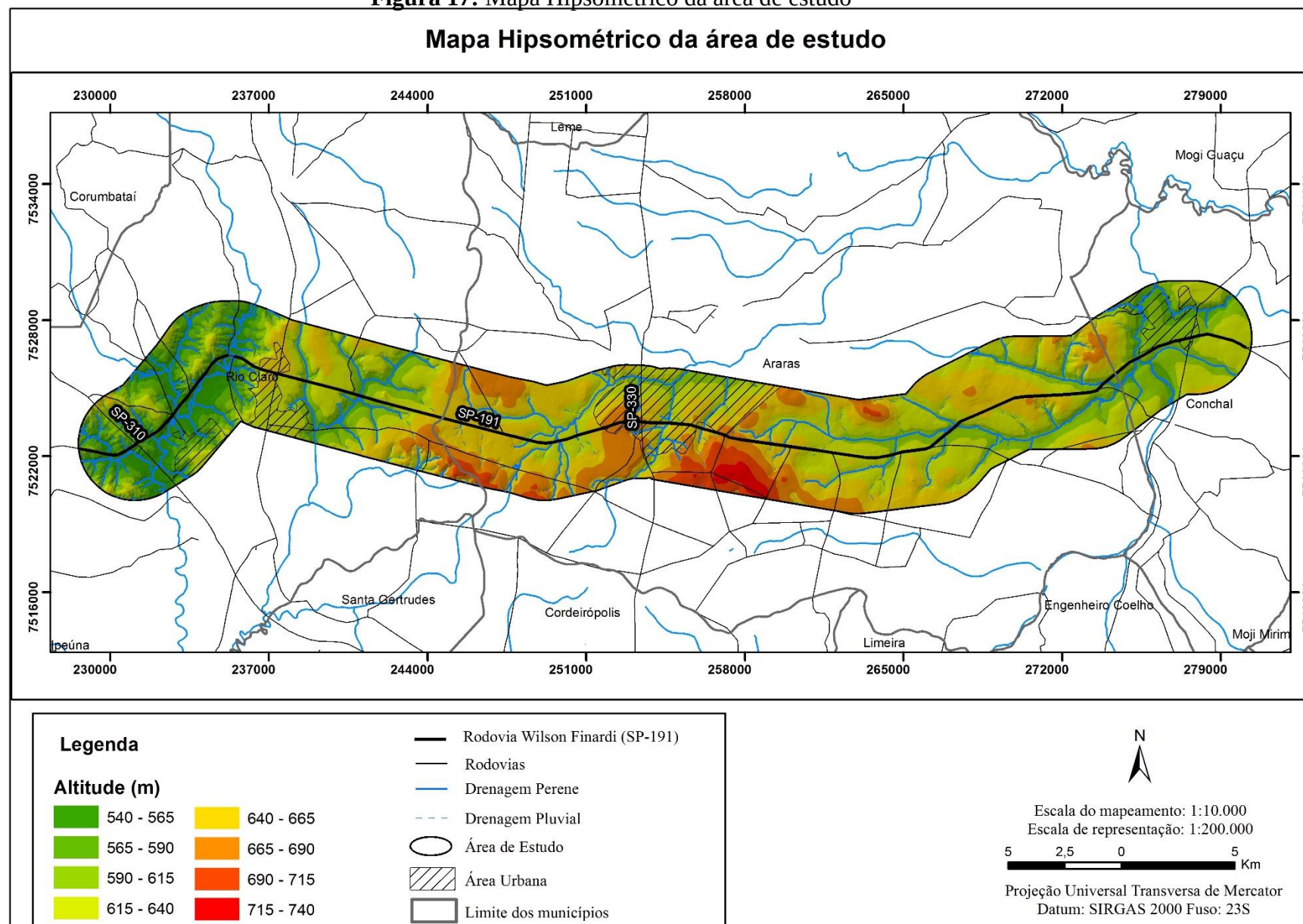
Na Figura 16 observa-se que as maiores declividades estão associadas com a modelagem do relevo ocorrida pelos canais de drenagem, estes valores encontram-se na região oeste da área de estudo, na Depressão Médio Tietê e menores na área inserida dentro da Depressão Mogi-Guaçu, a associação entre as classes de declividade e modelagem do relevo é baseada em Lepsch (1983).

Na Figura 17 estão detalhadas as classes hipsométricas da área de estudo. O mapa hipsométrico foi dividido em 8 classes, com intervalo de 25m definidos a partir da cota das curvas de nível e dos pontos cotados em relação ao nível do mar. Os maiores valores de hipsometria se concentram na região central da área de estudo, com ênfase na região centro-sul.

Figura 16: Mapa de Declividade da área de estudo



Fonte: Elaborado a partir das cartas topográficas em escala 1:10.000 - IGC, 1979.

Figura 17: Mapa Hipsométrico da área de estudo

Fonte: Elaborado a partir das cartas topográficas em escala 1:10.000 - IGC, 1979

4.3 Solos da área de estudo

A área de estudo apresenta 71,4% de sua área recoberta por latossolos, as variações encontradas nessa área são de Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho Distrófico e Latossolo Vermelho Distroférico. Os argissolos presentes na área são representados pela categoria Argissolo Vermelho-Amarelo recobrindo uma extensão de 26,4% da área de estudo, também são encontrados manchas de Neossolos, associada com as grandes drenagens da área de estudo (OLIVEIRA et al, 1981).

Os argissolos são formados predominantemente por compostos inorgânicos em diferentes estágios de intemperismo, com horizonte B textural abaixo do horizonte A ou E. O horizonte textural B apresenta-se como um horizonte mineral com aumento significativo de argila quando em comparação ao horizonte A ou E, apresenta também cerosidade e textura arenosa com presença de estrutura em blocos, possuem argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixas e podem apresentar caráter alítico no horizonte B. (EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

De acordo com Oliveira et al (1979) os Argissolos Vermelho Amarelo da área de estudo são pertencentes as seguintes unidades:

- PV-1: Unidade Alva – Argissolo Vermelho Amarelo abrupto, A moderado, espesso, textura média, relevo ondulado ou forte ondulado.
- PV-2: Unidade Usina – Argissolo Vermelho Amarelo álico, A moderado, relevo suave ondulado.
- PV-3: Unidade Holambra – Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, A moderado ou proeminente, textura média.
- PV-5: Unidade Palmeiras – Argissolo Vermelho Amarelo, A moderado, textura média ou argilosa, relevo ondulado.

Os latossolos são caracterizados como solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico, ou seja, é constituído por material mineral em avançado estágio de intemperismo e pouco teor de argila quando em comparação ao horizonte A. O horizonte B se encontra abaixo de qualquer um dos horizontes superficiais com exceção do hístico, sua evolução se dá por conta das diversas transformações do material constitutivo. (EMBRAPA, 2006)

As unidades de latossolo presentes na área de estudo estão sucintamente descritas a seguir, com base em Oliveira et al (1979):

Latossolo Vermelho-Amarelo

- LV-2: Unidade Speculaas – Latossolo Vermelho Amarelo álico, A proeminente, textura média, relevo aplainado a suave ondulado, solo ferrático fortemente dessaturado em B.
- LV-3: Unidade Laranja Azeda – Latossolo Vermelho Amarelo álico, A moderado, textura média, relevo suave ondulado, solo ferralítico fortemente dessaturado em B.
- LV-4: Unidade Bela Aliança – Latossolo Vermelho Amarelo álico, A moderado, textura média, relevo suave ondulado, solo ferralítico fortemente dessaturado em B.
- LV-5: Unidade Mato Dentro – Latossolo Vermelho Amarelo álico, A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado, solo ferralítico fortemente dessaturado em B.

Latossolo Vermelho Distrófico

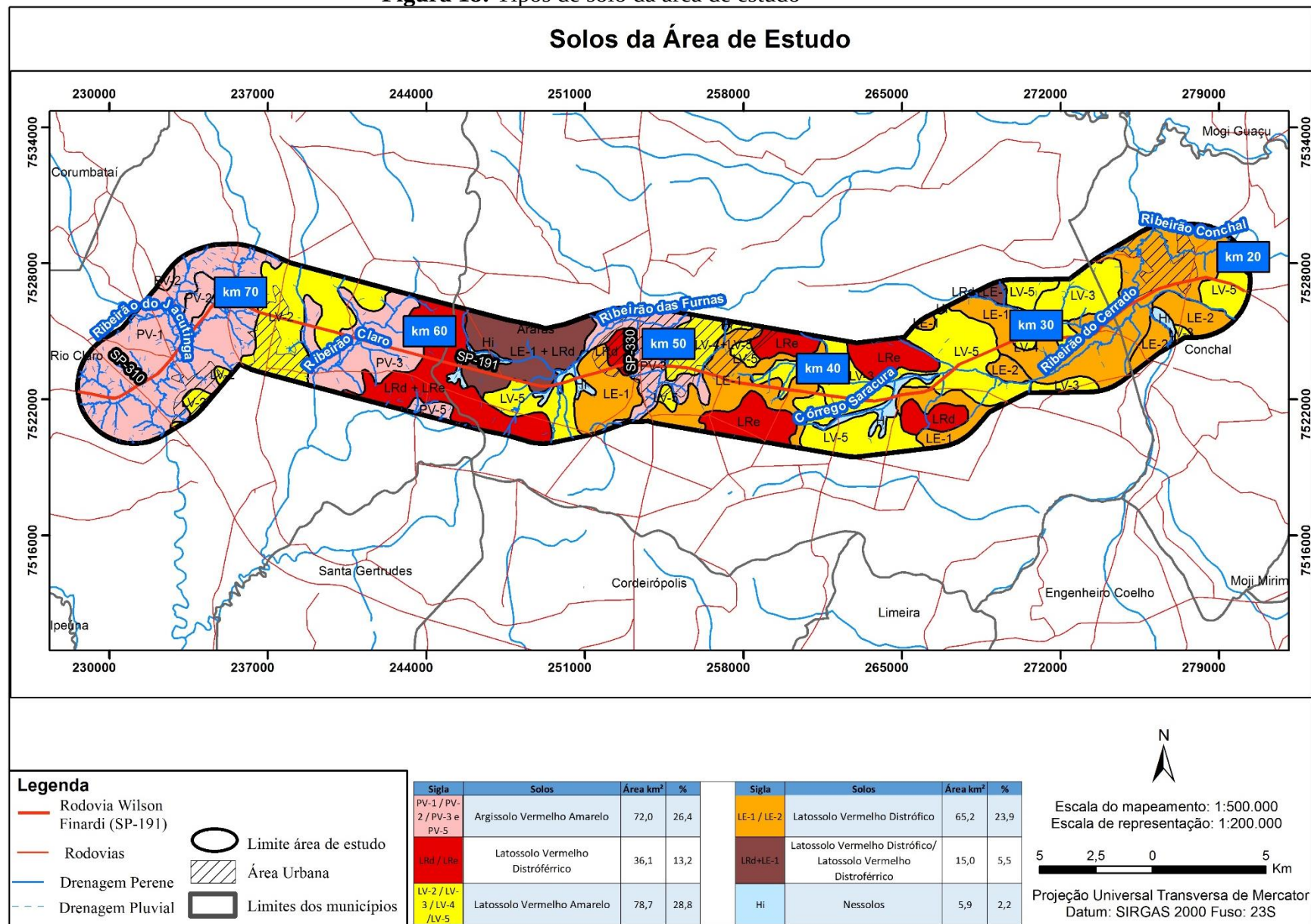
- LE-1: Unidade Limeira – Latossolo Vermelho Distróficosálico, A moderado, textura argilosa, relevo aplainado ou suave ondulado, solos fortemente dessaturados
- LE-2: Unidade Santo Antônio – Latossolo Vermelho Distróficosálico, A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado a aplainado, solo ferrático fortemente dessaturado em B.

Latossolos Vermelhos Distroféricos

- LRe: Unidade Ribeirão Preto – Latossolo Vermelho Distroférico Eutrófico, A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado, solos ferralíticos fracamente dessaturados em B.
- LRd: Unidade Barão Geraldo – Latossolo Vermelho Distroférico Distrófico, A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado

Os neossolos compreendem uma associação de solos com a maior variação morfológica e química, por conta de sua pequena expressão espacial e escala de mapeamento, entretanto o ponto comum entre esses solos é o fato de apresentarem fenômenos de hidromorfismo a profundidades inferiores a 120cm. Apresenta estrutura granular moderada ou forte nos solos com cobertura vegetal original e fraca ou moderada em solos com cultivo. A textura mais comum é a granulosa. Geralmente apresenta horizonte A moderado, podendo ocorrer também em menor quantidade horizonte A proeminente (OLIVEIRA et al, 1979). A Figura 18 espacializa a distribuição dos solos presentes na área de estudo.

Figura 18: Tipos de solo da área de estudo



Fonte: OLIVEIRA, J.B et al, SF-23-Y-A-1 e SF-23-Y-A-2, 1981.

4.4 Clima

Á área de estudo apresenta de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger duas classificações Cwa e Cwb.

A classificação Cwa corresponde a um clima subtropical quente e úmido com inverno seco. As temperaturas são quentes no verão (acima de 22°C) e abaixo de 18°C no mês mais frio. A classificação Cwb representa um clima subtropical temperado úmido, com inverno seco e temperaturas abaixo de 22°C no mês mais quente, ou seja, apresenta temperaturas mais amenas no verão quando comparados com o clima Cwa e no mês mais frio também é abaixo de 18°C (SETZER, 1966; MONTEIRO, 1973).

Com relação aos valores de precipitação a área de estudo tem um total anual de chuvas em torno de 1300mm. Em Janeiro, mês mais chuvoso, a pluviosidade fica em torno de 250mm, e no mês mais seco em torno de 20mm. A temperatura média anual é cerca de 20°C e no mês mais frio aproximadamente 16°C de média (SETZER, 1966).

4.5 Hidrografia

4.5.1 Águas Superficiais

Com base nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo a área de estudo está inserida nas UGRHI 5 (Piracicaba, Capivari e Jundiá - PCJ) e UGRHI 9 (Mogi-Guaçu), a rodovia em estudo perpassa diversas drenagens, com maior densidade de drenagens na extremidade oeste pertencente a bacia do PCJ, com drenagens pertencentes a bacia do rio Corumbataí, bem como o próprio Rio Corumbataí.

Segundo Almeida (1964), o rio Corumbataí surgiu após uma evolução geomórfica ocasionada na região, pois é o único rio da Depressão Periférica que percorre 100 km no sentido de norte a sul. Apresenta como principais afluentes os rios Passa Cinco, Ribeirão Claro e Córrego da Servidão. A bacia do rio Corumbataí tem uma área total em torno de 170 mil ha, o rio Corumbataí tem uma extensão em torno de 120km, com suas nascentes pertencentes ao município de Analândia - SP e desaguando em Piracicaba – SP (RIBEIRO, 2017).

O restante da área de estudo está inserida na Bacia do Mogi Guaçu, que possui uma área de 13.061 km², e apresenta cinco sub-bacias, sendo que a área de estudo está englobada na sub-bacia do Alto Mogi (SIGRH, 2015), tendo como principais drenagens na área o Ribeirão Claro, o Córrego Água Boa, o Córrego Saracura, o Ribeirão das Furnas, o Ribeirão do Cerrado, o Ribeirão do Ferraz e o Ribeirão do Conchal afluentes do Rio Mogi Guaçu

(IGC, 2014). A rede hidrográfica da área de estudo pode ser observada na Figura 19, dentro da área de estudo o mapeamento foi realizado em escala 1:10.000 e fora em escala 1:50.000.

4.5.2 Águas Subterrâneas

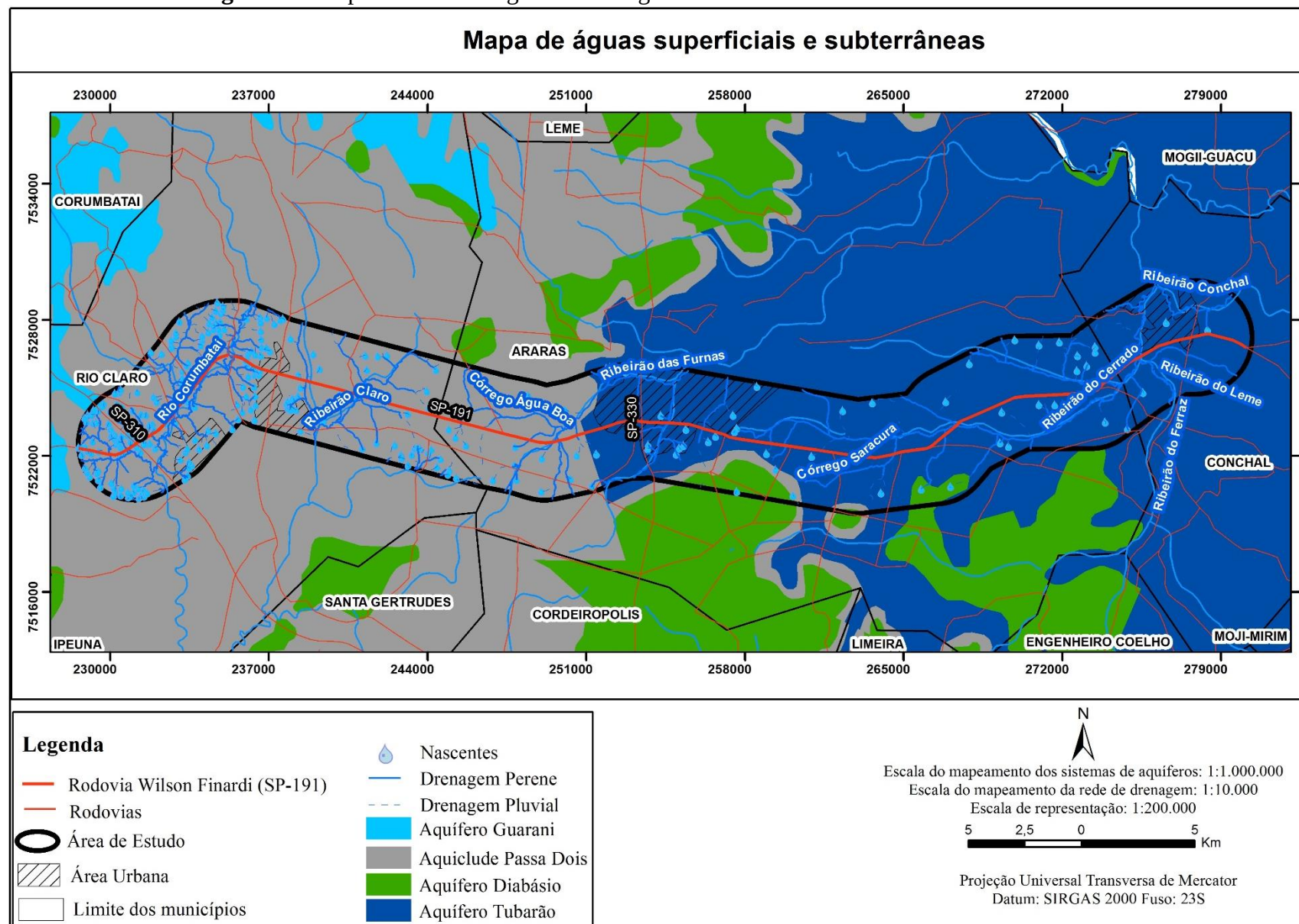
De acordo com o Instituto Geológico de São Paulo (2007) na área de estudo há a ocorrência de três aquíferos: Aquífero Tubarão, Aquífero Diabásio, Aquiclude Passa Dois.

O Aquífero Tubarão é um aquífero confinado de origem sedimentar com extensão regional, apresenta sedimentos cortados por intrusões de diabásio que interrompem sua continuidade e é recoberto em algumas áreas por sedimentos Cenozoicos. Estes sedimentos tem origem da deposição de ambientes glacial, continental e marinho. As litologias encontradas, são siltitos, argilitos, folhelos, diamictitos arenitos muito finos e conglomeráticos e ritmitos que ocorrem como camadas com diferentes espessuras, intercaladas e descontínuas e baixa permeabilidade. Por sua grande variação faciológica, apresenta uma baixa transmissividade e, algumas áreas, como em Araras, são mais produtivas (IRITANI; EZAKI, 2009; ROCHA et al., 2006; URSULINO, 1998).

De acordo com Iritani e Ezaki (2009), o Aquiclude Passa Dois é uma unidade hidrogeológica sedimentar de extensão regional que separa os aquíferos Guarani e Tubarão. Devido as suas características litológicas, assume regionalmente característica de aquiclude, entretanto localmente pode apresentar zonas com bancos de calcário e rochas lamíticas fissuradas (URSULINO, 1998), é formado por sedimentos depositados em ambiente marinho e suas litologias são predominantemente de folhelhos, siltitos, argilitos, calcários e dolomitos que ocorrem como camadas com diferentes espessuras, ocasionalmente, ritmicamente intercaladas.

O aquífero Diabásio associa-se aos sistemas de fraturamento existentes em corpos de diabásio possui extensão restrita, ocorrendo manchas em meio aos aquíferos Tubarão e Guarani e no Aquiclude Passa Dois (URSULINO, 1998). De acordo com Iritaki e Ezaki (2009) é constituído por rochas ígneas, geradas a partir do resfriamento e solidificação do magma em subsuperfície. A circulação e armazenamento da água subterrânea estão condicionados à ocorrência de fraturas geradas por esforços tectônicos decorrentes da movimentação da crosta terrestre. Sua produtividade é baixa e bastante variável e aflora em Limeira, Cordeirópolis e Araras. As informações apresentadas acerca das águas subterrâneas e superficiais podem ser observadas na Figura 19.

Figura 19: Mapa da rede hidrográfica e de águas subterrâneas da área de estudo



Fonte: IGC, 1979; IG, 2007.

4.6 Caracterização do Meio Biótico

4.6.1 Vegetação

A vegetação nativa, de acordo com Kronka (2005), corresponde à Floresta Estacional Semidecidual e Savana. A floresta Estacional Semidecidual caracteriza-se por sua dupla estacionalidade climática, com clima tropical composto por intensas chuvas de verão, seguidos por estiagens acentuadas e outro clima subtropical sem período seco, com temperaturas médias inferiores a 15°C.

A savana por sua vez, corresponde a uma vegetação típica de Cerrado, com vegetação arbórea e arbustiva de até 6 metros de altura, as folhas são espessas e os caules tortuosos recobertos por uma casca espessa. Encontra-se principalmente nas regiões planas, com períodos secos e solos pobres em nutrientes (KRONKA, 2005).

A área de vegetação no FEENA, localizado ao sul da SP-191, no município de Rio Claro, faz parte da Área de antigos plantios homogêneos de *Eucalyptus sp.* e outras essências arbóreas nativas e exóticas, com ocorrência de vegetação nativa caracterizada como regeneração natural, sem um bioma padrão bem definido. Não está inclusa em inventários e mapas de vegetação, pois não foi deliberadamente destinada qualquer área com a finalidade de preservação de vegetação nativa ou em recuperação espontânea (REIS et al., 2005).

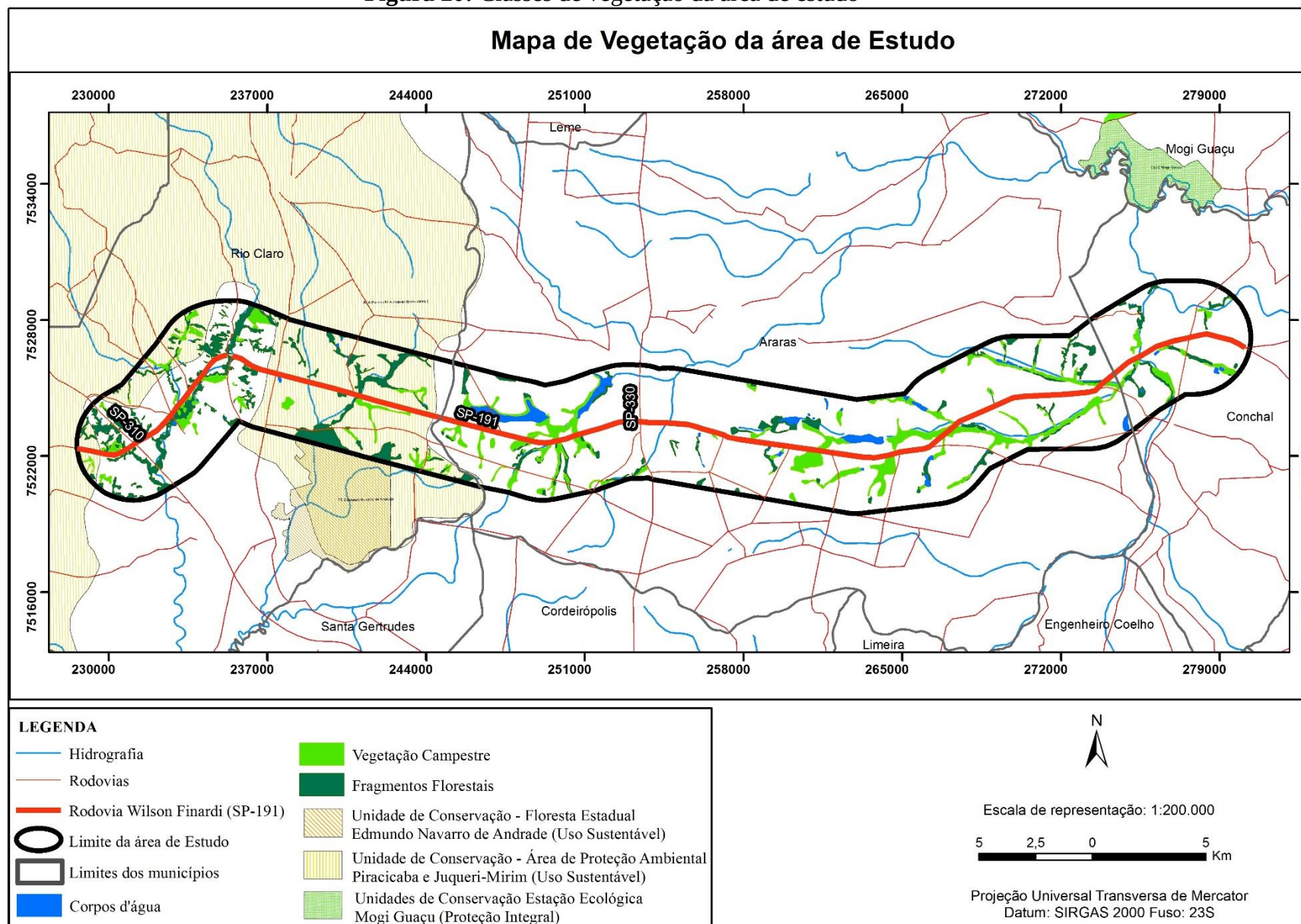
A Tabela 2 apresenta as classes de cobertura vegetal presentes nos municípios de abrangência da pesquisa, não levando em consideração as áreas de reflorestamento. Pode-se observar que o município que mais apresenta vegetação é Araras e ainda assim a mesma se encontra abaixo de 5% da área total do município, ao analisar Rio Claro observa-se que a vegetação ocupa menos de 4% da área do município e em Conchal cerca de 2%. A distribuição da vegetação na área de estudo se encontra na Figura 20.

Tabela 2: Classes de cobertura vegetal presentes nos municípios de abrangência da área de estudo

Cobertura Vegetal	Araras		Conchal		Rio Claro	
	Área (ha)	%*	Área (ha)	%*	Área (ha)	%*
Mata	1.574,08	2,58	288,93	1,36	196,47	0,38
Capoeira	957,64	1,57	124,64	0,59	1.686,73	3,24
Vegetação de várzea	412,9	0,68	12,47	0,06	30,93	0,06
Vegetação não classificada	1,93	0,01	23,46	0,11	15,06	0,03
Vegetação Total	1.946,55	4,83	449,5	2,12	1.929,19	3,7
* Em relação a área do município						

Fonte: Inventário Florestal Paulista, 2005.

Figura 20: Classes de vegetação da área de estudo



Fonte: Inventário Florestal, 2005

4.6.2 Unidades de Conservação

As Unidades de Conservação se dividem em dois grupos com características especiais (Lei nº 9.985 de 18/07/00):

I – Unidades de Proteção Integral;

II – Unidades de Uso Sustentável.

O objetivo das Unidades de Conservação de Proteção Integral é a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais. O objetivo das Unidades de Conservação de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com uso sustentável de parcelas dos seus recursos naturais. Dentre as Unidades de Proteção Integral encontram-se: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Nacional; Refúgio de Vida Silvestre, cada categoria desse grupo possui seus objetivos de proteção ambiental específico. No grupo das Unidades de Uso Sustentável estão: Área de Proteção Ambiental (APA); Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural, essas áreas são constituídas de terras públicas ou provadas e também possuem objetivos de preservação e controle ambiental.

Na área de estudo foram identificadas duas UCs, sendo a Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade e a Área de Proteção Ambiental (APA) Piracicaba e Juqueri-Mirim (Figura 20).

Quadro 17: Unidades de Conservação presentes na área de estudo

Unidades de Conservação	Categoria	Tamanho km²	Objetivo	Plano de Manejo	Ato Legal	Bioma Declarado	Esfera Administrativa
Área de Proteção Ambiental Piracicaba e Juqueri-Mirim	Uso Sustentável	1.135,94	A área de Proteção Ambiental tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (art. 15 do SNUC). Objetivo de proteger as cabeceiras do Rio Juqueri-Mirim para o abastecimento	Não	Decreto nº 26.882/1987; Lei nº 7.438/1991	Mata Atlântica	Estadual
Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade	Uso Sustentável	22,2165	Tem a finalidade de proteger, conservar e manejar de forma sustentável todo o complexo florestal, ambiental e cultural ali existente, desde espécies vegetais, animais, cursos d'água, o Museu do Eucalipto e demais elementos dos componentes do acervo da Área	Sim	Decreto nº 46.819/2002	Mata Atlântica	Estadual

Fonte: MMA, DataGeo, PM do FEENA.

4.6.3 Fauna

A Mata Atlântica estendia-se originalmente por cerca de 150 milhões de hectares, sendo uma das maiores florestas das Américas. Suas características geográficas e a grande extensão latitudinal favorecem uma alta biodiversidade (METZGER, 2009) e um grande número de espécies endêmicas. Dados atuais registram para este bioma mais de 260 espécies mamíferos, 688 espécies de aves, 200 espécies de répteis e 280 espécies de anfíbios. Em função de alterações drásticas em sua vegetação nativa, a maioria dos remanescentes de Mata Atlântica é encontrada na forma de pequenos fragmentos, altamente perturbados e isolados (RIBEIRO et al. 2009).

4.6.3.1 Mastofauna

Os mamíferos (Classe Mammalia) formam um grupo altamente diverso, podendo diferir na forma, tamanho, cor, comportamento, hábitos alimentares e de vida. Atuam nos mais diversos e complexos processos ecossistêmicos, como a dispersão, a polinização e o controle populacional de espécies silvestres e/ou exóticas (RIBEIRO et al. 2009). São reconhecidos atualmente por volta de 652 espécies de mamíferos no Brasil, sendo que, destas, 287 são pequenos mamíferos não-voadores (marsupiais e pequenos roedores), 164 são morcegos, 158 são mamíferos terrestres de maior porte (acima de 1kg) e 43 são mamíferos aquáticos (REIS et al. 2011).

De acordo com a bibliografia foram encontradas 28 espécies de mamíferos pertencentes a 14 famílias de ocorrência provável nas proximidades da área de estudo (dada a grande área de habitat desses animais), tais dados foram obtidos a partir de quatro bibliografias, Chagas (1997) apresenta um levantamento da mastofauna do antigo Horto Florestal, hoje Floresta Estadual, Begotti (2008) faz um levantamento dos Mamíferos de Rio Claro, Briani et al. (2001) faz um levantamento dos mamíferos do município de Araras e Vieira et al. (2001) faz um registro do município de Araras e Conchal.

Todas as espécies são consideradas periantrópicas. Tal fato é esperado em ambientes florestais em áreas que se encontram alteradas pelo homem, como é o caso dos fragmentos da área de estudo. A descrição de cada mamífero se encontra no Anexo 3, apresentando as informações básicas em conjunto com o grau de ameaça a extinção.

4.6.3.2 Avifauna

Dentre os vertebrados, as aves se constituem como o grupo cuja taxonomia, distribuição e grau de ameaça são bem mais conhecidos. Estas características permitem a obtenção de dados consistentes em um período de tempo inferior ao necessário para outros grupos taxonômicos (STOTZ et al., 1996). Algumas espécies de aves apresentam grande fidelidade a determinados ambientes, desaparecendo quando seus habitats preferenciais são degradados (CHRISTIANSEN e PITTER, 1997). Outras espécies, mais generalistas, colonizam ou aumentam sua abundância em áreas perturbadas (RENJIFO, 2001). Assim sendo, as aves podem ser importantes indicadores da qualidade dos ambientes e constituem um grupo zoológico muito apropriado para caracterizações e monitoramentos ambientais.

O bioma Mata Atlântica, que originalmente ocupava a maior parte do Estado, abriga cerca de 680 espécies de aves, das quais 200 são endêmicas (STOTZ et al., 1996), isto é, não podem ser encontradas em outros biomas.

De acordo com o Processo CETESB nº 194/2016, referente a obra de duplicação da Rodovia Wilson Finardi (SP-191), foram registradas 381 espécies de aves com ocorrência para a área de estudo. Estas espécies estão listadas no Anexo 4.

Do total de espécies levantadas no estudo ambiental, 51% das espécies estão associadas a formações florestais, 35% (134) tem como habitat preferencial áreas abertas e 14% (59) são associadas a ambientes aquáticos. Quanto à sensibilidade a alterações ambientais, das 341 espécies, 73% (215) apresentam baixa sensibilidade a alterações, 39% (145) apresentam média sensibilidade e apenas 3,46% (13) das espécies tem alta sensibilidade a alterações em seus ambientes.

4.6.3.3 Herpetofauna

Anfíbios e répteis formam um grupo proeminente em quase todas as comunidades terrestres (SILVANO, 2003). Aproximadamente 405 espécies de anfíbios foram registradas para a Mata Atlântica (FROST, 2009). Para a região esse bioma estão registradas aproximadamente 197 espécies de répteis, o que corresponde a 31% das 641 espécies registradas em todo o país (HADDAD, 2017).

A importância dos répteis em um ecossistema está nas suas relações tróficas com os demais animais (BERNARDE; MACHADO, 2000). Grande parte das espécies de répteis se alimenta de pequenos vertebrados e invertebrados, demonstrando o importante papel ecológico destes animais (POUGH et al., 2003). Auxiliam no controle populacional de suas

presas e pragas locais servindo também como alimento para uma grande variedade de vertebrados (BERNARDE; MACHADO, 2000).

Os anfíbios são animais sensíveis às alterações do meio ambiente (BLAUSTEIN et al., 1994). Ações antrópicas como desmatamento, alterações nas condições da água e introdução de espécies podem afetar negativamente as populações de anfíbios, o que os torna bioindicadores de stress ambiental (VREDENBURG; WAKE, 2007). São importantes em suas teias alimentares devido a quantidade considerável de vertebrados e invertebrados que compõem sua dieta e se alimentam destes animais (LIMA et al., 2005; POMBAL JR., 2007), e dadas as suas características metabólicas (ectotérmicos), passam grande parte da energia que consomem aos níveis tróficos superiores (POUGH et al., 2003).

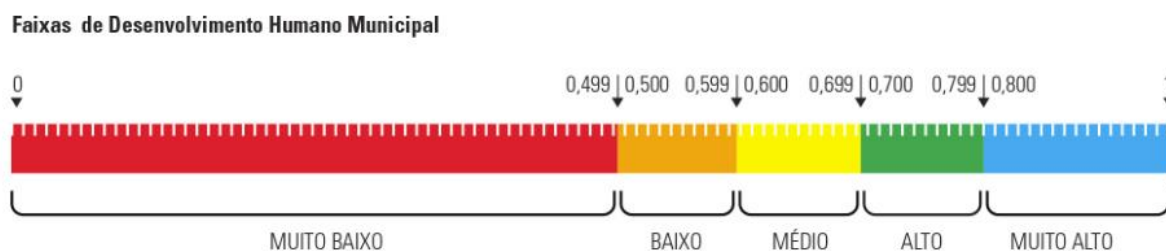
Para a elaboração dos dados secundários foram utilizadas quatro fontes, Zina et al., 2007, Toledo et al. 2003, Haddad et al., 2013 e EIA LT-Ambiens, 2014. De acordo com os dados secundários levantados, foram registradas 55 espécies de anfíbios, pertencentes a 7 famílias. Vale ressaltar que nenhuma das espécies apresentadas apresenta grau de ameaça preocupante. A descrição de cada indivíduo pode ser visualizada no Anexo 5.

4.7 Caracterização do Meio Socioeconômico

4.7.1 Situação Socioeconômica

Para caracterizar o meio socioeconômico foram extraídos dados de população, densidade demográfica e IDHM. A densidade demográfica consiste na medida dada entre o número de habitantes por quilômetro quadrado: hab./km², e se caracteriza como um importante conceito que permite inferir a proporção entre o número de habitantes e a amplitude territorial. (PNUD, 2014). Esses valores podem ser observados na Tabela 3.

O IDHM brasileiro analisa três dimensões (que são as mesmas do IDH Global), Longevidade, Educação e Renda, entretanto vai além dessa base metodológica, propondo adequações a metodologia global que enlacen essa análise com a realidade brasileira tendo como base a disponibilidade dos indicadores nacionais, ou seja, embora as dimensões analisadas sejam a mesma, essa adaptação é mais adequada para avaliar o desenvolvimento dos municípios brasileiros (PNUD, 2014). A Figura 21 apresenta uma escala de avaliação do IDHM de acordo com o valor obtido

Figura 21: Classificação por valor de IDHM

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano Municipal, 2014.

Na Tabela 3 se encontra a caracterização sucinta dos municípios da área de estudo.

Tabela 3: Caracterização Socioeconômica dos municípios de abrangência da pesquisa para o ano de 2016.

Município	População (2016)	Dens. Demográfica (2016) hab./km²	IDHM (2010)
Araras	126.338	195,92	0,781
Conchal	26.484	144,89	0,708
Rio Claro	195.490	392,22	0,803

Fonte: Fundação SEADE, 2016.

Pode-se observar que nenhum dos municípios apresenta valores muito altos de densidade demográfica, destacando-se o município de Rio Claro com 392,22 hab./km². Com relação ao IDHM somente o município de Rio Claro tem valor muito alto, o restante é classificado como alto, sendo que o município de Conchal está próximo dos valores limites entre alto e médio. Ou seja, esse município apresenta uma maior vulnerabilidade social.

4.5.2 Uso e Cobertura do solo

Com relação ao uso e cobertura do solo, pode-se observar na área de estudo a predominância das áreas de cultura temporária, em sua maioria ao cultivo da cana de açúcar, com cerca de 45% do total do uso do solo total, o que condiz com o cenário paulista de uso e ocupação do solo. Além da cana de açúcar encontram-se na área demais cultivos em menor quantidade que podem ser observados no Quadro 18. A espacialização dessas áreas, bem como a quantificação das mesmas está contida na Figura 22.

Os cultivos permanentes são responsáveis por cerca de 14% da área, sendo que nessa categoria se encontram também as atividades referentes à silvicultura que são mais proeminentes que os demais produtos listados no Quadro 18.

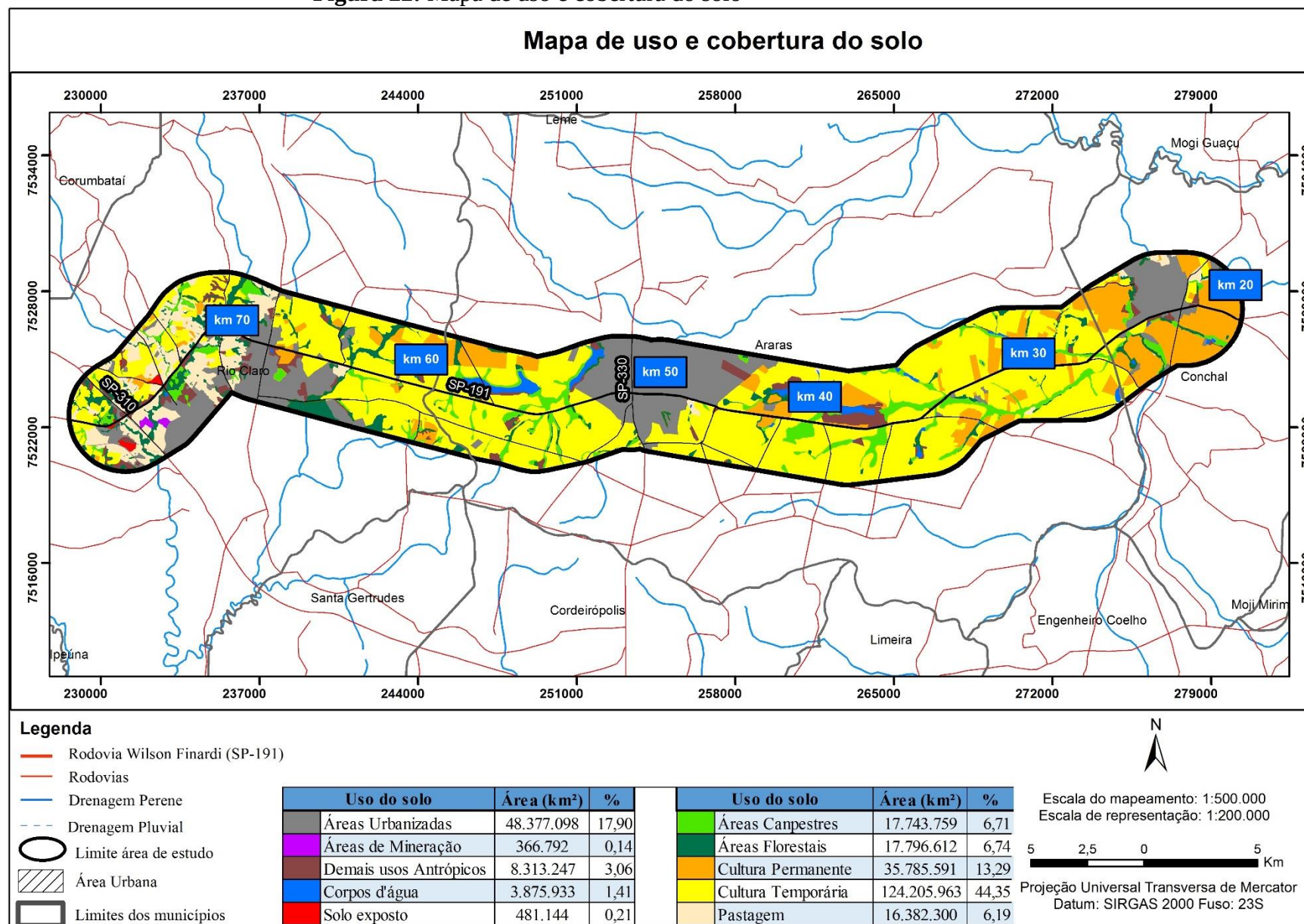
Destacam-se também as áreas urbanizadas, correspondentes não só às malhas urbanas, mas também às sedes de fazenda, áreas industriais e instalações de energia. As áreas naturais, representadas pela somatória das áreas florestais e campestres (no qual as áreas de várzea estão incluídas), somam cerca de 14% do total do uso da área, outros usos somam 11% do total da área.

Quadro 18: Cultivos Temporários e Permanentes dos municípios de estudo

Lavouras		Municípios responsáveis		
		Araras	Conchal	Rio Claro
Temporária	Cana-de-açúcar	X	X	X
	Feijão	-	-	X
	Mandioca	X	X	X
	Milho	X	X	X
	Soja	X	X	X
	Tomate	-	X	X
Permanente	Abacate	X	X	X
	Banana	X	X	X
	Café	X	-	X
	Laranja	X	X	X
	Limão	X	X	-
	Mamão	-	X	-
	Manga	-	X	X
	Maracujá	-	-	X
	Palmito	-	X	-
	Tangerina	X	X	-

Fonte: IBGE, 2015.

Figura 22: Mapa de uso e cobertura do solo



Fonte: Elaborado pelo autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da pesquisa foram divididos em quatro itens, o primeiro referente à etapa de Compartimentação Fisiográfica, etapa preliminar necessária para a definição das Unidades Básicas de Compartimentação – UBC, na qual é realizada a análise de cada um dos parâmetros, para posterior atribuição do índice de sensibilidade. O segundo item traz os resultados obtidos para cada parâmetro do IST e a Carta SAO confeccionada a partir dessa metodologia, que considera somente as características do meio físico na elaboração do índice de sensibilidade. O terceiro item é idêntico ao segundo, mas diz respeito ao ISS, que incorpora na sua confecção as informações dos parâmetros bióticos e socioeconômicos e a Carta SAO resultante da análise destes. O último item traz uma análise de cada compartimento, em relação a suas informações físicas, bióticas e socioeconômicas, e uma comparação da classificação dos diversos compartimentos em cada sistema de índice utilizado, junto com um quadro resumo para cada compartimento. Finalmente é apresentada uma comparação geral, de síntese, dos resultados de cada mapeamento realizado.

5.1 Compartimentação Fisiográfica

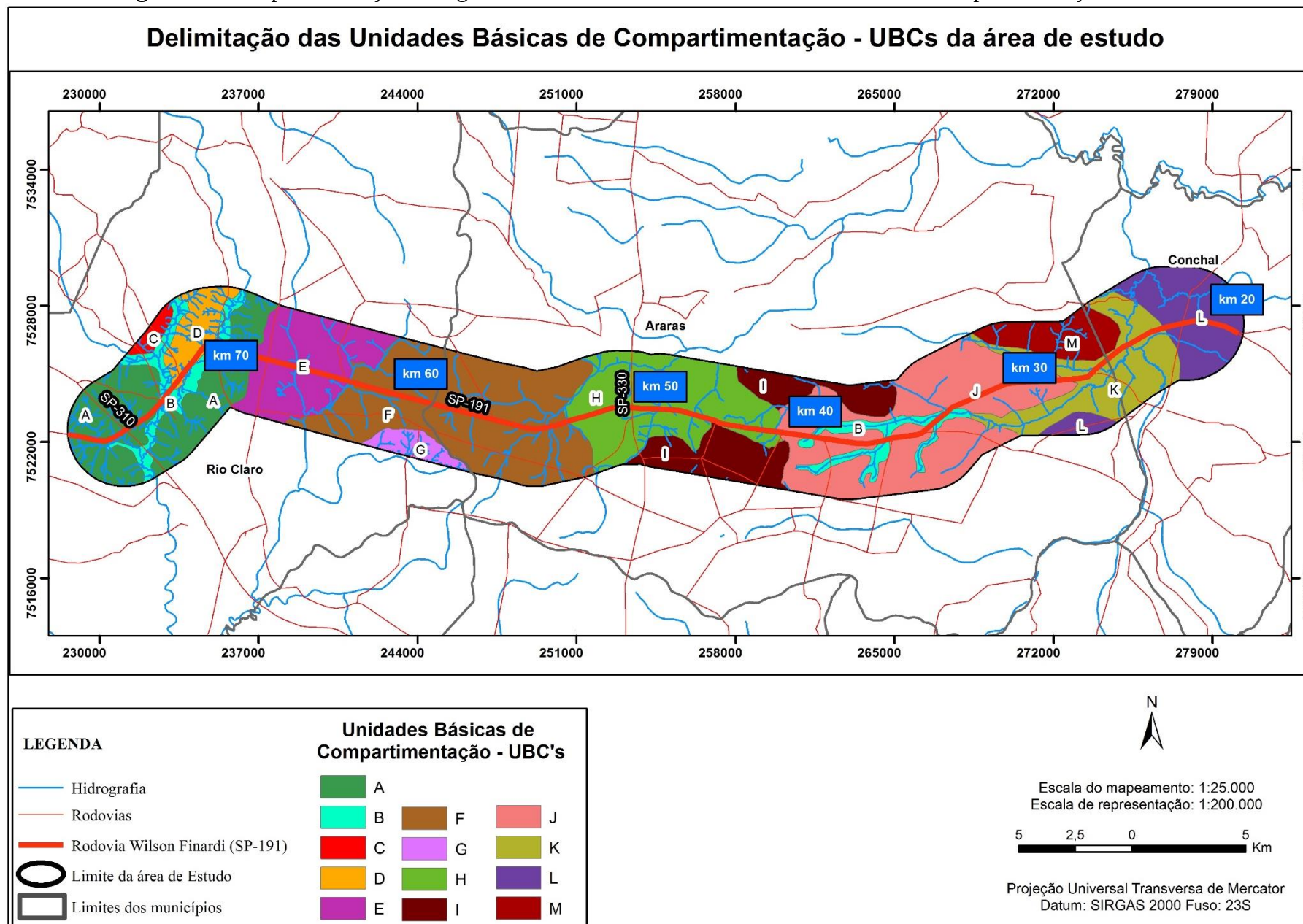
A partir dos processos de fotointerpretação e trabalho de campo foi elaborado o mapa de Unidades Básicas de Compartimentação – UBC entendendo que para cada UBC as características são homogêneas, facilitando a análise da sensibilidade ambiental ao óleo das feições. O processo de compartimentação foi realizado a partir da classificação proposta por Zaine (2011).

A área de estudo foi dividida em 13 unidades fisiográficas que podem ser visualizadas na Figura 23, esta diversidade se reflete nos elementos que compõe o ambiente e, portanto, dita a dinâmica dos hidrocarbonetos no meio. O processo de compartimentação contou com a separação das unidades tendo como base suas características físicas intrínsecas, a partir da seleção dos parâmetros relacionados a permeabilidade ao óleo, posterior campo para verificação das informações obtidas e então foi realizada uma etapa de agrupamento de unidades similares, como ocorreu com os compartimentos A, B, I e L, que apesar de não apresentarem uma espacialização contínua no terreno apresentam os mesmos atributos e portanto mesmo comportamento em caso de derrames de óleo.

O

Quadro 19 apresenta as características físicas de cada UBC.

Figura 23: Compartimentação Fisiográfica da área de estudo em Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs



Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 19: Caracterização Física das UBCs

UBCs	Unidade Morfoestrutural	Unidade Morfoescultural	Litologia	Pedologia	Amplitude	Declividade	Densidade de Drenagem	Forma do Topo	Permeabilidade	Fraturas	Forma da Encosta	Densidade dos elementos do relevo
A	Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná - Depressão Periférica	Depressão Médio Tietê	Formação Corumbataí	Argissolos e Latossolos	Média	Média	Alta	Arredondado	Baixa	Alto	Côncavo-Convexo	Alta
B	Coberturas Sedimentares Inconsolidadas	Planícies Fluviais	Unidade Depósitos aluvionares	Argissolos, Latossolos e Solos Hidromórficos	Pequena	Baixa	Alta	Rio	Baixa	Baixo	-	Alta
C	Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná - Depressão Periférica	Depressão Médio Tietê	Formação Corumbataí	Argissolos	Média	Baixa	Baixa	Arredondado	Alta	Baixo	Côncavo-Convexo	Baixa
D	Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná - Depressão Periférica	Depressão Médio Tietê	Formação Corumbataí	Argissolos	Média	Média	Média	Arredondado	Média	Médio	Côncavo-Convexo	Média
E	Bacias Sedimentares do Mioceno e Paleogeno	Depressão Médio Tietê	Formação Rio Claro	Latossolos e Argissolos	Pequena	Baixa	Média	Plano	Média	Médio	Côncavo-Convexo	Média
F	Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná - Depressão Periférica	Depressão Mogi-Guaçu	Formação Corumbataí	Latossolos, Argissolos e Solos Hidromórficos	Pequena	Baixa	Média	Arredondado	Média	Médio	Retilíneo-Convexo	Média
G	Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná - Depressão Periférica	Depressão Mogi-Guaçu	Formação Pirambaia	Latossolos e Argissolos	Média	Média	Alta	Arredondado	Baixa	Alto	Côncavo-Convexo	Alta
H	Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná - Depressão Periférica	Depressão Mogi-Guaçu	Formação Tatuí	Latossolos e Argissolos	Pequena	Baixa	Média	Plano	Média	Baixo	Retilíneo-Convexo	Média
I	Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná - Depressão Periférica	Depressão Mogi-Guaçu	Formação Serra Geral, intrusivas básicas	Latossolos	Média	Baixa	Baixa	Plano/Arredondado	Alta	Baixo	Convexo	Baixa
J	Bacias Sedimentares do Mioceno e Paleogeno	Depressão Mogi-Guaçu	Formação Pirassununga	Latossolos	Pequena	Baixa	Baixa	Plano	Alta	Baixo	Côncavo-Convexo	Baixa
K	Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná - Depressão Periférica	Depressão Mogi-Guaçu	Formação Serra Geral, intrusivas básicas	Latossolos e Solos Hidromórficos	Pequena	Baixa	Média	Arredondado	Média	Médio	Retilíneo-Convexo	Média
L	Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná - Depressão Periférica	Depressão Mogi-Guaçu	Formação Tatuí	Latossolos e Solos Hidromórficos	Pequena	Baixa	Baixa	Plano / Arredondado	Alta	Baixo	Retilíneo - Convexo	Baixa
M	Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná - Depressão Periférica	Depressão Mogi-Guaçu	Formação Tatuí	Latossolos	Média	Baixa	Média	Arredondado	Média	Médio	Côncavo-Convexo	Média

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Mapeamento dos Parâmetros

Foram mapeados 10 (dez) parâmetros para a obtenção das Cartas SAO utilizando os índices IST e ISS, sendo que para a elaboração da Carta SAO confeccionada a partir da metodologia IST são utilizados apenas o cinco parâmetros físicos (declividade, textura e espessura do perfil de alteração, densidade de drenagem e profundidade do lençol freático).

O primeiro parâmetro mapeado foi a densidade drenagem, entendendo a relação inversamente proporcional deste com a permeabilidade do solo. A discussão referente aos valores e métodos utilizados está descrita na seção 3.2 do capítulo “Materiais e Métodos”, pode se observar uma maior densidade de drenagem nos compartimentos A, B e G, o restante da área se encontra com uma densidade entre média e baixa.

A declividade da área de estudo, apresentada no subcapítulo 4.2.2 foi utilizada não só para a caracterização da área de estudo mas também para a definição das UBCs e aplicação da metodologia de sensibilidade ambiental ao óleo proposta por Ribeiro (2017) a partir da adaptação de Martins (2012), que afirma que a declividade influencia diretamente na dinâmica de percolação do óleo em subsuperfície, pois de acordo com o ângulo de declive o deslocamento será vertical ou horizontal.

Quanto maior a inclinação da vertente, maior será a velocidade do escoamento da água e por associação do óleo e em contrapartida menor será a infiltração dos líquidos presentes na superfície, de acordo com Fussel et al (1981) quando a área apresenta baixos valores de declividade o óleo tende a seguir em direção ao subsolo em favor da gravidade, considerando também as características de permeabilidade do relevo e de condutividade hidráulica do solo.

A partir da divisão de classes de declividade proposta por Zaine (2011), apresentada no Anexo 1, observa-se que a área de estudo apresenta áreas de declividade baixa e média, entendendo que a sensibilidade ambiental ao óleo é inversamente proporcional ao parâmetro declividade. Nota-se que a área de estudo apresenta áreas de sensibilidade média e alta para esse parâmetro, principalmente por ser uma área de relevo bastante plano.

Os compartimentos A, D e G apresentaram valores médios de sensibilidade apresentando peso 2 para esse parâmetro, as demais áreas por apresentarem um relevo bastante plano obtiveram peso 3 por possuírem declividade baixa.

A profundidade do lençol freático é um importante fator pra compreender a sensibilidade ambiental ao óleo, pois a sensibilidade ao óleo está diretamente relacionada com a proximidade da zona saturada. De acordo com Ribeiro (2017), quanto mais próximo à zona saturada maior a sensibilidade, o mesmo ocorre no cenário inverso, pois quando em contato

com a água subterrânea o óleo se direciona rapidamente para diversas outras áreas através do fluxo da água.

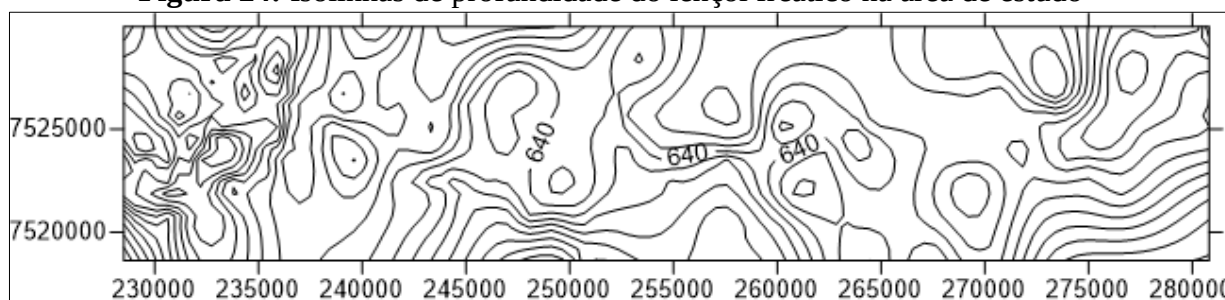
Para Martins (2012), o nível d'água – NA, é, provavelmente, a variável mais estudada em relação à sensibilidade ambiental ao derrame de óleo, uma vez que a maioria dos guias de técnicas de limpeza do óleo apresenta como foco o NA, seja como algo a ser protegido ou como alvo vetor de caminho do óleo.

Quando o óleo infiltra no perfil do solo, ele pode ficar retido na camada menos permeável, mas em caso contrário irá fatalmente alcançar as águas subterrâneas. Quando em contato com o NA o contaminante poderá ser carregado a outras regiões por meio do fluxo das águas.

Cabe ressaltar que, dependendo do tipo de óleo (DNAPL e LNAPL), o comportamento deste em contato com o nível de água será diferente, o óleo pode flutuar sobre o nível de água deslocando-se a outras regiões, ou mesmo formando montículos de óleo, ampliando a área afetada através do espalhamento horizontal do contaminante (FERREIRA e ZUQUETTE, 1998). Maior aprofundamento sobre esse tema está descrito no subcapítulo “2.2.2 Características dos Hidrocarbonetos”.

Martins (2012) atenta para a importância da definição da profundidade do nível d'água na determinação de sensibilidade dos ambientes terrestres, para estabelecer um índice de sensibilidade ambiental adequado. As informações obtidas pelo software Surfer 10.2 (GOLDEN SOFTWARE Inc., 2011) estão contidas na Figura 24.

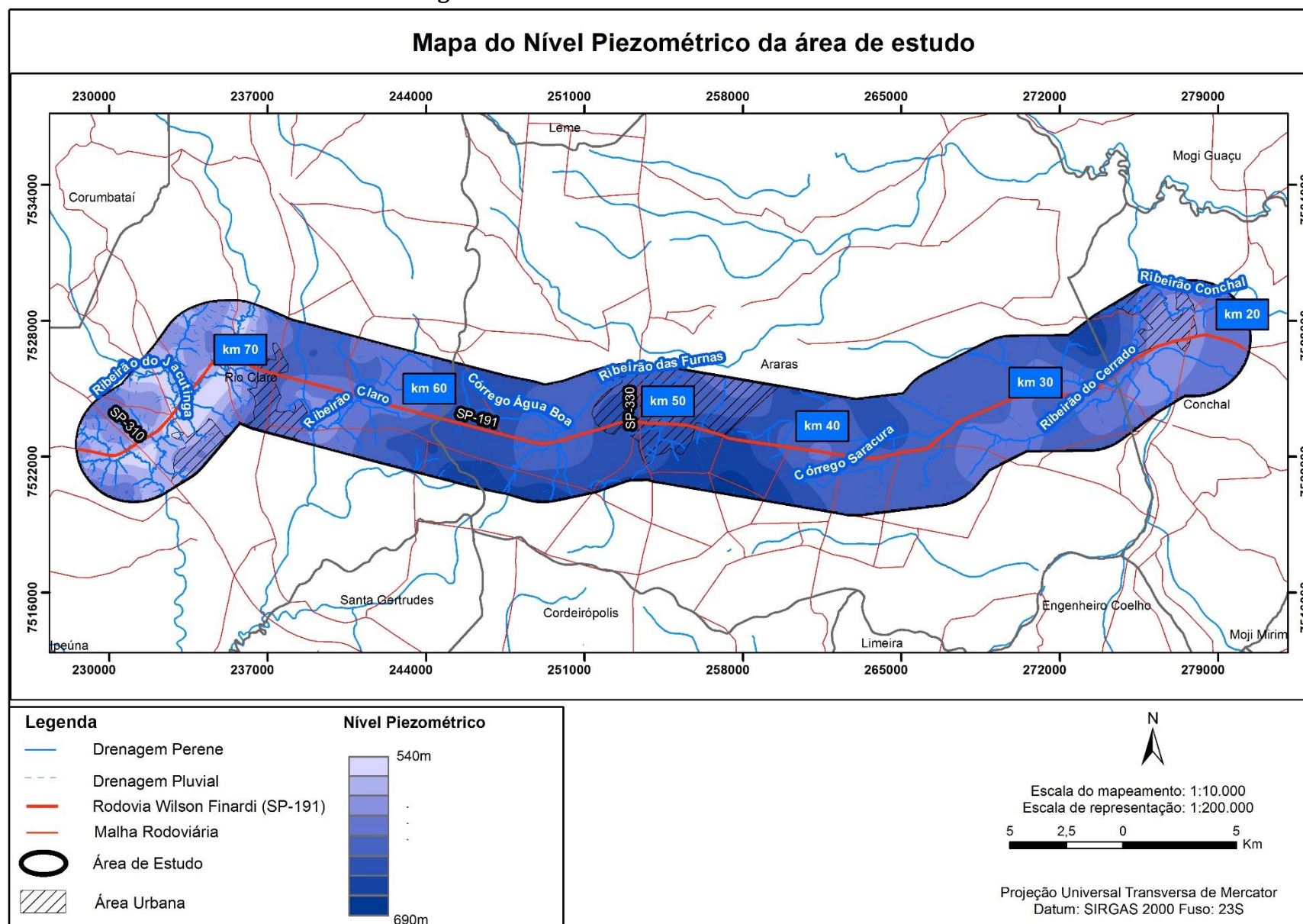
Figura 24: Isolinhas de profundidade do lençol freático na área de estudo



Fonte: Elaborado a partir da extração das cotas de nascentes.

A partir desses dados foi elaborado o mapa do nível piezométrico da área de estudo que pode ser observado na Figura 25. A subtração dessa malha regular do lençol freático da superfície topográfica original resulta na profundidade do lençol freático de cada compartimento presente na área de estudo, essa subtração foi realizada utilizando o mapa do nível piezométrico e o mapa de hipsometria da área de estudo apresentado no subcapítulo 4.2.2 de caracterização geomorfológica da área de estudo.

Figura 25 - Nível Piezométrico da área de estudo



Fonte: Elaborado a partir da interpolação das cotas das nascentes da área de estudo.

Na Tabela 4 pode ser observada a profundidade média de cada compartimento e a sensibilidade correspondente.

Tabela 4: Situação do nível do freático para cada UBC e sua respectiva sensibilidade

UBC	Média Hipsometria	Média Nível Piezométrico	Profundidade Freática	Nível do Freático	Sensibilidade
A	584,75	572,09	12,66	Raso	Alta
B	590,81	588,77	2,04	Raso	Alta
C	584,97	575,26	9,70	Raso	Alta
D	585,40	568,43	16,97	Intermediário	Média
E	624,48	607,46	17,03	Intermediário	Média
F	643,81	627,27	16,54	Intermediário	Média
G	657,57	611,92	45,65	Profundo	Baixa
H	646,21	611,72	34,50	Intermediário	Média
I	678,02	619,04	58,98	Profundo	Baixa
J	638,13	627,23	10,90	Raso	Alta
K	617,05	608,27	8,78	Raso	Alta
L	613,34	586,24	27,09	Intermediário	Média
M	642,69	637,16	5,52	Raso	Alta

Fonte: Dados da pesquisa, elaborado pelo autor.

A maior parte da área de estudo apresenta alta sensibilidade nesse parâmetro pois o nível do freático está abaixo de 15m de profundidade, ou seja a contaminação do freático é mais rápida, devido sua profundidade em relação à superfície, os compartimentos A, B, C, J, K e M estão nessa categoria, seis compartimentos apresentam média sensibilidade, D, E, F, H e L; com profundidade entre 15 e 45m e dois compartimentos, G e I apresentam grande profundidade do freático com valores acima de 45m, portanto baixa sensibilidade.

O parâmetro de Perfil de Solo, também chamada de perfil de alteração corresponde à camada produto do intemperismo e da pedogênese e é estruturado verticalmente sobre a rocha matriz (TOLEDO et al., 2001).

De acordo com Martins (2012), a capacidade de retenção e a condutividade hidráulica são duas faculdades da textura do perfil de alteração nas quais é possível fazer correlações entre o tamanho do grão que compõe o material com o respectivo impacto intrínseco.

Quanto maior o tamanho do grão que compõe o material, maior será a permeabilidade do perfil de alteração (USDA, 1993), analogamente quanto maior o grau de permeabilidade, maior o impacto ambiental e mais sensível o meio. Ao contrário quanto menor os grãos que compõem o material, menor a permeabilidade, pois a tendência é que a condutividade hidráulica seja menor na direção vertical e maior na horizontal (HULING; WEAVER, 1991;

NEWELL et al., 1995). Diminuindo assim a possibilidade de atingir a zona saturada e contaminar o lençol freático, com relação à capacidade de retenção do solo, quanto maior o tamanho do grão, mais extenso será o espalhamento vertical e com isso maior a área a ser atingida e mais sensível o ambiente (MARTINS, 2012).

Na área de estudo houve o predomínio de áreas arenosas/argilosas de granulometria intermediária, nos compartimentos B, C, D, E, G, H, K, e L, três compartimentos apresentaram textura argilosas (granulometria fina), F, I e J, e apenas dois compartimentos apresentou predomínio de areia, A e M (granulometria grossa).

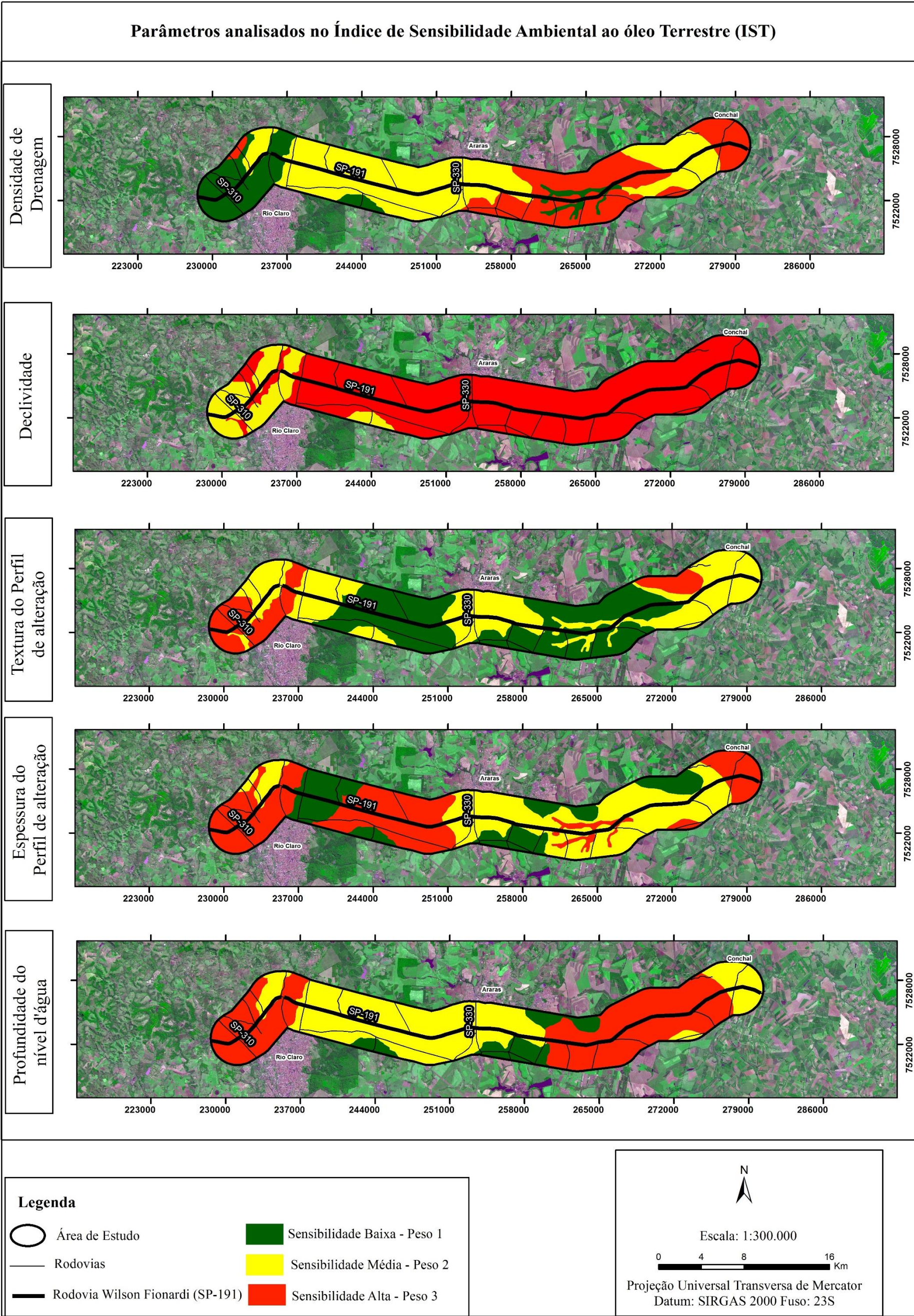
A última variável é uma das mais complexas em relação à sensibilidade ambiental ao óleo é a espessura do perfil de alteração pois depende diretamente da textura do material no perfil e da profundidade do nível d'água. Esse parâmetro alteração representa o valor médio do volume do material inconsolidado da área (VEDOVELLO, 1993). De acordo com Martins (2012), as classes para este parâmetro foram determinadas de acordo com técnicas de combate e dinâmica de percolação de óleo no substrato.

Quanto menor a espessura do perfil de alteração maior a sensibilidade ambiental ao óleo, não só pela maior facilidade pela qual o óleo consegue atingir o NA, mas também pelo custo e dificuldade da aplicação das técnicas de combate e limpeza do óleo. Em perfis pouco espessos a dificuldade da retirada de solo por escavação mecânica para a devida limpeza e recuperação da área é maior. De acordo com Beynon et al. (1983), apesar do método de escavação ser o mais econômico de recuperação não é indicado para área onde haja afloramentos rochosos.

Estas condições indicam uma alta sensibilidade para os perfis menos espessos, uma vez que a remediação desses ambientes é mais complexa quanto mais raso for o solo (MARTINS, 2012). Além disso, os solos mais profundos são mais susceptíveis aos diferentes métodos de limpeza e recuperação das áreas, além de manter maior distância entre o contaminante e o NA.

A Figura 26 mostra a espacialização de cada um dos parâmetros físicos analisados nas UBCs.

Figura 26: Peso de cada um dos parâmetros físicos analisados no Índice de Sensibilidade Ambiental ao Óleo Terrestre (IST)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

A Carta SAO baseada no Índice Socioambiental ao Óleo Terrestre (ISS) utiliza além dos parâmetros físicos (declividade, textura e espessura do perfil de alteração, densidade de drenagem e profundidade do lençol freático), mais cinco parâmetros de ordem biótica e socioeconômica, entretanto o maior peso continua sendo dos aspectos físicos do terreno, mas leva em consideração os demais, buscando uma maior adequação à realidade local.

O primeiro parâmetro mapeado foram as Unidades de Conservação. Na área de estudo foram encontradas duas UC de uso sustentável, as quais possuem peso 2 no ISS, a descrição das Unidades se encontra no subcapítulo 4.6.2 e a metodologia de análise com os pesos adotados no subcapítulo 3.2.2.2.1.

Nesse parâmetro os valores obtidos foram peso 2 para os compartimentos inseridos dentro das UC de uso sustentável e peso 1 para aqueles que não se encontram inseridos em nenhuma área protegida. Os compartimentos A, B, C, D, E, F e G apresentaram sensibilidade média, enquanto que os demais apresentaram baixa sensibilidade para esse parâmetro.

Outro parâmetro biótico são os fragmentos florestais. Em virtude do histórico de ocupação antrópica do interior do Estado de São Paulo, que promoveu a eliminação praticamente completa das formações florestais originalmente existentes, a região a ser impactada pelas obras conta apenas com alguns relictos de mata, representados por fragmentos florestais na maioria das vezes bastante degradados, pequenos (menos de 20 hectares), isolados e imersos em extensas áreas agrícolas, a maior parte composta por pastagens e cana de açúcar (ROCHA, 2014; METZGER, 2009).

O isolamento e pequeno tamanho dos fragmentos de mata os expõem a agudos efeitos degenerativos de origem antrópica, como queimadas que atingem suas bordas, pastoreio do sub-bosque e contaminação com defensivos agrícolas; e de origem natural, como os efeitos de borda em função das mudanças no microclima causados pela diminuição da umidade, maior incidência de ventos no interior da mata e maiores amplitudes térmicas diárias (CETESB, 2016).

Além disso a dinâmica de sucessão ecológica destes fragmentos encontra-se seriamente perturbada, em função da inexistência de matas preservadas nos arredores, que serviriam como fonte de diversidade de espécies. A diminuição dos habitats florestais na região atinge a maior parte da fauna responsável pela polinização e dispersão das espécies florestais. Como resultado disso, estes fragmentos de mata apresentam claros sinais de desequilíbrio, como a intensa proliferação de lianas herbáceas, a desestruturação do dossel e a invasão do sub-bosque por herbáceas infestantes, fatores que condicionam a tendência de

regressão do estrato arbóreo destas matas, isto é, de diminuição da diversidade e do porte das árvores presentes. (CETESB, 2016).

Entende-se que a sensibilidade dos fragmentos é maior não somente pela quantidade dos fragmentos existentes mas também pelo tamanho do fragmento, por isso priorizou-se a área ocupada pelos fragmentos em relação à área total do compartimento.

A maioria dos compartimentos apresentou sensibilidade baixa nesse parâmetro pois a vegetação da área já se encontra bastante degradada, não restando muitas áreas de fragmentos florestais a serem preservados, com exceção dos compartimentos A, D e M que apresentaram sensibilidade média e dos compartimentos D e G com sensibilidade alta, os demais compartimentos apresentaram sensibilidade baixa. Tais informações podem ser observadas na Tabela 5.

Tabela 5: Ocupação por fragmentos florestais nos compartimentos e sua respectiva sensibilidade

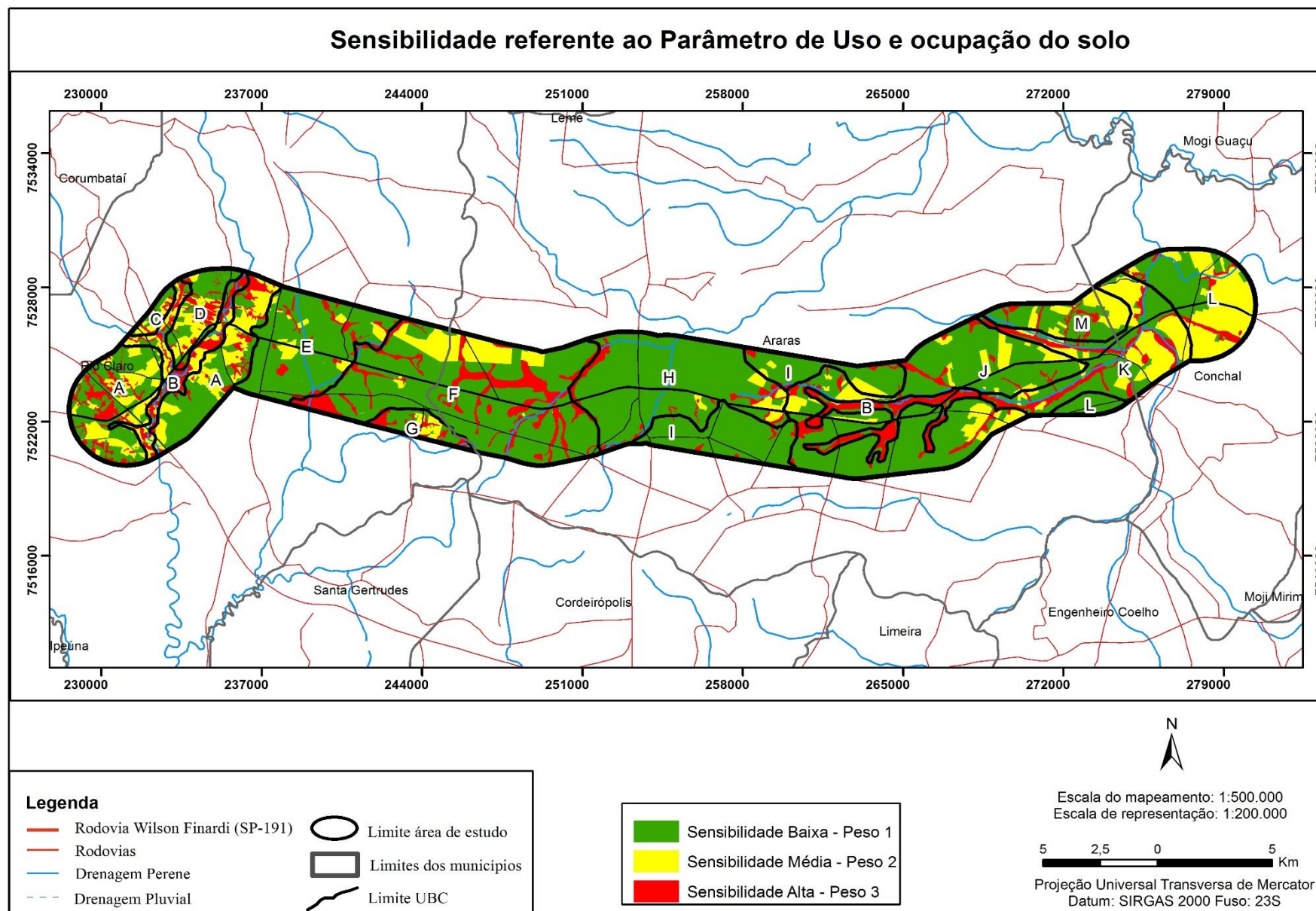
UBC	Área Compartimento (m²)	Área vegetação (m²)	%	Sensibilidade
A	29882500	3764992,45	12,60	Média
B	15106590	3166093,05	20,96	Alta
C	1793940	91005,71	5,07	Baixa
D	6935120	1054013,37	15,20	Média
E	21335000	1519641,66	7,12	Baixa
F	49173000	3491464,45	7,10	Baixa
G	3938860	854252,10	21,69	Alta
H	31228400	953441,59	3,05	Baixa
I	18581240	307172,72	1,65	Baixa
J	44105900	707992,07	1,61	Baixa
K	22575200	1078632,14	4,78	Baixa
L	19126060	648506,84	3,39	Baixa
M	9206770	1168295,51	12,69	Média

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

O primeiro parâmetro de caráter socioeconômico analisado foi o uso e ocupação do solo. A metodologia de mapeamento do uso e ocupação do solo da área de estudo se encontra descrita no subcapítulo 3.2.2.2.5 e a caracterização deste no subcapítulo 4.5.2.

Após o mapeamento do uso e atribuição de peso para classe foi confeccionada a Figura 27, de acordo com o uso e ocupação do solo.

Figura 27: Sensibilidade referente ao Parâmetro de Uso e Ocupação do Solo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Após as análises estatísticas foi elaborada a Tabela 6, que diz respeito à sensibilidade de cada compartimento em relação ao seu uso e ocupação do solo. A variável selecionada se mostrou adequada quando analisada de forma qualitativa com os resultados do mapeamento.

Tabela 6: Sensibilidade de cada compartimento em relação ao uso e ocupação do solo

UBC	Peso Mínimo no compartimento	Peso Máximo no compartimento	Média	Mediana	Sensibilidade
A	1	3	1,64	2	Média
B	1	3	2,27	3	Alta
C	1	3	1,66	2	Média
D	1	3	1,69	2	Média
E	1	3	1,24	1	Baixa
F	1	3	1,49	1	Baixa
G	1	3	1,84	2	Média
H	1	3	1,18	1	Baixa
I	1	3	1,14	1	Baixa
J	1	3	1,29	1	Baixa
K	1	3	1,74	2	Média
L	1	3	1,60	2	Média
M	1	3	1,52	2	Média

Fonte: Dados da pesquisa

Pode se observar que em sua maioria os compartimentos apresentaram baixa sensibilidade a esse parâmetro, principalmente pelas grandes áreas de Pastagem e Culturas Temporárias, em especial a cana-de-açúcar, que apresentam sensibilidade baixa, influenciando no resultado final do parâmetro. Apenas o compartimento B apresentou valores altos de sensibilidade, relacionados principalmente com as áreas de mata ciliar e de várzea, sete compartimentos apresentaram sensibilidade média: A, C, D, G, K, L e M, bastante relacionados aos cultivos permanentes e áreas de pastagem. As demais áreas apresentaram valores baixos de sensibilidade.

O segundo parâmetro socioeconômico foi o IDHM, que apresentou valor muito alto para o município de Rio Claro e valor alto para os municípios de Araras e Conchal, de acordo com a sensibilidade atribuída, o município de Rio Claro apresentou peso 1 e os demais peso 2, entendendo que quanto maior o IDHM maiores as condições do município de lidar com acidentes envolvendo derrames de óleo. A partir desses pressupostos, peso 1 foi atribuído aos compartimentos A, B, C, D, E, F e G, enquanto que os compartimentos H, I, J, K, L e M obtiveram peso 2.

O último parâmetro analisado foi a vulnerabilidade da rodovia, que diz respeito aos trechos de maior incidência de acidentes e trechos críticos, foi considerado que a partir de três trechos de maior incidência de acidentes o compartimento teria peso 2 em relação a sensibilidade e quando apresenta trechos críticos peso 3.

A descrição dos acidentes por km na rodovia SP-191 está apresentada na Tabela 7. O cálculo dos trechos de maior incidência, bem como dos trechos críticos se encontra descrito no subcapítulo 3.2.2.2.5.

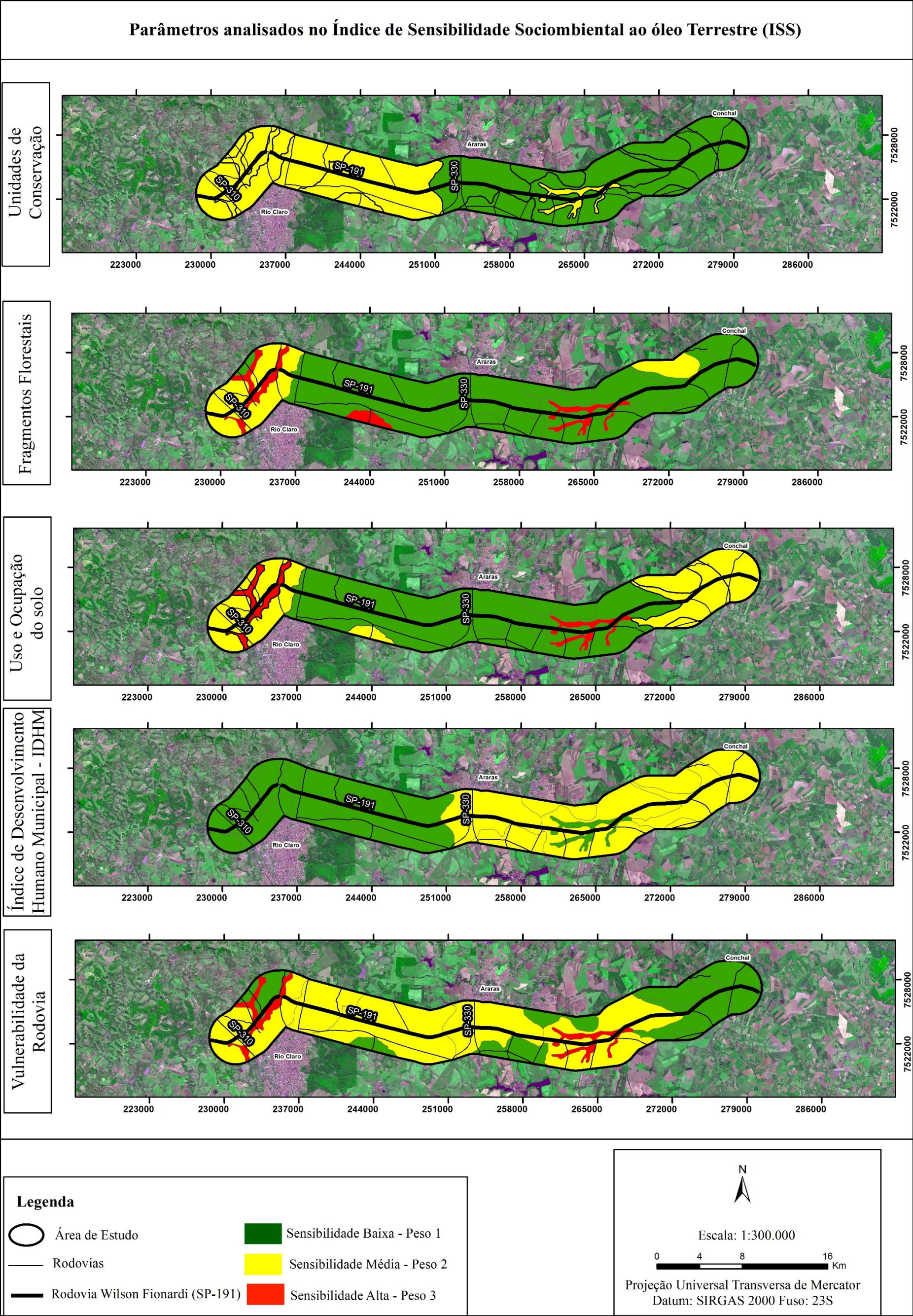
Tabela 7: Acidentes por km da rodovia SP-191

PISTA LESTE		PISTA OESTE	
km	Quantidade	km	Quantidade
000+100	1	000+100	1
000+600	1	014+100	1
001+030	1	027+100	1
011+300	1	030+600	1
011+850	1	032+400	1
017+000	1	051+300	1
020+600	1	051+400	1
025+600	1	054+700	1
025+700	1	062+900	1
027+500	2	068+000	1
040+300	1	068+500	1
050+800	1	074+200	1
057+000	1	TOTAL	12
059+000	1		
064+300	1		
064+800	1		
071+300	1		
072+100	1		
072+500	1		
074+050	1		
074+100	1		
074+500	1		
TOTAL	23		

Fonte: CETESB, 2013.

A rodovia apresentou trecho crítico apenas no compartimento B, onde além de apresentar quatro locais de maior incidência de acidentes, em um dos locais coincidiu com um corpo d'água e em outro com mata ciliar. Os compartimentos A, B, E, F, H e J apresentaram de 3 a mais trechos de maior incidência de acidente ficando com peso 2 e os demais apresentaram abaixo de 3 trechos de maior incidência ficando com peso 1. (C, D, G, I, K, L e M). A Figura 28 apresenta a espacialização de cada um dos parâmetros analisados no ISS.

Figura 28: Peso dos parâmetros Bióticos e Socioeconômicos analisados no Índice de Sensibilidade Socioambiental ao óleo Terrestre(ISS)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

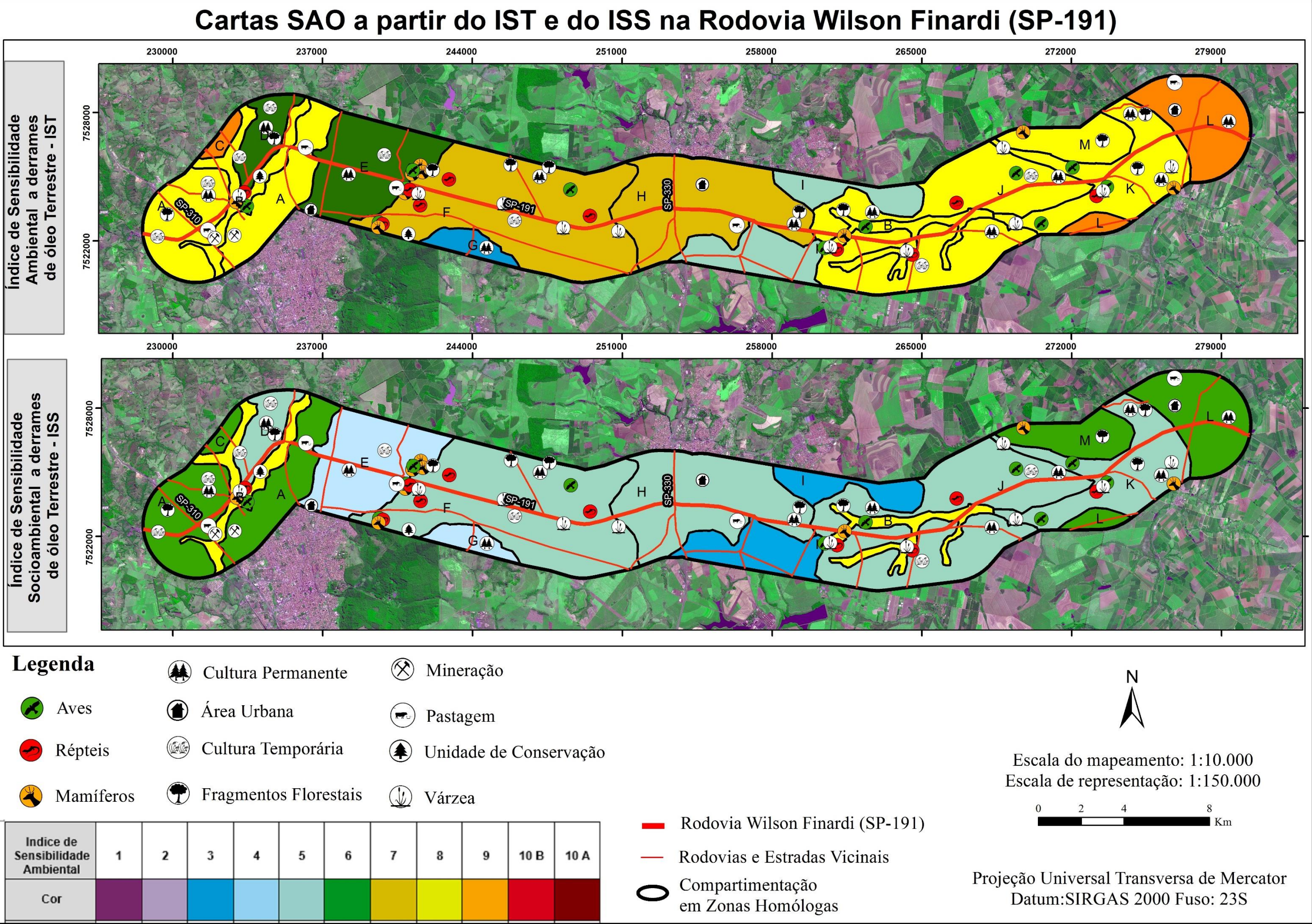
5.3 Cartas SAO

A partir do mapeamento dos 10 (dez) parâmetros descritos no subcapítulo anterior foram elaboradas duas Cartas SAO. A análise da sensibilidade ambiental ao óleo baseada no IST nas 13 UBCs resultou em seis valores do IST, destes o menor valor foi 3 e o maior valor 9. Apenas o compartimento G apresentou sensibilidade baixa, com índice 3. Os demais podem ser classificados com sensibilidade média ou alta, destes o compartimento I apresentou valor 5, os compartimentos D e E apresentaram valor 6, os compartimentos F e H valor 7, e a maioria dos compartimentos apresentou valor 8, sendo estes os compartimentos A, B, J, K e M e dois compartimentos apresentaram o maior valor da área, C e L resultaram em valor 9 no IST.

A análise da sensibilidade ambiental ao óleo baseada no ISS, também se deu a partir das Unidades Fisiográficas (UBCs). A análise nas 13 UBCs resultou em cinco valores do ISS, destes o menor valor foi 3 e o maior valor 8. De modo geral, os valores ficaram focados em média sensibilidade, apresentando mais compartimentos de sensibilidade baixa que alta.

O valor mais baixo de sensibilidade foi referente ao compartimento I, com índice 3, os compartimentos D, E e G apresentaram valor 4 no índice apresentando uma sensibilidade baixa/média, a maior parte dos compartimentos resultaram em sensibilidade média, do total dos compartimentos cinco apresentaram valor 5 de sensibilidade, sendo estes os compartimentos C, F, H, J e K. Apenas quatro compartimentos apresentaram uma sensibilidade média/alta e alta, sendo que os compartimentos A, L e M apresentaram índice 6 enquanto que o maior valor obtido pertenceu ao compartimento B com valor 8.

A espacialização dos compartimentos em relação ao Índice de Sensibilidade Ambiental ao Óleo Terrestre (IST) e em relação ao índice de Sensibilidade Socioambiental ao Óleo Terrestre (ISS) está apresentada na Figura 29, juntamente com o levantamento das informações bióticas e socioeconômicas, apresentadas na forma de ícones ao longo da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Caracterização e comparação dos índices obtidos para cada compartimento

O compartimento A possui uma área total de 29,8 km², dividido em duas áreas não contínuas (separadas pelo compartimento B), uma de 14,2 km² e outra de 15,6 km². Encontra-se inserido na Unidade Morfoestrutural da Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná na Depressão Periférica Paulista tendo como Unidade Morfoescultural a Depressão Médio Tietê. Ocorre sobre a formação litológica Corumbataí e apresenta Latossolos Vermelho-Amarelo da Unidade Speculaas e algumas manchas de Argissolos Vermelho Amarelo da Unidade Alva (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

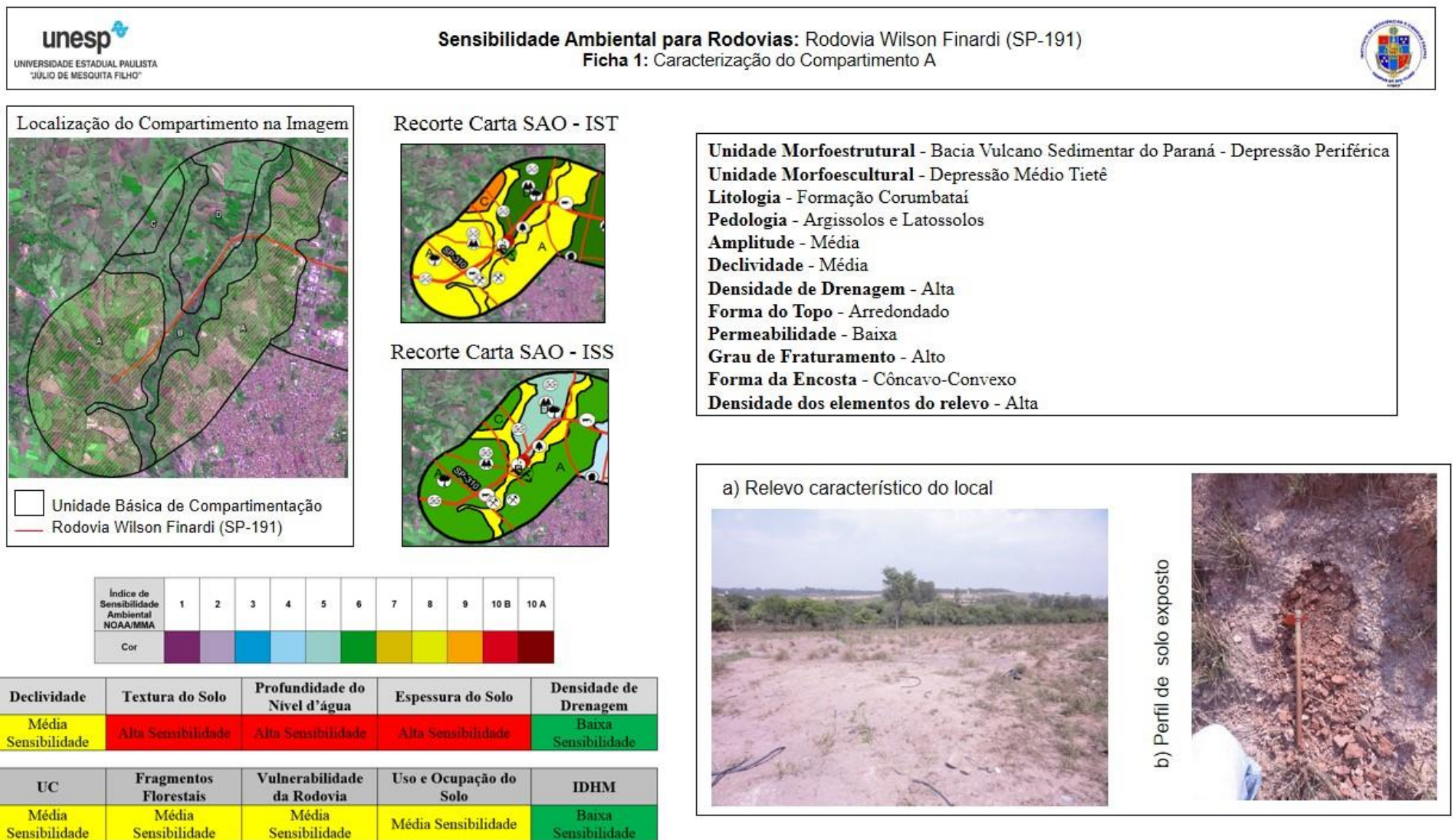
A área apresenta um relevo fortemente ondulado com classes de declividade entre 15 e 45% (Lepsch, 1983), essa esculturação do relevo se dá principalmente pela alta densidade de drenagem da área associada com solos de textura arenosa, o nível do freático se encontra em média a 12,7m de profundidade, com pequena espessura do perfil de alteração do solo. Essas características resultaram numa alta sensibilidade da área, com índice 8 no IST. No ISS entretanto, a análise dos fatores bióticos e socioeconômicos diminuíram a sensibilidade do compartimento para 6. Enquanto na análise dos parâmetros físicos houve 3 parâmetros de alta sensibilidade, e apenas um de média sensibilidade e um de baixa, nos parâmetros bióticos e socioeconômicos nenhum destes apresentou alta sensibilidade, houve quatro parâmetros de média sensibilidade e apenas um de baixa sensibilidade.

O único parâmetro de baixa sensibilidade é referente ao IDH, uma vez que a área está totalmente inserida no município de Rio Claro com um valor muito alto de IDHM (0,803), portanto também apresenta baixa sensibilidade para esse parâmetro.

O uso e ocupação do solo apresenta média sensibilidade, pois em sua grande maioria é representado por áreas de pastagem, além disso possui também algumas áreas de fragmentos florestais e vegetação campestre, ambas de pouca expressão espacial, possui também uma grande área de culturas temporárias e áreas urbanas, com duas áreas de mineração e duas áreas de solo exposto.

O compartimento está inserido parcialmente dentro da Unidade de Conservação Área de Proteção Ambiental (APA) Piracicaba e Juqueri-Mirim, os fragmentos florestais também apresentam média sensibilidade por ocuparem 12,6% da área total do compartimento, e com relação à vulnerabilidade da rodovia, o compartimento apresenta cinco locais de maior incidência de acidentes. A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização o mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros podem ser visualizados na Figura 30.

Figura 30: Ficha de caracterização do compartimento A



Fonte: Elaborado pelo autor.

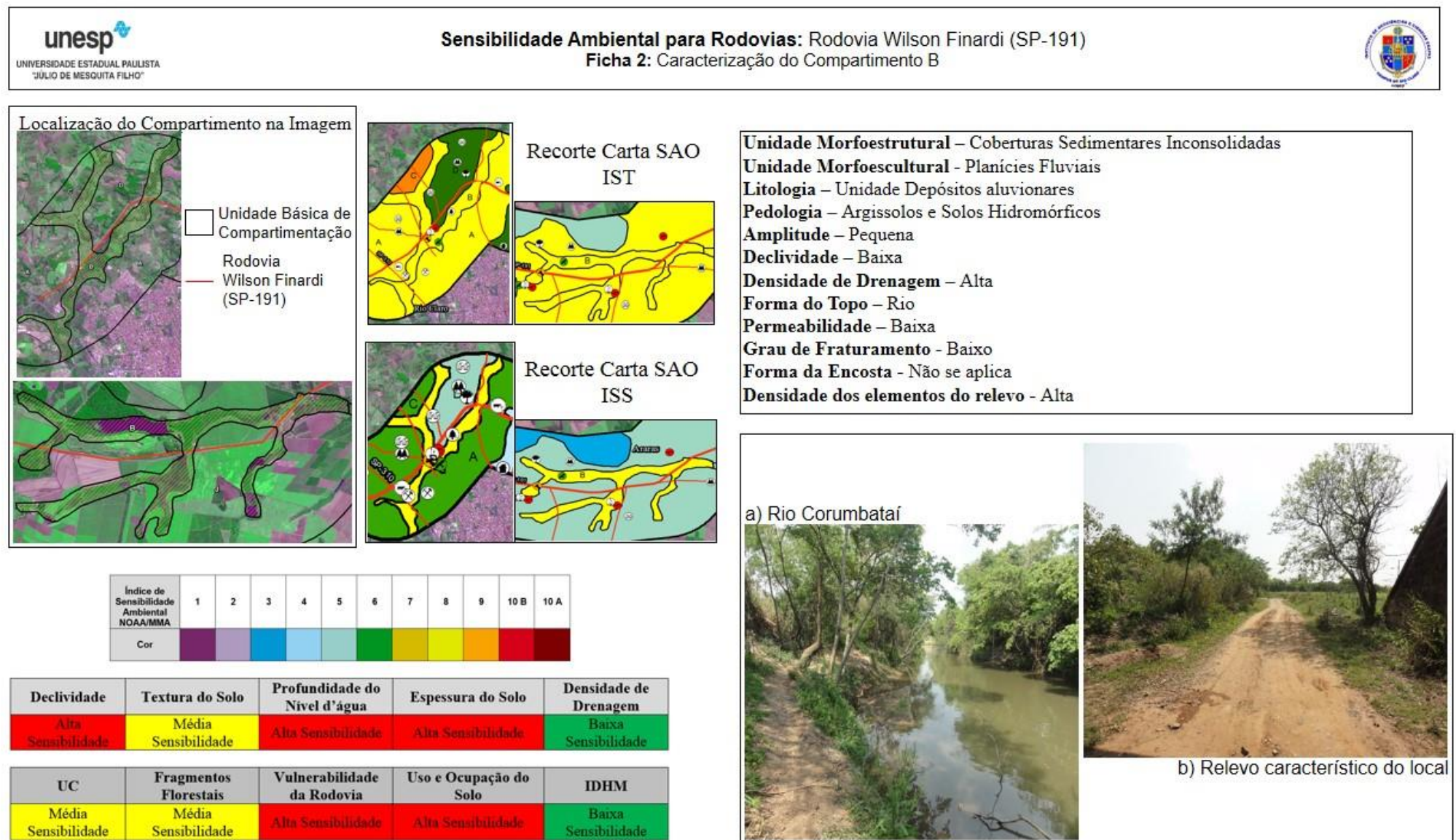
O compartimento B assim, como o A não é uma área contínua, mas é bem menor que o primeiro e possui duas áreas com tamanho 6,7km² e 8,4km², que se encontram bastante distantes um do outro e dizem respeito aos depósitos aluvionares relacionados a grandes drenagens. Pertence à Unidade Morfoestrutural das Coberturas Sedimentares Inconsolidadas tendo como Unidade Morfoescultural a definição de Planícies Fluviais. A área apresenta Argissolos Vermelho Amarelo da Unidade Alva, Latossolos Vermelho-Amarelo da Unidade Speculaas e principalmente solos hidromórficos (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

A área é bastante plana, com isso a sensibilidade ao óleo é alta, a densidade de drenagem é grande, portanto baixa sensibilidade, pois o óleo espalha ao invés de percolar no solo, e apresenta texturas argilosas e arenosas, atribuindo sensibilidade média a esse parâmetro, a espessura do perfil de alteração e a profundidade do nível do freático é baixa, atribuindo sensibilidade alta a ambos os parâmetros. Com esses resultados, o IST da área apresentou valor 8. No ISS o valor encontrado também foi 8, pois ao contrário do ocorrido no compartimento A, neste as sensibilidades dos parâmetros bióticos e socioeconômicos também foram representativas, foram três parâmetros de alta sensibilidade, um de baixa e um de média, mesmo cenário encontrado no IST.

A área também se encontra inserida parcialmente na Unidade de Conservação Área de Proteção Ambiental (APA) Piracicaba e Juqueri-Mirim, os fragmentos florestais adquirindo média sensibilidade a esse parâmetro. Os parâmetros de fragmentos florestais, vulnerabilidade da rodovia e uso e ocupação do solo apresentaram alto valor de sensibilidade. Os fragmentos ocupam uma área de mais de 20% da área total do compartimento e a rodovia apresenta quatro trechos de maior incidência de acidentes e um trecho crítico. O uso do solo em sua maioria é ocupado por áreas de APP, corpos d'água e fragmentos florestais, apresenta algumas áreas de pastagem e cultivos temporários mas são poucas expressivas dentro do cenário do compartimento. A área está inserida nos municípios de Rio Claro e Araras, com valores diferentes de IDHM, entretanto a maior parte se encontra no município de Rio Claro, por isso foi considerado baixa sensibilidade para esse parâmetro.

Com relação ao IDH a área está totalmente inserida no município de Rio Claro com um valor muito alto de IDHM (0,803), portanto também apresenta baixa sensibilidade para esse parâmetro. A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização o mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros podem ser visualizados na Figura 31.

Figura 31: Ficha de caracterização do compartimento B



Fonte: Elaborado pelo autor.

O compartimento C possui uma área pouco expressiva de 1,8 km² e se encontra no extremo noroeste da área de estudo. Também está inserido na Unidade Morfoestrutural da Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná na Depressão Periférica Paulista na Unidade Morfoescultural da Depressão Médio Tietê. Ocorre sobre a formação litológica Corumbataí e apresenta Argissolos Vermelho Amarelo das Unidades Alva e Usina (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

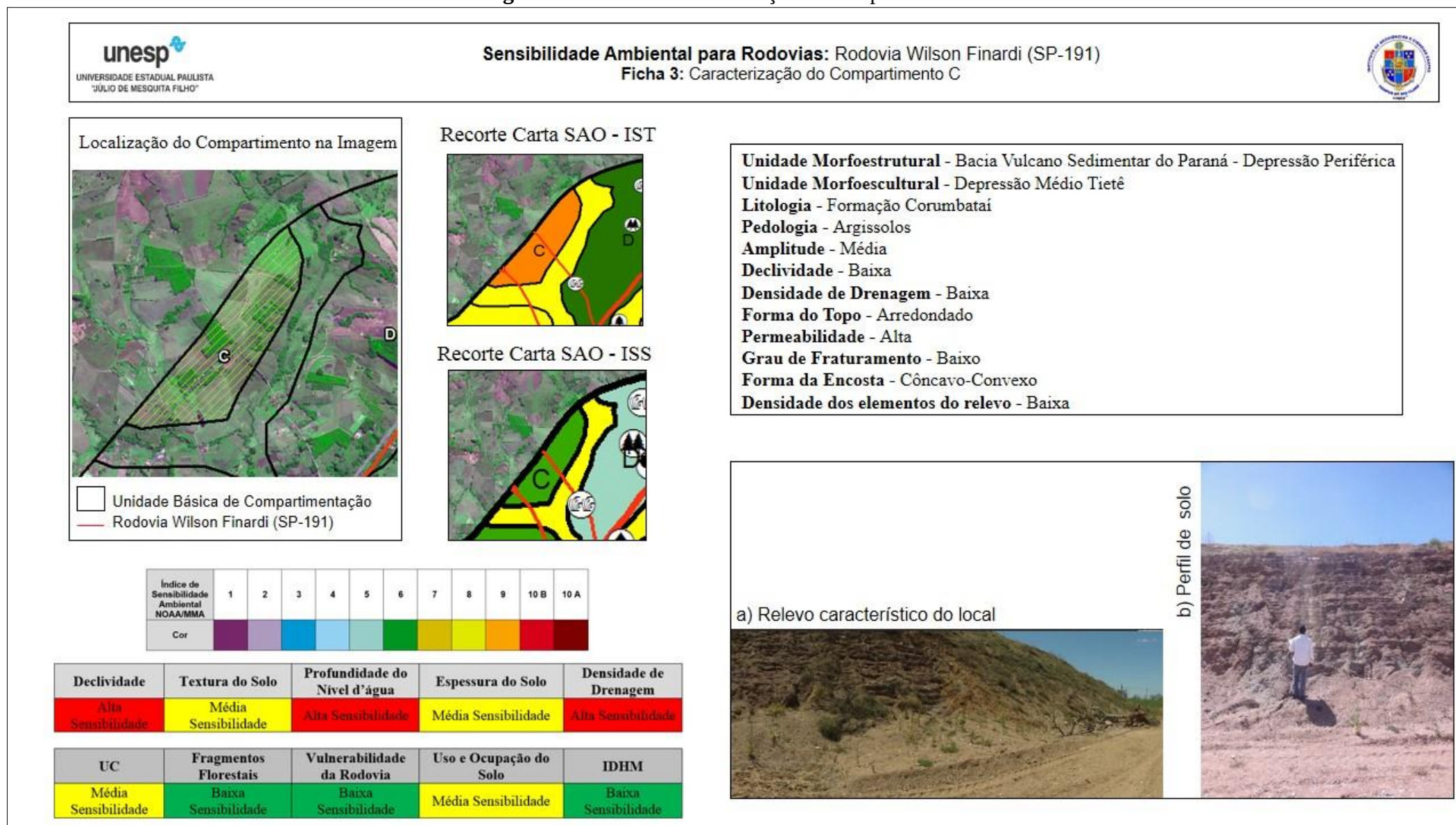
O relevo da área se caracteriza como ondulado e moderadamente ondulado (LEPSCH, 1983), a densidade de drenagem da área é baixa, resultando em alta sensibilidade para ambos os parâmetros. Outro parâmetro de alta sensibilidade da área é o nível do freático que se encontra a menos de 10m de profundidade. A textura do perfil de alteração do solo é de granulometria média, argilosa/arenosa e possui uma espessura média, atribuindo valores médios de sensibilidade a esses parâmetros. A partir disso obteve-se o índice 9 no IST, demonstrando uma sensibilidade bastante alta dos parâmetros físicos.

O resultado para o ISS foi de uma sensibilidade média, de valor 6 no índice, bastante diferente do resultado obtido no IST, isso ocorre pois a área apresenta baixa sensibilidade a quase todos os parâmetros bióticos e socioambientais com exceção da inserção em Unidades de Conservação, e Uso e ocupação do solo pois o compartimento também se encontra inserido Unidade de Conservação Área de Proteção Ambiental (APA) Piracicaba e Juqueri-Mirim, adquirindo valor de sensibilidade média a esse parâmetro. Com relação ao uso do solo a maior parte do compartimento apresenta áreas de pastagem, seguido de áreas de pasto e culturas temporais, há pequenas manchas de áreas urbanizadas e culturas permanentes e alguns fragmentos isolados de áreas florestais e campestres de pouca expressividade na área.

Os fragmentos florestais ocupam uma área de 5% do total da área do compartimento, o IDHM é alto, pois toda a área está inserida no município de Rio Claro a rodovia não perpassa por esse compartimento, não apresentando portanto acidentes nesse trecho Ou seja, apesar das características físicas serem sensíveis, a área demonstra uma menor preocupação nos níveis bióticos e socioeconômicos.

A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização do mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros se encontram na Figura 32.

Figura 32: Ficha de caracterização do compartimento C



Fonte: Elaborado pelo autor.

O compartimento D apresenta uma área de 6,9 km² e se encontra delimitado pelo compartimento B, a área está inserida na Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná na Depressão Periférica Paulista e assim como os compartimentos A e C, também pertence à unidade Morfoestrutural do Médio Tietê e apresenta como unidade litológica a Formação Corumbataí, com argissolos Vermelho Amarelo da Unidade Usina (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

O relevo da área se caracteriza como ondulado e fortemente ondulado com áreas pontuais de relevo moderadamente ondulado (LEPSCH, 1983), a densidade de drenagem da área é caracterizada como média, a partir da proposta de Zaine (2011), o nível do freático se encontra a aproximadamente 17m de profundidade e a textura do perfil de alteração do solo é de granulometria média, argilosa/arenosa, com esse cenário o compartimento apresenta sensibilidade média para todos os parâmetros do IST, recebendo o valor 6 para a sensibilidade.

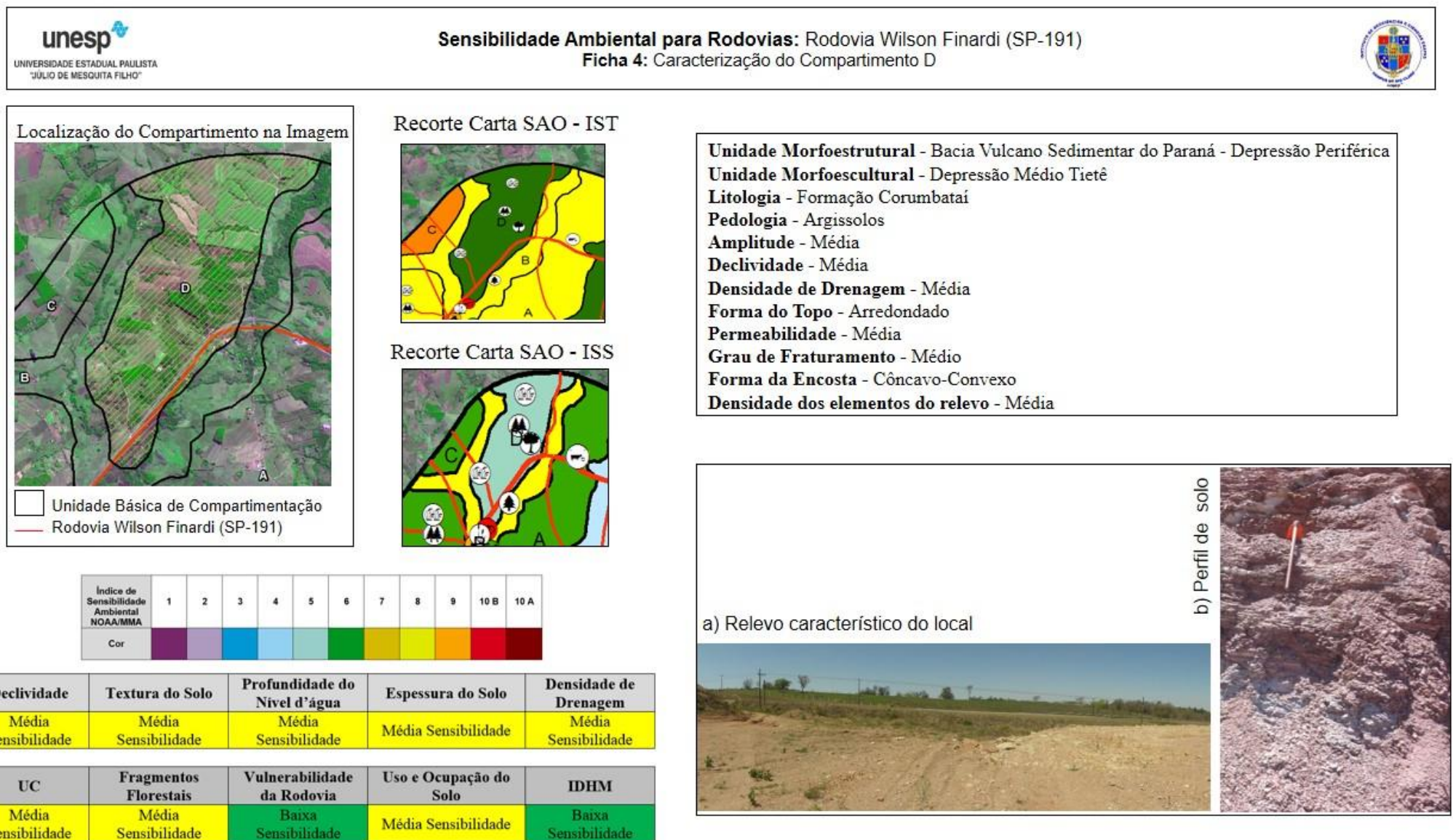
O resultado para o ISS foi de uma sensibilidade média, com índice 5, observa-se uma pequena queda na sensibilidade quando comparados os índices IST e ISS, isso ocorre pois a área apresenta baixa sensibilidade a dois parâmetros bióticos e socioambientais: IDHM e vulnerabilidade da rodovia.

A rodovia apresenta somente um trecho de maior incidência de acidentes no compartimento, sendo considerada baixa sensibilidade para a vulnerabilidade da rodovia e o IDHM é alto, pois toda a área está inserida no município de Rio Claro.

Os demais parâmetros apresentam média sensibilidade ao derrame de óleo. O compartimento também se encontra inserido Unidade de Conservação Área de Proteção Ambiental (APA) Piracicaba e Juqueri-Mirim, com relação ao parâmetro de fragmentos florestais a área apresenta mais de 15% da área total recoberta por fragmentos florestais, o uso do solo é composto principalmente pasto e culturas temporais, com boa quantidade de áreas de fragmentos, apresenta algumas culturas permanentes pontuais e poucas áreas de vegetação campestre adquirindo média sensibilidade para esses fatores.

A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização do mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros se encontram na Figura 33.

Figura 33: Ficha de caracterização do compartimento D



Fonte: Elaborado pelo autor.

O compartimento E apresenta uma área de 21,3 km², sendo consideravelmente expressivo em tamanho e extensão. A área está localizada na Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares do Mioceno e Paleogeno tendo como unidade Morfoestrutural a Depressão Médio Tietê, encerrando os compartimentos inseridos nessa unidade Morfoescultural da área de estudo. Tem como litologia a Formação Rio Claro, sobre Argissolos Vermelho Amarelo da Unidade Holambra e Latossolo Vermelho Amarelo da Unidade Speculaas (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

Com relação ao relevo a área é bastante diversificada, com boa porcentagem de áreas planas onde se encontra a área urbana de Rio Claro, o restante do compartimento apresenta áreas de relevo ondulado a moderadamente ondulado (LEPSCH, 1983), a densidade de drenagem, bem como a densidade dos elementos do relevo é média, o que resulta numa média sensibilidade a esse parâmetro. Os parâmetros textura do solo e profundidade do nível d'água também apresentam média sensibilidade (a textura do perfil de alteração do solo é de granulometria média, argilosa/arenosa e o nível do freático se encontra a aproximadamente 17m de profundidade).

O parâmetro de menor sensibilidade foi a espessura do perfil de alteração, pois o perfil de alteração é caracterizado como bastante espesso (>2m), o que atribui baixa sensibilidade a esse parâmetro, e o parâmetro de maior sensibilidade do compartimento foi a declividade, por conta da área ser bastante plana com áreas onduladas no máximo a sensibilidade foi alta para esse parâmetro. Na análise da sensibilidade o compartimento foi classificado como valor 6 no IST.

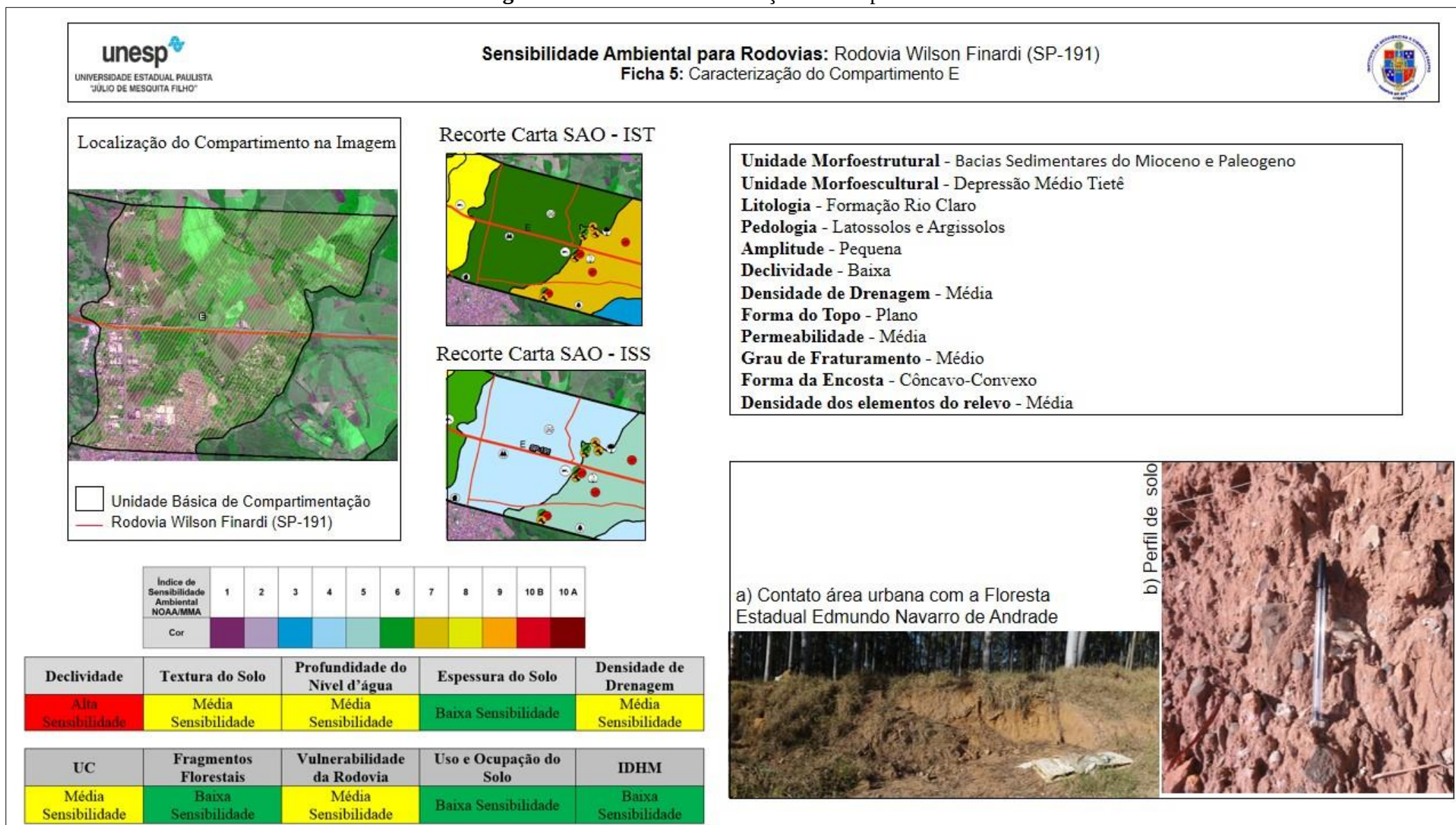
O resultado para o ISS foi de sensibilidade baixa, índice 4. Observa-se uma queda na sensibilidade quando comparados os índices IST e ISS. Os parâmetros IDHM, uso e ocupação do solo e fragmentos florestais resultaram em baixa sensibilidade. O IDHM é bastante alto pois a área se encontra inserida no município de Rio Claro. Os fragmentos florestais ocupam uma área de aproximadamente 7% do compartimento, o uso do solo em sua maioria é composto por áreas urbanas e culturas temporais, apresenta ainda algumas áreas mais localizadas de cultura permanente a pastagem.

O parâmetro de Unidades de Conservação apresenta sensibilidade média, pois esse compartimento também está inserido parcialmente na Unidade de Conservação Área de Proteção Ambiental (APA) Piracicaba e Juqueri-Mirim. Com relação à vulnerabilidade da rodovia, há três trechos de maior incidência de acidentes no compartimento, do que decorre

valor de média sensibilidade para esse parâmetro. Observa-se que nenhum parâmetro biótico e socioeconômico apresenta valor alto de sensibilidade.

A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização do mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros se encontram na Figura 34.

Figura 34: Ficha de caracterização do compartimento E



Fonte: Elaborado pelo autor.

O compartimento F, com área de 49,2 km², também se encontra inserido na Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná na Depressão Periférica Paulista e é o primeiro compartimento a pertencer à Unidade Morfoescultural da Depressão Mogi-Guaçu. Insere-se na Formação Corumbataí, com Latossolos Vermelho Amarelo da Unidade Holambra e da Unidade Palmeiras, apresenta também Latossolo Vermelho Amarelo da Unidade Mato Dentro, Latossolo Vermelho Escuro da Unidade Limeira, Latossolo Roxo das Unidades Ribeirão Preto e Barão Geraldo e áreas de solos hidromórficos (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

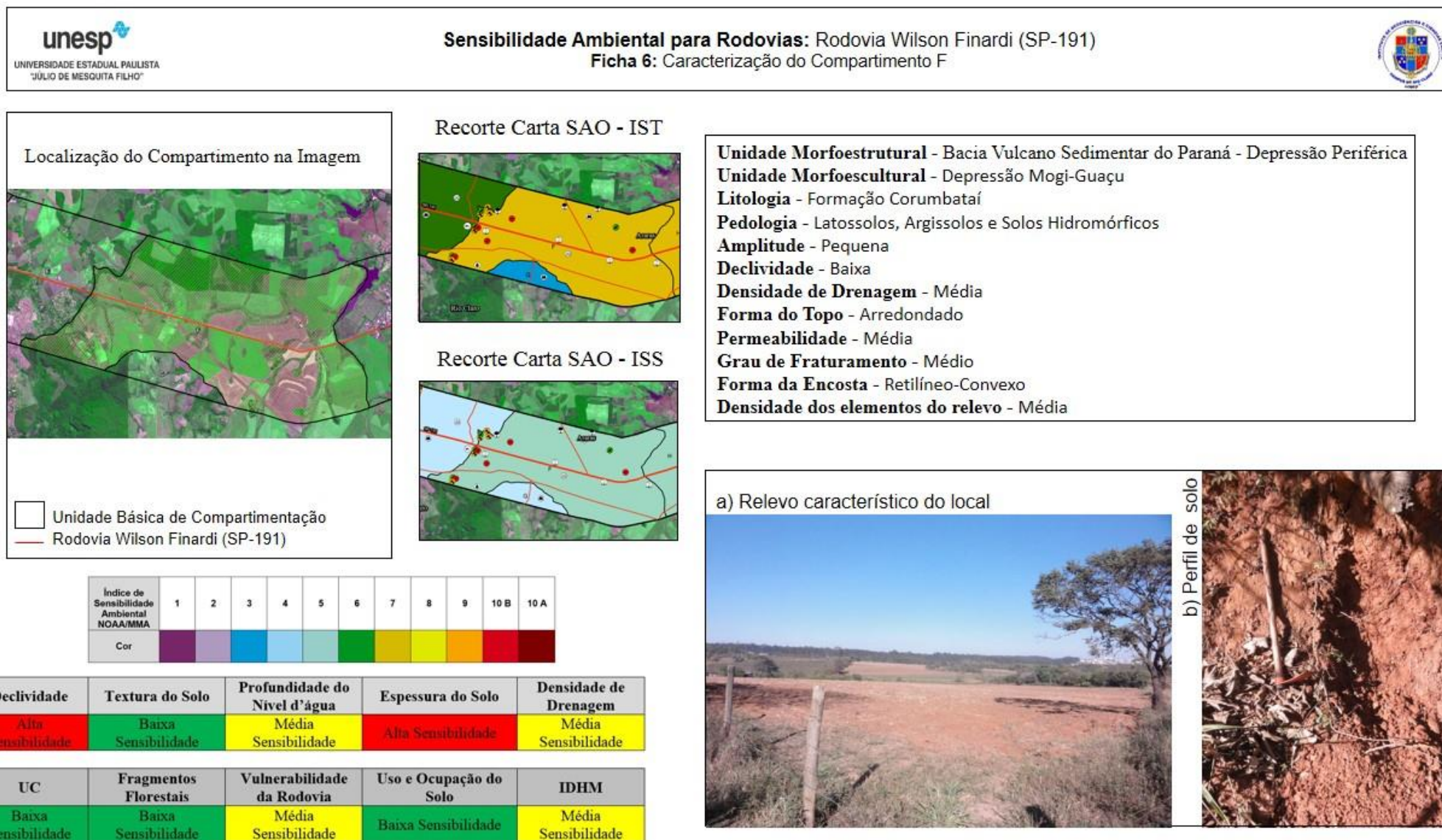
O relevo da área se caracteriza como suave ondulado e ondulado (LEPSCH, 1983) e a espessura do solo é pouca espessa (<1m) garantindo a esse compartimento alta sensibilidade a ambos parâmetros. A profundidade do nível d'água e a densidade de drenagem no compartimento são caracterizados como média sensibilidade e o parâmetro de textura do solo apresenta baixa sensibilidade, pois apesar da diversidade de solos a textura predominante é argilosa. A sensibilidade para esse compartimento quando analisados os parâmetros é referente ao valor 7 para o IST, o que representa sensibilidade média/alta.

Ao inserir os parâmetros bióticos e socioeconômicos na análise, o resultado obtido foi índice 5 para o ISS da área, referente a sensibilidade média, observa-se uma queda na sensibilidade quando comparados os índices IST e ISS, isso ocorre pois a área apresenta baixa sensibilidade a três parâmetros bióticos e socioambientais com exceção vulnerabilidade da rodovia e do IDHM. Os fragmentos florestais ocupam uma área de pouco mais de 7% da área do compartimento, a área não está inserida em nenhuma UC e com relação ao uso do solo se destaca o cultivo temporário, seguido de áreas pouco expressivas de culturas permanentes e corpos d'água (principalmente referente à represa), além disso apresenta algumas manchas de vegetação de porte campestre e florestal. Sendo assim, os três parâmetros apresentaram sensibilidade baixa.

O IDHM de Araras é abaixo de 0,8, do que decorre média sensibilidade nesse parâmetro, outro parâmetro de média sensibilidade é a vulnerabilidade da rodovia pois o compartimento apresenta três trechos de maior incidência de acidentes.

A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização do mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros se encontram na Figura 35.

Figura 35: Ficha de caracterização do compartimento F



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O compartimento G representa uma pequena área de 3,9 km², a sudoeste da rodovia SP-191 e se insere na unidade Morfoestrutural da Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná na Depressão Periférica Paulista tendo como unidade Morfoescultural a Depressão Mogi-Guaçu. O substrato litológico da área é correspondente à Formação Piramboia, com Argissolo Vermelho Amarelo da Unidade Palmeiras e Latossolo Roxo das Unidades Ribeirão Preto e Barão Geraldo (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

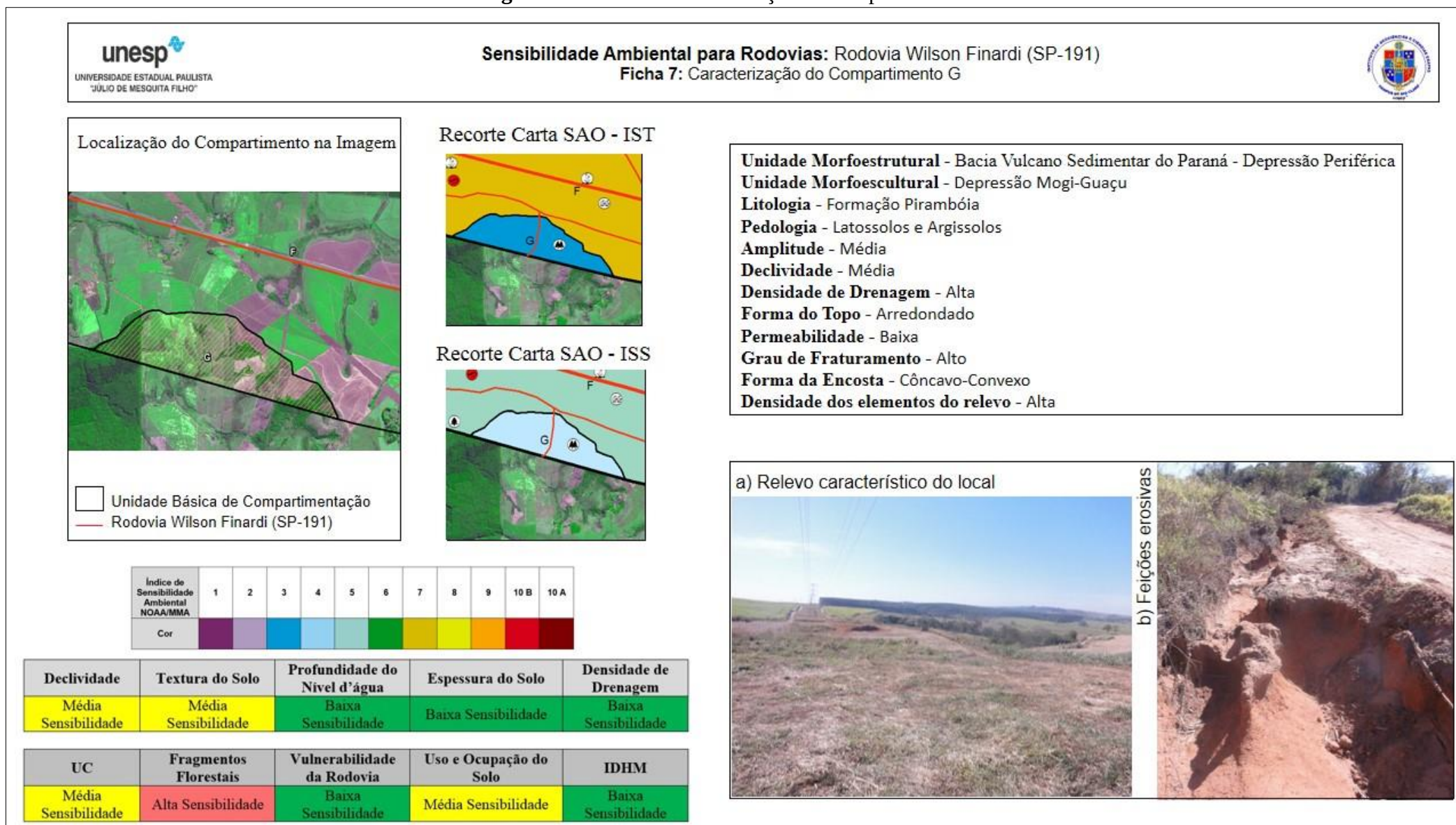
O relevo varia de moderadamente ondulado ao fortemente ondulado (prevalecendo o último), o parâmetro de declividade apresenta média sensibilidade, outro parâmetro de média sensibilidade é a textura do solo, com textura do perfil de alteração de granulometria média, argilosa/arenosa. Os demais parâmetros do IST apresentam baixa sensibilidade. A espessura do perfil de alteração é maior que 2m, a densidade de drenagem é alta (o que condiz inclusive com a maior declividade desse compartimento em relação a maioria dos compartimentos de relevo mais plano) e a profundidade do nível d'água é de mais de 45m, o que resulta em baixa sensibilidade a esses três parâmetros. Foi obtido o valor 3 para o IST dessa área.

O compartimento G foi o único a apresentar maior sensibilidade no ISS quando comparado com o IST, isso porque apesar da área ser pouco sensível aos parâmetros físicos apresenta uma sensibilidade média para os parâmetros bióticos e socioambientais, que em conjunto corroboraram com a obtenção do valor 4 do ISS.

O IDHM da área é bastante alto, portanto baixa sensibilidade. Com relação à vulnerabilidade da rodovia, esse parâmetro também apresentou baixa sensibilidade uma vez que a rodovia não perpassa pelo compartimento. A área se encontra dentro da Unidade de Conservação Área de Proteção Ambiental (APA) Piracicaba e Juqueri-Mirim, sendo o último compartimento da área de estudo dentro de uma UC, com média sensibilidade a esse parâmetro. Outro parâmetro com sensibilidade média foi o uso do solo. A área apresenta expressivas áreas de cultivo permanente e temporário que, aliados a uma área significativa de vegetação campestre e florestal, resultou numa média sensibilidade a esse parâmetro. Os fragmentos florestais ocupam uma área de pouco mais de 21% da área do compartimento, portanto alta sensibilidade.

A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização do mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros se encontram na Figura 36.

Figura 36: Ficha de caracterização do compartimento G



Fonte: Elaborado pelo autor.

O compartimento H apresenta área de 31,2 km² e se insere na unidade Morfoestrutural da Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná na Depressão Periférica Paulista tendo como unidade Morfoescultural a Depressão Mogi-Guaçu. Tem como formação litológica a Formação Tatuí e o substrato pedológico apresenta Argissolo Vermelho Amarelo da Unidade Holambra e diferentes tipos de Latossolos – Latossolo Vermelho Amarelo das unidades Bela Aliança e Mato Dentro, Latossolo Vermelho Escuro da Unidade Limeira e Latossolo Roco da Unidade Barão Geraldo (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

Com um relevo predominantemente suave ondulado e ondulado com algumas pequenas áreas moderadamente onduladas, tem declividade abaixo de 15% portanto alta sensibilidade. Os demais parâmetros do IST apresentam média sensibilidade no compartimento.

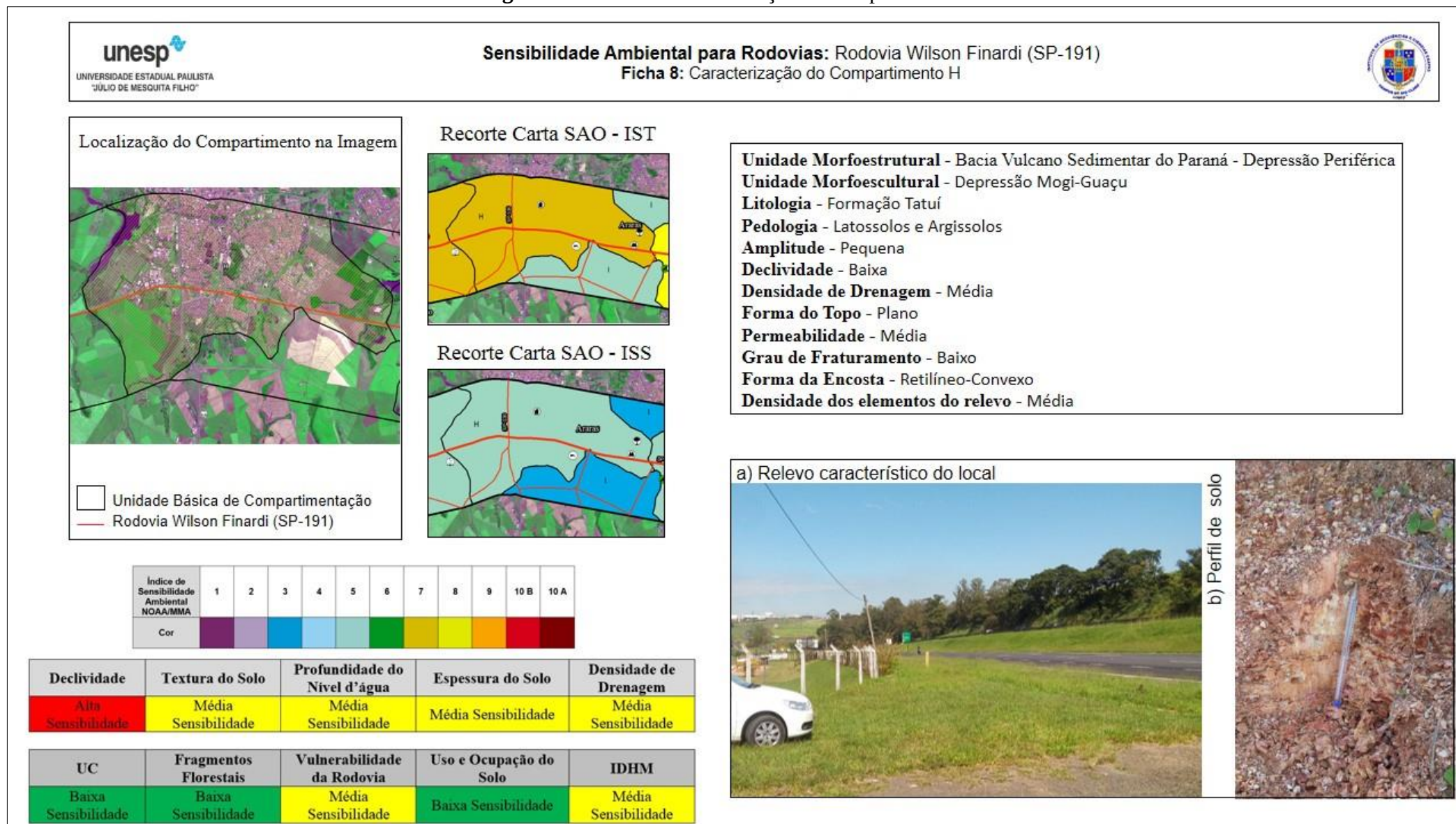
A textura do solo possui granulometria média, argilosa/arenosa. A espessura do perfil de alteração é entre 1m e 2m, a densidade de drenagem também é média e o nível d'água se encontra a 35m de profundidade. O valor do IST para o compartimento foi 7, considerado uma sensibilidade média/alta.

Já na análise do ISS, esse valor diminui 2 números, uma vez que resultou em sensibilidade média de 5 para o índice. Nenhum dos parâmetros apresenta alta sensibilidade, dois apresentam média sensibilidade (vulnerabilidade da rodovia e IDHM) e os demais baixa sensibilidade:-UC, fragmentos florestais, uso e ocupação do solo). A rodovia apresentou quatro trechos de maior incidência de acidentes no compartimento e nenhum caso de trecho crítico e o IDHM, por pertencer ao município de Araras é abaixo de 0,8 (alto), adquirindo sensibilidade média a esse parâmetro.

Os fragmentos florestais da área são de pouco mais de 3% do total da área do compartimento, a área não está inserida em nenhuma unidade de conservação. Com relação ao uso do solo a maior parte corresponde à área urbana do município de Araras, e o restante é composto por culturas temporárias com áreas não significativas de culturas permanentes, vegetação e corpos d'água.

A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização do mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros se encontram na Figura 37.

Figura 37: Ficha de caracterização do compartimento H



Fonte: Elaborado pelo autor.

O compartimento I, com área total de 18,6 km², é dividido em duas pequenas áreas não contínuas de 11,3 km² e 7,3 km², está inserido na Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná na Depressão Periférica Paulista tendo como unidade Morfoescultural a Depressão Mogi-Guaçu. Tem como formação litológica as intrusivas básicas da Formação Serra Geral e os solos da área correspondem ao Latossolos Roxo da Unidade Ribeirão Preto e Latossolo Vermelho Amarelo da Unidade Limeira (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

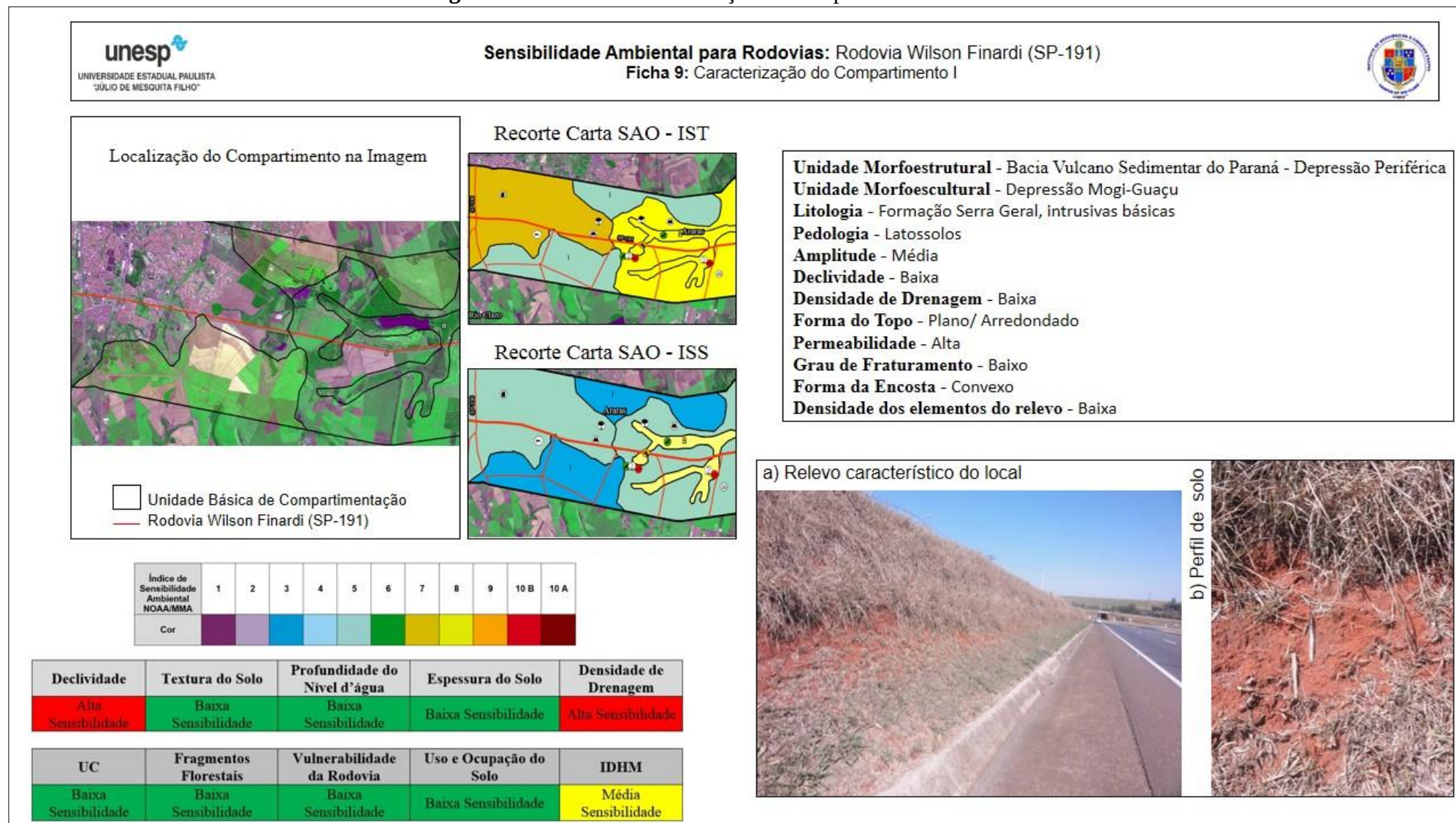
O relevo da área é suave ondulado e ondulado com baixa densidade de drenagem, com isso ambos os parâmetros obtiveram alta sensibilidade na área. Os demais parâmetros físicos tiveram baixa sensibilidade, pois a textura do solo é argilosa, o nível d'água se encontra em torno de 59m de profundidade e a espessura do perfil de alteração é maior que 2m. A partir dessa análise o IST da área apresentou valor 5 (média sensibilidade).

Já na análise do ISS esse valor foi reduzido em 2 números, ficando com uma sensibilidade baixa, com índice 3. Apenas o IDHM apresentou valor de média sensibilidade, os demais apresentaram baixa sensibilidade. Apenas um pequeno trecho da rodovia corta o compartimento I e este não apresenta nenhum trecho de maior incidência de acidentes, o uso do solo da área é predominantemente composto de culturas temporárias com pequenas áreas urbanas e alguns fragmentos isolados e cultivos permanentes. Os fragmentos florestais da área são de pouco mais de 3% do total da área do compartimento, a área não está inserida em nenhuma unidade de conservação.

Nenhum dos parâmetros apresenta alta sensibilidade, dois apresentam média sensibilidade (vulnerabilidade da rodovia e IDHM) e os demais baixa sensibilidade (UC, fragmentos florestais, uso e ocupação do solo). A rodovia apresentou quatro trechos de maior incidência de acidentes e nenhum caso de trecho crítico e o IDHM por pertencer ao município de Araras é abaixo de 0,8 (alto), o que resultou em sensibilidade média a esse parâmetro. Os fragmentos florestais da área não chegam a 2% do total da área do compartimento, a área não está inserida em nenhuma unidade de conservação

A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização do mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros se encontram na Figura 38.

Figura 38: Ficha de caracterização do compartimento I



Fonte: Elaborado pelo autor

O compartimento J apresenta uma área de 44,1 km², sendo o segundo maior compartimento da área de estudo, atrás somente do compartimento F. Este compartimento se insere na Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares do Mioceno e Paleogeno tendo como unidade Morfoestrutural a Depressão Mogi Guaçu. Tem como litologia a Formação Pirassununga (correlata a Formação Rio Claro) e apresenta solos do tipo Latossolo Vermelho Amarelo das unidades Laranja Azeda, Bela Aliança e Mato Dentro, além de Latossolo Roxo das unidades Ribeirão Preto e Barão Geraldo (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

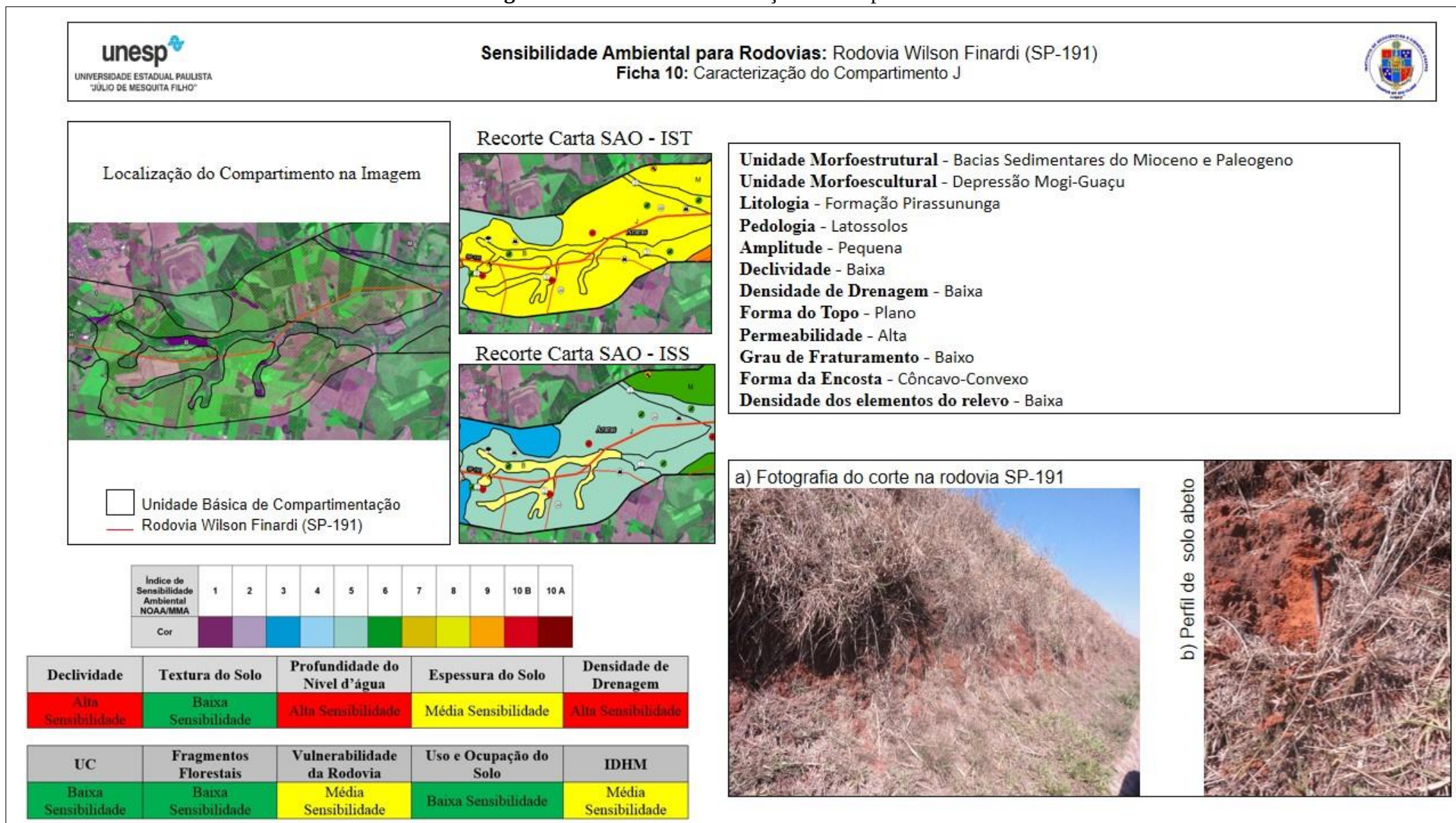
O relevo do compartimento pode ser caracterizado como suave ondulado a ondulado, a área apresenta baixa densidade de drenagem e o nível d'água se encontra a pouco mais de 10m de profundidade, com isso os três parâmetros apresentam alta sensibilidade. O perfil de alteração tem espessura média e o único parâmetro do IST com baixa sensibilidade é a textura do perfil de alteração, de granulometria fina correspondente ao tamanho argila. O IST do compartimento resultou em alta sensibilidade de valor 8, uma vez que a maioria dos parâmetros apresentam alta sensibilidade a derrames de óleo.

Ao analisar os parâmetros bióticos e socioeconômicos a sensibilidade decresce bastante, com valor 5, que representa sensibilidade média. A vulnerabilidade da rodovia (4 trechos de maior incidência de acidentes) e o IDHM tem média sensibilidade, os demais parâmetros apresentam baixa sensibilidade para o compartimento.

Os fragmentos florestais da área não chegam a 2% do total da área do compartimento, a área não está inserida em nenhuma unidade de conservação, com relação ao uso do solo da área, este é predominantemente composto de culturas temporárias com áreas de culturas permanentes e pequenas áreas de vegetação e corpos d'água.

A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização do mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros se encontram na Figura 39

Figura 39: Ficha de caracterização do compartimento J



Fonte: Elaborado pelo autor.

O compartimento K, com área de 22,6 km², pertence à unidade Morfoestrutural da Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná na Depressão Periférica Paulista tendo como unidade Morfoescultural a Depressão Mogi-Guaçu. Tem como formação litológica as rochas intrusivas básicas da Formação Serra Geral, com Latossolo Vermelho Amarelo das unidades Laranja Azeda e Bela Aliança, Latossolo Vermelho Escuro das unidades Limeira e Santo Antônio e solos hidromórficos (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

A área apresenta uma declividade abaixo de 15% correspondente a um relevo que varia de suave ondulado a moderadamente ondulado, o que resulta em alta sensibilidade ambiental ao óleo, além desse parâmetro o nível d'água também apresenta alta sensibilidade pois este se encontra a pouco mais de 8m de profundidade.

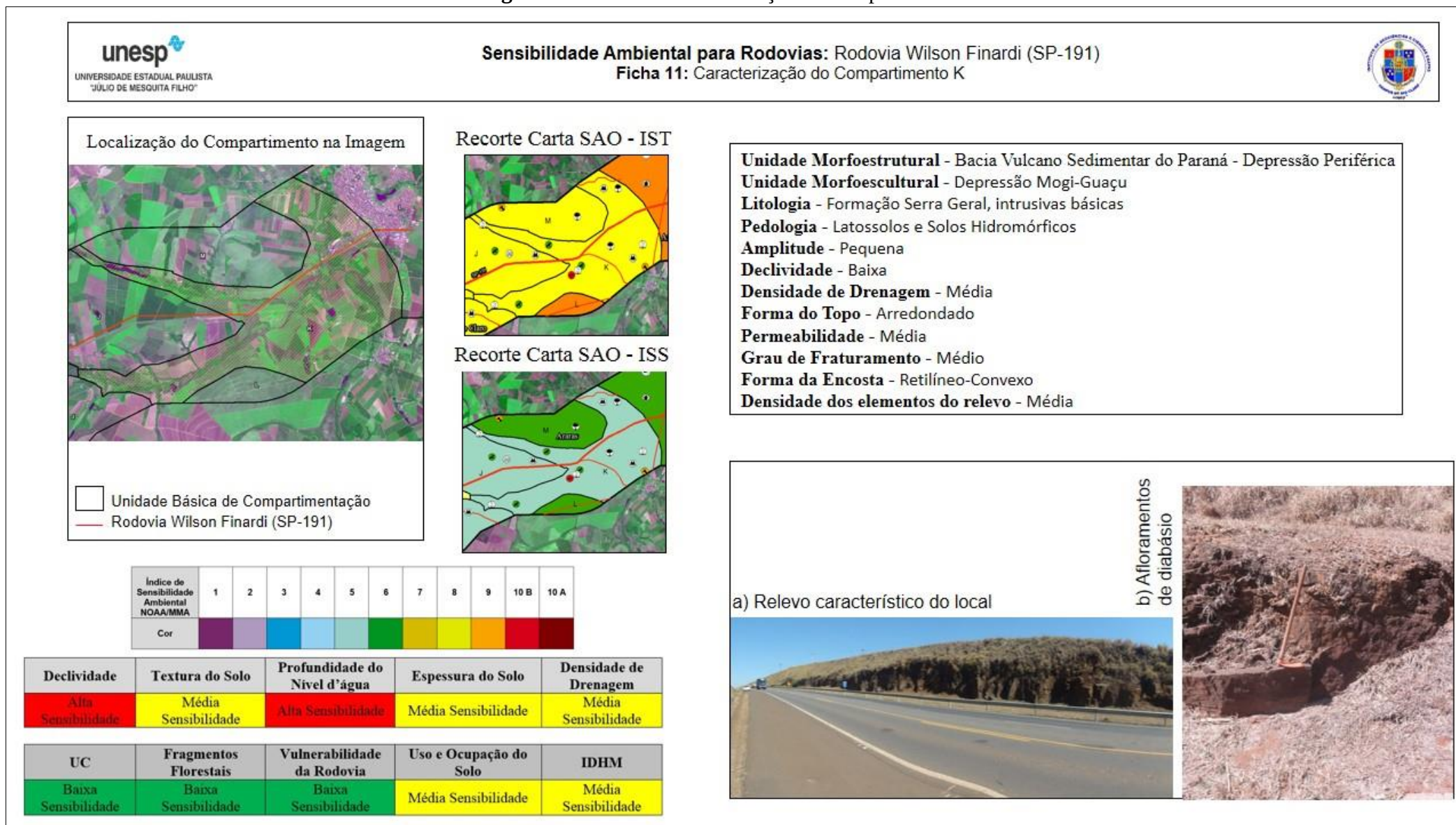
Os parâmetros densidade de drenagem, textura e espessura do perfil de alteração apresentam média sensibilidade no IST, o que resulta no valor 8 (alta sensibilidade) para esse compartimento.

Já na análise do ISS, esse valor decresceu para 5, do que decorre média sensibilidade nesse índice. Nenhum dos parâmetros apresenta alta sensibilidade, apenas o IDHM e o uso e ocupação do solo apresentam média sensibilidade, os demais apresentam baixa sensibilidade. A rodovia apresentou apenas dois trechos de maior incidência de acidentes dentro desse compartimento, os fragmentos florestais da área não chegam a 5% do total da área do compartimento e a área não está inserida em nenhuma unidade de conservação.

Com relação ao uso do solo da área, este é predominantemente composto de culturas temporárias, entretanto apresenta uma quantidade considerável de culturas permanentes e pequenas áreas de vegetação associadas a áreas de APP, apresenta ainda algumas áreas urbanizadas e corpos d'água.

A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização do mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros se encontram na Figura 40.

Figura 40: Ficha de caracterização do compartimento K



Fonte: Elaborado pelo autor.

O compartimento L possui uma área total de 19,1 km² dividido em duas áreas não contínuas de 16,9 km² e 2,2 km². O compartimento se insere na Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares do Mioceno e Paleogeno tendo como unidade Morfoestrutural a Depressão Mogi Guaçu. A formação Tatuí é responsável pelo substrato litológico da área e apresenta solos do tipo Latossolo Vermelho Amarelo da Unidade Mato Dentro e Latossolo Vermelho Escuro das unidades Limeira e Santo Antônio, além de ilhas de solos hidromórficos (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

Com um relevo plano com algumas variações de suave ondulado a moderadamente ondulado, a declividade fica abaixo de 15% correspondente a uma alta sensibilidade ao parâmetro de declividade. A espessura do perfil de alteração é pouco espessa, abaixo de 1m, e a densidade de drenagem da área é baixa, com isso ambos os fatores apresentam alta sensibilidade ao óleo. Os fatores de textura do solo e profundidade do nível d'água apresentam sensibilidade média. A textura do solo possui granulometria média, argilosa/arenosa e a profundidade do nível d'água se encontra numa média de aproximadamente 27m de profundidade.

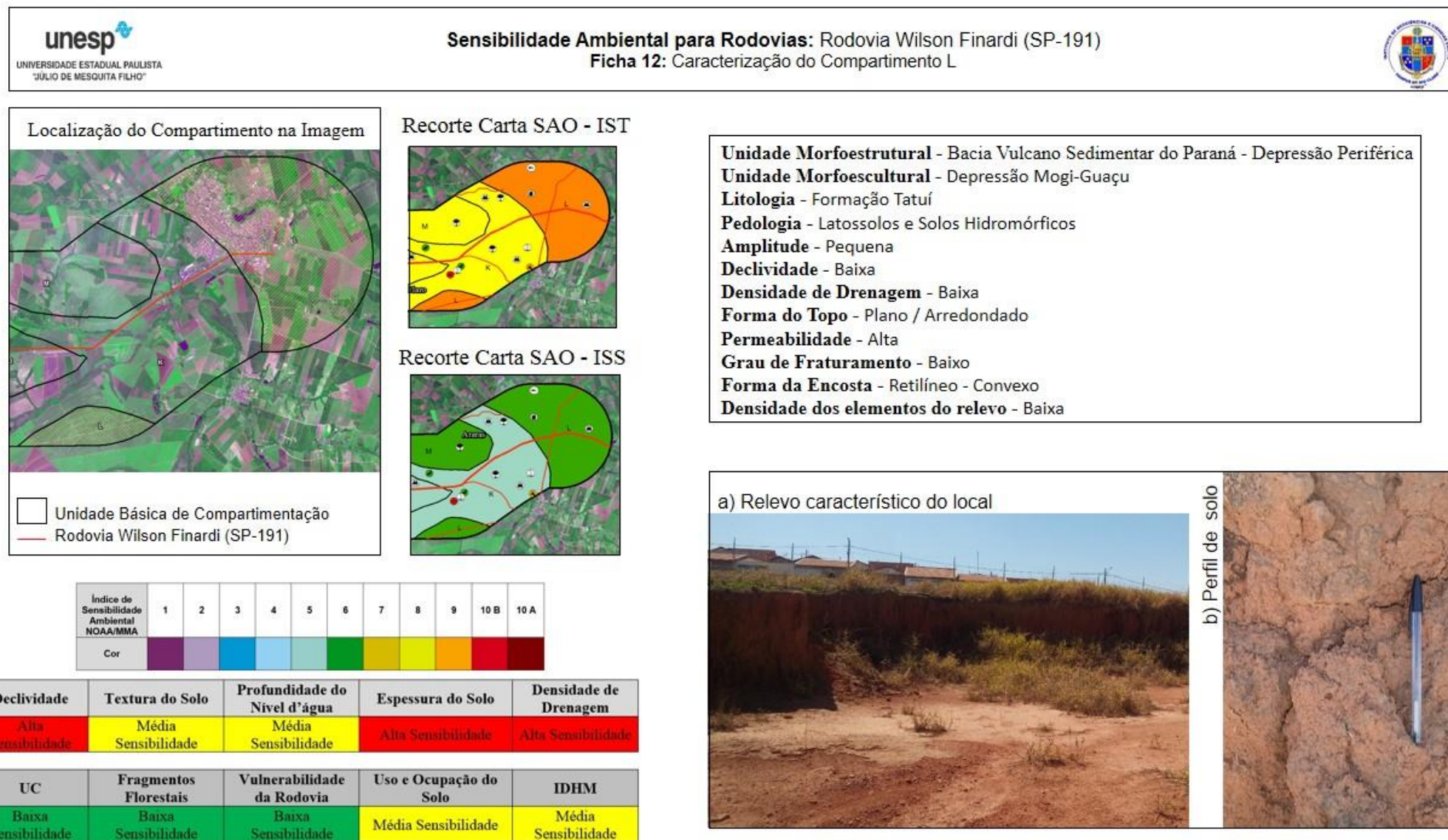
A somatória dos valores de cada parâmetro atribui ao compartimento o valor 9 (alta sensibilidade), isso porque nenhum dos parâmetros físicos apresentou baixa sensibilidade, quando analisado em conjunto com os parâmetros bióticos e socioeconômicos esse cenário de sensibilidade é menos representativo. O mapeamento resultou no valor 6 de sensibilidade no ISS, representando uma sensibilidade média/alta.

Esse cenário ocorre porque esses parâmetros apresentaram em sua maioria baixa sensibilidade com exceção do uso do solo e do IDHM alto. O uso do solo é predominantemente composto por áreas de cultura permanente o que lhe atribuiu a média sensibilidade. Há uma boa área de uso urbano e cultura temporária, e poucas áreas de pastagem e de vegetação e corpos d'água isolados.

Os fragmentos florestais da área não chegam a 4% do total da área do compartimento, a área não está inserida em nenhuma unidade de conservação.

A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização do mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros se encontram na Figura 41.

Figura 41: Ficha de caracterização do compartimento L



Fonte: Elaborado pelo autor.

O compartimento M tem uma área de 9,2 km² e está inserido na Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares do Mioceno e Paleogeno tendo como unidade Morfoestrutural a Depressão Mogi Guaçu, a litologia da área é proveniente da Formação Tatuí, com diversos tipos de Latossolos – Latossolo Vermelho Amarelo das unidades Laranja Azeda e Mato Dentro, Latossolo Vermelho Escuro da Unidade Limeira e Latossolo Roxo da Unidade Barão Geraldo (ROSS e MOROZ, 1996; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA et al, 1992).

O relevo da área varia entre suave ondulado a moderadamente ondulado, com a maioria das áreas pertencentes à classe de relevo ondulado. A declividade é abaixo de 15%, portanto alta sensibilidade a derrames de óleo. A textura do solo também apresenta alta sensibilidade pois a granulometria presente no perfil de alteração é grossa (areia), o nível d'água é bastante raso, com pouco mais de 5m de profundidade média, resultando também em alta sensibilidade a esse parâmetro. A densidade de drenagem é média para o compartimento e a espessura do perfil de alteração é acima de 2m, resultando em sensibilidade ao óleo média e baixa aos parâmetros, respectivamente.

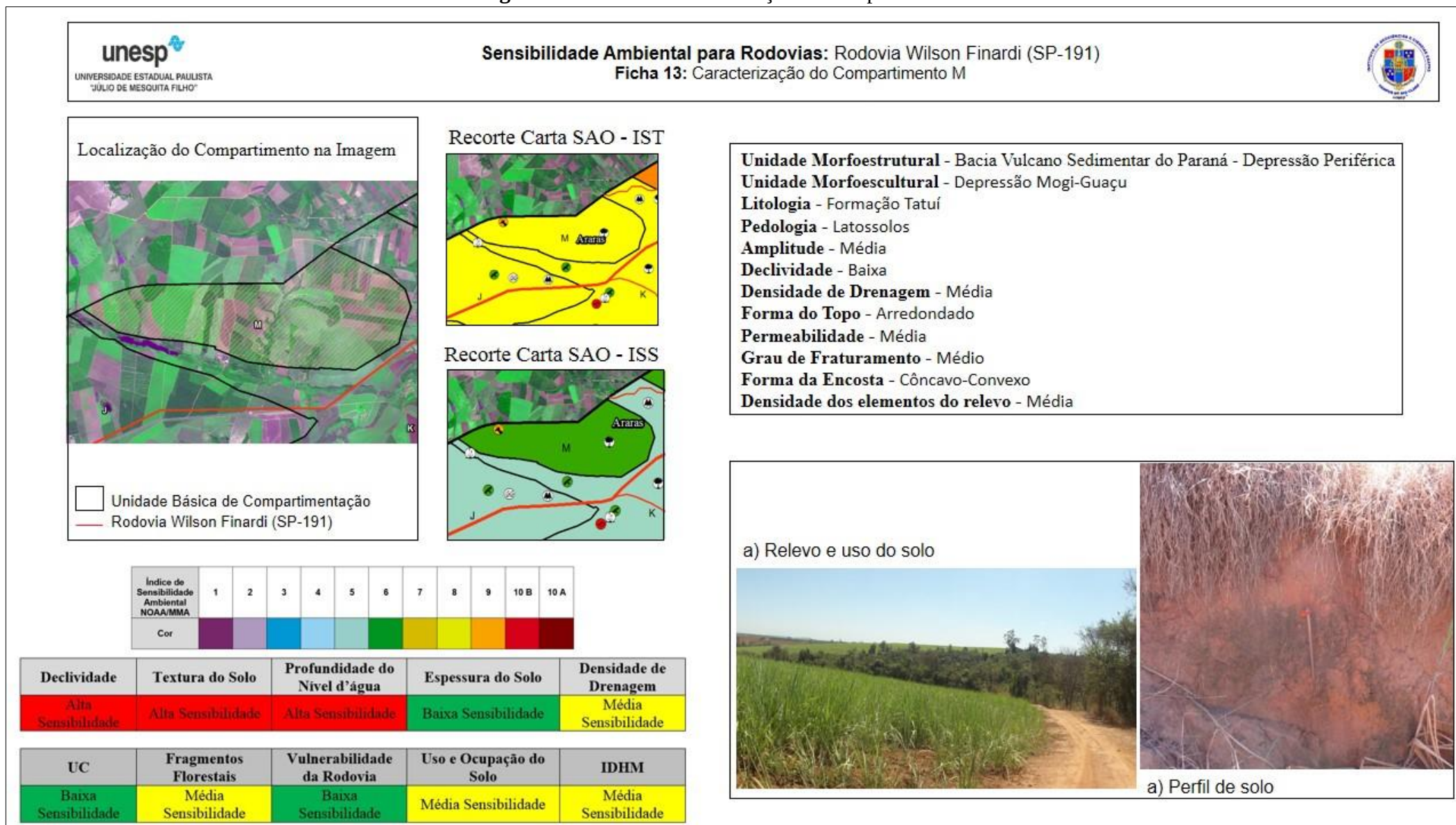
O índice final da área foi de 8, alta sensibilidade. Para o ISS a sensibilidade resultou no valor 6 de sensibilidade no índice, representando uma sensibilidade média/alta.

Esse cenário ocorre porque esses parâmetros apresentaram em sua maioria média sensibilidade com exceção do parâmetro de Unidades de Conservação e Vulnerabilidade da Rodovia que apresentaram baixa sensibilidade, isso porque a área não está inserida em nenhuma unidade de conservação e a rodovia não perpassa o compartimento M não apresentando portanto acidentes dentro da área.

Os fragmentos florestais correspondem a aproximadamente 12,7 do total da área do compartimento, o IDHM de Conchal também se encontra abaixo de 0,8 e o uso do solo é predominantemente composto por áreas de cultura permanente o que lhe atribuiu a média sensibilidade. Há uma boa área de cultura temporária, uma área considerável de fragmentos florestais relacionados principalmente a áreas de APP e vegetações campestres.

A descrição sucinta do compartimento com as fotografias de campo para caracterização do mesmo, bem como a visualização dos índices IST e ISS e seus respectivos parâmetros se encontram na Figura 42.

Figura 42: Ficha de caracterização do compartimento M



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.5 Síntese dos Resultados

A área de estudo não apresentou valores em nenhuma das modalidades para os valores extremos de índice, tanto de menor sensibilidade quanto ao de maior sensibilidade, os valores 1, 2, 10B e 10 não ocorrem na área de estudo. O valor 4 não teve correspondência no IST e o valor 7 não obteve correspondência no ISS.

Pode-se observar que, de forma geral, os valores do IST se concentraram em valores de média a alta sensibilidade enquanto que os valores do ISS concentraram-se na faixa de média e baixa sensibilidade.

Essa discrepância dos valores ocorre pelo fato da área, de modo geral, apresentar uma sensibilidade socioambiental menor, a rodovia em si não apresentar um grande registro de acidentes, como no caso de outras rodovias já trabalhadas no grupo de sensibilidade ao óleo, como a Washington Luís (SP-310) e a Anhanguera (SP-330), além disso o uso do solo em sua maioria é composto por áreas de cultivos temporários, que foram considerados de menor sensibilidade.

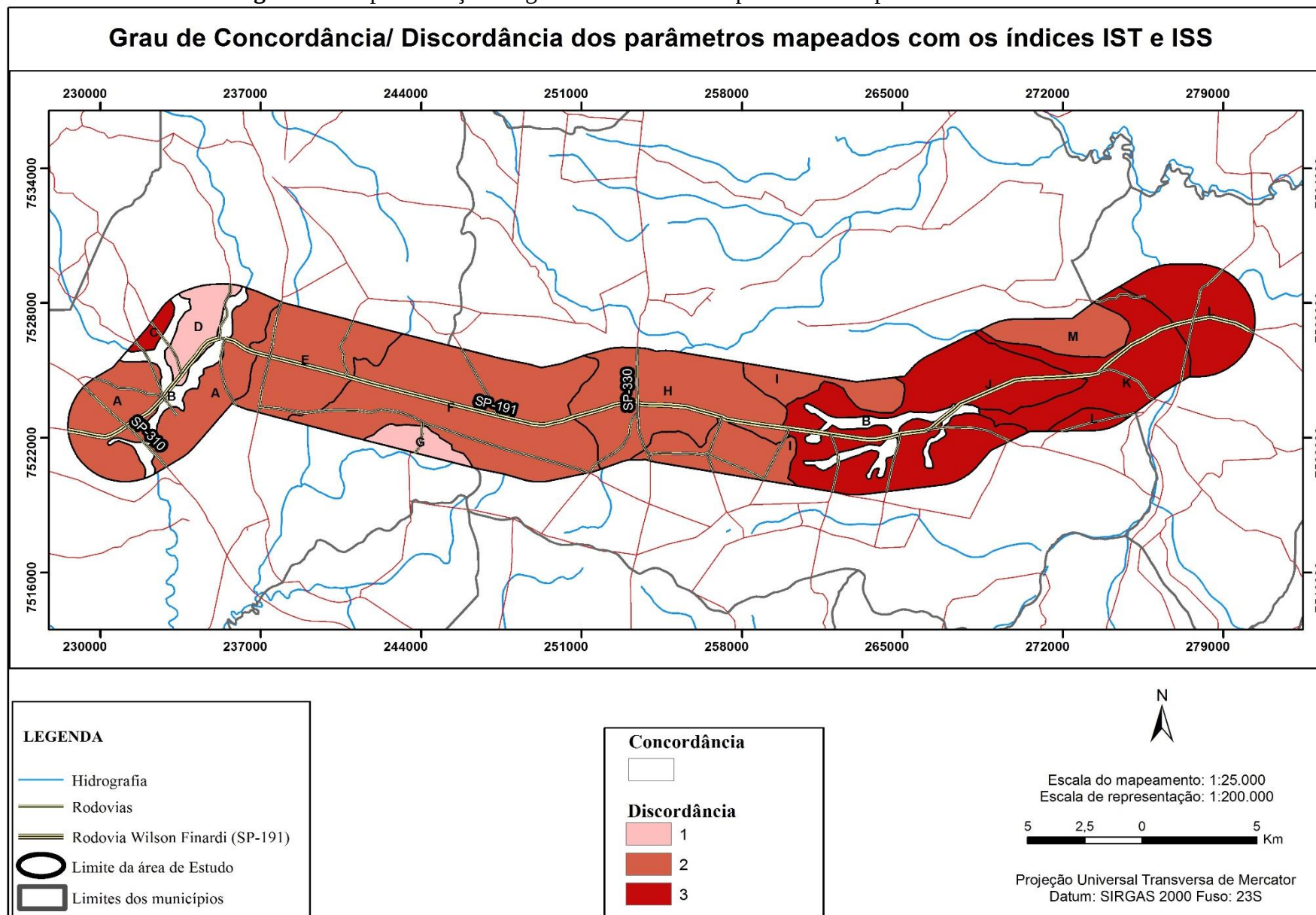
Cabe considerar que os índices de sensibilidade obtidos pela metodologia que incorpora os dados bióticos e socioeconômicos podem ser elevados em áreas com grande número de acidentes ou com tipo de uso distinto do que ocorre na área de estudo. Neste caso, pode-se esperar uma situação em que os índices obtidos pela metodologia do ISS sejam mais altos do que aqueles obtidos no IST. Um exemplo desta situação pode ser observado com relação aos compartimentos A e B, que obtiveram os mesmos índices na metodologia do IST, porém foram classificados de forma distinta na metodologia do ISS, onde o compartimento B obteve sensibilidade maior, pelo fato da ocorrência de grande área de fragmentos florestais, uso do solo composto primordialmente de áreas de APP e cursos d'água, destacando esse compartimento daqueles ao seu redor.

A partir da comparação dos mapas resultantes das duas metodologias, foram quantificadas as áreas de concordância e discordância em relação ao valor obtido por cada índice. Dentre as UBCs identificadas como divergentes, avaliou-se o grau de discordância por meio da Equação:

$$\text{Grau de discordância} = | \text{IST} - \text{ISS} |$$

Quando o resultado é zero, os dois índices coincidem, na medida em que os valores obtidos aumentam, maior a discordância entre os índices obtidos pelas duas metodologias. A espacialização da discordância pode ser observada na Figura 43.

Figura 43: Espacialização do grau de Discordância para cada compartimento da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

A análise quantitativa demonstra que a grande maioria dos compartimentos obteve grau de discordância de grau 2, sendo que seis compartimentos apresentaram esse resultado (A, E, F, H, I e M), quatro compartimentos obtiveram grau 3 de discordância, o maior valor de discordância registrado na área de estudo, os compartimentos que apresentaram esse valor de discordância foram C, J, K e L. Dois compartimentos apresentaram grau 1 de discordância, os compartimentos D e G, sendo que o compartimento G foi o único da área de estudo a apresentar aumento do índice IST com relação ao ISS. A única área que manteve o mesmo valor de sensibilidade foi o compartimento B, que apresentou concordância de valores. Os valores apresentados podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8: Grau de discordância dos compartimentos em relação aos índices aplicados

Compartimento	Índices		Grau de Discordância
	IST	ISS	
A	8	6	2
B	8	8	0
C	9	6	3
D	6	5	1
E	6	4	2
F	7	5	2
G	3	4	1
H	7	5	1
I	5	3	2
J	8	5	3
K	8	5	3
L	9	6	3
M	8	6	2

Fonte: Elaborado pelo autor

6 CONCLUSÕES

O objetivo principal da pesquisa foi alcançado, com aplicação da metodologia proposta em um trecho da rodovia Wilson Finardi (SP-191), entre os km 21+200 e 74+500.

A comparação entre a metodologia que incorpora as informações bióticas e socioeconômicas na elaboração do índice de sensibilidade (ISS) com aquela cujo índice é ancorado nas características do meio físico, utilizando as demais informações na forma de ícones pré definidos (IST) demonstrou que, de modo geral, a área de estudo apresenta uma sensibilidade média/alta sensibilidade para o IST e média /baixa sensibilidade para o ISS. Tal resultado mostra que a área é mais sensível em relação a seu substrato físico do que no âmbito biótico e socioeconômico. Tal fato pode ser explicado pelo histórico de baixa ocorrência de acidentes no trecho analisado, diferentemente do caso de rodovias de maior movimento, como Anhanguera ou Washington Luís, próximas da área de estudo. Além disto, contribuiu para a menor sensibilidade dos fatores socioeconômicos o alto IDHM da região. Com relação aos recursos bióticos, também incorporados ao ISS, estes apresentaram características peculiares na área de estudo, como a ocorrência de culturas temporárias, classificadas como menos sensíveis.

Alguns fatores devem ser considerados na elaboração das Cartas SAO a partir do ISS, como a necessidade de atualização dos mapeamentos, pois ao contrário do substrato físico, os recursos bióticos e socioeconômicos se modificam com maior frequência. Entretanto não seria necessário um novo mapeamento, mas sim uma adequação dos mapeamentos já realizados para que seja gerado um mapa síntese atualizado. De qualquer forma, trata-se de uma atualização mais complexa do que a requerida na metodologia de índice ancorado somente no meio físico, onde é feita a inclusão ou retirada dos ícones representativos dos recursos bióticos e socioeconômicos, sem alteração do índice em si.

A etapa de Compartimentação Fisiográfica foi extremamente apropriada para a elaboração das Cartas SAO terrestres em ambas as metodologias utilizadas, pois se associa ao modo de análise da sensibilidade costeira, que classifica segmentos homogêneos, com relação aos diversos ambientes existentes na costa.

A metodologia apresentou resultados interessantes, condizentes com o contexto em que a área piloto se insere e deve ser explorada em outras áreas com cenários socioeconômicos e bióticos mais complexos para sua melhor avaliação. Além disto, novos parâmetros bióticos e socioeconômicos podem ser incorporados na análise, bem como outras formas de avaliação dos parâmetros propostos, com possível ponderação entre os próprios

parâmetros. Nesta pesquisa a ponderação foi somente utilizada para as classes dentro de cada parâmetro.

Um dos parâmetros utilizados para a compreensão da realidade socioeconômica da área foi o IDHM, um índice sintético. Os índices sintéticos são medidas síntese utilizadas para representar determinada realidade social, entretanto sua utilização pode amenizar realidades ao tratar todos os dados dentro da área do município da mesma forma, uma saída para esse problema seria utilizar outros indicadores que trabalham com os setores censitários, que melhor representam as discrepâncias sócias existentes entre as várias regiões do município, o que repercute em diferentes sensibilidades sociais e representa de forma mais realista o quadro social vigente.

A utilização desses demais índices, em níveis censitários deve ser analisada a partir de trabalhos acadêmicos e testes de aplicações, uma vez que a Carta SAO prioriza ambientes homogêneos para sua elaboração. Necessita-se refletir sobre a real necessidade de grande detalhamento antes de se propor essa utilização.

O índice de sensibilidade proposto mostrou-se exequível, com produção rápida e objetiva e permite a aplicação em diferentes contextos, embora ainda haja necessidade de consolidação do mesmo.

É necessária uma maior atenção por parte dos órgãos ambientais em relação aos acidentes envolvendo produtos perigosos em rodovias. Da mesma forma que a Carta SAO costeira é amplamente utilizada atualmente, a proposta apresentada nessa pesquisa pode também ser utilizada em larga escala como uma medida de apoio às tomadas de decisão e ações emergenciais e mitigatórias em caso de acidente envolvendo derrame de óleo em rodovias.

Esse mapeamento pode inclusive estar vinculado a estudos ambientais, como por exemplo, compor parte de um Programa de Gerenciamento de Riscos / Programa de Ações Emergenciais (PGR/PAE), que é um documento necessário para todas as rodovias, de responsabilidade das concessionárias.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. John Wiley and Sons, EUA. 1977. 467p.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, n. 41, p. 167-263, 1964.
- ANP, Agência Nacional de Petróleo. **Anuário Estatístico Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis 2015**. ANP, Rio de Janeiro, 2015.
- ARAUJO, S. I.; SILVA, G. H.; MUEHE, D. C. E. H. **Manual básico para elaboração de mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo no sistema Petrobras: ambientes costeiros e estuarinos**. Rio de Janeiro: Cenpes/Petrobras, 2002.
- ARAUJO, S. I.; SILVA, G. H.; MUEHE, D. CARVALHO, M. T. M.; MENEZES, P. M. L.; ALCÂNTARA, A. V.; VARGAS, M. A. M.; TAKAHASHI, L. T. **Mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo: ambientes costeiros, estuarinos e fluviais**. Rio de Janeiro: Petrobras: Jauá, 2006. 168p.
- BARBOSA JR, A. R. **Elementos de Hidrologia Aplicada**. 2013. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/index.php?menu=3&disc=216e214e101>>. Acesso em: 20 de Maio 2016.
- BENEDITTI, C. A. **Vulnerabilidade ambiental ao óleo em ambiente fluvial: estudo de caso rio Tietê/Reservatório de Barra Bonita**. 2015. 130 f. Tese - (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/132759>> Acesso em 12 de Agosto 2016.
- BERNARDE, P.S. & R.A. MACHADO. 2000. Riqueza de espécies, ambientes de reprodução e temporada de vocalização da anurofauna em Três Barras do Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). **Cuadernos del Herpetologia**, Tucumán, 14 (2): 93-104.
- BEYNON, L. R.; GÖDJEN, H.; LILIE, R. H. ASTON, G. H. R.; SIBRA, P. STAPLEFORD, J. K.; **A field guide to inland oil spill clean-up techniques**. CONCAWE. Report nº. 10/83. 1983.
- BIRKLAND, T. A.; LAURENCE, R.G. **The social and political meaning of the Exxon Valdez oil spill**. Spill Science & Technology Bulletin, Grã-Bretanha: Elsevier Science, v. 7, n. 1-2, p. 17-22, 2002.
- BRAGA, T. M.; OLIVEIRA, E. L. DE; GIVISIEZ, G. H. N. Avaliação de Metodologias de Mensuração de Risco e Vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 1, p. 81–95, 2006.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.
- BRASIL, MMA – Ministério do Meio Ambiente. CONAMA – Conselho do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO n. 01, de 31 de Janeiro de 1994**. Define vegetação primária e secundária nos estágios pioneiros, inicial, médio e avançado de regeneração de Mata Atlântica para o estado

de São Paulo, em regulamentação do art. 6º do Decreto n.750 de 10 de Fevereiro de 1993. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. SÃO PAULO. **DECRETO nº60.133, de 7 de Fevereiro de 2014.** Declara as espécies da fauna silvestre ameaçadas de extinção, as quase ameaçadas e as deficientes de dados para avaliação no Estado de São Paulo e dá providências correlatas. São Paulo, 124, 2014.

BROLLO, M. J. **Mapeamento Geotécnico da Quadrícula de Araras/SP: Escala 1:50.000.** Dissertação de Mestrado. EESC – USP. São Carlos. 1991.

CABRAL, JR., M. **Avaliação do potencial metalogenético da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo para depósitos sedimentares fosfáticos, evaporíticos e de metais-base.** 1991. 252 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 1991.

CHRISTIANSEN, M. B.; PITTER, E. Species loss in a forest Bird community near Lagoa Santa in southeastern Brazil. **Biological Conservation**, vol.80, p.23-32. 1997.

CODUTO, D. P. **Geotechnical Engineering:** principles and practices. 1998.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Processo nº 194/2016** – Duplicação da rodovia Wilson Finardi (SP-191), trecho entre os km 049+700 a 074+721. São Paulo. 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Programa de Gerenciamento de Riscos e Programa de Ações Emergenciais PGR/PAE das rodovias em concessão da concessionária Intervias. In: **Processo nº 420/2013** – Duplicação da rodovia Engenheiro João Tosello (SP-147), trecho entre os km 062+450 a 106+320. São Paulo. 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Relatório de emergências químicas atendidas pela CETESB em 2010.** São Paulo. 2011. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/artigos/artigos_relatorios.asp>, acesso em 22 de Mar de 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Sistema de informações sobre emergências químicas da CETESB.** 2016. Disponível em: <<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>>. Acesso em: 02 abr. 2017.

CORREA, M. G. G. Fernandes, R. R. PAINI, L. D. **Os avanços tecnológicos na educação: o uso das geotecnologias no ensino de geografia, os desafios e a realidade escolar.** Maringá. V. 32, n. 1 p. 91-96, 2010.

COSTA, D. M. **Estabelecimento de um índice de sensibilidade ambiental ao óleo em ambientes fluviais, com o suporte da ferramenta MORPH.** 2013. 193 p. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/92737>>.

CNT (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE). **Boletim estatístico.** 2016. Disponível em:

<<http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/BOLETIM%20ESTAT%C3%8DSTICO/BOLETIM>>

%20ESTAT%C3%8DSTICO%202016/Boletim%20Estat%C3%ADstico%20-%2005%20-%202016.pdf>. Acesso em: 19 set. 2016.

CRUZ, I. CAMPOS, V. B. G. **Sistemas de informações geográficas aplicados à análise espacial em transportes, meio ambiente e ocupação do solo**. Rio de Janeiro: IME. 2007. Disponível em: [http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(15\)SIG-AE2.pdf](http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(15)SIG-AE2.pdf) Acesso em 10 de Março de 2017.

DAY, M. J.; REINKE, R. F.; THOMSON, J. A. M. **Fate and Transport of Fuel Components Below Slightly Leaking Underground Storage Tanks**. 2001. Disponível em: <<http://www.idealibrary.com/>>.

DEARO, G. **As 20 maiores malhas rodoviárias do mundo**. 2013. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/mundo/album-de-fotos/as-20-maiores-malhas-rodoviaras-do-mundo>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

DEP/DPEP. Florida's Department of Environmental Protection / Broward County's Department of Planning and Environmental Protection. **Guide to Florida's Petroleum Cleanup Program**. Disponível em: <http://www.dep.state.fl.us/waste/quick_topics/publications/pss/pcp/cleanupbrochure/cleanup_brochure.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

EIA. Energy Information Administration. **International Energy Outlook**. 2007. Disponível em: <[http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484\(2007\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484(2007).pdf)>. Acesso em 08 mai 2017.

ESRI. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. 2015.

ESTEVEZ, C. J. de O. Risco e Vulnerabilidade Socioambiental: Aspectos Conceituais. **Cad. IPARDES**. Curitiba, PR, ISSN 2236-8248, v.1, n.2, p. 62-79, jul./dez. 2011.

EMBRAPA - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FERREIRA, C. E. de C. **Acidentes com motoristas no transporte rodoviário de produtos perigosos**. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, Fundação Seade, v.17, n.2, p.68-80, abr./jun. 2003.

FERREIRA, J.; ZUQUETTE, L. V. Considerações sobre as interações entre contaminantes constituídos de hidrocarbonetos e os compostos do meio físico. **Geociências**, v. 17, n. 2, p. 527-557, 1998.

FERREIRA, M. F.; BEAUMORD, A. C. **Mapeamento da sensibilidade ambiental a derrames de óleo nos cursos de água da bacia do Rio Canhanduba, Itajaí, SC**. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology. v. 12, n. 2, p. 61-72, 2008.

FERREIRA, M. N. **Sensibilidade ambiental ao óleo para rodovias: Estudo de caso de trecho da rodovia Washington Luís (SP 310)**. 2017. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2017.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Imagens de satélites para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FROST, D. R. Amphibian Species of the world: Version 5.3. **Eletronic Database**, 2009. Disponível em <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>. Acesso em 25 de set de 2017.

FUNDAÇÃO SEADE. **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS**. São Paulo: 2000.

FUSSEL, D. R.; G_DJEN, H.; HAYWARD, P.; LILIE, R. H.; MARCO, A. PANISI, C. **Revised inland oil spill clean-up manual**. CONCAWE. Report n°. 7/81. 1981.

GHERARDI, D. F. M.; CABRAL, A. P.; KLEIN, A. H. F.; MUEHE, D. C. E. H.; **Mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo da bacia marítima de Santos**. Braz. J. Aquat. Sci. Technol. v. 12(2), p.11-31, 2008.

GILVAN JÚNIOR. **Processamento Primário de Petróleo/Noções de Processo de Refino**. Disponível em:

<http://www.tecnicodepetroleo.ufpr.br/apostilas/engenheiro_do_petroleo/processamento_primario.pdf> Acesso em: 15 fev. 2017.

GREGORIO, L. M. Di et al. Sensoriamento remoto para gestão (riscos) de desastres naturais. In: SAUSEN, T. M. **Sensoriamento remoto para desastres**. 1ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. Pagina: 43 a 67.

GUIGUER, N. **Poluição das águas subterrâneas e do solo causada por vazamentos em postos de abastecimento**. Waterloo Hydrogeologic, Inc. 356p., 2000.

GUNDLACH, E. R.; CEKIRGE, M.; ANUL, C.; ORHAN, C.; SUTHERLAND, P. Pipeline and coastal environmental sensitivity mapping for the BTC pipeline system in Turkey. **International Oil Spill Conference**, p. 1-5, 2005.

GUNDLACH, E. R.; HAYES, M. O. **Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts**. Marine Technology Society Journal. v. 12, p. 18-27. 1978.

GUNDLACH, E.; IMEVBOR, V. O.; WITHERSPOON, B.; AINODION, J. Incorporating biodiversity into sensitivity maps of the Niger River delta. **International Oil Spill Conference**, p. 391-403, 2001.

HADDAD, C. F.B.; SAZIMA, I. Anfíbios anuros da Serra do Japi. In MORELLATO L. P. C. (org.). **História natural da Serra do Japi**. Ecologia e Preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil. Editora da UNICAMP. p.188-211. 1992.

HADDAD, C. F. B.; TOLEDO, L. F.; PRADO, C. P. A. P. **Anfíbios da Mata Atlântica e campos sulinos**. Database disponível em:

http://www.bdt.org.br/workshop/mata.atlantica/BR/rp_anfib. Acesso em 12 de jul de 2017.

HADDAD, C. F. B.; TOLEDO, L. F.; PRADO, C. P. A. P.; LOEBMANN, D.; GASPARINI, J. L.; SAZIMA, I. Guia dos anfíbios da Mata Atlântica. **Diversidade e Biologia**, vol.1, 1.ed. São Paulo: Anolis Books. 2013.

HAYES, M. O.; MICHEL, J.; DAHLIN, J. A.; BARTON, K. Identifying and mapping sensitive resources for inland area planning. **International Oil Spill Conference**, p. 365-371, 1995.

HAYES, M. O.; MICHEL, J.; MONTELLO, T. M. The reach sensitivity index (RSI) for mapping river and streams. **International Oil Spill Conference**. p. 343-350. 1997.

HERCULANO, S. A qualidade de vida e seus indicadores. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, Unicamp, ano 1, n. 2, 1. sem. 1998.

HULING, S. G.; WEAVER, J. W. Dense Nonaqueous Phase Liquids. **Ground Water Issue**. Environmental Protection Agency (EPA), Oklahoma. 28p. 1991.

IGC (INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO). **Mapa de Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – UGRHI**. 2014. Escala 1:1000000. Disponível em: <<http://www.igc.sp.gov.br/produtos/ugrhi.html>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

INSTITUTO GEOLÓGICO - IG. **Folha de Araras**. São Paulo: IBGE, 1987. SF-23-M-II-3. Escala 1:50.000.

INSTITUTO GEOLÓGICO - IG. **Folha de Leme**. São Paulo: IBGE, 1980. SF-23-M-II-3. Escala 1:50.000.

INSTITUTO GEOLÓGICO – IG. **Unidades Aquíferas**. Escala 1:1. 000.000. 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. Escala 1:500.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1997. Escala 1:1000.000.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: SMA, 2009.

JENSEN, J.R.; NARUMALANI, S.; WEATHERBEE, O.; MURDAY, M.; SEXTON, W.J. & GREEN, C.J. 1993. **Coastal environmental sensitivity mapping for oil spills in the United Arab Emirates using remote sensing and GIS technology**. Geocarto International, 2:5-13.

JOSÉ FILHO, M. Pesquisas: contornos no processo criativo. In: JOSÉ FILHO, M.; DALBÉRICO, O. **Desafios da pesquisa**. Franca: UNESP – FHDSS, p. 63-75, 2006.

KÖPPEN, G. W.; GEIGER, M. R. **Handbuch der klimatologie**. v. 1. Part C. Berlin: Gerbrüder Borntraeger, 1936.

KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; YWANE, M. S. S.; PAVÃO, M.; DURIGAN, G.; LIMA, L. M. P. R.; GUILLAUMON, J. R.; BAITELLO, J. B.; BORGO, S. C.; MANETTI, L. A.; BARRADAS, A. M. F.; FUKUDA, J. C.; SHIDA, C. N.; MONTEIRO, C. H. B.; PONTINHA, A. A. S.; ANDRADE, G. G.; BARBOSA, O.; SOARES, A. P.; JOLY, C. A.; COUTO, H. T. Z. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente / Instituto Florestal. Imprensa Oficial. 2005.

LEACOCK, E. **The Exxon Valdez oil spill**. Environmental Disasters. New York: Facts on File, Inc. 2005. 100p.

LEINZ, V.; LEORNARDOS, O. H. **Glossário Geológico**. São Paulo: Editora Nacional, 1982.

LEPSCH, I. F. Manual Para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso. Campinas: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1983.

MACKAY, D. M.; CHERRY, J. A. Ground-Water Contamination: Pump and Treat Remediation. **Environmental Science & Technology**, v. 23, n. 6, pp. 630-636, 1989.

MARTINELLI, M. **Mapas da Geografia e Cartografia Temática**. São Paulo: Contexto, 2 edição. 2005.

MARTINS, P. T. A. **Carta de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo em rodovias: proposta aplicada a Estrada dos Tamoios (SP – 099)**. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 2012. 172 f

MATTOS, M. B. C. Application of oil spill environmental sensitivity analyses to Brazilian road networks. **International Oil Spill Conference**, Washington, v. 2008, n. 1, p. 169-175, 2008.

MENDES, R. F.; MINNITI, V.; LOPES, C. F.; MILANELI, J.; TORRES, C.; YOGUI, R.; RODRIGUES, G.; MARIZ, E. MARA – Elaboração de metodologias para análise dos riscos ambientais. In: Rio Pipeline Conference & Exposition, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005.

METZGER, J. P. A Conservation issues in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, vol. 142, p.1138-1140, 2009.

MICHEL, J.; HAYES, M. O.; BROWN, P. J. **Application of an oil spill vulnerability index to the shoreline of lower Cook Inlet, Alaska**. *Environment geology*, v. 2, p. 107-117, 1978.

MILANI, E. J. et al. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo**. Rio de Janeiro: MMA, 2002, 22p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo**. Brasília: MMA, 2004, 107p.

MONTEIRO, C.A.F. (1973) - **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. Instituto de Geografia - USP, São Paulo. 130p.

NANNI, A.S. **Contaminação do meio físico por hidrocarbonetos e metais na área da refinaria Alberto Pasqualini, Canoas, RS**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geociências) Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2003.

NEWELL, C. J.; ACREE, S. D.; ROSS, R. R.; HULLING, S. G. Light Nonaqueous Phase Liquids. **Ground Water Issue**. Environmental Protection Agency (EPA), Oklahoma. 28p. 1995.

NOERNBERG, M. A.; TESSLER, M. G.; SARTOR, S. M. **Mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo da bacia marítima de Santos**. Braz. J. Aquat. Sci. Technol., v. 12, n. 2, p. 11-31, 2008.

OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F.; ROTTA, C. L. **Levantamento pedológico semi detalhado dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

O'ROURKE, D.; CONNOLLY, S. Just Oil? The Distribution of Environmental and Social Impacts of Oil Production and Consumption. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, p. 587-617, 2003.

PANIZZA, A. de C.; FONSECA, F. P. Técnicas de interpretação visual de imagens. GEOUSP - **Espaço e Tempo**, São Paulo, nº 30, pp. 30 - 43, 2011.

PASSOS, P. L. B.; KASSAB, G.; GALVÃO, R. M. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 2017. Relatório Técnico Período 2015-2016.

PCJ (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ). **Relatório de situação 2004-2006**. 2007. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/novo/instrumentos-de-gestao/relatorios-de-situacoes>>. Acesso em: 30 nov 2016.

PCJ (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ). **Uso e Cobertura da Terra da UGRHI 05 (PCJ) – 2013**. 2013. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#>>. Acesso em: 19 ago. 2016.

PENTEADO-ORELLANA, M.M. (1981) - Estudo geomorfológico do sítio urbano de Rio Claro (SP). **Notícia Geomorfológica**, Campinas, 21 (42): 23-56.

PERROTA, M. M.; SALVADOR, E. D.; LOPES, R. C.; D'AGOSTINO, L. Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S. D.; SACHS, L. L. B.; MEIRA, V. T.; GARCIA, M. G. M.; LACERDA FILHO, J. V. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: CPRM, 2005. Escala 1:750.000.

PETERSEN, J.; MICHEL, J.; ZENGEL, S.; WHITE, M.; LORD, C.; PLANK, C. **Environmental Sensitivity Index Guidelines**. National Oceanic and Atmospheric Administration. v. 3.0. 2002. 89p.

PIANA, MC. A construção do perfil do assistente social no cenário educacional. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: **Cultura Acadêmica**, 2009. 233 p. Disponível em: <<http://books.scielo.org>>. Acesso: 05 jun. 2017.

PICARELLI, S. **Avaliação da contaminação de solos por hidrocarbonetos e metais pesados em diques de contenção**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2003.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do desenvolvimento humano do Brasil**. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm/M> Acesso em: 10 mar. 2017.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. Terceira edição. Coord. Editorial: Ana Maria de Souza. São Paulo: Atheneu editora, 2003.

REIS, C. M.; ZANCHETTA, D.; FACHIN, H. C. **Plano de Manejo da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade**. Instituto Florestal, 2005.

REIS, N. R.; SHIBATTA, O. A.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. **Mamíferos do Brasil**. 2 ed. REIS, N. R., Londrina, 2011.

RENJIFO, L. M.; Effect of natural and anthropogenic landscape matrices on abundance of subandean bird species. **Ecological Applications**, 11(1): 14-23. 2001.

RIBEIRO, D. F. **Sensibilidade ambiental ao óleo para rodovias: Estudo de caso de trecho da rodovia Washington Luís (SP 310)**. 2017. 120 f. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/150890>>. Acesso em 15 de setembro de 2017.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining to distribute? – Implications for conservation. **Biol. Conserv.** vol. 142, p. 1144-1156. 2009.

ROCHA, G et al. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14. 2006, Curitiba. **Anais...** São Paulo: Águas Subterrâneas, 2006, p. 1-20.

RODARTE, F. do A. **Carta de compartimentação fisiográfica na escala 1:50.000 a partir da análise integrada na bacia do Ribeirão de Araras (SP)**. 2015. 72 f. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/132678>>.

ROSS, J. L. S. MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo 1:500.000 - Vol. I - Mapa - Vol II - Livro**. São Paulo: FAPESP, 1997, v.1. 66 p.

SALVADOR, S. M. F. **Contaminação de águas subterrâneas**. 2015. Slides da aula de Hidrogeologia de Contaminantes.

SANTOS, A. R. **Geologia de Engenharia: Conceitos, Método e Prática**. Ed. TulaMelo. 2ª edição. IBGE. São Paulo, 2009.

SANTOS, S. M. **Proposta de elaboração de carta de sensibilidade ambiental aplicada a postos de combustíveis em Rio Claro -SP**. 2008. 50 f. Trabalhos de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Informações dos municípios paulistas. Disponível em: <<http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/tabelas>> Acesso em: 03 jun 2017.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do desenvolvimento humano do Brasil**. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm/M>. Acesso em: 10 mar. 2017

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia do Paraná (CESP), 1966. 61 p.

SIGRH (SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO). **Plano da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu: diagnóstico final**. 2015. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/9069/diagnostico_sintese_cbh-mogi.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2017.

SILVA, R. B. et al. O Alto Estrutural de Vera Cruz - Garça, Estado de São Paulo. **Revista Geociências**, Rio Claro, v. 9. n. extra 1, p. 279-298, 1990.

SILVANO, D. L. Anfíbios e répteis. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVIEIRA, D. (Org.). **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 184-200p, 2003.

SOARES, P. C. O limite glacial –pós-glacial do Grupo Tubarão do Estado de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 44, p. 161-172, 1972.

SOUZA, G. de O. C. de. Construção de um indicador socioambiental: o exemplo do Município de São Paulo. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 1, p. 61-79, jan./mar. 2006.

SPE. Society of Petroleum Engineers. **Glossary of Terms Used in Petroleum Reserves/Resources Definitions**. 14p. 2005. Disponível em: <http://www.spe.org/industry/docs/GlossaryPetroleumReserves-ResourcesDefinitions_2005.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

STOTZ, D. F.; J.W.; FITZPATRICK, T. A.; PARKER, III.; MOSKOVITS, D. K. **Neotropical birds: Ecology and Conservation**. Chicago: The university press,, 1996.

TEDESCO, M.; ANGHINONI, I.; VOLKWEISS, S. J.; MIELNICZUK, J.; BOHNEN, H.; GIANELLO, C.; STANNL, J. G.; BISSANI, C. A.; MEURES, E. **Apostila da disciplina de princípios de fertilidade de solos**. 1992. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 230p

TEIXEIRA, M. S. **Relatório de atendimento a acidentes ambientais no transporte rodoviário de produtos perigosos 1983 a 2004**. 2005. Disponível em: <<http://emergenciasquimicas.cetesb.sp.gov.br/apresentacao/relatorios-de-atendimento/>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. Intemperismo e formação do solo. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001. 557p.

UNESP/DAEE. **Folha de Conchal**. São Paulo: IBGE, 1982. SF-23-M-II-3. Escala 1:50.000.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP (Rio Claro). Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação. **Normas ABNT e busca bibliográfica**. Ed. rev. Rio Claro, 2016.

Disponível em: <http://issuu.com/bibliotecaunesprc/docs/apostila_total_2014>. Acesso em: 04 abr. 2017.

URSULINO, D.M.A. **Caracterização da qualidade das águas subterrâneas – Município de Rio Claro/SP**. 1998. 119 f. Dissertação – (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 1998.

USDA. United States Department of Agriculture. **Soil survey manual**. Soil Survey Division Staff. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. 2017.

Disponível em:

<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054262> Acesso em 28 jan. 2018.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Profile of the Petroleum Refining Industry**. 131p. 1995. Disponível em:

<<http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/petrefsn.pdf>>. Acesso em: 20 nov de 2016.

VEDOVELLO R. **Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio-físico – aplicação em expansão urbana**. 1993. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993, 90p.

VIANA, J. A. P. Comportamento do hidrocarboneto no solo: uma revisão bibliográfica. In: IV Seminário de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física (SEPEGE). **Anais...** São Paulo. 2009.

ZACHARIAS, M. A.; GREGR, E. J. Sensitivity and Vulnerability in Marine Environments: an Approach to Identifying Vulnerable Marine Areas. **Conservation Biology**, v. 19, n. 1, pp.

ZAINE, J. E. **Geologia da formação rio claro na folha rio claro (SP)**. 1994. 98f. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1994.

ZAINE, J. E.; PENTEADO-ORELLANA, M. M. APA Piracicaba no Município de Rio Claro, SP: proposta de mudança com base em critérios geomorfológicos e políticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38. 1994, Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1994, v. 1, p. 488.

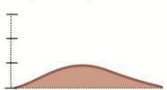
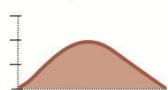
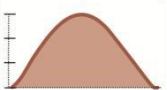
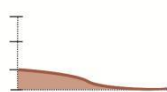
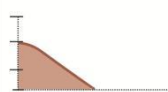
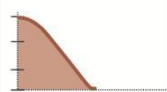
ZENGEL, S.; HAYES, M. O.; MICHEL, J.; ROBERTSON, A. Sensitive areas planning for inland South Florida: web and GIS tools. **International Oil Spill Conference**, p. 789-796, 2001a.

ZENGEL, S.; HAYES, M. O.; MICHEL, J.; WHITE, M. Integrated planning front the mountains to the sea: environmental sensitivity mapping in the Caribbean. **International Oil Spill Conference**, p. 1-5, 2001b.

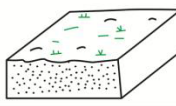
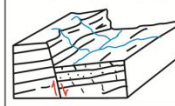
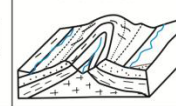
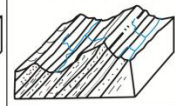
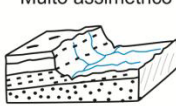
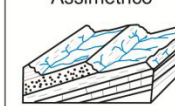
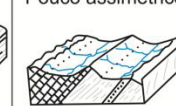
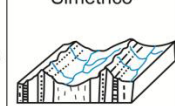
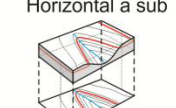
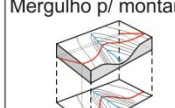
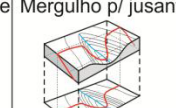
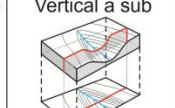
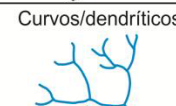
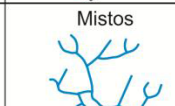
ANEXOS

Anexo 1 - Quadros de análise e interpretação fotogeológica

1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo			
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem	Baixa (0 a 5/10 km²) 	Média (5 a 30/10 km²) 	Alta (> 30/ km²) 
	Densidade dos elementos do relevo (dissecação e rugosidade do terreno)	Baixa (mais lisa) 	Média 	Alta (mais rugosa) 
Propriedade a ser interpretada	PERMEABILIDADE (intergranular)	Alta (Permeável)	Média	Baixa (Pouco permeável a impermeável)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Alta
	Espessura e características do manto de alteração	Grande (Espesso; > 5m)	Média	Pequena (Raso/rocha aflorante)

2. Análise das formas e características do relevo		CLASSES		
Elementos de análise	Declives, vertentes, topos, vales, rupturas de declive (quebras de relevo), cristas e escarpas			
Critérios de análise	a) Amplitude local (variações de cotas na unidade)	Pequena (0 a 100 m) 	Média (100 a 300 m) 	Grande(> 300 m) 
	b) Declividade	Baixa (0 - 15%) 	Média (15 - 30%) 	Alta (> 30%) 
	c) Forma de encosta / vertente (* representação em planta)	Convexa  	Côncava  	Retilínea  
	d) Forma do vale (* representação em planta)	Aberto  		Fechado  
	e) Forma do topo	Aplainados 	Arredondados 	Angulosos 
	f) Feições particulares de relevo	Identificar e descrever. Associar modelos geológicos já conhecidos *Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al, (1995)		
Propriedades a serem interpretadas	Solubilidade	Não solúvel	Média	Solúvel
	Resistência à erosão natural (dureza)	Baixa (Pouco resistente)	Média (Resistência média)	Alta (Muito resistente)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Profundidade do topo rochoso	Profundo	Intermediário	Raso a sub aflorante
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso	Intermediário	Delgado a inexistente
	Grau de escavabilidade	Pouco resistente	Resistência média	Muito resistente
	Potencial a erosão linear (induzida)	Médio a alto	Médio a alto	Médio a baixo
Registros de processos geológicos	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto

Fonte: Zaine (2011).

3. Análise das estruturas geológicas		CLASSES			
Elementos de análise	Linhas de rupturas de declive (positivas = proeminentes; negativas = reentrâncias) Lineações e alinhamentos de relevo (traços de foliação e camadas), drenagem e traços de fratura				
Critérios de análise	a) Tropa	Não orientada 	Pouco orientada 	Orientada 	Muito orientada 
	b) Assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas)	Muito assimétrico 	Assimétrico 	Pouco assimétrico 	Simétrico 
	c) Regra dos Vs	Horizontal a sub 	Mergulho p/ montante 	Mergulho p/ jusante 	Vertical a sub 
	d) Sinuosidade* (drenagem)	Curvos/dendríticos 	Mistos 	Retilíneos não paralelos/espçados 	Retilíneos paralelos adensados 
	e) Padrões reconhecidos e anomalias	Identificar e descrever. Associar à modelos geológicos já conhecidos. *Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)			
Propriedades a serem interpretadas	Planos de estratificação e foliação metamórfica	Ausentes a pouco marcantes	Espaçados	Adensados	
	Composição e estrutura	Homogênea	Mista	Heterogênea	
	Plasticidade/ruptibilidade (foliação x fraturas)	-	Rúptil	Dúctil	
	Grau de faturamento	Baixo	Médio	Alto	
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Permeabilidade Fissural	Baixa	Média	Alta	
	Partição em blocos: possibilidade de queda de blocos	Baixa	Média	Alta	

4. Análise complementar		CLASSES		
Elementos de análise	Tons de cinza ou coloração; vegetação e uso do solo; feições de processos geológicos			
Critérios de análise	Tons de cinza *	branco a cinza claro	cinza médio	cinza escuro a preto
	Coloração*	Claros, amarelados, róseos		Verdes escuros a pretos
Propriedades a serem interpretadas	Solos derivados de rochas básicas/ácidas ou arenosas/argilosas	Solos ácidos/ arenosos	Solos básicos/argilosos	
	Presença de água/umidade no solo	Solos secos	Solos úmidos	Corpos d'água**
	Cobertura vegetal	Sem vegetação a pastagem	Rasteiras e arbustivas	Arbóreas (florestas e reflorestamento)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Solo exposto	Presente		Ausente
	Afloramentos e blocos rochosos	Presente		Ausente
	Presença de N.A. raso/aflorante	Profundo (> 5m)	Variável	Raso (aflorante < 2m)

* A análise deve considerar os diferentes tipos de uso do solo.
** Corpos d'água podem apresentar tons claros quando ocorre a reflexão da luz.

Fonte: Zaine (2011)

Anexo 2 - Quadros das classes de uso e cobertura do solo

Nível I Classe	Digito II	Nível II Subclasse	Digito III	Nível III Unidades*
1 - Áreas Antrópicas Não Agrícolas	1,1	Áreas Urbanizadas	1.1.1	Vilas
			1.1.2	Cidades
			1.1.3	Complexos industriais
			1.1.4	Áreas urbano-industrial
			1.1.5	Outras áreas urbanizadas
	1.2	Áreas de Mineração	1.2.1	Minerais metálicos
			1.2.2	Minerais não metálicos
2 - Áreas Antrópicas Agrícolas	2.1	Culturas Temporárias	2.1.1	Graníferas e cerealíferas
			2.1.2	Bulbos, raízes e tubérculos
			2.1.3	Hortícolas e floríferas
			2.1.4	Espécies temporárias produtoras de fibras
			2.1.5	Oleaginosas temporárias
			2.1.6	Frutíferas temporárias
			2.1.7	Cana-de-açúcar
			2.1.8	Fumo
			2.1.9	Cultivos temporários diversificados
			2.1.10	Outros cultivos temporários (abóbora, trevo forrageiro, etc.)
	2.2	Culturas Permanentes	2.2.1	Frutíferas permanentes
			2.2.2	Frutos secos permanentes
			2.2.3	Espécies permanentes produtoras de fibras
			2.2.4	Oleaginosas permanentes
			2.2.5	Cultivos permanentes diversificados
			2.2.6	Outros cultivos permanentes
	2.3	Pastagens	2.3.1	Pecuária de animais de grande porte
			2.3.2	Pecuária de animais de médio porte
			2.3.3	Pecuária de animais de pequeno porte
	2.4	Silvicultura	2.4.1	Reflorestamento
			2.4.2	Cultivo agroflorestal
	2.5	Uso não Identificado	2.5.1	Uso não identificado
3 - Áreas de Vegetação Natural	3.1	Área Florestal	3.1.1	Unidades de conservação de proteção integral em área florestal
			3.1.2	Unidades de conservação de uso sustentável em área florestal
			3.1.3	Terra indígena em área florestal
			3.1.4	Outras áreas protegidas em área florestal
			3.1.5	Área militar em área florestal
			3.1.6	Extrativismo vegetal em área florestal
			3.1.7	Extrativismo animal em área florestal
			3.1.8	Uso não identificado em área florestal
	3.2	Área Campestre	3.2.1	Unidades de conservação de proteção integral em área campestre
			3.2.2	Unidades de conservação de uso sustentável em área campestre
			3.2.3	Terra indígena em área campestre
			3.2.4	Outras áreas protegidas em área campestre
			3.2.5	Área militar em área campestre
			3.2.6	Extrativismo vegetal em área campestre
			3.2.7	Extrativismo animal em área campestre
			3.2.8	Uso não identificado em área campestre
			3.2.9	Pecuária de animais de grande porte em área campestre
			3.2.10	Pecuária de animais de médio porte em área campestre
			3.2.11	Pecuária de animais de pequeno porte em área campestre

Fonte: IBGE (2013)

Nível I Classe	Digito II	Nível II Subclasse	Digito III	Nível III Unidades*
4 - Água	4.1	Águas Continentais	4.1.1	Unidades de conservação de proteção integral em corpo d'água continental
			4.1.2	Unidades de conservação de uso sustentável em corpo d'água continental
			4.1.3	Terra indígena em corpo d'água continental
			4.1.4	Áreas militares em corpo d'água continental
			4.1.5	Outras áreas protegidas em corpo d'água continental
			4.1.6	Captação para abastecimento em corpo d'água continental
			4.1.7	Receptor de efluentes em corpo d'água continental
			4.1.8	Geração de energia em corpo d'água continental
			4.1.9	Transporte em corpo d'água continental
			4.1.10	Lazer e desporto em corpo d'água continental
			4.1.11	Pesca extrativa artesanal em corpo d'água continental
			4.1.12	Aquicultura em corpo d'água continental
			4.1.13	Uso não identificado em corpo d'água continental
			4.1.14	Uso diversificado em corpo d'água continental
	4.2	Águas Costeiras	4.2.1	Unidades de conservação de proteção integral em corpo d'água costeiro
			4.2.2	Unidades de conservação de uso sustentável em corpo d'água costeiro
			4.2.3	Terra indígena em corpo d'água costeiro
			4.2.4	Áreas militares em corpo d'água costeiro
			4.2.5	Outras áreas protegidas em corpo d'água costeiro
			4.2.6	Captação para abastecimento em corpo d'água costeiro
			4.2.7	Receptor de efluentes em corpo d'água costeiro
			4.2.8	Geração de energia em corpo d'água costeiro
			4.2.9	Transporte em corpo d'água costeiro
			4.2.10	Lazer e desporto em corpo d'água costeiro
			4.2.11	Pesca extrativa artesanal em corpo d'água costeiro
			4.2.12	Pesca extrativa industrial em corpo d'água costeiro
			4.2.13	Aquicultura em corpo d'água costeiro
			4.2.14	Uso não identificado em corpo d'água costeiro
			4.2.15	Uso diversificado em corpo d'água costeiro
5 - Outras Áreas	5.1	Áreas Descobertas	5.1.1	Unidade de conservação de proteção integral em área descoberta
			5.1.2	Unidade de conservação de uso sustentável em área descoberta
			5.1.3	Terra indígena em área descoberta
			5.1.4	Outras áreas protegidas em área descoberta
			5.1.5	Áreas militares em área descoberta
			5.1.6	Extrativismo animal em área descoberta
			5.1.7	Uso não identificado em área descoberta
			5.1.8	Uso diversificado em área descoberta
			5.1.9	Pecuária de animais de médio porte em área descoberta
			5.1.10	Pecuária de animais de pequeno porte em área descoberta

* Unidades identificadas nas áreas estudadas até o presente momento

* O sistema foi estruturado para comportar combinações de até três (3) diferentes tipos de uso, o que gerou a possibilidade teórica de 643 539 unidades de mapeamento.

Fonte: IBGE (2013)

Anexo 3 - Quadro de mamíferos de médio e grande porte

NOTA: Referências: 1 Horto Florestal de Rio Claro (CHAGAS, 1997); 2 – TCC Mamíferos de Rio Claro (BEGOTTI, 2008); 3 – Araras (BRIANI et al., 2001) e 4 – Vieira et al. (2001). **Grau de ameaça:** **DD** = deficiente em dados; **LC**= mínimo de preocupação; **NT**= quase ameaçada; **VU** = vulnerável; **EN** = em perigo; **AM**= espécie ameaçada de extinção **CR** = criticamente em perigo, segundo: **SP**: Espécie ameaçada no estado de São Paulo (segundo Decreto Estadual SP 60.1333/2014); **BR**: Lista Brasileira de Animais Ameaçados de Extinção (MMA, 2014); **IUCN**: IUCN Red List (IUCN, 2016). **Exo**: Espécie exótica. (Nomenclatura segundo REIS et al., 2011).

Família/espécie	Nome popular	1	2	3	4	SP	BR	IUCN
ORDEM DIDELPHIMORPHIA								
Didelphidae								
Didelphis albiventris	gambá-de-orelha-branca				X	-	-	-
Didelphis aurita	gambá-de-orelha-PRETA				X	-	-	-
Micoreus cinereus	cuíca				X	-	-	-
ORDEM CINGULATA								
Myrmecophagidae								
Myrmecophaga tridactyla	tamanduá-bandeira		X			AM	VU	VU
ORDEM PILOSA								
Dasypodidae								
Cabassous tatouay	tatu-de-rabo-mole		X			DD	-	-
Dasyus novemcinctus	tatu-galinha	X	X	X	X	-	-	-
Euphractus sexcinctus	tatu-peba			X	X	-	-	-
ORDEM PRIMATES								
Cebidae								
Callithrix aurita	Sagui				X	AM	EN	VU
Sapajus nigritus	macaco-prego			X		AM	-	-
Pitheciidae						-	-	-
Callicebus personatus	Sauá			X		-	VU	-
ORDEM LAGOMORPHA								
Leporidae								
Sylvilagus brasiliensis	tapiti	X	X	X	X	-	-	-
ORDEM CARNÍVORA								
Felidae								
Leopardus wiedii	Gato-maracajá	X				AM	VU	NT
Puma yagouaroundi	Gato-mourisco	X	X			-	VU	-
Puma concolor	suçuarana		X			AM	VU	-
Canidae								
Cerdocyon thous	cachorro-do-mato		X	X	X	-	-	-
Mustelidae								
Eira barbara	Irara	X	X	X	X	-	-	-
Galictis vittata	Furão				X	-	-	-

Família/espécie	Nome popular	1	2	3	4	SP	BR	IUCN
Galictis cuja	Furão	X	X	X		DD	-	DD
Procyonidae								
Nasua nasua	quati	X	X	X	X	-	-	-
Procyon cancrivorus	mão-pelada	X	X	X	X	-	-	-
ORDEM ARTIODACTYLA								
Tayassuidae								
Pecari tajacu	cateto		X			-	-	-
Cervidae								
Mazama americana	veado-mateiro			X	X	VU	-	DD
Mazama gouazoubira	veado-catingueiro	X	X			-	-	-
ORDEM RODENTIA								
Sciuridae								
Guerlinguetus ingrami	Caxinguelê				X	-	-	-
Muridae								
Nectomys squamipes	rato-d'água				X	-	-	-
Oligoryzomys squamipes	rato-do-mato				X	-	-	-
Akodon montensis	rato-do-chão				X	-	-	-
Holochilus brasiliensis	rato-d'água				X	-	-	-

Anexo 4 - Quadros de aves

<i>Família/espécie</i>	<i>Nome popular</i>	<i>S</i>	<i>H</i>	<i>END</i>	<i>SP</i>	<i>BR</i>	<i>IUCN</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>Tigrisoma lineatum</i>	socó-boi	M	A					X	X
<i>Botaurus pinnatus</i>	socó-boi-baio	M	A					X	X
<i>Nycticorax nycticorax</i>	socó-boi-dorminhoco	B	A					X	X
<i>Butorides striata</i>	socózinho	B	A					X	X
<i>Bubulcus ibis</i>	garça-vaqueira	B	N					X	X
<i>Ardea cocoi</i>	garça-moura	B	A					X	X
<i>Ardea abla</i>	garça-branca	B	A					X	X
<i>Syrigma sibilatrix</i>	maria-faceira	B	N					X	X
<i>Pilherodius pileatus</i>	garça-real	M	A		AM			X	X
<i>Egretta thula</i>	garça-branca-pequena	B	A					X	X
Threskionithidae									
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	coró-coró	M	A					X	X
<i>Phimosus infuscatus</i>	tapicuru	M	A					X	
<i>Theristicus caudatus</i>	curicaca	B	N					X	X
<i>Platalea ajaja</i>	colhereiro	M	A					X	X
Ciconiidae									
<i>Jabiru mycteria</i>	tuiuiú	M	A		AM			X	
<i>Mycteria americana</i>	cabeça-seca	B	A		QA			X	
Cathartidae									
<i>Cathartes aura</i>	urubu-de-cabeça-vermelha	B	N					X	X
<i>Cathartes burrovianus</i>	urubu-de-cabeça-amarela	M	N		QA			X	
<i>Cathartes melambrotus</i>	urubu-da-mata	B	N					X	X
<i>Sarcoramphus papa</i>	urubu-rei	M	F		AM			X	
Accipitridae									
<i>Leptodon cayanensis</i>	gavião-gato	M	F					X	X
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	gavião-caracoleiro	B	F					X	X
<i>Elanoides forficatus</i>	gavião-tesoura	M	F					X	
<i>Gampsonyx swainsonii</i>	gaviãozinho	B	N					X	X
<i>Elanus leucurus</i>	gavião-peneira	B	N					X	X
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	gavião-caramujeiro	B	A					X	X
<i>Harpagus diodon</i>	gavião-bombachinha	M	F					X	X
<i>Ictinia plumbea</i>	sovi	M	N					X	X
<i>Accipiter striatus</i>	tauató-miúdo	M	F					X	X
<i>Geranoospiza caerulescens</i>	gavião-pernilongo	M	F					X	X
<i>Urubitinga urubitinga</i>	gavião-preto	M	F					X	
<i>Heterospizias meridionalis</i>	gavião-caboclo	B	N					X	X
<i>Busarellus nigricollis</i>	gavião-belo	B	A		AM			X	X
<i>Rupornis magnirostris</i>	gavião-carijó	B	N					X	X
<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	gavião-de-rabo-branco	M	N					X	X
<i>Buteo nitidus</i>	gavião-pedrês	M	F					X	
<i>Buteo brachyurus</i>	gavião-de-cauda-curta	M	N					X	X
<i>Spizaetus tyrannus</i>	gavião-pegas-macaco	M	F		AM	NT		X	X
Falconidae									
<i>Caracara plancus</i>	carcará	B	N					X	X

<i>Família/espécie</i>	<i>Nome popular</i>	S	H	END	SP	BR	IUCN	1	2
<i>Milvago chimachima</i>	carrapateiro	B	N					X	X
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	acauã	B	F					X	X
<i>Micrastur ruficollis</i>	falcão-caburé	M	F					X	X
<i>Micrastur semitorquatus</i>	falcão-relógio	M	F					X	X
<i>Micrastur semitorquatus</i>	quiriquiri	B	N					X	X
<i>Falco femoralis</i>	falcão-de-coleira	B	N					X	X
<i>Falco peregrinus</i>	falcão-peregrino	M	N					X	
Aramidae									
<i>Aramus guarauna</i>	carão	M	A					X	X
Rallidae									
<i>Aramides cajaneus</i>	saracura-três-potes	A	A					X	X
<i>Aramides saracura</i>	saracura-do-mato	M	A	Atl				X	X
<i>Amaurolimnas concolor</i>	saracura-lisa	M	F					X	X
<i>Laterallus melanophaius</i>	sanã-parda	B	A					X	X
<i>Laterallus exilis</i>	sanã-do-capim	B	A					X	
<i>Laterallus leucopyrrhus</i>	sanã-vermelha	M	A					X	X
<i>Mustelirallus albicollis</i>	sanã-carijó	M	A					X	X
<i>Pardirallus nigricans</i>	saracura-sanã	M	A					X	X
<i>Gallinula chloropus</i>	galinha-d'água	B	A					X	X
<i>Porphyriops melanops</i>	frango-d'água-carijó	M	A					X	X
<i>Porphyrio martinicus</i>	frango-d'água-azul	B	A					X	X
Cariamidae									
<i>Cariama cristata</i>	seriema	M	N					X	X
Charadriidae									
<i>Vanellus chilensis</i>	quero-quero	B	N					X	X
Recurvirostridae									
<i>Himantopus melanurus</i>	pernilongo-de-costas-brancas	M	A					X	
Scolopacidae									
<i>Gallinago paraguaiiae</i>	narceja	B	A					X	X
<i>Gallinago undulata</i>	narcejão	A	N					X	X
<i>Bartramia longicauda</i>	maçarico-do-campo	-	-					X	X
<i>Tringa solitaria</i>	maçarico-solitário	-	-					X	X
<i>Tringa melanoleuca</i>	maçarico-grande-de-perna-amarela	-	-					X	X
<i>Calidris melanotos</i>	maçarico-de-colete	-	-					X	
Jacanidae									
<i>Jacana jacana</i>	jaçanã	B	A					X	X
Rynchopidae									
<i>Rynchops niger</i>	talha-mar	A	A					X	
Columbidae									
<i>Columbina passerina</i>	rolinha	B	N					X	X
<i>Columbina squammata</i>	fogo-apagou	B	N					X	X
<i>Columbina picui</i>	rolinha-picuí	B	N					X	
<i>Columba livia</i>	pombo-doméstico	B	N	exo				X	X
<i>Claravis pretiosa</i>	pararu-azul	B	F					X	X

Família/espécie	Nome popular	S	H	END	SP	BR	IUCN	1	2
<i>Antrostomus rufus</i>	joão-corta-pau	B	F					X	X
<i>Lurocalis semitorquatus</i>	tuju	M	F					X	X
<i>Podager nacunda</i>	coruçã	B	N					X	X
<i>Chordeiles minor</i>	bacurau-norte-americano	B	N					X	X
<i>Nyctidromus albicollis</i>	bacurau	B	N					X	X
<i>Nyctiphrynus ocellatus</i>	bacurau-ocelado	M	F					X	
<i>Hydropsalis parvula</i>	bacurau-chintã	B	N					X	X
<i>Hydropsalis torquata</i>	bacurau-tesoura	B	N					X	X
Apodidae									
<i>Cypseloides fumigatus</i>	taperuçu-preto	M	N					X	
<i>Cypseloides senex</i>	taperuçu-velho	M	F					X	
<i>Chaetura meridionalis</i>	andorinhão-do-temporal	B	N					X	X
<i>Tachornis squamata</i>	andorinhão-do-buriti	B	F					X	X
Trochilidae									
<i>Phaethornis pretrei</i>	rabo-branco-acanelado	B	F					X	X
<i>Eupetomena macroura</i>	beija-flor-tesoura	B	N					X	X
<i>Aphantochroa cirrochloris</i>	beija-flor-cinza	M	F	Atl				X	X
<i>Florisuga fusca</i>	beija-flor-preto	M	F	Atl				X	X
<i>Colibri serrirostris</i>	beija-flor-de-orelha-violeta	B	N					X	X
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	beija-flor-de-veste-preta	-	F	Atl				X	X
<i>Chlorostilbon lucidus</i>	besourinho-de-bico-vermelho	B	N					X	X
<i>Thalurania glaucopis</i>	beija-flor-de-fronte-violeta	M	F	Atl				X	X
<i>Hylocharis cyanus</i>	beija-flor-roxo	B	F					X	X
<i>Hylocharis chrysura</i>	beija-flor-dourado	M	F					X	X
<i>Leucochloris albicollis</i>	beija-flor-de-papo-branco	B	F	Atl				X	X
<i>Polytmus guainumbi</i>	beija-flor-de-bico-curvo	M	N		AM			X	
<i>Amazilia versicolor</i>	beija-flor-de-banda-branca	B	N					X	X
<i>Amazilia lactea</i>	beija-flor-de-peito-azul	B	N					X	X
<i>Heliomaster squamosus</i>	bico-reto-de-banda-branca	M	N					X	X
<i>Heliomaster furcifer</i>	bico-reto-azul	M	F					X	
<i>Calliphlox amethystina</i>	estrelinha-ametista	B	N					X	X
<i>Chloroceryle americana</i>	martim-pescador-pequeno	B	A					X	X
Momotidae									
<i>Baryphthengus ruficapillus</i>	juruva	M	F	Atl				X	
Galbulidae									
<i>Galbula leucogastra</i>	ariramba-bronzeada	B	F					X	
Bucconidae									
<i>Nystalus chacuru</i>	joão-bobo	M	N					X	X
<i>Malacoptila striata</i>	barbudo-rajado	M	F	Atl				X	
Ramphastidae									
<i>Ramphastos toco</i>	tucanuçu	M	N					X	X
Picidae									
<i>Picumnus cirratus</i>	picapauzinho-barrado	B	F					X	
<i>Picumnus albosquamatus</i>	picapauzinho-escamoso	B	F					X	X

<i>Família/espécie</i>	<i>Nome popular</i>	S	H	END	SP	BR	IUCN	1	2
<i>Melanerpes candidus</i>	pica-pau-branco	B	N					X	X
<i>Veniliornis passerinus</i>	pica-pau-pequeno	B	F					X	X
<i>Colaptes melanochloros</i>	pica-pau-verde-barrado	B	N					X	X
<i>Colaptes campestris</i>	pica-pau-do-campo	B	N					X	X
<i>Celeus flavescens</i>	pica-pau-de-cabeça-amarela	M	F					X	
<i>Dryocopus lineatus</i>	pica-pau-de-banda-branca	B	F					X	X
<i>Campephilus robustus</i>	pica-pau-rei	A	F	Atl	QA			X	X
Thamnophilidae									
<i>Hypoedaleus guttatus</i>	chocão-carijó	A	F	Atl				X	X
<i>Mackenziaena severa</i>	borralhara	M	F	Atl				X	X
<i>Taraba major</i>	choró-boi	B	F					X	X
<i>Thamnophilus doliatus</i>	choca-barrada	B	F					X	X
<i>Thamnophilus ruficapillus</i>	choca-de-chapéu-vermelho	B	N	Atl				X	X
<i>Thamnophilus pelzelni</i>	choca-do-planalto	B	F					X	X
<i>Thamnophilus caerulescens</i>	choca-da-mata	B	F					X	X
<i>Dysithamnus mentalis</i>	choquinha-lisa	M	F					X	X
<i>Herpsilochmus longirostris</i>	chorozinho-de-bico-comprido	M	F	Cer				X	
<i>Herpsilochmus rufimarginatus</i>	chorozinho-de-asa-vermelha	M	F					X	X
<i>Dryophila ferruginea</i>	trovoada	M	F	Atl				X	X
<i>Dryophila ochropyga</i>	choquinha-de-dorso-vermelho	M	F	Atl	AM		NT	X	X
<i>Pyriglena leucoptera</i>	papa-taoca-do-sul	M	F	Atl				X	X
Conopophagidae									
<i>Conopophaga lineata</i>	chupa-dente	M	F	Atl				X	X
Rhinocryptidae									
<i>Psilorhamphus guttatus</i>	tapaculo-pintado	M	F	Atl			NT	X	X
Scleruridae									
<i>Sclerurus scansor</i>	vira-folha	A	F	Atl				X	X
Dendrocolaptidae									
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	arapaçu-verde	M	F					X	X
<i>Dendrocolaptes platyrostris</i>	arapaçu-grande	M	F					X	X
<i>Xiphorhynchus fuscus</i>	arapaçu-rajado	A	F	Atl				X	X
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	arapaçu-de-cerrado	B	N					X	X
<i>Campylorhamphus falcularius</i>	arapaçu-de-bico-torto	A	F	Atl				X	X
Furnariidae									
<i>Anumbius annumbi</i>	cochicho	M	N					X	
<i>Furnarius figulus</i>	casaca-de-couro-da-lama	B	F					X	
<i>Furnarius rufus</i>	joão-de-barro	B	N					X	X
<i>Synallaxis ruficapilla</i>	pichororé	M	F	Atl				X	X
<i>Synallaxis frontalis</i>	petrim	B	N					X	X
<i>Synallaxis albescens</i>	uí-pi	B	N					X	X
<i>Synallaxis spixi</i>	joão-teneném	B	N					X	X
<i>Cranioleuca vulpina</i>	arredio-do-rio	M	F					X	X
<i>Cranioleuca pallida</i>	arredio-pálido	M	N	Atl				X	X
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i>	curutié	M	A					X	X

<i>Família/espécie</i>	<i>Nome popular</i>	S	H	END	SP	BR	IUCN	1	2
<i>Phacellodomus ferrugineigula</i>	joão-botina-do-brejo	M	A	Atl				X	X
<i>Clibanornis dendrocolaptoides</i>	cisqueiro-do-rio	M	F	Cer				X	
<i>Automolus leucophthalmus</i>	barranqueiro-de-olho-branco	M	F	Atl				X	X
<i>Lochmias nematura</i>	joão-porca	M	F					X	X
<i>Xenops rutilans</i>	bico-virado-carijó	M	F					X	X
Rhynchocyclidae									
<i>Mionectes rufiventris</i>	abre-asa-de-cabeça-cinza	M	F	Atl				X	
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	cabeçudo	M	F					X	X
<i>Corythopsis delalandi</i>	estalador	M	F					X	X
<i>Hemitriccus diops</i>	olho-falso	M	F	Atl				X	X
<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i>	sebinho-de-olho-de-ouro	M	F					X	
<i>Hemitriccus nidipendulus</i>	tachuri-campainha	B	F	Atl				X	X
<i>Myiornis auricularis</i>	miudinho	B	F	Atl				X	X
<i>Poecilotriccus plumbeiceps</i>	tororó	M	F					X	X
<i>Todirostrum poliocephalum</i>	teque-teque	B	F	Atl				X	X
<i>Todirostrum cinereum</i>	ferreirinho-relógio	B	F					X	X
<i>Tyranniscus burmeisteri</i>	piolhinho-chiador	M	F					X	X
<i>Phyllomyias virescens</i>	piolhinho-verdoso	M	F	Atl				X	X
<i>Phyllomyias fasciatus</i>	piolhinho	M	F					X	X
<i>Myiopagis caniceps</i>	guaracava-cinzenta	M	F					X	X
<i>Myiopagis viridicata</i>	guaracava-de-crista-alaranjada	M	F					X	X
<i>Elaenia flavogaster</i>	guaracava-de-barriga-amarela	B	N					X	X
<i>Elaenia spectabilis</i>	guaracava-grande	B	N					X	X
<i>Elaenia parvirostris</i>	tuque-pium	B	N					X	X
<i>Elaenia mesoleuca</i>	tuque	B	N					X	X
<i>Elaenia chiriquensis</i>	chibum	M	F					X	X
<i>Elaenia obscura</i>	tucão	M	N					X	X
<i>Camptostoma obsoletum</i>	risadinha	B	F					X	X
<i>Serpophaga nigricans</i>	joão-pobre	B	F					X	X
<i>Serpophaga subcristata</i>	alegrinho	B	F					X	X
<i>Phaeomyias murina</i>	bagageiro	B	N					X	X
<i>Capsiempis flaveola</i>	marianinha-amarela	B	F					X	X
<i>Euscarthmus meloryphus</i>	barulhento	B	N					X	
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	bico-chato-de-orelha-preta	M	F					X	X
<i>Platyrinchus mystaceus</i>	patinho	M	F					X	X
<i>Myiophobus fasciatus</i>	filipe	B	N					X	X
<i>Hirundinea ferruginea</i>	gibão-de-couro	B	N					X	X
<i>Lathrotriccus euleri</i>	enferrujado	M	F					X	X
<i>Cnemotriccus fuscatus</i>	guaracavuçu	B	F					X	X
<i>Contopus cinereus</i>	papa-moscas-cinzento	B	F					X	X
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	príncipe	B	N					X	X
<i>Knipolegus cyanirostris</i>	marita-preta-de-bico-azulado	B	N					X	X
<i>Knipolegus lophotes</i>	maria-preta-de-penacho	B	N					X	
<i>Satrapa icterophrys</i>	suiriri-pequeno	B	N					X	

<i>Família/espécie</i>	<i>Nome popular</i>	S	H	END	SP	BR	IUCN	1	2
<i>Xolmis cinereus</i>	primavera	B	N					X	X
<i>Xolmis velatus</i>	noivinha-branca	M	N					X	X
<i>Gubernetes yetapa</i>	tesoura-do-brejo	B	N					X	X
<i>Fluvicola nengeta</i>	lavadeira-mascarada	B	A					X	X
<i>Arundinicola leucocephala</i>	freirinha	B	A					X	X
<i>Colonia colonus</i>	viuvinha	B	F					X	X
<i>Machetornis rixosa</i>	suiriri-cavaleiro	B	N					X	X
<i>Legatus leucophaius</i>	bem-te-vi-pirata	B	N					X	X
<i>Myiozetetes similis</i>	bentevizinho-de-penacho-vermelho	B	N					X	X
<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi	B	N					X	X
<i>Myiodynastes maculatus</i>	bem-te-vi-rajado	B	F					X	X
<i>Megarynchus pitangua</i>	neinei	B	F					X	X
<i>Empidonomus varius</i>	peitica	B	F					X	X
<i>Tyrannus albogularis</i>	suiriri-de-garganta-branca	B	N					X	X
<i>Tyrannus melancholicus</i>	suiriri	B	N					X	X
<i>Tyrannus savana</i>	tesourinha	B	N					X	X
<i>Sirystes sibilator</i>	gritador	M	F					X	X
<i>Myiarchus swainsoni</i>	irré	B	F					X	X
<i>Myiarchus ferox</i>	maria-cavaleira	B	F					X	X
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado	B	F					X	X
Cotingidae									
<i>Phibalura flavirostris</i>	tesourinha da mata	M	F		QA			X	X
<i>Pyroderus scutatus</i>	pavó	M	F	Atl	AM	NT		X	
Pipridae									
<i>Manacus manacus</i>	rendeira	B	F					X	X
<i>Antilophia galeata</i>	soldadinho	M	F	Cer	QA			X	X
<i>Chiroxiphia caudata</i>	tangará	B	F	Atl				X	X
Tityridae									
<i>Schiffornis virescens</i>	flautim	M	F	Atl				X	X
<i>Tityra cayana</i>	anambé-branco-de-rabo-preto	M	F					X	X
<i>Tityra inquisitor</i>	anambé-branco-de-bochecha-parda	M	F					X	X
<i>Pachyramphus viridis</i>	caneleiro-verde	M	F					X	X
<i>Pachyramphus polychopterus</i>	caneleiro-preto	M	F					X	X
<i>Pachyramphus validus</i>	caneleiro-de-chapéu-preto	M	F					X	X
Vireonidae									
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	pitiguari	B	F					X	X
<i>Vireo chivi</i>	juruviara	B	F					X	X
<i>Hylophilus amaurocephalus</i>	vite-vite-de-olho-cinza	M	F					X	X
Corvidae									
<i>Cyanocorax cristatellus</i>	gralha-do-campo	M	N	Cer				X	X
<i>Cyanocorax chrysops</i>	gralha-picaça	B	F					X	X
Hirundinidae									
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	andorinha-pequena-de-casa	B	N					X	X
<i>Alopochelidon fucata</i>	andorinha-morena	M	N					X	X

<i>Família/espécie</i>	<i>Nome popular</i>	S	H	END	SP	BR	IUCN	1	2
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	andorinha-serradora	B	N					X	X
<i>Progne tapera</i>	andorinha-do-campo	B	N					X	X
<i>Progne subis</i>	andorinha-azul	M	N					X	X
<i>Progne chalybea</i>	andorinha-grande	B	N					X	X
<i>Tachycineta albiventer</i>	andorinha-do-rio	B	A					X	X
<i>Tachycineta leucorrhoa</i>	andorinha-de-sobre-branco	B	N					X	X
<i>Hirundo rustica</i>	andorinha-de-bando	B	N					X	X
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	andorinha-de-dorso-acanelado	B	N					X	X
Troglodytidae									
<i>Troglodytes musculus</i>	corruíra	B	N					X	X
<i>Cantorchilus leucotis</i>	garrinchão-de-barriga-vermelha	B	F					X	
Donacobiidae									
<i>Donacobius atricapilla</i>	japacanim	M	A					X	X
Turdidae									
<i>Catharus fuscescens</i>	sabiá-norte-americano	M	F					X	X
<i>Turdus flavipes</i>	sabiá-una	M	F					X	X
<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira	B	N					X	X
<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranco	B	N					X	X
<i>Turdus amaurochalinus</i>	sabiá-poca	B	N					X	X
<i>Turdus subalaris</i>	sabiá-ferreiro	-	F	Atl				X	X
<i>Turdus albicollis</i>	sabiá-coleira	M	F					X	X
Mimidae									
<i>Mimus saturninus</i>	sabiá-do-campo	B	N					X	X
Motacillidae									
<i>Anthus lutescens</i>	caminheiro-zumbidor	B	N					X	X
Thraupidae									
<i>Coereba flaveola</i>	cambacica	B	F					X	
Thraupidae									
<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	bico-de-veludo	B	F					X	X
<i>Nemosia pileata</i>	saíra-de-chapéu-preto	B	F					X	X
<i>Thlypopsis sordida</i>	saí-canário	B	F					X	X
<i>Pyrrhocomma ruficeps</i>	cabecinha-castanha	M	F	Atl				X	X
Thraupidae									
<i>Tachyphonus coronatus</i>	tiê-preto	B	F	Atl				X	X
<i>Ramphocelus carbo</i>	pipira-vermelha								
<i>Tangara sayaca</i>	sanhaço-cinzento								
<i>Tangara palmarum</i>	sanhaço-do-coqueiro								
<i>Pipraeidea melanonota</i>	saíra-viúva								
<i>Tangara cayana</i>	saíra-amarela								
<i>Tangara peruviana</i>	saíra-sapucaia								
<i>Tersina viridis</i>	saí-andorinha								
<i>Dacnis nigripes</i>	saí-de-pernas-pretas								
<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul								
<i>Hemithraupis guira</i>	saíra-de-papo-preto								

<i>Família/espécie</i>	Nome popular	S	H	END	SP	BR	IUCN	1	2
<i>Estrilda astrild</i>	bico-de-lacre	B	N	Exo				X	X
Passeridae									
<i>Passer domesticus</i>	pardal	B	N	Exo				X	X

Anexo 5 – Quadro de Anfíbios e Répteis

Espécies de anfíbios e répteis de provável ocorrência nas áreas de estudo. Nota: Referências: 1- Zina et al. (2007); 2- Toledo et al. (2003); 3- Haddad et al. (2003); 4 Anfíbios da Fazenda Rio Claro (2014). Grau de ameaça: DD = Deficiente em dados; LC= mínimo de preocupação; NT= quase ameaçada; VU= vulnerável; EM= em perigo; CR = criticamente em perigo, segundo SP: Espécie ameaçada no estado de São Paulo (segundo Decreto Estadual SP 56.301/2010 SMA, 2009); BR: Lista Brasileira de Animais Ameaçados de Extinção (MMA, 2014); IUCN: IUCN Red Lista (IUCN, 2016). Exo: Espécie Exótica. (Nomenclatura segundo HADDAD (2013) para anfíbios).

Família/espécie	Zina et al. 2007	Toledo et al. 2003	Haddad et al. 2003	Fazenda Rio Claro 2014	SP	BR	IUCN
ORDEM ANURA							
Bufonidae							
Rhinella icterica	X				LC	-	-
Rhinella crucifer			X		LC	-	-
Rhinella ornata	X	X		X	LC	-	-
Rhinella schneideri	X	X	X	X	LC	-	-
Craugastoridae							
Haddadus binotatus			X		LC	-	-
Hylidae							
Aplastodiscus perviridis				X	LC	-	LC
Bokermannohyla luctuosa			X		LC	-	LC
Dendropsophus anceps				X	LC	-	LC
Dendropsophu elianeae	X			X	LC	-	LC
Dendropsophu jimi				X	LC	-	LC
Dendropsophu microps				X	LC	-	LC
Dendropsophu minutus	X	X		X	LC	-	LC
Dendropsophu nanus	X		X	X	LC	-	LC
Dendropsophu sanborni	X	X	X	X	LC	-	LC
Hypsiboas albopunctatus	X	X	X	X	LC	-	LC
Hypsiboas caingua				X	LC	-	LC
Hypsiboas faber	X	X	X	X	LC	-	LC
Hypsiboas lundii (H. biobeba)	X	X	X	X	LC	-	LC
Hypsiboas prasinus	x			X	LC	-	LC
Itapotihyla langsdorffii	X	X	X	X	LC	-	LC
Phyllomedusa tetraploidea				X	LC	-	LC
Scinax berthae				X	LC	-	LC
Scinax fuscomarginatus	X			X	LC	-	LC
Scinax fuscovarius	X	X	X	X	LC	-	LC
Scinax squalirostris				X	LC	-	LC
Scinax similis	X			X	LC	-	LC

Família/espécie	Zina et al. 2007	Toledo et al. 2003	Haddad et al. 2003	Fazenda Rio Claro 2014	SP	BR	IUCN
Scinax sp. (cf. berthae)	X				-	-	-
Scinax sp. (aff. Similis)		X			-	-	-
Sphaenorhynchus caramaschi				X	LC	-	LC
Trachycephalus venulosus	X			X	LC	-	LC
Leptodactylidae							
Leptodactylus furnaris	X			X	LC	-	LC
Leptodactylus fuscus	X	X	X	X	LC	-	LC
Leptodactylus jolyi				X	LC	-	LC
Leptodactylus labyrinthicus	X	X	X	X	LC	-	LC
Leptodactylus latrans				X	LC	-	LC
Leptodactylus mystaceus	X		X	X	LC	-	LC
Leptodactylus mystacinus	X	X			LC	-	LC
Leptodactylus bokermanni	X	X	X	X	LC	-	LC
Leptodactylus podicipinus				X	LC	-	LC
Pleurodema biligonigerus (= P. Fuscomaculatus)	X	X			-	-	LC
Physalaemus centralis	X	X	X	X	LC	-	LC
Physalaemus cuvieri	X	X	X	X	LC	-	LC
Physalaemus nattereri	X	X	X	X	LC	-	LC
Physalaemus marmoratus			X	X	LC	-	LC
Pseudopaludicola mystacalis				X	LC	-	LC
Pseudopaludicola murundu (= P. aff. Saitica)	X				LC	-	LC
Pseudopaludicola cf. falcipes	X				LC	-	LC
Microhylidae							
Chiasmocleis albopunctatus	X	X	X	X	-	-	LC
Elachistocleis cf. ovalis			X		-	-	LC
Elachistocleis bicolor				X	-	-	LC
Elachistocleis cesaril	X	X		X	-	-	LC
Odontophrynidae							
Proceratophrys boiei	X				LC	-	LC
Proceratophrys moratoi				X	-	-	LC
Odontophrynus americanos				X	LC	-	LC
Centrolenidae							
Vitreorana uranoscopa				X	-	-	LC