

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

STEFANIA CRISTINO DE OLIVEIRA

IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DA DINÂMICA FLUVIAL
COM FINS À AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE AO DERRAME
DE ÓLEO

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
para obtenção do grau de Bacharel em
Geografia.

Rio Claro - SP
2013

STEFANIA CRISTINO DE OLIVEIRA

IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DA DINÂMICA FLUVIAL
COM FINS À AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE AO DERRAME
DE ÓLEO

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Comissão Examinadora

_____ (orientador)

Rio Claro, ____ de _____ de ____.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

551.4a Oliveira, Stefania Cristino de
O48i Identificação e mapeamento da dinâmica fluvial com fins à
avaliação da sensibilidade ao derrame de óleo / Stefania
Cristino de Oliveira. - Rio Claro, 2014
57 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros, mapas

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia)
- Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas
Orientador: Cenira Maria Lupinacci Cunha

1. Geomorfologia. 2. Cartografia geomorfológica. 3.
Derramamento de óleo. I. Título.

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

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha professora e orientadora Cenira Maria Lupinacci Cunha, que me deu a oportunidade de desenvolver este trabalho. Obrigada por acreditar no meu potencial, e por não desistir de mim nos momentos difíceis. Agradeço pela compreensão, paciência, apoio, ajuda, e pelos conhecimentos que foram construídos nestes anos.

Agradeço também a professora Andréia MedinilhaPancher por todo apoio no começo desta jornada, me dando oportunidades e me contagiando com seu carisma.

A minha mãe Amália, a pessoa mais importante, a qual eu sou eternamente grata pela minha vida e, durante os anos de faculdade por todo o apoio e confiança. Todas as conquistas só foram possíveis porque ela acreditou em cada passo meu, ficando sempre ao meu lado me dando forças.

Aos meus irmãos, Adriano e Verônica, que sempre estiveram dispostos a me ajudar. São as pessoas as quais eu posso confiar em qualquer momento. Também agradeço aos meus cunhados Valquíria e Israel, e aos meus sobrinhos Rafaela e Bruno, pela paciência e compreensão durante estes anos.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pelo apoio acadêmico e financeiro, indispensáveis para a conclusão deste trabalho de conclusão de curso.

Agradeço também aos meus amigos que fizeram parte desta etapa da minha vida, transformando cada momento em experiência e aprendizado. Meus amigos foram fundamentais para que eu superasse cada obstáculo, seja em relação à graduação, como também na vida, sentimentos que só são reconhecidos quando compartilhados.

RESUMO

Atualmente, há uma crescente dependência do homem pelos hidrocarbonetos e seus derivados devido a sua imensa fonte de energia e de matéria prima. A necessidade e o consumo, aliados ao desenvolvimento tecnológico, propiciaram o transporte destes produtos por dutos que atravessam imensas cidades, propriedades rurais, estradas e cursos fluviais. Portanto, as áreas ao longo da faixa dos dutos e seu entorno estão mais suscetíveis ao derrame de óleo. Desse modo, considerando o vazamento de oleodutos em áreas continentais, o impacto tende a ser maior nas vidas humanas devido à ocupação próxima a estas estruturas. Assim, no estudo dessa problemática relacionada à interação dos dutos e dos cursos fluviais, considera-se que a ciência geomorfológica, ao estudar as formas de relevo em diferentes escalas espaciais e temporais, pode colaborar com a identificação de feições de origem fluvial mais sensíveis a possíveis derrames de óleo. Este tipo de estudo pode, portanto, ser de grande importância para diagnosticar áreas de sensibilidade ambiental. Esta pesquisa propôs, através da identificação e mapeamento das feições geomorfológicas de origem fluvial, avaliar o significado dessas feições em termos de sensibilidade ao derrame de óleo. A área escolhida encontra-se no fundo de vale do rio Tiête entre Laras, distrito de Laranjal Paulista, até o município de Anhembi. Por conseguinte, constatou-se a necessidade de identificar e mapear as características geomorfológicas de áreas que podem ser submetidas aos vazamentos, a fim de desenvolver um planejamento ambiental adequado, pois tais mapeamentos fornecem informações necessárias para subsidiar as decisões quanto a medidas preventivas e emergenciais, caso ocorra vazamento de óleo em cursos fluviais.

Palavras-chave: Cartografia geomorfológica. Derramamento de óleo. Dinâmica fluvial.

ABSTRACT

Currently, there is an increasing reliance on man by hydrocarbons and their derivatives because of their immense source of energy and raw materials. The need and consumption, coupled with technological development, led to the transport these products through pipelines that traverse immense cities, farms, roads and waterways. Therefore, the areas along the strip of the ducts and their surroundings are more susceptible to oil spill. Thus, considering the leakage of pipelines in continental areas, the impact tends to be higher in human lives due to the occupation next to these structures. Thus, the study of this problem related to the interaction of pipelines and waterways, it is considered that the geomorphological science, to study the landforms at different spatial and temporal scales, can collaborate with identifying features of fluvial origin more sensitive to possible oil spills. This kind of study can therefore be of great importance to diagnose areas of environmental sensitivity. This research proposes, through identification and mapping of the geomorphological features of fluvial origin, assess the significance of these features in terms of sensitivity to oil spills. The chosen area is at the bottom of the river valley Tietê between Laras disctrict Laranjal Paulista, until the Anhembi. Consequently, there was a need to identify and map the geomorphological characteristics of areas that may be subject to leaks in order to develop an appropriate environmental planning, as these mapping provide information needed to support decisions about preventive and and emergency measures oil spill if it occurs in waterways.

Keywords: Geomorphological mapping. Oil Spill. Fluvial dynamics.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
4.1 Carta Geomorfológica	27
4.2 Carta de Sensibilidade ao Derramamento de Óleo	33
5. RESULTADOS	35
5.1. Depósitos (planícies) aluviais com lagos (várzea e/ou lagos de meandros)	35
5.2. Confluências com coalescência de planícies fluviais	37
5.3. Barras de meandros secas e/ou alagadas	37
5.4. Diques fluviais seguidos por planícies aluviais, terraços fluviais ou vertentes	38
5.5. Margens deposicionais	38
5.6. Ilhas fluviais	39
5.7. Margens erosivas seguidas por vertentes	39
5.8. Margens erosivas seguidas por terraços	39
5.9. Margens construídas com paredões concretados e pontes	40
5.9.1. Primeiro Recorte	41
5.9.2. Segundo Recorte	43
5.9.3 Terceiro Recorte	45
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	50
ANEXOS	55
ANEXO A – Mapas Digitalizados em CD ROM	55

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma crescente dependência da sociedade pelos hidrocarbonetos e seus derivados devido ao seu uso como fonte de energia e de matéria prima. A necessidade e o consumo, aliados ao desenvolvimento tecnológico, propiciaram o transporte destes produtos por dutos que atravessam cidades, propriedades rurais, estradas e cursos fluviais.

Conforme, Oliveira (2009, p. 17):

Os acidentes relacionados a dutos constituem uma fonte potencial de contaminação dos componentes do meio físico (solo, rocha e água). Este fato está intimamente relacionado com a peculiaridade que os dutos apresentam quanto ao aspecto longitudinal, interceptando diferentes relevos e formações geológicas, com os tipos de solos e condições hidrogeológicas e fenomenológicas a elas associados.

Portanto, as áreas ao longo da faixa dos dutos e seu entorno estão mais suscetíveis ao derrame de óleo. Desse modo, considerando o vazamento de oleodutos em áreas continentais, o impacto tende a ser maior nas vidas humanas devido à ocupação próxima a esses. Ainda, a presença de cursos fluviais pode auxiliar na propagação da onda poluidora e afetar as vidas humanas que residem próximas a tais cursos. Além disto, o derrame causaria prejuízos às atividades socioeconômicas e ao equilíbrio dos ecossistemas presentes no meio ambiente.

Assim, no estudo dessa problemática relacionada à interação dos dutos e dos cursos fluviais, considera-se que a ciência geomorfológica, ao estudar as formas de relevo em diferentes escalas espaciais e temporais, pode colaborar com a identificação de feições de origem fluviais mais sensíveis a possíveis derrames de óleo. Este tipo de estudo pode, portanto, ser de grande importância para diagnosticar áreas de sensibilidade ambiental.

No contexto da ciência geomorfológica, a Geomorfologia Fluvial integra o estudo dos cursos de água e o das bacias hidrográficas, podendo auxiliar na análise do risco gerado pelos oleodutos que perpassam os cursos fluviais, alterando a dinâmica destes.

Dessa forma, constata-se a necessidade de identificar e mapear as características geomorfológicas de áreas que podem ser submetidas aos vazamentos, a fim de desenvolver um planejamento ambiental adequado, pois tais mapeamentos fornecem informações necessárias para subsidiar as decisões quanto a medidas preventivas e emergenciais, caso ocorra vazamento de óleo em cursos fluviais.

Diante desta problemática, o objetivo geral deste trabalho foi colaborar com a avaliação da sensibilidade da dinâmica fluvial ao derrame de óleo. Assim, através da

identificação e mapeamento das feições geomorfológicas de origem fluvial, busca-se avaliar o significado dessas feições em termos de sensibilidade ao derrame de óleo.

A partir desse objetivo geral, têm-se os objetivos específicos:

- * Avaliar o comportamento da dinâmica fluvial em termos de sensibilidade ao derrame de óleo, a partir de análise bibliográfica;
- * Identificar e mapear as feições geomorfológicas de origem fluvial da área objeto de estudo;
- * Identificar e classificar a sensibilidade ao óleo conforme as feições geomorfológicas existentes e mapeadas;
- * Elaborar um esboço de mapeamento de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo a partir de informações geomorfológicas.

A área escolhida para cumprir este objetivo encontra-se na porção central do Estado de São Paulo, mais especificamente no fundo de vale do rio Tietê entre Laras, distrito de Laranjal Paulista ($23^{\circ} 02' 50''$ S e $47^{\circ} 50' 12''$ W) e o setor alagado deste em virtude do barramento vinculado a represa de Barra Bonita, no município de Anhembi ($22^{\circ} 47' 25''$ S e $48^{\circ} 07' 36''$ W). (Fig.1).

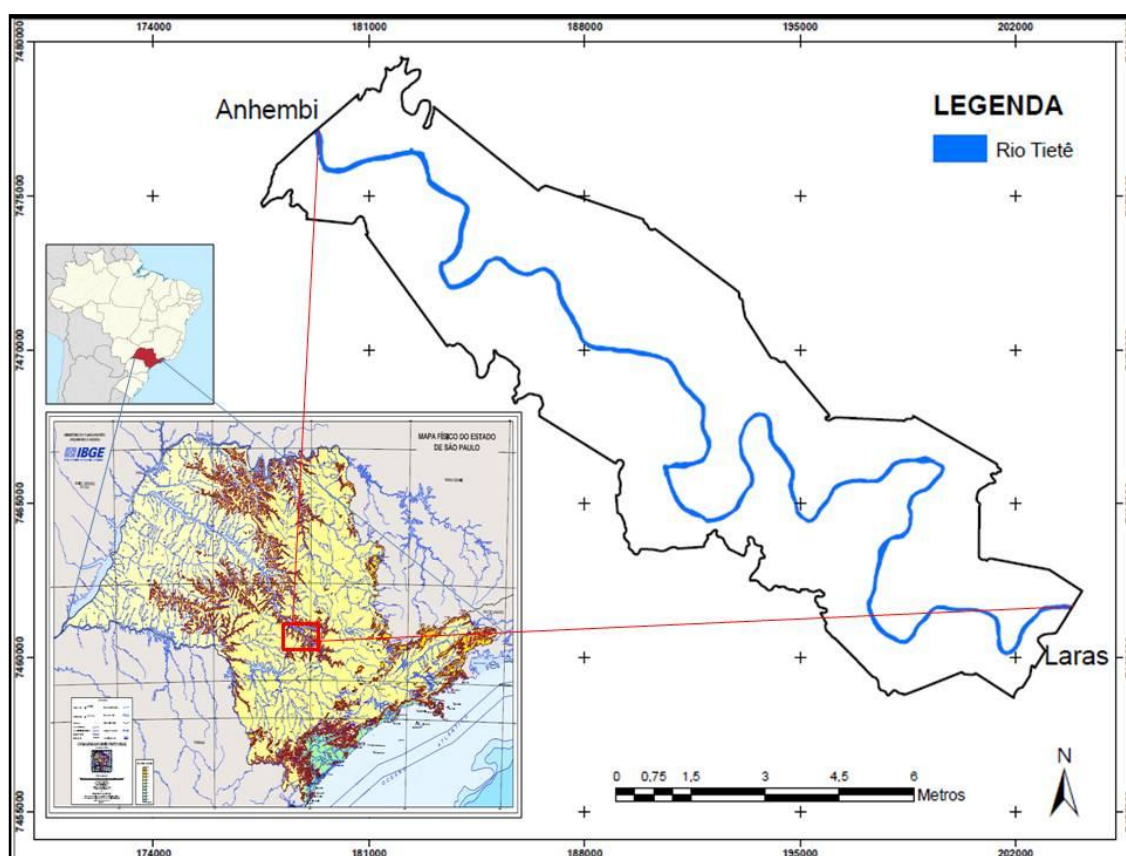


Figura 1: Localização da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor (Mapa Físico do Estado de São Paulo – fonte: IBGE)

O petróleo se destaca, entre os recursos naturais de maior importância e valor econômico, devido ao seu potencial como fonte energética e também pelo seu aproveitamento na indústria petroquímica. A partir disso, o aperfeiçoamento tecnológico possibilitou o transporte deste hidrocarboneto através de oleodutos que perpassam por diferentes relevos e formações geológicas.

Assim, os mapas de sensibilidade a derramamentos de óleo, auxiliam nas decisões quanto a medidas preventivas e emergenciais caso ocorra um vazamento de óleo, pois como as áreas mais sensíveis já estão pré-definidas, os recursos de combate ao acidente podem ser alocados para a proteção dessas áreas (WIECZOREK, 2006, p. 41).

Desta forma, a realização desta pesquisa se justifica pela necessidade de aprimorar os mapeamentos de sensibilidade ao derrame de óleo em ambientes fluviais, ainda incipientes no Brasil, pois, a maioria dos mapeamentos com essa temática é voltada as áreas costeiras, seguindo a metodologia proposta pelo MMA (2002).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Devido aos recentes estudos sobre mapeamento de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo em ambientes fluviais, e a necessidade de se compreender melhor esta temática, faz-se necessário uma breve discussão sobre os principais conceitos estudados e as principais obras abordadas neste trabalho.

Algumas definições são de extrema relevância para uma melhor compreensão do tema. Desta forma, entende-se por derramamento “qualquer forma de liberação de óleo ou mistura oleosa em desacordo com a legislação vigente para o ambiente, incluindo despejo, escape, vazamento e transbordamento em águas sob jurisdição nacional” (ROMERO, 2009, p. V, apud BRASIL, 2005). O óleo abordado neste trabalho trata-se de “qualquer forma de hidrocarboneto (petróleo e seus derivados líquidos), incluindo óleo cru, óleo combustível, borra, resíduos petrolíferos e produtos refinados” (ROMERO, 2009, p.V, apud BRASIL, 2005).

Assim, entre os principais conceitos destacados neste trabalho, está o conceito de sensibilidade ambiental, o qual conforme Silva e Araújo (1994, p.1 apud LIMA, 2007, p.4), é definido de acordo com a “resposta negativa de determinado ambiente ao impacto causado por um derramamento de óleo”. Outro conceito abordado é o de suscetibilidade, o qual os autores Silva e Araújo (1994, p.1 apud LIMA, 2007, p. 4) definem como, “a probabilidade de uma área ser atingida em casos de derramamentos de óleo”. Ou seja, a suscetibilidade, “é determinada centralmente pelas condições do ambiente, e à presença de fontes efetivas de contaminação que possam atingir a área em foco” (ROCHA, 2008, p. 7).

Já o conceito de vulnerabilidade é dado pela “associação da sensibilidade com a probabilidade dos ambientes serem atingidos por um tensor antrópico” (ROCHA, 2008, p. 7). De acordo com o NOAA (1997, apud CUNHA, 2009, p. 19), o conceito vulnerabilidade é definido como:

...um conceito complexo que contempla diferentes aspectos como suscetibilidade (possibilidade ou risco de um ambiente ser atingido, em função da proximidade de uma fonte potencial e influência dos ventos e das correntes marinhas), resiliência (capacidade do ambiente retornar à sua condição original de equilíbrio após impacto), possibilidades de limpeza e recuperação do meio e sensibilidade da comunidade.

O sistema de classificação de sensibilidade do NOAA utiliza uma escala de 1 a 10, sendo que quanto maior o índice, maior é o grau de sensibilidade. Nos mapeamentos do

litoral, com base nas características geomorfológicas da costa, se definem o tempo de permanência o grau de impacto do óleo derramado. Assim, a geomorfologia é um fator que influencia diretamente sobre o tipo e a densidade das comunidades biológicas, influenciando, portanto a sensibilidade. (ARAÚJO, et. al., 2002, p. 4).

A classificação da sensibilidade auxilia nas operações emergenciais, pois, identificadas as áreas sensíveis, os recursos de remoção do óleo derramado podem ser realocados para áreas prioritárias de proteção ambiental.

Os mapeamentos de sensibilidade ao óleo vêm sendo desenvolvidos desde a década de 70 para as áreas litorâneas, utilizando uma escala de sensibilidade baseada em aspectos físicos, bióticos, sociais e econômicos. Desta forma, os Mapas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo, desenvolvidos pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), deverão apresentar três tipos de informações principais: sensibilidade da costa, aspectos biológicos e recursos socioeconômicos. (ARAÚJO et. al., 2002, p.5). Assim, a metodologia para a avaliação da sensibilidade ambiental para derrames de óleo foi desenvolvida inicialmente pelo NOAA e, posteriormente, no Brasil foi adaptada e validada em 2002, pelo MMA (Ministério do Meio Ambiente). Contudo, há uma ênfase para áreas costeiras (FERREIRA; BEAUMORD, 2008). Desta forma, foi utilizado o documento, “Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo” (MMA, 2002), e também o livro “Manual Básico para Elaboração de Mapas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo no Sistema Petrobrás: Ambientes Costeiros e Estuarinos” (ARAÚJO et al, 2002), os quais apresentam um padrão de nomenclaturas que deve ser utilizado no Brasil.

A partir dessas informações, o Índice de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo (ISA), utiliza um sistema baseado no conhecimento das características geomorfológicas das áreas intermarés, o qual considera os seguintes fatores: grau de exposição à energia de ondas e marés, declividade do litoral, tipo de substrato, produtividade e sensibilidade biológica. Os aspectos biológicos incluem espécies marinhas, costeiras ou residentes em habitats submarinos que podem estar em risco em caso de um acidente de derrame de óleo. Os recursos humanos consideram as regiões costeiras e ribeirinhas utilizadas para assentamento populacional, turismo, extração de recursos etc., sendo desta forma, sensíveis aos impactos do óleo derramado.

Entretanto as Normas Técnicas para Elaboração das Cartas SAO no Brasil, MMA (2004), considera os ambientes estuarinos com poucos detalhes, e não consideram os ambientes fluviais (Wieczorek, 2006, p. 110). Desta forma, há a necessidade de um estudo

mais detalhado nestes ambientes e uma classificação que consiga satisfazer o máximo possível as peculiaridades de cada meio.

Para relacionar as feições geomorfológicas de origem fluvial com o comportamento do óleo, partiu-se dos estudos de autores como Christofolletti (1981) e Penteado (1978), junto aos autores Riedel; Cunha (2013) que basearam-se nos estudos de Michel et. al. (1994), Araujo (2006), Hayes, Michel e Dahlin (1995) e Hayes, Michel e Montello (1997), a fim de justificar a classificação da sensibilidade proposta.

A classificação da sensibilidade ao óleo em ambientes fluviais considera como principal fator o hidrodinamismo do ambiente. De acordo com Wieczorek (2006, p.14), um ambiente é mais ou menos sensível conforme seu “nível de exposição ao hidrodinamismo” assim, quanto maior for o hidrodinamismo, mais fácil será a limpeza natural do meio, e conseqüentemente, menor a sensibilidade ao óleo.

Ainda, segundo Gundlach; Hayes (1978) e Michel et al., (1978, apud WIECZOREK, 2006, p.17), após o derramamentos de óleo em ambientes costeiros, estudos demonstraram que os impactos gerados pelo óleo neste ambientes, estão relacionados diretamente com o “nível de exposição hidrodinâmica”. Este fato ocorre porque “o nível de exposição ao hidrodinamismo influencia tanto a chegada do óleo ao ambiente, como a sua limpeza, seja natural ou realizada pelo homem” (WIECZOREK, 2006, p.17).

Outro fator que deve ser considerado é o tipo de substrato presente em cada ambiente. Em substratos consolidados, será mais difícil do óleo penetrar, enquanto em substratos inconsolidados, a granulometria será determinante, pois, sedimentos grosseiros e cascalhos são mais “vulneráveis” se comparados a ambientes com sedimentos finos. (WIECZOREK, 2006, p.14). Assim, o substrato irá determinar a permeabilidade, a mobilidade do sedimento e a permanência do óleo. Além disto, determinará também a “trafegabilidade na região, fundamental para a utilização de determinados equipamentos de resposta”, pois, quanto mais sólida a consistência do substrato, mais fácil o transporte de equipamentos para a remoção do óleo. (ARAUJO et. al, p, 7, 2002).

Desta forma, para desenvolver este trabalho, foi realizado um estudo bibliográfico que abarcou princípios do conhecimento geomorfológico fluvial, o qual serviu como base para a compreensão da dinâmica fluvial, bem como para a identificação e classificação da área em estudo quanto à sensibilidade ao óleo. Foram utilizadas obras nacionais e estrangeiras, que forneceram informações e dados sobre a questão de derramamento de óleo em regiões costeiras, estuarinas e fluviais.

Assim, considerando que os oleodutos perpassam diferentes relevos, a cartografia geomorfológica é de grande relevância para este estudo, pois, possibilita à identificação das formas de relevo mais sensíveis a possíveis derrames de óleo. Desta forma, a partir das análises das informações e dados levantados com estudos bibliográficos, da identificação das feições morfológicas através das imagens orbitais e da classificação da sensibilidade ao óleo das feições geomorfológicas mapeadas, foi elaborado o mapeamento da dinâmica fluvial com fins à avaliação da sensibilidade ao derrame de óleo.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

De acordo com a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), os municípios de Anhembi e Laranjal Paulista estão localizados na Bacia Hidrográfica denominada Sorocaba/Médio Tietê, sendo que Laranjal Paulista está totalmente contido na Sub-bacia do Baixo Sorocaba, e Anhembi está parcialmente contido na Sub-bacia do Médio Tietê Inferior, pois, apesar de sua sede estar totalmente contida nesta bacia, sua área rural está contida também na bacia dos rios Jundiá, Capivari e Piracicaba (SSRH/CSAN, 2011).

Segundo os dados fornecidos pelo Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH), a bacia do Médio Tietê se estende a partir da saída do Rio Tietê do Reservatório de Pirapora até a Barragem de Barra Bonita, drenando aproximadamente 6.830 Km². Os principais afluentes desta bacia são os rios Jundiá, Capivari e Piracicaba (UGRHI-05), na margem direita, e o rio Sorocaba, na margem esquerda. No trecho, de Pirapora até a Usina Hidrelétrica de Porto Góes, o Rio Tietê perpassa pelo Planalto Atlântico Cristalino, o qual apresenta rochas mais resistentes, condicionando o rio a vencer obstáculos, e caracterizando este trecho com grandes turbilhonamentos em quedas d'águas e corredeiras. Deste trecho em diante, o rio segue no sentido a sua jusante, percorrendo a Depressão Periférica, onde as rochas são menos resistentes, e logo depois, alcança a província geológica das Cuestas Basálticas, formando com o Rio Piracicaba um boqueirão; segue um novo trecho com quedas d'água, o qual está atualmente inundado pelo reservatório de Barra Bonita.

O relevo correspondente ao fundo de vale do rio Tietê, no trecho estudado nesse trabalho, entre Laras até o município de Anhembi, é representado pela Província Geomorfológica denominada Depressão Periférica (IPT, 1981), zona do Médio Tietê. Conforme Penteado (1976, apud SILVEIRA; CUNHA, 2010, p. 375):

...a Depressão Periférica Paulista está esculpida predominantemente em sedimentos do Paleozóico, correspondendo a uma área deprimida embutida entre as escarpas avançadas da zona das Cuestas e o Planalto Cristalino Atlântico, com topografia pouco acidentada numa faixa de cerca de 450 quilômetros de comprimento, de norte a sul, e de aproximadamente 100 quilômetros de largura média.

Ainda, sobre a Depressão Periférica, Almeida (1974, p. 63) define que:

O qualitativo de Depressão Periférica que lhe aplicou L. F. de Moraes Rego (1932, p. 21), é plenamente justificável, por se tratar de área sensivelmente rebaixada pela erosão, entre as terras altas do Planalto Atlântico e as cristas, igualmente elevadas, das cuestas basálticas.

Segundo Penteado (1976), a topografia da Depressão Periférica é “pouco acidentada, com desníveis de 20 a 50 metros e excepcionalmente superiores a 100 metros”. A principal característica desta província geomorfológica se deve a amplitude de horizontes e a suavidade de formas, destacando “colinas com topo aplainado entre 550 e 650 e 700, levemente convexas divisores de vales largos, rematados em fundo chato de planícies aluviais medíocres” (PENTEADO, 1976, p.14).

Deffontaines (1935, p. 148-156, apud Almeida 1974, p. 63) propôs uma divisão tríplice para a província da Depressão Periférica, a partir da área drenada para o rio Tietê que se demonstra muito diversificada, pois se trata de uma área mais erodida que a sua circunvizinhança, tendo suas estruturas mais resistentes expostas na topografia. Assim, Almeida (1974, p. 63), para facilitar a indicação cartográfica e de descrição de relevo, delimita a Zona do Médio Tietê segundo os divisores de água do Tietê com os rios Mogi Guaçu, ao norte, e Paranapanema, ao sul.

Desta forma, toda a Zona do Médio Tietê é coberta por uma rede de drenagem bem organizada, na qual se destacam três rios: o Tietê e seus dois afluentes, Piracicaba e Sorocaba, todos procedentes das terras elevadas do planalto cristalino (ALMEIDA, 1974, p. 64).

Esta zona, de acordo com Almeida (1974, p.63) “compreende cerca de 15.200 km², portanto 2/5 da área total da província”. Embora, seja constituída em maior parte por sedimentos, apresenta ainda áreas com derrames e intrusões de rochas basálticas, que se destacam na topografia. Penteado (1976, p. 14), aponta:

Apesar de a área ser principalmente constituída por sedimentos paleozóicos, existem áreas superficiais descontínuas com corpos intrusivos magmáticos, formando sills e diques de diabásio, que desempenham papel importante na topografia.

Desta maneira, o destaque na topografia devido aos derrames e intrusões magmáticas, ocorre devido ao mergulho das camadas litológicas, as quais estão dispostas em direção a noroeste, e as litologias mais resistentes à erosão, que são salientadas na topografia, formando cuestas, como já havia notado P. Denis (1927) e outros autores que estudaram o relevo paulista. (ALMEIDA, 1974, p. 63).

Essas camadas litológicas, que mergulham em geral na direção noroeste, apresentam inclinações variáveis, sendo “maiores nas camadas basais do Grupo Tubarão, cerca de 15 a 20 m por km e menores nas camadas do Grupo Passa Dois 7 a 4 m por km das inferiores para as superiores”. (PENTEADO, 1976, p.14).

Portanto, as camadas mais resistentes salientam-se na topografia, em consequência a essa estrutura homoclinal e a litologia de variada resistência face aos processos erosivos, formando um relevo com vertentes dissimétricas e desníveis variados. (PENTEADO, 1976, p. 14)

Um exemplo sobre o reflexo do mergulho das camadas para NW é a cuesta de Laranjal. A Formação Irati, pertencente ao Grupo Passa Dois, apresenta importante silificação de algumas de suas rochas, com mergulho de cerca de 5 a 6 m/km para NW, “apresenta-se na zona como degrau dissimétrico, que na margem esquerda do Rio Tietê assume caráter de cuestras”, representando a Cuesta de Laranjal(Almeida, 1964, p. 234, apud IPT, 1981, p.59):

A cuesta de Laranjal é geralmente muito disfarçada. A Formação Irati atua como um todo, no suporte do relevo, que nela tem talhados perfis muito suavizados... Os campos do reverso da cuesta mostram ampla convexidade de concordância com perfis do fronte, por sua vez tornados côncavos no sopé do relevo, onde se apresentam os folhelhos Taquaral. Sempre faltam escarpas ou taludes íngremes. A cuesta somente tem um rebordo claramente discernível de Cesário Lange para norte, pois que na região logo a norte a oeste da cidade de Tatuí, nas rodovias para Itapetininga, Quadra e Cesário Lange, as Formações Irati e Itapetininga acham-se niveladas a 620 m, sem qualquer ressalto no contato. Em planta tem o frontedessacuesta desenho muito lobado, com reentrâncias em que se abrigam ribeirões obsequentes como o Turvinho, Garapó, da Onça, Bicamente, etc. Seu reverso mostra-se como campos de relevo extremamente uniforme, de que dá bem ideia a região vizinha à estação de Maristela, situada a 610 m de altitude, a oeste de Laranjal Paulista. Esta cidade abriga-se às fraldas da cuesta, a 530 m de altitude... Já Cesário Lange, a sudoeste, acha-se em entalhe profundo do fronte da cuesta.

De acordo com Penteado (1976), apesar da variada litologia, dos mergulhos regionais das camadas e da deposição dos eixos de drenagem, o subnívelamento geral dos interflúvios da Depressão Periférica, entre 600 e 700 m, é consequencial a época geológica em que toda a região esteve sujeita a processos de aplainamento generalizado, que modificaram seu relevo, só restando alguns destaques nas áreas de corpos basálticos, formando uma verdadeira superfície de erosão, entre as bacias do Tietê e Piracicaba, identificada como superfície de erosão do médio Tietê, por Almeida (1964, p. 232, apud Penteado, 1976, p.14) e “Superfícies interplanálticas desdobradas e marcadamente poligênicas”, por Aziz N. Ab’Saber (1965, p.

25, apud Penteado, 1976, p.14), formadas durante o Terciário, entre o Plioceno Superior e o Pleistoceno Inferior (PENTEADO, 1976, p.14).

Em toda a Depressão Periférica no Estado de São Paulo, existem níveis intermediários entre o topo das colinas e o assoalho, denominados plano de várzeas, os quais apresentam-se em 2 ou 4 patamares, constituídos por cascalhos, que assinalam fases sucessivas de aplainamento lateral e entalhe, formadas a partir de alternâncias climáticas e lento tectonismo positivo, entre o post sub-nivelamento geral inter-planáltico, até épocas recentes entre o Pleitoceno e o Holoceno, de acordo com Penteado (1976, p. 15). Estes terraços antigos podem ser observados na Zona do Médio Tietê, principalmente nos arredores de Anhembi, Laranjal Paulista e a norte do município de Tietê, estando de 50 a 60 m acima de seu leito atual, compostos por depósitos de grossos cascalhos (ALMEIDA, 1974, p. 64).

Atualmente, as formas e a cobertura vegetal estão quase inteiramente modificadas, devido aos processos morfoclimáticos atuais, sob fase climática quente e úmida, que pela curta duração na escala do tempo, ainda não conseguiram modificar totalmente as paleoformas resultantes de fases mais secas do clima passado (PENTEADO, 1976, p. 15).

Desta forma, de acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981) nas margens do rio Tietê se destaca em maior parte, o relevo de Colinas Amplas. Em pequeno trecho na margem esquerda, entre Anhembi e Laras, há a presença do relevo de Colinas Médias. Já os Morrotes alongados e Espigões se encontram no interflúvio Tietê-Piracicaba, ao sul de Piracicaba e na margem esquerda, próximo a Anhembi e Conchas. As principais características destes relevos, segundo IPT (1981), são:

- Colinas Amplas: predominam interflúvios com área superior a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes;

- Colinas Médias: predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes;

- Morrotes Alongados e Espigões: predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos e achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados. Na Figura 2 estão representadas as formas de relevo da área de estudo.

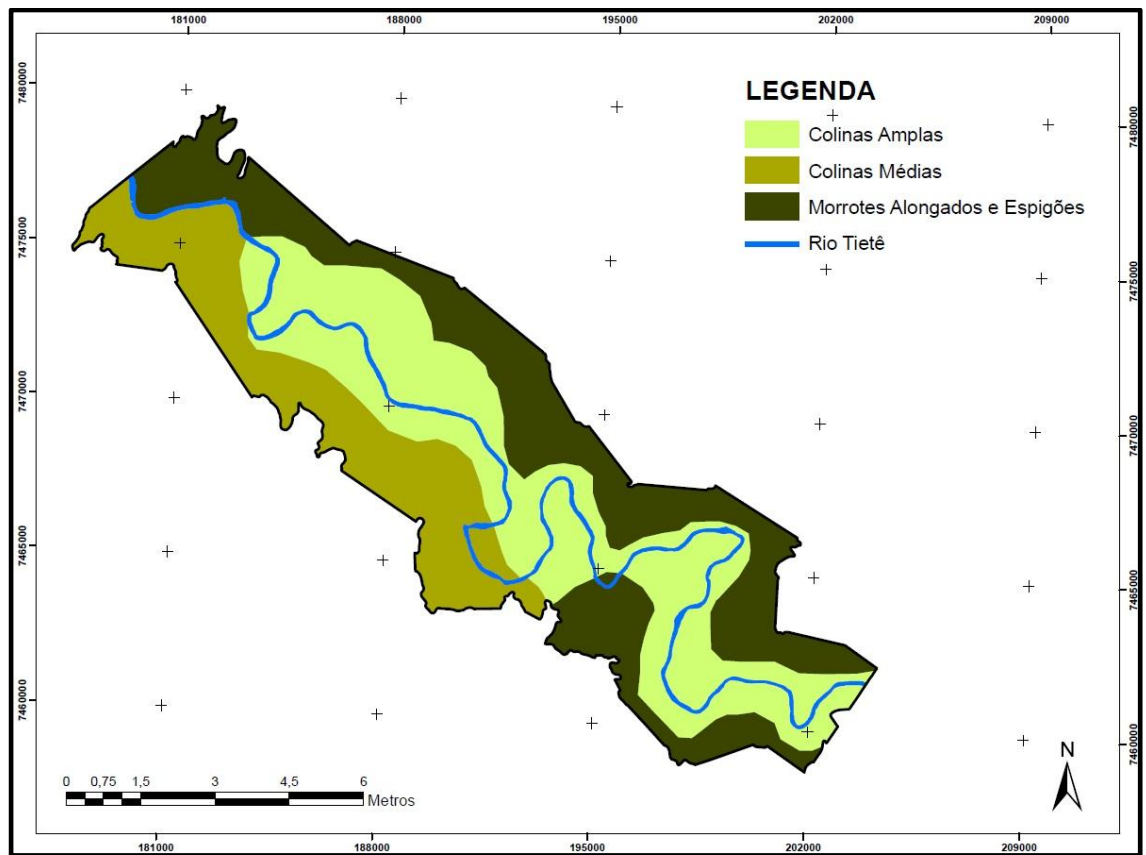


Figura 2: Esboço das formas de relevo da área de estudo. Fonte: IPT (1981).

É notável que as características geomorfológicas devem-se também as características intrínsecas das formações geológicas. Deste modo, conforme o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (DAEE, 1982), as unidades estratigráficas encontradas na área de estudo, compondo a Bacia do Paraná, são: Grupo Passa Dois com a Formação Corumbataí (Pc), Grupo São Bento com a Formação Pirambóia (TrJp) e Depósitos Aluviais (Qa), representadas na Figura 3.

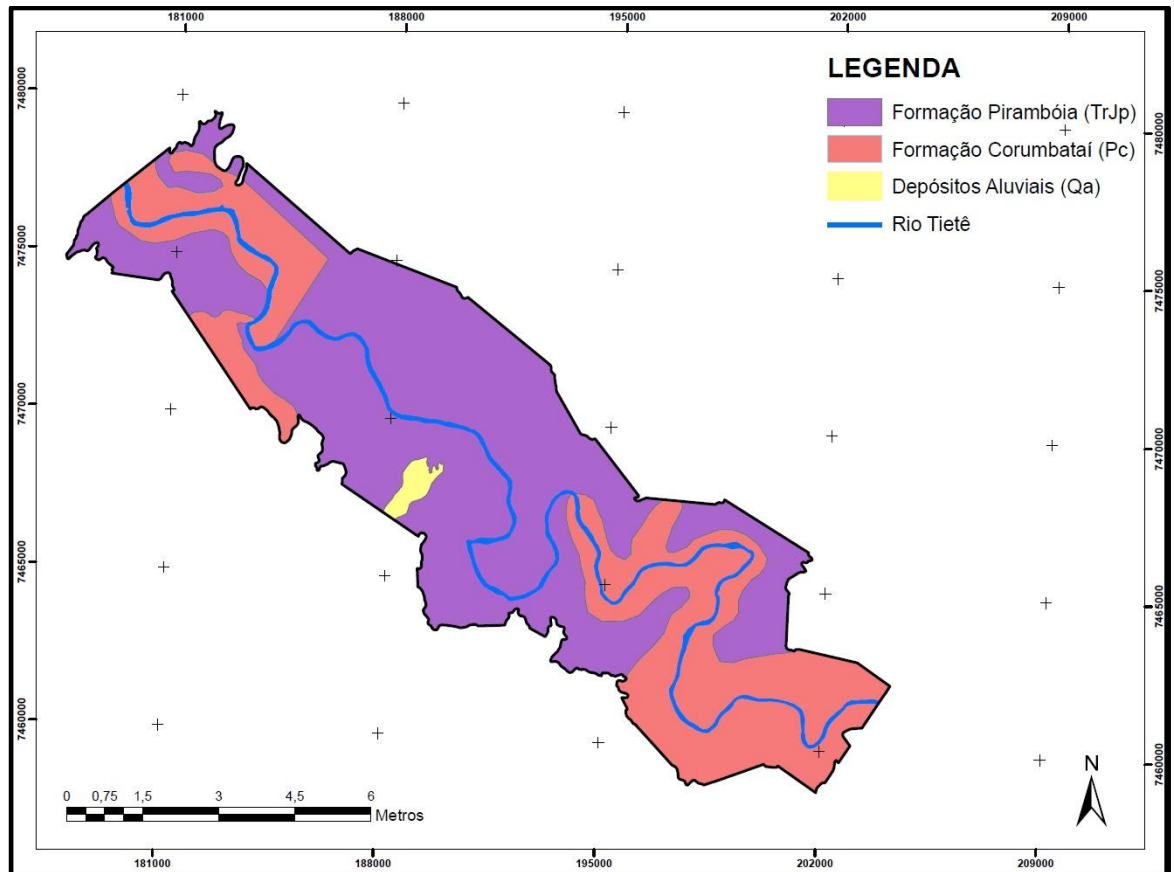


Figura 3: Esboço Geológico da área de estudo. Fonte: DAEE (1982)

O grupo Passa Dois “aflore em faixas estreitas e alongadas, situadas adjacentes e para dentro da bacia em relação às faixas de afloramentos do Grupo Tubarão”. (PETRI; FÚLFARO, 1988, p. 209). A formação Corumbataí, pertencente ao Grupo Passa Dois, possui uma espessura geralmente inferior a 150 metros, que se reduz para o norte, até se anular próximo ao limite com Minas Gerais. Esta formação está em concordância sobre a Formação Irati, entretanto, seu contato com a Formação Pirambóia é por discordância erosiva, devido à destruição de espessura de suas camadas. De acordo com o IPT (1981, p. 61):

A terminação em bisel, das camadas do Grupo Passa Dois junto à borda nordeste da Bacia do Paraná e seu recobrimento pela Formação Pirambóia, indicam a existência de uma ligeira inconformidade angular não perceptível em afloramentos mas reconhecível em escala regional, assinalando uma importante descontinuidade na bacia equivalente à passagem das eras.

A Formação Corumbataí é relativamente rica em fósseis, predominando pelecípodes, ocorrem também ostracódios, conchostráceos, peixes e restos vegetais, incluindo fragmentos de troncos de Cordaitales. (IPT, 1981, p.61.)

Existem controvérsias sobre o ambiente de deposição da Formação Corumbataí no Estado de São Paulo, pois “se muitas estruturas sugerem condições litorâneas sob domínio de correntes de maré, outras seriam compatíveis com ambientes como o lacustre ou outros”. (LANDIM, 1970, apud IPT, 1981, p.61). Além disto, “a completa ausência de restos de fósseis de origem comprovada e exclusivamente marinha no topo do Grupo Passa Dois é pelo menos, um forte argumento contrário ao tipo de ambiente marinho franco para sua acumulação.” (IPT, 1981, p.61).

Apesar disso, de acordo com Schneider et al.(1974 apud IPT, 1981, p.60), a Formação Corumbataí se deu em ambiente marinho de águas gradativamente mais rasas, em condições climáticas redutoras, depositadas na parte inferior da formação. A parte superior seria consequência da deposição em águas rasas, em condições climáticas oxidantes, sob a influência de marés, e com freqüentes avanços progracionais de sedimentação litorânea. Ainda, de acordo com o autor Gama Jr. (1979, apud IPT 1981, p. 61), a Formação Corumbataí constituiria uma planície de maré no Estado de São Paulo, a qual está relacionada com um sistema deltaico.

Em São Paulo, a Formação Corumbataí possui como principal litologia siltitos e argilitos roxos, verdes, castanhos e chocolates, com algumas intercalações de arenitos finos e calcarenitos. Há extensas áreas com leitos de sílex, o qual está diretamente associado à presença de coquinas. De acordo com os autores Petri; Fúlfaro (1988, p. 132):

Nos níveis silicificados e de calcários são comuns brechas intraformacionais, algumas constituídas de verdadeiros *bonebeds*. As espessuras dos leitos de calcários podem chegar a quase 2 metros (LELLIS, 1970). Ritmitos ocorrem sob a forma de alternância de lâminas de siltito e argilito; nos casos típicos as lâminas individuais em geral não alcançam 1 mm, excepcionalmente 1,5 mm. A formação é rica em estruturas singenéticas ou penecontemporâneas à sedimentação, ou seja, são formadas durante a deposição do sedimento, como estratificações irregulares, microlaminações cruzadas, laminações por migração de marcas onduladas, gretas de contração, sucedendo-se às vezes ritmicamente; ocorrem também estruturas de sobrecarga e estruturas de deslize. Diastemas são mais restritos.

O Grupo São Bento, também está presente na área de estudo, com a Formação Pirambóia. Este grupo se inicia no Mesozóico e é caracterizado por uma sequência pré-vulcânica constituída por arenitos fluviais e eólicos das Formações Pirambóia e Botucatu, e por outra sequência vulcânica, com derrames basálticos da formação Serra Geral e diabásicos intrusivos. (SSRH/CSAN, 2011).

Desta forma, entre as sucessões litoestratigráficas do Grupo São Bento, a Formação Pirambóia está presente em toda a faixa de sedimentos mesozóicos na Depressão Periférica (IPT, 1981, p. 63), “aflorando no Estado de São Paulo numa faixa de até 50 Km, que vai da divisa do Estado do Paraná até o Estado de Minas Gerais, estreitando para 5 km na área do Morro do Bofete-Torre de Pedra” (SSRH/CSAN, 2011).

De acordo com Petri; Fúlfaro(1988, p. 209):

A Formação Pirambóia é constituída de arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados, siltico-argilosos, com granulação de média a muito fina, com grãos polidos, subangulares e subarredondados, mal selecionados. Ocorrem finas intercalações de argilitos e siltitos. Localmente comparecem arenitos conglomeráticos com seixos de argila e, na porção basal, uma camada areno-argilosa, de 1 a 2 metros de espessura, com seixos angulares de sílex. Aflora, em São Paulo, ao longo da encosta da Serra Geral.

Desta maneira, a Formação Pirambóia pode ser dividida em dois membros de acordo com suas características texturais e estruturais. O membro inferior possui “ fácies mais argilosas com predominância de estratificação planoparalela e cruzada acanalada de pequeno porte”. Já o membro superior possui “disposição dos bancos de arenitos, pouco a muito argilosos, com estratificação plano paralela, lamitos, argilitos arenosos, numa clara repetição cíclica” (SSRH/CSAN, 2011).

A espessura máxima da Formação Pirambóia, medida em superfície, é de 270 metros na região de Anhembi e São Pedro. Em subsuperfície, a maior espessura verificada chega a ter aproximadamente 350 metros, no poço “TQ-1-MT”, Taquari-Mato Grosso, segundo Schneideret al. (1974 apud PETRI, S. FÚLFARO, V. J. 1988, p. 209). Na região de Anhembi, a formação Pirambóia fica exposta em consequência de um Horst “evidenciado pelas inúmeras falhas adjacentes” (SSRH/CSAN, 2011, p. 6).

No início do Mesozóico, a Plataforma Brasileira estava em fase de estabilização, porém, com a passagem do Paleozóico para o Mesozóico ocorreram transformações de caráter tectônico. Após uma fase de domínio sedimentar no fim do Paleozóico, ocorreu uma fase de emersão generalizada, com predominância de erosão no Triássico (PETRI, FÚLFARO, 1988, p. 219). A estabilidade tectônica no Triássico se refletiu na litologia da Formação Pirambóia, permitindo que os depósitos na Bacia do Paraná possuíssem tendência ao desenvolvimento de depósitos arenosos (PETRI, S. FÚLFARO, V. J, 1988, p. 221).

A Formação Pirambóia possui sedimentos do tipo de “canais de depósitos de transbordamento, formando ciclos recorrentes”(PETRI, S. FÚLFARO, V. J, 1988, p.

209).Devido à homogeneidade textural e mineralógica dos seus arenitos e a escassez de minerais pesados, acredita-se que “o material da fonte sofreu um ou mais ciclos de retalhamento”(PETRI, S. FÚLFARO, V. J, 1988, p. 209),em consequência da “lenta subsidência associada a lento suprimento de material”(PETRI, S. FÚLFARO, V. J, 1988, p. 209).Ainda, a bimodalidade dos sentidos de mergulho das estratificações cruzadas resulta de canais meandrantess. Os escassos leitos siltico-argilosos, contendo conchostráceos e ostracodes, devem-se aos efêmeros corpos de água estagnada (PETRI, S. FÚLFARO, V. J, 1988, p. 209).

Os depósitos aluviais (Qa) pertencentes ao Cenozóico estão presentes em toda a Depressão Periférica, nas áreas de várzeas e terraços. Estes são formados por areias inconsolidadasde granulação variável, argilas e cascalheiras fluviais. Ao norte do rio Tietê tem sua maior expressão, ao contrário do que ocorre ao sul do mesmo. Isto ocorre devido a maior abundância de *sills*básicos a norte do rio Tietê, situação que favorece a criação de soleiras litológicas a montante das quais se acumularam aluviões. (IPT, 1981, p.92).

Ainda, os aspectos geológicos se refletem diretamente nas características pedológicas da área de estudo. De acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRAet al., 1999), na escala de 1:500.000, os solos que abrangem os setores estudados do rio Tietê no trecho de Anhembi até Laras (Distrito de Laranjal Paulista), são dos tipos: Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA), CambissolosHáplicos(CX) e NeossolosLitólicos (RL), conforme a Figura 4.

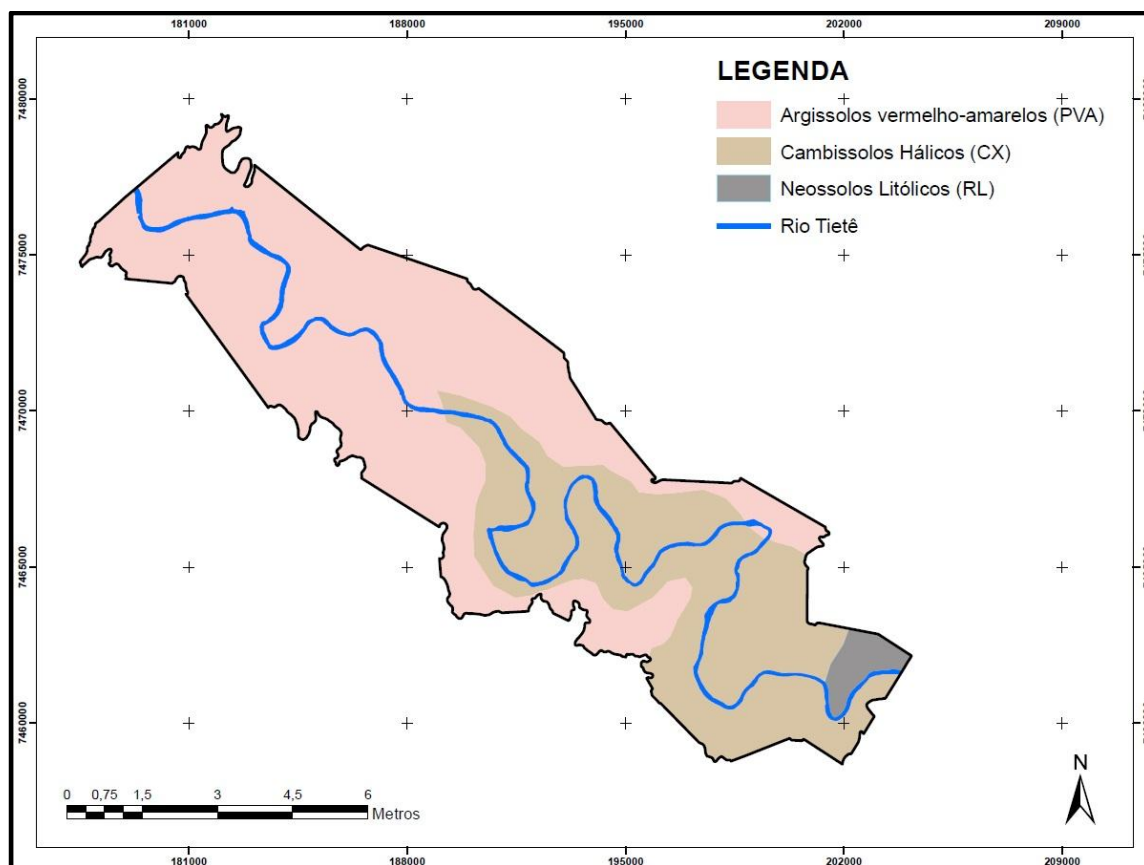


Figura 4: Esboço Pedológico da área de estudo. Fonte: OLIVEIRA et. al. (1999)

A partir do Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável (PMDRS), elaborado pelo CATI (2013) junto as Prefeituras Municipais de Anhembi e Laranjal Paulista, foi possível obter as informações sobre os principais solos presentes nesta área de estudo. Assim, as principais características destes solos serão descritas a seguir.

Segundo o CATI (2013), os solos do tipo Argissolos apresentam-se como profundos e desenvolvidos e com uma nítida divisão em seus horizontes na parte superficial. Assim, a principal característica destes solos é a diferença de características entre o horizonte superficial e o subjacente. O horizonte B apresenta maior teor de argila do que no horizonte A, o que leva a uma cor e um comportamento diferente entre os horizontes. Esta transição entre os horizontes A e B, ocorre de forma gradual ou abrupta. De acordo com a ABGE/IPT (1995 apud CATI, 2003), o comportamento geotécnico dos Argissolos, antigamente chamados Podzólicos (abreviados por PV), se apresenta em áreas de colinas médias, morrotes e morros, geralmente em encostas, ou seja, são áreas de média e alta declividade (6 a 20%), onde os processos erosivos são mais intensos. Ainda, de acordo com o CATI (2003), a fertilidade deste solo é elevada e não há pedregosidade, sendo apto para a agricultura. Desta forma, apesar de sua fertilidade, as áreas são de média e alta declividade e sua alta

susceptibilidade a erosão não permitem investimentos de grandes aplicações de capital para melhoramento e a conservação do solo e das lavouras; sendo assim essas áreas são indicadas para agricultura familiar.

Outro tipo de solo presente na área de estudo são os cambissolos; estes são pouco evoluídos e possuem os horizontes superficiais A e B pouco espessos, apresentam em geral até 1 metro de profundidade. Abaixo desta cobertura superficial há o horizonte C, o qual apresenta um solo espesso de alteração ou saprolito. De acordo com Oliveira et. al. (1999, p. 107), saprolito refere-se ao “material resultante de intemperismo mais ou menos intenso da rocha e que ainda mantém sua estratificação original”. A coloração predominante nos cambissolos são tons arroxeado, avermelhado ou até cinzentado. Este solo apresenta minerais em fase de alteração e decomposição e uma fração siltosa importante. São solos que, quando expostos em cortes ou taludes, são extremamente suscetíveis a erosão e friáveis, desenvolvendo-se sulcos, ravinas e solapamentos. “Estes solos, ocorrem predominantemente em áreas de morros, montanhas e serras, em encostas com declividade acima de 20%” (ABGE/IPT, 1995, apud CATI, 2013). Os cambissolos são observados principalmente nas encostas em que há maior declive em Laranjal Paulista (CATI, 2013).

Os Neossolos são solos rasos, ou seja, pouco evoluídos. Recobrem diretamente a rocha de montanha, serras e escarpas, ou seja, áreas críticas, geotecnicamente suscetíveis a escorregamento e queda de blocos, sendo caracterizados por uma camada arenosa-orgânica. (ABGE/IPT, 1995, apud CATI, 2013).

A partir do mapeamento de Oliveira, et al. (1999), apresentam-se a seguir os tipos registrados na área de estudo, conforme o quadro 1.

Argissolos vermelho-amarelos	PVA 20: “Distróficos A moderado textura média/argilosa relevo ondulado e suave ondulado”. PVA 53: Distróficos textura arenosa/média +LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos textura média ambos A moderado relevo suave ondulado. PVA 100: “(Grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHOAMARELOS arênicos ou não, pouco profundos ou não) + ALISSOLOS CRÔMICOS Argilúvicos ambos abruptos textura arenosa/argilosa média/argilosa e arenosa/média todos A moderado relevo ondulado”.
---	---

	(OLIVEIRA, et. al. 1999, p. 31).
CambissoloHáplico	(CX 27) – “Grupamento indiscriminado de CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos bem a imperfeitamente drenados relevo plano e relevo de várzea + PLANOSSOLOS HÁPLICOS Distróficos Ta relevo de várzea ambos A moderado + GLEISSOLOS HÁPLICOS relevo de várzea + ARGISSOLOS VERMELHOS textura argilosa com ou sem cascalhos relevo suave ondulado e ondulado.” (OLIVEIRA, et. al. 1999, p. 36)
NeossolosLitólicos	(RL 23) “Eutróficos A moderado e chernozêmico e Distróficos A moderado todos textura média + grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHOAMARELOS arênicos A moderado textura arenosa/média pouco profundos todos relevo ondulado.” (OLIVEIRA, et. al. 1999, p. 58)

Quadro 1: Tipos pedológicos da área de estudo. Fonte: OLIVEIRA et. al. 1999

Esses tipos pedológicos encontrados na área de estudo relacionam-se também com as condições climáticas. Assim, o clima da área de estudo, segundo Setzer (1966, p. 37), a partir da classificação proposta por Köppen, é definido como Cwa, ou Clima temperado úmido, ou seja, clima com chuvas de verão e verão quente. Este tipo climático apresenta sua temperatura média, no mês mais quente, maior que 22°C e, no mês mais frio, a média está abaixo dos 18°C. No mês mais seco (julho), o total de chuvas deve atingir 30 mm em média, e no mês mais chuvoso (janeiro), uma precipitação média de até 225 mm, sendo que a média anual chega ao máximo de 1100 mm. Nesse domínio climático nota-se a presença da formação vegetal do cerrado, o qual a temperatura anual é elevada com altos índices pluviométricos.

Este clima úmido ocorre, de acordo com Monteiro (1973, p. 16), devido às principais correntes da circulação atmosférica da América do Sul, as massas tropicais (Atlântica e Continental) e Polar Atlântica, que são complementadas pela Equatorial Continental, oriundo da Amazônia Ocidental, as quais perpassam pelo Estado de São Paulo. Desta forma, o território paulista está sob as correntes de perturbações frontais. Pois, está em “plena encruzilhada das correntes tropicais marítimas do E-NE, das correntes polares do sul e das correntes do W-NW do interior do continente”. Ainda, de acordo com esse mesmo autor, o território paulista está no limite entre duas grandes regiões climáticas da vertente atlântica da América do Sul, pois, está na “transição entre o Brasil Meridional, permanentemente úmido, e o Brasil Central com alternância de períodos secos e úmidos bem definidos”. Contudo,

Monteiro (1973, p. 123), aponta que a região da Pércée do rio Tietê junto ao rio Piracicaba possui índices inferiores de precipitação anual se comparado as áreas vizinhas.

O Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável (PMDRS), do município de Laranjal Paulista, apresentou gráficos de Temperatura e Pluviosidade e de Balanço Hídrico, a partir dos estudos realizados por Rolim & Sentelhas (1999), no período de 1941 a 1970 (Gráfico 1 e 2), com dados coletados na estação meteorológica do DAEE localizada no Município de Laranjal Paulista.

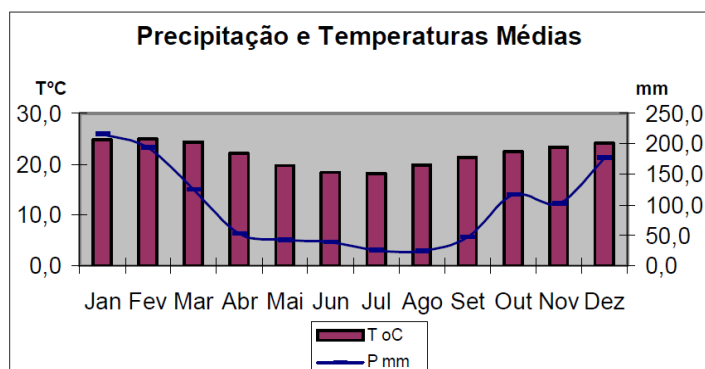


Gráfico 01: Precipitação e Temperaturas Médias no município de Laranjal Paulista, no período de 1941 a 1970.

Fonte: Rolim & Sentelhas (1999), apud, CATI (2011).

A partir do gráfico 1 é possível confirmar o que foi dito anteriormente, que a temperatura do mês mais quente (janeiro) está acima de 22°C, sendo também o mês mais chuvoso. Ao contrário do que ocorre no mês mais seco (julho), no qual a temperatura está abaixo dos 18° e os índices pluviométricos são os menores ao ano.

A tabela 1 confirma o mesmo comportamento climático no município de Anhembi no ano de 2010:

MÊS	TEMPERATURA DO AR (C)			CHUVA (mm)
	mínima	média	máxima	
JAN	19.3	25.0	30.8	229.8
FEV	19.5	25.2	30.9	196.2
MAR	18.7	24.6	30.5	141.7
ABR	16.0	22.4	28.7	65.6
MAI	13.3	20.0	26.7	60.5
JUN	11.9	18.7	25.5	46.5
JUL	11.3	18.5	25.7	32.5
AGO	12.7	20.3	27.9	30.9
SET	14.7	21.7	28.7	64.6
OUT	16.3	22.8	29.4	116.0
NOV	17.3	23.6	30.0	127.6
DEZ	18.6	24.3	30.0	195.3
Ano	15.8	22.3	28.7	1307.2
Min	11.3	18.5	25.5	30.9
Max	19.5	25.2	30.9	229.8

Tabela 1: Índices de temperatura e chuva no município de Anhembi, no ano de 2010. Fonte: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPETEC) apud CATI (2001).

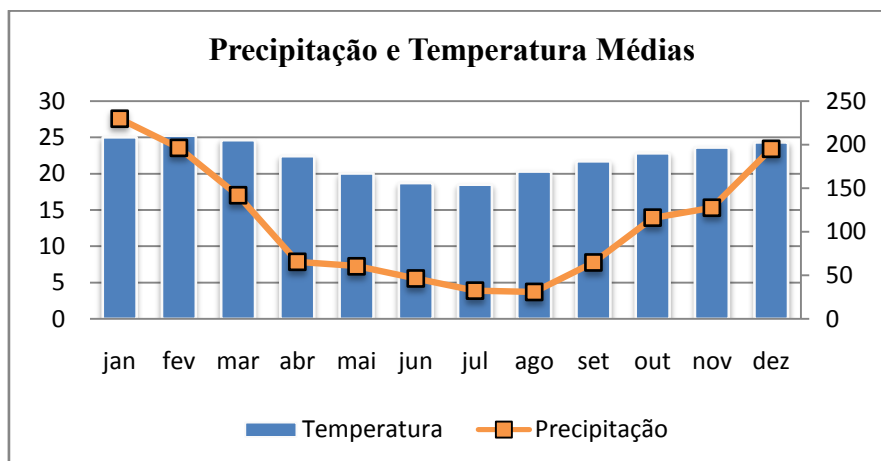


Gráfico 02: Precipitação e Temperaturas Médias no município de Anhembi, no ano de 2010. Fonte: elaborado pelo autor, baseado nos dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPETEC) apud CATI (2001).

O gráfico de balanço hídrico representa as quantidades de água que entram e saem do sistema, considerando as variações de reservas hídricas superficiais e subterrâneas, durante determinado tempo. Lembrando que, a água entra no sistema pela precipitação, e sai do sistema por escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração. O gráfico 2, de balanço hídrico realizado pelo PMDRS no município de Laranjal Paulista, calculado a partir dos trabalhos de Thornthwaite e Mather (1957) citado por Rolim & Sentelhas (1999), demonstra o resultados dos valores de déficits (DEF.) e excesso (EXC.) de água na região. Para a quantificação do balanço hídrico considerou-se uma capacidade de armazenamento de água no solo de 100 mm, e para a evapotranspiração de referência considerou-se a superfície do terreno coberta por grama do tipo batatais (CATI, 2011).

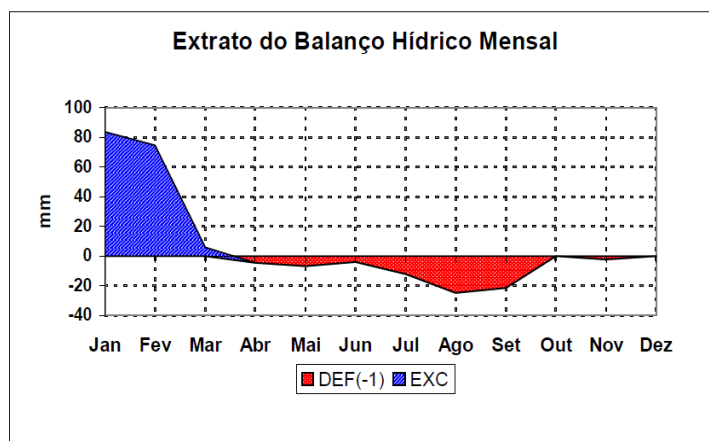


Gráfico 03: Extrato do balanço hídrico mensal do Município de Laranjal Paulista no período de 1941 – 1970. Fonte: Rolim & Sentelhas (1999), apud CATI (2011).

A partir do gráfico² nota-se que os déficits ocorrem entre abril a dezembro, e são expressivos entre os meses de agosto a setembro. Porém, os excessos estão entre janeiro a março, sendo mais acentuados em janeiro.

Assim, após o estudo das características da área, comprova-se que esta se encontra na Depressão Periférica Paulista, a qual possui rochas sedimentares menos resistentes, possibilitando a esculturação do relevo em formas suaves, com topografia pouco acidentada, como as colinas.

A seguir serão discutidas quais foram as técnicas de pesquisa utilizadas para o mapeamento da carta geomorfológica e da carta de sensibilidade das feições geomorfológicas ao óleo.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A fim de atingir os objetivos delineados foram elaborados dois documentos cartográficos: a carta geomorfológica e a carta de sensibilidade das feições geomorfológicas ao óleo. Nos itens subseqüentes descrevem-se os procedimentos que deram origem a essas cartas e os documentos bibliográficos que embasaram tais procedimentos. As cartas na íntegra estão apresentadas no CD em anexo.

4.1. Carta Geomorfológica

Os mapas geomorfológicos devem fornecer informações sobre os tipos de formas de relevo, gênese e idade. Entretanto, reunir todas essas informações em um único documento é uma tarefa difícil. Conforme Ross (1991, p. 55, apud, CUNHA, 2001, p. 6):

O que parece mais problemático é a questão relativa à padronização ou uniformização da representação cartográfica, pois, ao contrário de outros tipos de mapas temáticos, não se conseguiu chegar a um modelo de representação que satisfaça os diferentes interesses dos estudos geomorfológicos.

Desta forma, “é comum se representar cada categoria de fenômeno geomorfológico em um mapa separado” (CUNHA, 2001, p.5).

Assim, a carta geomorfológica foi elaborada com base nas técnicas propostas por Tricart (1965), e Verstappen&Zuidam (1975), previamente estudados por Cunha (2001), os quais apresentam concepções diferenciadas que devem orientar e enriquecer o mapeamento geomorfológico. Com base em Cunha et. al. (2003, p. 2):

Tricart (1965) enfatiza a importância de se mapear as formações superficiais, interpretando tanto o grau de resistência destas, como da litologia que as sustentam. Já na proposta de Verstappen&Zuidam (1975) verifica-se maior ênfase a simbologia linear que visa identificar as formas, sendo que, as características litológicas são identificadas somente pelo tipo de rocha predominante.

Deste modo, a partir da interpretação de imagens orbitais do Sensor HRG (“High Resolution Geometric”) a bordo do satélite SPOT-5 (“Satellite pour l’Observation de la Terre”), e também através das cartas topográficas fornecidas pelo IBGE, foram identificadas as principais feições fluviais da área de estudo.

O SPOT-5 foi lançado em 2002 e ainda está ativo. Possui três tipos de sensores a bordo:

HRG (evolução do sensor HRVIR com aumento na resolução espacial das imagens e retorno do canal pancromático), o sensor VEGETATION-2 (idêntico ao seu antecessor) e o novo sensor HRS especializado em adquirir imagens stereo (EMBRAPA, 2013).

Neste sistema é possível trabalhar com quatro bandas dentro de uma única imagem, possuindo a faixa espectral do verde, vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio. Ainda, as duas câmeras que operam no modo pancromático, no Sistema SPOT-5, permitem, por meio de interpolação, a disponibilização de imagens com 2,5 metros de resolução espacial (EMBRAPA, 2013). Nesta pesquisa, utilizou-se a Banda1 (verde), pois a mesma possui melhor visualização do relevo na escala utilizada, possibilitando uma melhor interpretação dos dados (Quadro 2).

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução o Espectral	Resolução o Espacial	Resolução o Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
HRG	PAN E SUPERMODE	0,48 – 0,71 μm	5m ou 2,5 m	26 dias	60 x 60 km	8 bits
	B1	0,50 – 0,59 μm	10 m			
	B2	0,61 – 0,68 μm				
	B3	0,78 – 0,89 μm				
	SWR	1,58 – 1,75 μm	20 m			
HRS	PAN	0,48 – 0,70 μm	10 m ou 5 m	26 dias	120 x 600 km	8 bits
VEGETATION e VEGETATION-2	B0	0,43 - 0,47μm	1 km	24 horas	2.250 km	8 bits
	B2	0,61 - 0,68μm				
	B3	0,78 - 0,89μm				
	MIR	1,58 - 1,75μm				

Quadro 2: Características do SPOT-5. Fonte: EMBRAPA, 2013.

Para a análise das imagens orbitais e edição da carta foi utilizado o software *ArcGis10.0* disponível nos equipamentos do Laboratório de Geomorfologia – LAGEO –

localizado no Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro.

A escala adotada neste mapeamento foi de 1:30.000, considerada por Tricart (1965, apud CUNHA, 2001) como sendo uma carta geomorfológica de grande escala, pois, para este autor, o nível de detalhe superior a 1:50.000 é considerado como de grande escala.

De acordo com Tricart (1965, apud, CUNHA, 2001):

As cartas geomorfológicas de detalhe devem representar as relações espaciais e temporais que as formas de relevo mantêm com os processos de esculturação e/ou de elaboração do modelado.

Assim, Cunha (2001), apresenta as categorias de fenômenos, propostas por Tricart (1965), a saber: 1. A morfometria, através das curvas de nível ou dos valores de declive, de hierarquia dos cursos fluviais, etc.; 2. A morfografia, através de símbolos; 3. A morfogênese, quando associada aos símbolos utilizados na morfografia, indica, portanto, a forma e o agente responsável por sua elaboração; 4. A cronologia, representada pela granulometria sobreposta às formas.

Desta forma, pode-se organizar o mapa geomorfológico a partir destas categorias de fenômenos. Partindo-se da *morfometria*, a qual considera os atributos geométricos da forma de relevo, na carta em questão aparecem às curvas de nível e os pontos cotados, representados pela cor laranja (Fig. 5).

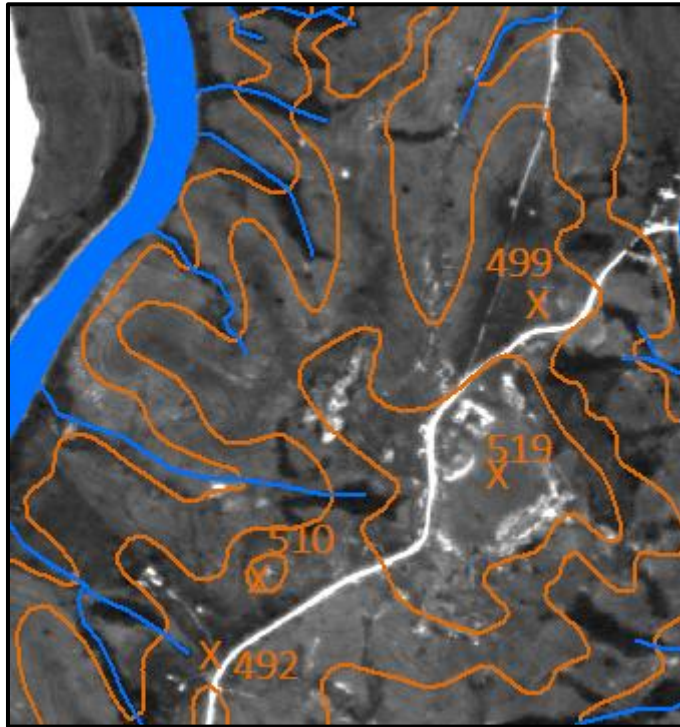


Figura 5: Representação das curvas de nível e pontos cotados. Fonte: elaborado pelo autor

Esses elementos, passíveis de mensuração, foram extraídos a partir da base cartográfica digital, obtida das cartas topográficas do IBGE. Contudo, para a delimitação da região de estudo, foi considerado um limite de 60 metros acima do Tietê, ou seja, a partir do nível d'água do rio Tietê até a primeira curva de nível.

A *morfografia* pode ser identificada através de símbolos que localizam e espacializam as formas de relevo, permitindo ainda identificar sua extensão e transmitir ao leitor a noção de quais processos originaram suas respectivas formas, ou seja, sua *morfogênese*.

A seguir, apresenta-se a legenda da carta geomorfológica (Fig. 6).

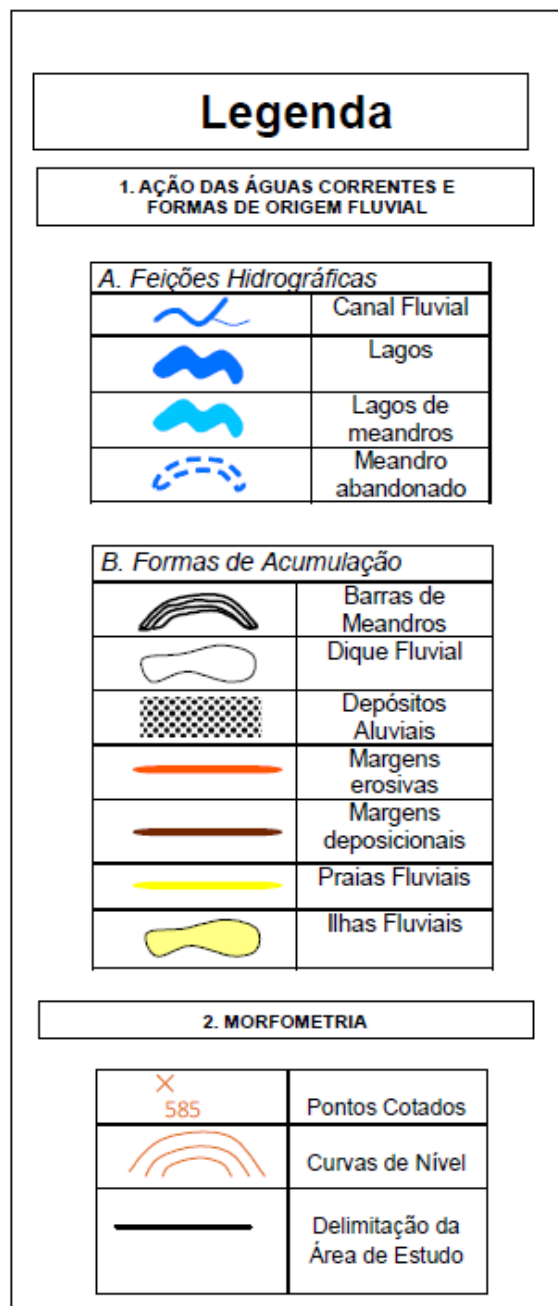


Figura 6: Legenda da Carta Geomorfológica. Fonte: elaborado pelo autor.

Desta forma, as feições foram agrupadas em dois grupos de acordo com suas origens: Feições Hidrográficas e Formas de Acumulação. As feições hidrográficas estão representadas nas cores azuis, sendo os canais fluviais indicados por linhas, os lagos e lagos de meandro estão em forma de polígonos e os meandros abandonados aparecem como um polígono tracejado (Fig.7). No segundo grupo estão presentes as margens erosivas e margens deposicionais representadas no mapa por linhas, na cor alaranjada e marrom, respectivamente. Ainda, estão presentes neste grupo as seguintes feições: praias fluviais, ilhas, barras de

meandros, diques fluviais e os depósitos aluviais. As praias estão representadas por linhas amarelas, as ilhas estão como polígonos amarelos, as barras de meandros por linhas na cor roxa, os diques fluviais como polígonos com pequenos pontilhados na cor preta e os depósitos aluviais como polígonos com pontos maiores e pretos (Fig. 8).

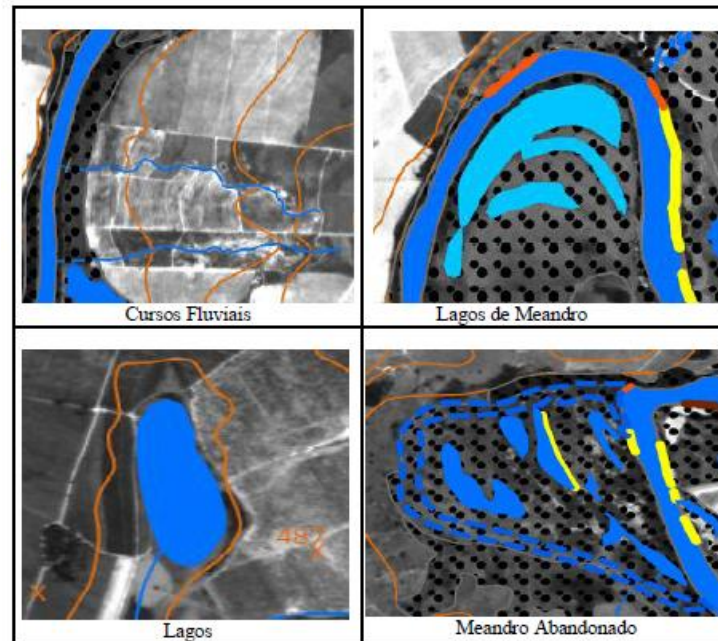


Figura 7: Representação das Feições Hidrográficas. Fonte: elaborado pelo autor.

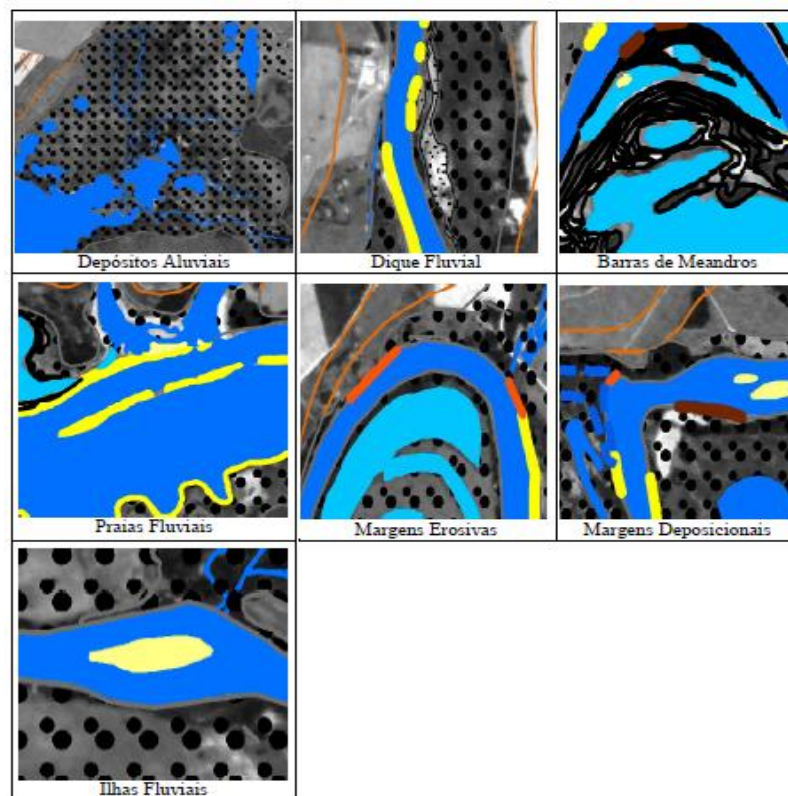


Figura 8: Representação das Formas de Acumulação. Fonte: elaborado pelo autor

Na *cronologia*, deve-se representar qual o momento que as formas, ou o conjunto destas se desenvolveram, geralmente representada por cores. De acordo com Tricart (1965), esta informação é de difícil obtenção, como também complexa e de difícil precisão na cartografia geomorfológica, despendendo tempo, trabalho e custo nesta tarefa. Com isso, optou-se por não datar os fenômenos mapeados.

Ainda, Vertappen&Zuidam (1975, apud, CUNHA, 2001), classificam os mapas geomorfológicos em três tipos: preliminares, são aqueles realizados antes do trabalho de campo, baseados em fotointerpretação; com fins gerais, que resultam de pesquisas geomorfológicas puras; e, os mapas com fins especiais, que são desenvolvidos para fins específicos. Nessa pesquisa elaborou-se, portanto, um mapeamento com fins específicos, visando à avaliação da sensibilidade das feições fluviais ao óleo.

Desta forma, para chegar ao objetivo proposto, após o mapeamento geomorfológico foi possível dar continuidade a pesquisa iniciando o mapeamento de sensibilidade das feições fluviais ao óleo.

4.2. Carta de Sensibilidade ao Derramamento de Óleo

O mapeamento das feições geomorfológicas permitiu que fossem ressaltadas as feições com suas características genéticas e morfológicas mais relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa.

Como dito anteriormente, a metodologia para avaliar a sensibilidade ambiental para derrames de óleo, em ambientes costeiros, foi elaborada pelo MMA (Ministério do Meio Ambiente), baseada na proposta desenvolvida pelo NOAA.

Assim, seguindo a tabela proposta por Riedel;Cunha,a qual foi baseada nos estudos de Michel et. al. (1994), Araujo (2006), Hayes, Michel e Dahlin (1995) e Hayes, Michel e Montello (1997), foram classificadas as feições geomorfológicas, considerando suas características e seus aspectos relativos ao hidrodinamismo fluvial.

Desta forma, a elaboração da Carta de Sensibilidade ao Óleo será descrita a seguir.

As feições com os maiores índices de sensibilidade ao óleo receberam o valor 10, e foram representados por polígonos de cor vermelha, sendo que foram utilizadas diferentes tonalidades de vermelho para diferenciar as áreas com mata e com vegetação herbácea ou ausente. Estas feições foram: depósitos (planícies) aluviais com lagos (várzea e/ou lagos de meandros); depósitos (planícies) aluviais (incluindo áreas de leque aluvial, além das planícies), e depósitos (planícies) aluviais com meandro abandonado.

Em seguida foram mapeadas as feições com índices de valor 9, representadas por pontos e polígonos de cor laranja. Esses identificaram as confluências com coalescência de planícies fluviais, as barras de meandro alagadas, as barras de meandro, os diques fluviais seguidos por planícies aluviais e por terraços fluviais ou vertentes.

As ilhas fluviais foram classificadas com índice 7, mapeadas como polígonos na cor ocre. Posteriormente, as feições marcadas com índices 5 foram as margens deposicionais (praias fluviais), na forma de linhas de cor verde piscina.

As margens erosivas seguidas por vertentes foram classificadas com o índice 4, representadas por linhas de cor azul claro. As margens erosivas seguidas por terraços (com meandros ou lagos sobre o terraço), foram classificadas com o índice 3, nas linhas de cor azul escuro. Para finalizar, foram mapeadas margens construídas com paredões de concreto e pontes, representados por linha de cor roxa, com o menor índice, ou seja, 1.

Desta forma, foi elaborada a legenda para a carta de sensibilidade ao óleo (Fig. 9).

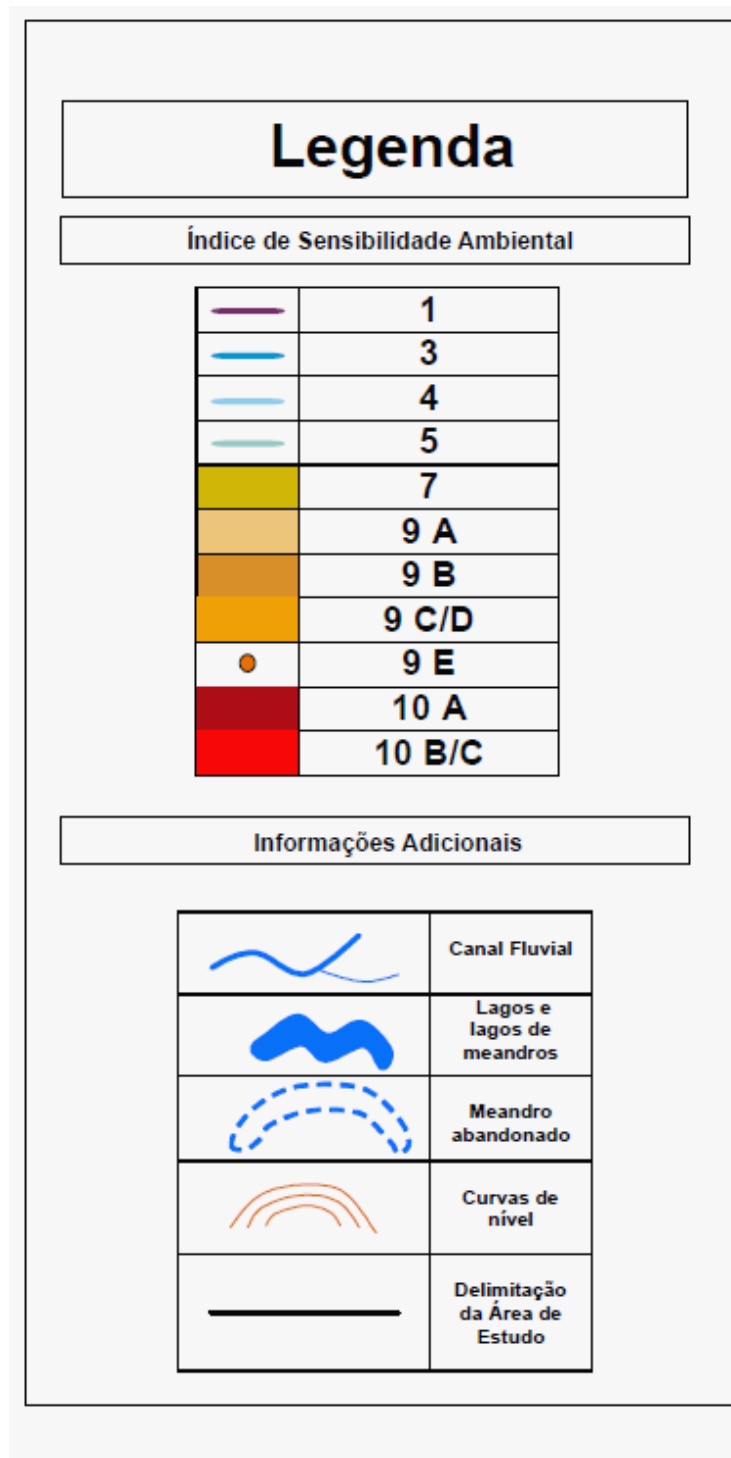


Figura 9: Legenda da Carta de Sensibilidade ao Óleo. Fonte: elaborado pelo autor.

5. RESULTADOS

Para uma melhor análise e compreensão dos resultados desta pesquisa, foram selecionados trechos significativos da carta geomorfológica e da carta de sensibilidade as feições fluviais, os quais irão auxiliar na explicação de como as feições geomorfológicas poderão afetar o comportamento do óleo quando ocorrer um derrame em cursos fluviais, e como foram classificadas as feições a partir do índice de sensibilidade ao óleo.

Deve-se ressaltar, que a carta geomorfológica e a carta de sensibilidade as feições geomorfológicas fluviais completas, são materiais com grande dimensão digital, ficando impossibilitado o envio destes documentos anexados a este trabalho. Estes arquivos estão à disposição no CD.

Desta forma, para a classificação do ambiente fluvial em estudo, considerando as características das feições geomorfológicas, e seus aspectos relativos ao hidrodinamismo fluvial, foi utilizada a proposta de Riedel;Cunha (2013), a qual partiu dos estudos de Michel et. al. (1994), Araujo (2006), Hayes, Michel e Dahlin (1995) e Hayes, Michel e Montello (1997).

Assim, serão explicadas, inicialmente, as feições geomorfológicas a partir dos estudos de autores comoChristofolletti (1981) e Penteado (1978), junto aos autores citados anteriormente a fim de justificar esta classificação da sensibilidade ao óleo já proposta. A seguir, apresentam-se os recortes da área de estudo e a classificação da sensibilidade.

5.1. Depósitos (planícies) aluviais com lagos (várzea e/ou lagos de meandros)

A planície de inundação (no Brasil popularmente conhecido como várzea) é definida, de acordo com Christofolletti (1981, p. 243) como: "... faixa do vale fluvial composta por sedimentos aluviais, bordejando o curso de água, e periodicamente inundadas pelas águas de transbordamento proveniente do rio".

Ainda, de acordo com Penteado (1978, p. 86), a planície de inundação, também pode ser denominada como *leito maior* ou *leito de inundação*, e está localizada na área em que o rio inunda, podendo receber aluviões e ser coberta por vegetação.

Desta forma, constata-se que a planície de inundação é uma área que anualmente é inundada, caracterizando-se por ser um ambiente úmido com baixíssimo hidrodinamismo. A remoção de óleo neste ambiente será complicada. Além da dinâmica das águas ser limitada, a remoção com aparelhos específicos é quase impossível em substratos pantanosos, dificultando

a mobilidade de equipamentos para remoção. Conforme Araújo et. al. (2002, p. 75): “O substrato mole e a dificuldade de acesso tornam a limpeza quase impossível. Qualquer esforço nesse sentido tende a introduzir o óleo para camadas mais profundas”.

Na área de estudo, no interior da planície de inundação, existem lagos e lagos de meandros e meandros abandonados. A permanência do óleo nestes ambientes é maior, pois em ambientes abrigados, não existe grande energia cinética da água, não possibilitando uma maior dinâmica hídrica, condições estas que são essenciais para a remoção de forma natural do óleo.

Na área analisada há presença de meandros; estes “são curvas do traçado dos rios, largas, semelhantes entre si, resultantes do trabalho da corrente, de escavação na margem côncava (zona de maior velocidade da água) e deposição na margem convexa” (PENTEADO, 1978, p. 91). Quando as águas do leito principal tocam a margem côncava ocorre erosão máxima (formando bancos de solapamento), enquanto na margem convexa a corrente é mais lenta o que dificulta o transporte de sua carga, depositando os sedimentos e formando os bancos arenosos (point-bars). Assim, a margem côncava será abrupta, ao contrário da margem convexa que será baixa (PENTEADO, 1978, p. 92). Quando a curvatura, de dois meandros vizinhos, são acentuadas, pode ocorrer a junção destes meandros, restando o meandro antigo denominado como chifre de boi ou meia lua (PENTEADO, 1978, p. 91).

Mas, “nem sempre os meandros estão em relação direta com as características hidrodinâmicas atuais”. Na planície aluvial podem estar presentes meandros abandonados com curvaturas maiores do que os meandros atuais; este fato ocorre porque os rios, no passado, tinham maior volume e potência e sofreram redução de sua carga (PENTEADO, 1978, p. 92). A causa que levou a esta redução está relacionada às oscilações climáticas (PENTEADO, 1978, p. 93).

De acordo com Penteado (1978):

Os rios meandantes do Brasil de Sudeste como o Tietê a montante de Barra Bonita, o Atibaia, o Aguapeí, todos do Estado de São Paulo, pelo maior raio de curvatura dos meandros abandonados, indicam também maior atividade meandrante no passado, não significando o fato de clima úmido, mas provavelmente com características de tropicalidade mais acentuada e mais torrencialidade no escoamento. (PENTEADO, 1978, p. 93).

Além destes ambientes com substratos lamosos não apresentar um hidrodinamismo que favoreça a remoção natural do óleo, a limpeza de forma manual também é dificultada, pois, o transporte de equipamentos para coleta do óleo se torna inviável nestas condições.

A vegetação pode ser outro fator agravante para a remoção do óleo. De acordo com, Araújo et. al. (2006):

Por outro lado, ambientes classificados com o índice de sensibilidade 10 incluem áreas vegetadas protegidas das ações das ondas e marés, tais como manguezais, marismas ou margens de rios vegetadas. Nestas áreas o óleo poderá permanecer por um longo período de tempo, penetrar no substrato e impactar de forma severa muitas espécies de animais ou plantas. (ARAÚJO et al, 2006, p. 12).

Nestes ambientes, devido à grande dificuldade de remoção do óleo, foram classificados com o mais alto índice de sensibilidade ao óleo, número 10.

5.2. Confluências com coalescência de planícies fluviais

Quando há junção de dois rios e de suas planícies fluviais, denominamos confluência com coalescência de planícies fluviais. Neste caso, quando há derramamento de óleo nestes ambientes tem-se grande dificuldade de contenção do óleo e recuperação do meio, pois, não se sabe ao certo qual a direção nas quais o óleo pode fluir, e as águas dos rios não seguem margens bem definidas (HAYES et. al. 1995, p. 345). Assim, existe uma grande dificuldade para prever o comportamento do óleo, o que permite classificar este ambiente com o índice 9.

5.3. Barras de meandros secas e/ou alagadas

Os meandros que se formam em superfícies abertas e livres, vão se deslocando constantemente em sentido a jusante e pelas laterais, sendo denominados meandros divagantes (ou livres, ou aluviais, ou de planície aluvial) (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 180). Durante o deslocamento destes meandros ocorre o depósito de bancos marginais de sedimentos na parte convexa destes. Assim, vão se formando as barras de meandros:

Cada banco marginal é assinalado por uma crista e possui lineamento arqueado. Traçando linha ortogonal aos sucessivos bancos marginais arqueados, estabelece-se a trajetória seguida pelo deslocamento meândrico, que representa o eixo erosivo do movimento migratório. (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 183).

As barras de meandros são barreiras propícias para o óleo se acumular. As águas vão esculpindo os meandros e depositando os sedimentos nas margens, as quais vão contornando

as curvas traçadas pelo rio. Estas barras são formadas por bancos de sedimentos que se depositam e impedem o hidrodinamismo, facilitando a penetração do óleo. Quando as barras de meandros estão alagadas, poderá ocorrer maior concentração do óleo no local.

Além de a limpeza natural ser dificultada pelas barras, que impedem a dinâmica da água, a mobilidade nestes ambientes com equipamentos para a remoção do óleo é dificultada pelo substrato lamoso. Desta forma, esta área recebeu o índice 9.

5.4. Diques fluviais seguidos por planícies aluviais, terraços fluviais ou vertentes

Os diques marginais fluviais, de acordo com Christofolletti (1981, p. 244), são definidos como:

... saliências alongadas compostas por sedimentos, bordejando os canais fluviais. A elevação máxima do dique está nas proximidades do canal, em cuja direção forma margens altas e íngremes. Em direção externa, para as bacias de inundação, a declividade é suave.

Os diques são formados quando as águas transbordam as margens e a velocidade que era necessária para carregar areias em suspensão diminui bruscamente. Assim, nas bordas do canal estas areias são depositadas em forma de bancos. (PENTEADO, 1978, p. 85).

Desta forma, as águas ao atingirem os diques serão barradas e, sua velocidade diminuída evidenciando uma barreira a energia cinética da água. Nota-se que o óleo neste ambiente está propenso a se fixar mais facilmente, dificultando sua remoção; essa dificuldade aumenta, pois anualmente, no período de cheia, o dique é alimentado por sedimentos que se misturam e soterram o óleo depositado. Além do mais, a área encharcada, e na maioria das vezes com vegetação, complica o transporte e a mobilidade de pessoas com equipamentos necessários para a remoção do óleo. Esta feição geomorfológica foi classificada com o índice 9.

5.5. Margens deposicionais

Ao contrário das margens erosivas, as margens deposicionais (praias fluviais) estão em áreas de baixo hidrodinamismo e, portanto, com maior probabilidade de soterramento de óleo. (WIECZOREK, 2006, p.86).

As margens deposicionais foram mapeadas com o índice 5 visto que, apesar da possibilidade de soterramento, há uma dinâmica de lavagem dessas areias que pode auxiliar na remoção do óleo. Se comparado a outros ambientes, como os setores dominados pelos depósitos aluviais recobertos por vegetais, nos quais o hidrodinamismo é quase nulo, a sensibilidade pode ser considerada intermediária. Outro fato importante, é que em praias de areia, como na área estudada, os procedimentos de limpeza usualmente empregados podem ser realizados eficientemente, o que faz diminuir o tempo de residência do óleo (WIECZOREK, 2005).

5.6. Ilhas fluviais

As ilhas fluviais, de acordo com Wieczorek (2006, p. 63), são:

...barreiras que interrompem a ação direta das ondas ou diminuem a energia das mesmas. Por exemplo, a presença de ilhas, estruturas artificiais, banco de rochas ou banco de areia, podem formar barreiras naturais à ação hidrodinâmica.

Além da interferência no hidrodinamismo, as operações para remover e conter o óleo nestas áreas são dificultadas devido ao restrito acesso e a presença de vegetação, aumentando a probabilidade do óleo se fixar no substrato.

Desta forma, as ilhas são empecilhos a dinâmica da água e a remoção natural do óleo, por esta razão foram classificadas com o índice 7.

5.7. Margens erosivas seguidas por vertentes

As margens erosivas são menos sensíveis do que áreas que estão em processo de transporte e deposição de sedimentos. Este fato ocorre porque as margens erosivas estão em locais de alto hidrodinamismo, e desta forma, “há a retirada de sedimentos, portanto, não há acumulação e/ou soterramento de óleo” (WIECZOREK, 2006, p.86). Assim, as margens erosivas seguidas por vertentes foram classificadas com o índice 4.

5.8. Margens erosivas seguidas por terraços

As margens erosivas seguidas por terraços receberam o índice 3. Os terraços, de acordo com Christofolletti (1981, p. 253), são:

... compostos por material detrítico aluvial, cujas estruturas sedimentares refletem os mecanismos e os processos deposicionais do leito fluvial, dos cordões marginais convexos, dos diques marginais, das bacias de inundação e de outros elementos das planícies de inundação. Por esse motivo, também são designados como *terraços aluviais*.

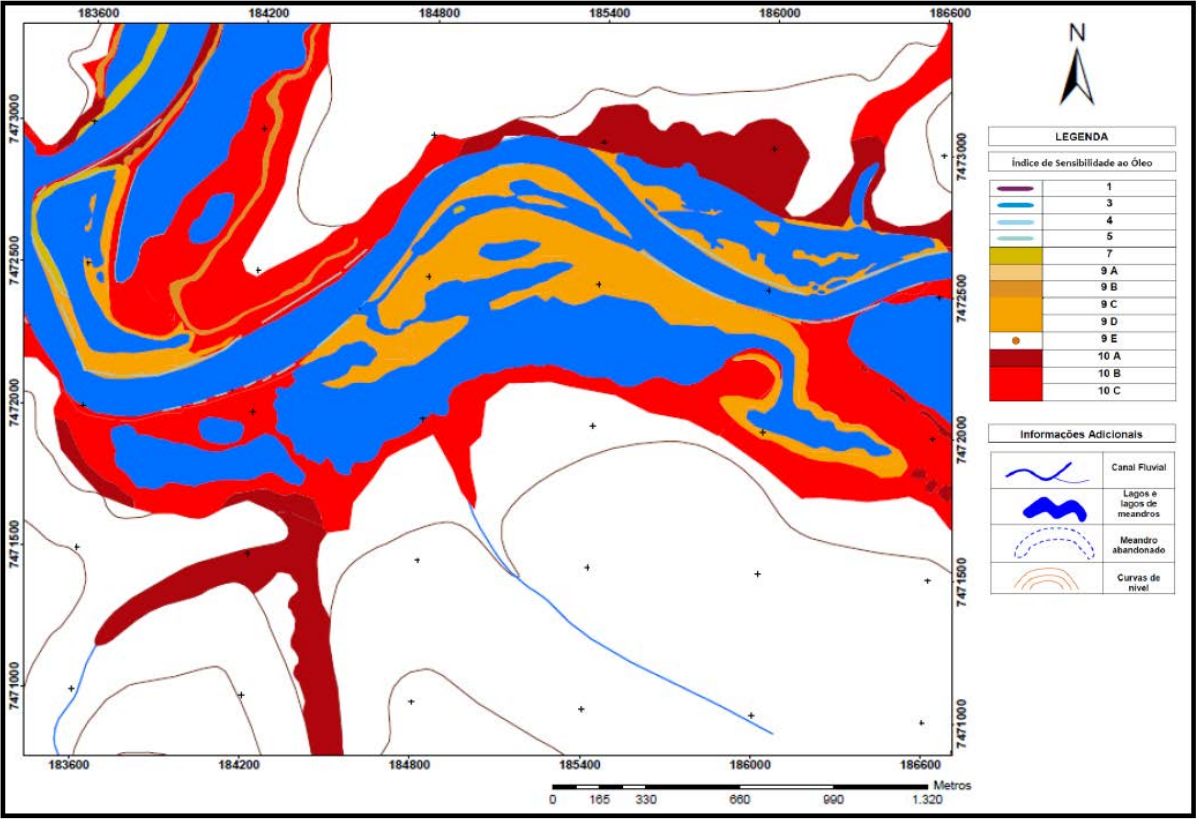
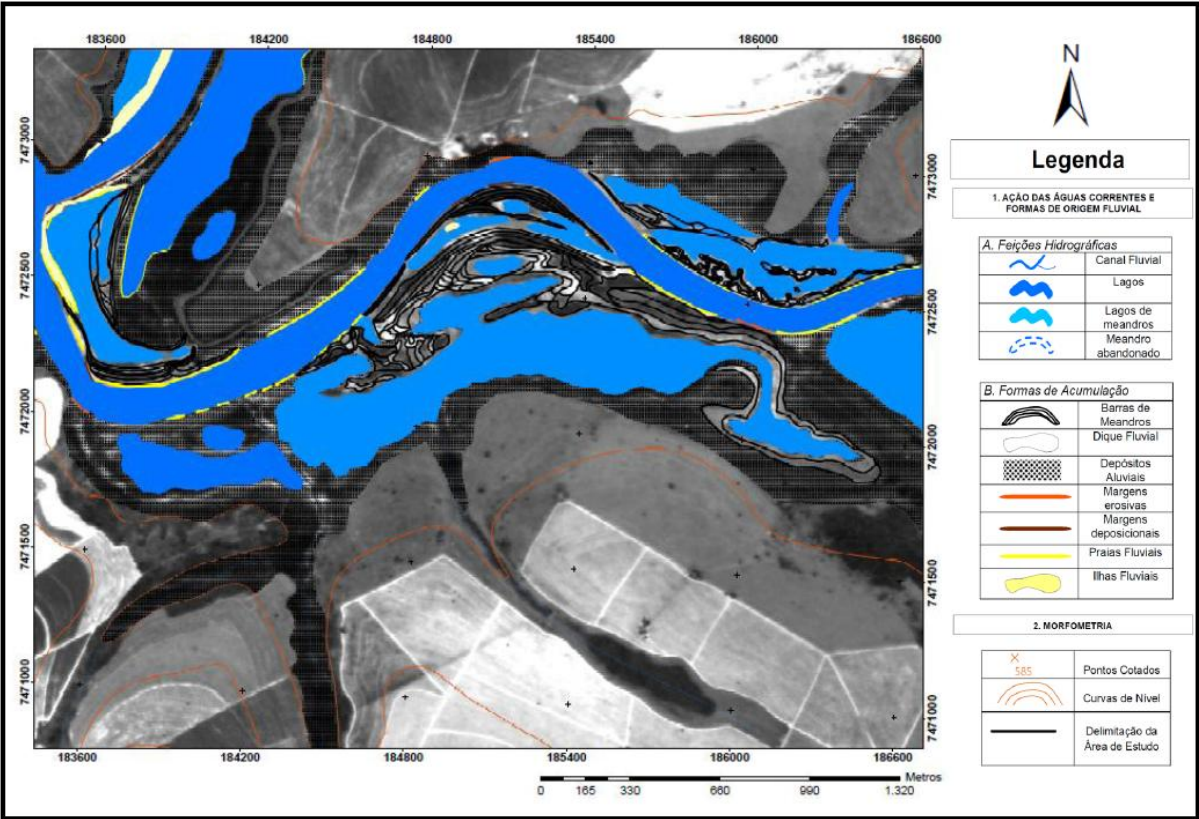
Desta forma, os terraços estão situados acima do nível do curso de água atual, livres de inundações (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 253). Assim, fora da área de inundação, o óleo não chegará facilmente nos terraços, o que permite classificar as margens erosivas seguidas por terraços com índice de sensibilidade menor do que as margens erosivas seguidas por vertentes.

5.9. Margens construídas com paredões concretados e pontes

Neste trecho de estudo do Rio Tietê, existem margens construídas próximas a Anhembi, e uma ponte próxima a Laras. Estas construções estão às margens do rio e desta forma, frequentemente expostas às ações de lavagem pela água. Ainda, estas estruturas artificiais possuem revestimento sólido, possuindo como principal material de suas construções o concreto, portanto, são impermeáveis e com poucas condições de acumular os hidrocarbonetos de forma considerável. As pontes, e as margens construídas com paredões concretados foram classificadas com o índice 1, pois é mais provável que a remoção do óleo ocorra rapidamente, não necessitando, em geral, operações mais sofisticadas de limpeza. (ARAÚJO et. al., 2002, p. 60).

Ainda, para uma análise minuciosa, foram selecionadas três áreas representativas demonstrando as feições geomorfológicas mapeadas e o comportamento do óleo a partir destas feições. A seguir serão discutidos estes recortes do terreno em questão.

5.9.1. Primeiro recorte



Neste primeiro recorte nota-se a presença de um meandro cercado por uma planície de inundação extensa, ou seja, trata-se de um meandro divagante. No mapeamento geomorfológico é possível ver claramente onde a margem côncava do meandro está localizada e, por ser a zona de maior velocidade da água, não ocorrerá deposição de sedimentos e o óleo não se fixará facilmente deste lado da margem.

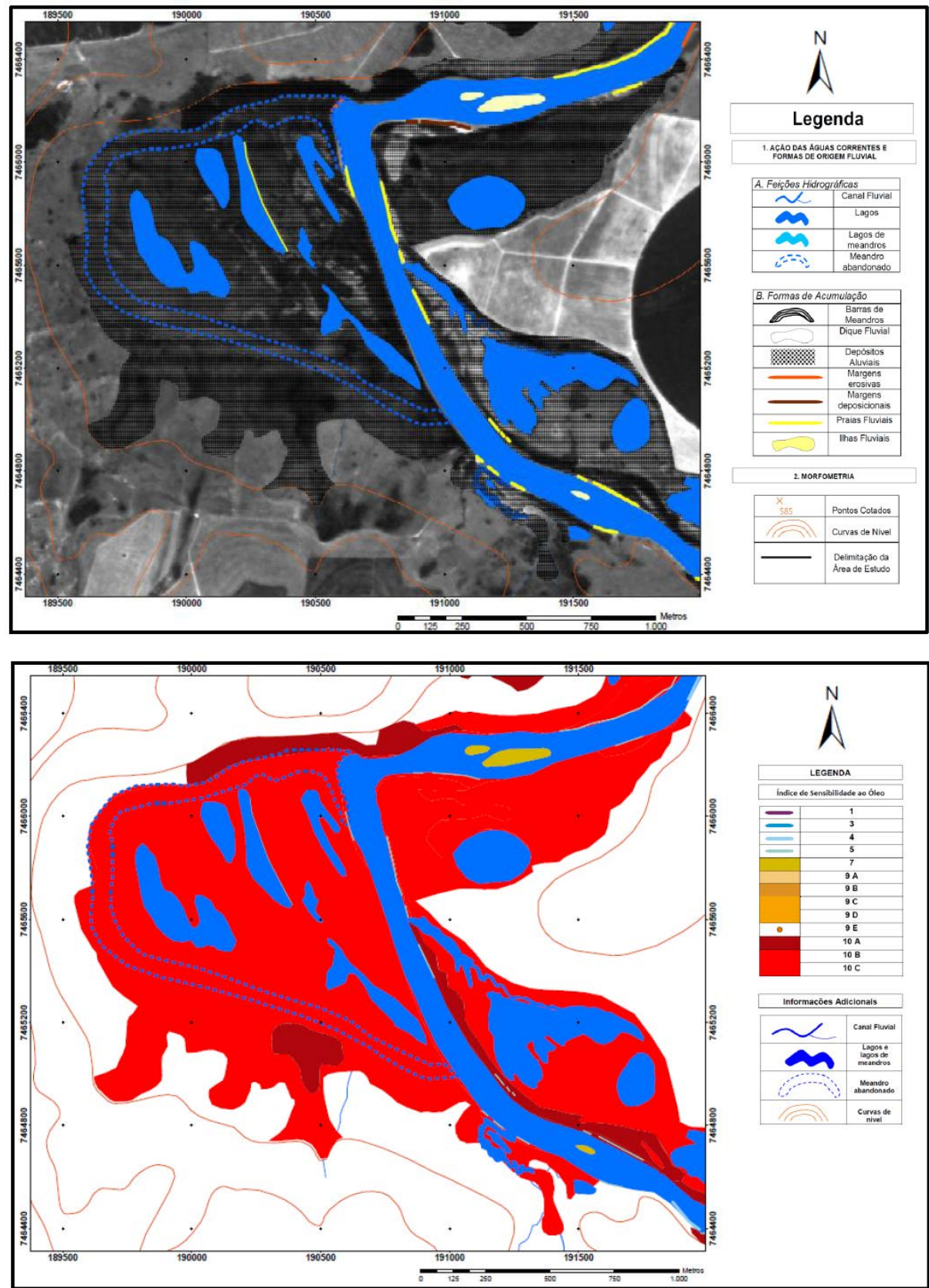
Entretanto, na margem convexa a velocidade da água é mais lenta, formando os bancos arenosos (point-bars). Estes bancos marginais seguem o deslocamento meândrico, contornando as curvas traçadas pelo rio, formando as barras de meandros que vão impedir o hidrodinamismo do local, propiciando um tempo maior do óleo no meio e fixando o óleo junto aos sedimentos.

Os lagos que acompanham os meandros neste recorte são inundados quando ocorre o transbordamento das águas do rio na planície de inundação. Na área de estudo existem vários lagos extensos, entretanto não são grandes o suficiente para formarem ondas capazes de transportar o óleo para as margens. Assim, as águas destes lagos possuem pouca energia cinética, incapaz de remover o óleo de forma natural.

Ainda, na área de estudo existem várias margens deposicionais formadas por areias, como observado neste primeiro recorte. Nas áreas que possuem margens deposicionais predomina um baixo hidrodinamismo, possibilitando a ocorrência de soterramento de óleo. Entretanto, apesar deste fato, há uma lavagem das areias que pode auxiliar na remoção do óleo e, os procedimentos de limpeza em praias de areia são mais eficazes se comparados com ambientes pantanosos, por exemplo.

Assim, de forma geral, nesse recorte tem-se um ambiente úmido, pantanoso e com baixíssimo hidrodinamismo, o que dificulta a limpeza do ambiente, pois, além de não ocorrer à limpeza de forma natural a partir da dinâmica da água, também será difícil o acesso para a remoção manual com equipamentos para a limpeza. Dessa forma, há um predomínio das classes de alta sensibilidade ao derrame de óleo.

5.9.2. Segundo recorte



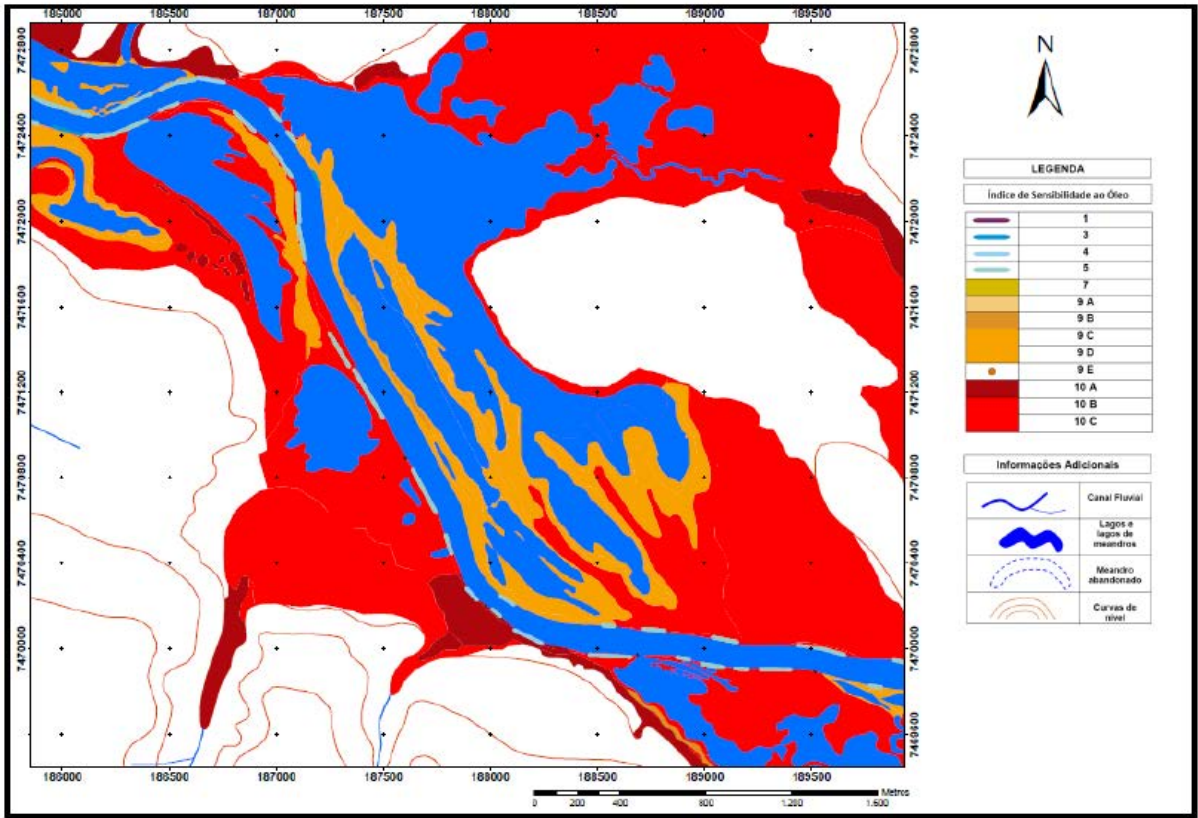
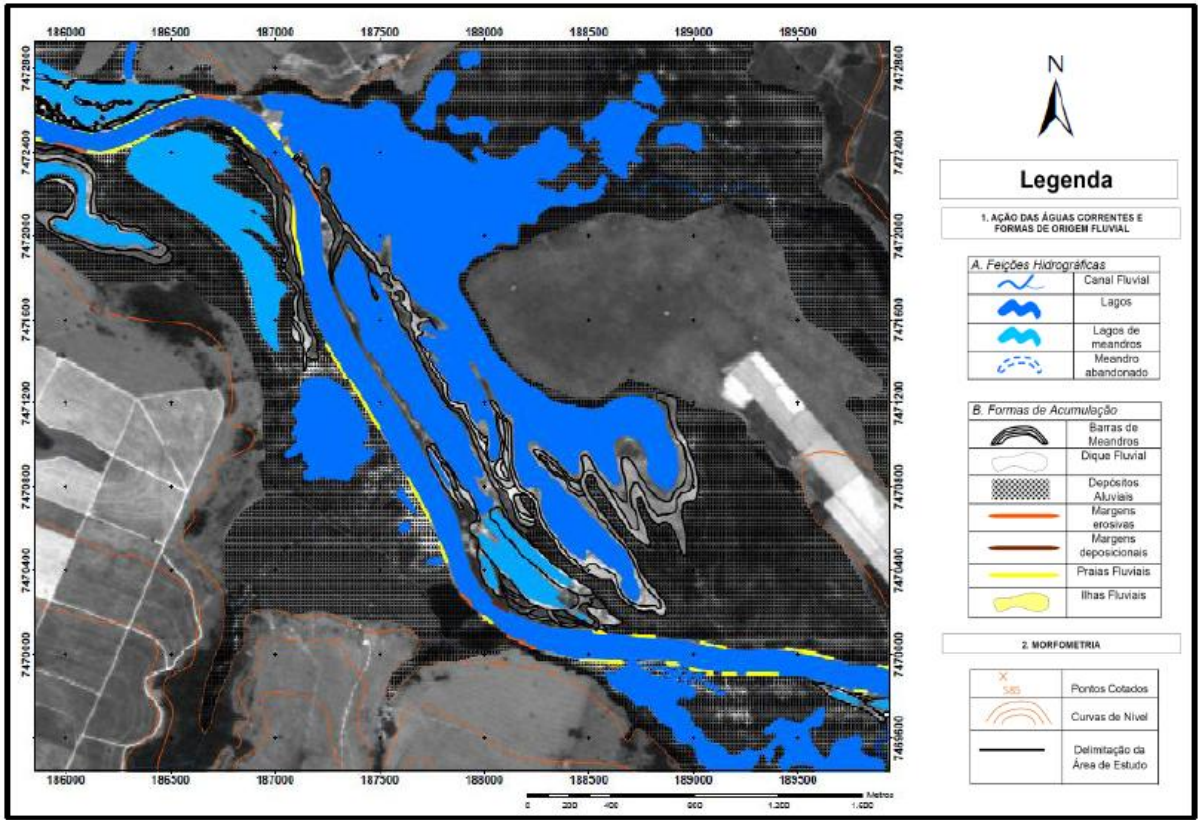
Neste segundo recorte, nota-se a presença de uma planície de inundação extensa, com pequenos lagos no seu interior, evidenciando um ambiente de alta sensibilidade. Além disto, existem extensas margens deposicionais e a presença de um antigo meandro abandonado. Fica evidente assim, a complexidade dos ambientes deste setor, pois, existem várias feições diferenciadas, refletindo no comportamento do óleo, que demonstrará ações distintas em cada tipo de feição geomorfológica.

O meandro abandonado, assim como dito anteriormente, é formado quando a curvatura de dois meandros vizinhos são acentuadas, ocorrendo a junção destes meandros e restando um meandro antigo. Assim, conforme Penteado (1978, p.93), este fato ocorreu devido a uma redução da carga do rio, que está relacionada às oscilações climáticas.

Além destes ambientes com substratos lamosos não apresentar um hidrodinamismo que favoreça a remoção natural do óleo, a limpeza de forma manual também é dificultada, pois, o transporte de equipamentos para coleta do óleo se torna inviável nestas condições.

No recorte também aparece uma ilha; assim como no restante da área de estudo, as ilhas interrompem e diminuem a ação das ondas, barrando o hidrodinamismo do rio. Ainda, a remoção do óleo nas ilhas, com equipamentos próprios para a limpeza, é complicada devido ao acesso restrito e a presença de vegetação a qual aumenta a probabilidade do óleo se fixar no substrato.

5.9.3. Terceiro recorte



No terceiro recorte, nota-se um extenso lago, margens deposicionais, uma grande planície de inundação e barras de meandros. Fica evidente mais uma vez a complexidade da área com feições geomorfológicas que possuem altos níveis de sensibilidade ambiental ao derrame de óleo.

Os lagos extensos e próximos uns dos outros, caracterizando uma área periodicamente inundada, gera um substrato pantanoso. São áreas de difícil acesso, e em alguns pontos com vegetação no interior das planícies de inundação.

A partir destes resultados, obtidos com o mapeamento de sensibilidade ambiental das feições geomorfológicas ao derrame de óleo, constatou-se o predomínio de altos índices de sensibilidade ambiental (10 e 9). Este fato se deve as características da área as quais, apesar de bastante distintas em cada feição, predominantemente indicarem baixo hidrodinamismo o que dificulta a remoção do óleo, aumentando o tempo de permanência deste no ambiente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo, através da identificação e mapeamento das feições geomorfológicas de origem fluvial, avaliar o significado dessas feições em termos de sensibilidade ao derrame de óleo. A área escolhida localiza-se no fundo de vale da bacia do rio Tietê, mais especificamente entre os municípios de Laras (distrito de Laranjal Paulista) e Anhembi.

Assim, foi possível a partir de uma análise bibliográfica avaliar o comportamento da dinâmica fluvial em termos de sensibilidade ao derrame de óleo. Primeiramente para desenvolver este trabalho, foi realizado um estudo bibliográfico que abarcou os princípios do conhecimento geomorfológico fluvial, o qual serviu como base para a compreensão da dinâmica fluvial, bem como para a identificação e classificação da área em estudo quanto à sensibilidade ao óleo. Também foram utilizadas obras nacionais e internacionais, que forneceram informações e dados sobre a questão de derramamento de óleo em regiões costeiras, estuarinas e fluviais.

A partir da análise bibliográfica foi possível constatar que esta temática de estudo, avaliação do significado das feições geomorfológicas em termos de sensibilidade ao óleo, é ainda incipiente no Brasil, e as obras bibliográficas são na maioria direcionadas aos ambientes costeiros. Este fato dificultou uma análise mais minuciosa sobre o comportamento do óleo em ambientes fluviais. Desta forma, neste trabalho foi proposta uma abordagem sobre a descrição do comportamento do óleo em feições fluviais com o intuito de aprimorar esta temática.

A partir das técnicas de mapeamento com as imagens orbitais do sistema SPOT-05, e também através de cartas topográficas, foi possível identificar e mapear as feições geomorfológicas e elaborar o esboço da carta de sensibilidade ao óleo utilizando o software ArcGis.

A carta geomorfológica foi elaborada com base nas técnicas propostas por Tricart (1965), e Verstappen&Zuidam (1975), previamente estudados por Cunha (2001). Para a classificação do ambiente fluvial em estudo, foi utilizada a proposta de Riedel;Cunha (2013) a qual partiu dos estudos de Michel et. al. (1994), Araujo (2006), Hayes, Michel e Dahlin (1995) e Hayes, Michel e Montello (1997).

A área possui feições com características geomorfológicas diferenciadas, o que interfere também no comportamento do óleo sobre cada feição. Assim, as feições geomorfológicas foram classificadas de acordo com seus comportamentos ao hidrodinamismo, e assim foram atribuídos índices, de 1 a 10, os quais representam os níveis

de sensibilidade ao óleo. Por exemplo, as planícies de inundação são áreas que anualmente são inundadas, portanto, ambientes úmidos com baixo hidrodinamismo. A limpeza do óleo nestes ambientes será complicada, pois a dinâmica da água é limitada e, em substratos pantanosos a mobilidade de equipamentos específicos para a remoção do óleo é quase impossível. Estes ambientes foram classificados com o índice 10, pois, possuem condições que propiciam a permanência do óleo no meio.

As margens construídas com paredões concretados e pontes, foram classificadas com o índice de sensibilidade 1, pois estas construções estão às margens do rio e desta forma, freqüentemente expostas às ações de lavagem pela água. Ainda, estas estruturas artificiais possuem revestimento sólido, tendo como principal material de suas construções o concreto, portanto, são impermeáveis e com poucas condições de acumular os hidrocarbonetos de forma considerável, não necessitando, em geral, operações mais sofisticadas de limpeza. (ARAÚJO et. al., 2002, p. 60).

O fato da área apresentar grande complexidade, devido a suas variadas feições geomorfológicas em um mesmo ambiente, dificultou o processo de mapeamento, pois, a descrição e o detalhamento de cada feição refletem conseqüentemente no comportamento do óleo no meio. Assim o mapeamento buscou expor com maior exatidão possível tais feições existentes na área.

Constata-se também, que o mapeamento de sensibilidade ao óleo em outros cursos fluviais com características distintas das que foram apresentadas aqui, a fim de complementar este e outros estudos, são relevantes para uma futura padronização de classificação em ambientes fluviais. Contudo, mesmo com uma padronização significativa, deve-se considerar as peculiaridades intrínsecas de cada área de estudo.

Foi possível concluir que, através do esboço de mapeamento de sensibilidade ambiental ao derrame de óleo, a partir das informações geomorfológicas, neste trecho do rio Tietê, entre Laras e Anhembi, ocorre o predomínio de altos índices de sensibilidade ambiental (10 e 9). Este fato ocorre devido a área apresentar características bastante complexas, de baixo hidrodinamismo e substratos pantanosos, que dificultam a limpeza natural e manual do óleo, aumentando o tempo de permanência deste na área.

Assim, destaca-se a necessidade de identificar e mapear as feições geomorfológicas, pois tais mapeamentos fornecem informações essenciais para a elaboração de mapas de sensibilidade ao óleo, e também, o conhecimento do comportamento do óleo para cada feição fluvial é decisivo para as tomadas de decisões corretas e eficazes em operações emergências de remoção dos hidrocarbonetos, sendo importantes ferramentas de planejamento ambiental.

Além de ser um fim em si mesmo, este trabalho também possibilitará seu aproveitamento para a elaboração de Cartas de Sensibilidade ao Óleo (SAO), para a área estudada, bem como em outros cursos fluviais de outras regiões. Além disto, o presente trabalho gerou um arcabouço de informações que auxiliará no desenvolvimento de outros estudos referentes à sensibilidade ao derramamento de óleo em ambientes fluviais. Desta forma, constatou-se que os resultados obtidos neste trabalho alcançaram os objetivos propostos inicialmente.

REFERÊNCIAS:

- ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: Universidade de São Paulo: Instituto de Geografia, 1974. 99p.
- ARAÚJO 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: Iarte, 2002. 134p.
- ARAÚJO S. I.; SILVA, G. H.; MUEHE, D. C. E. H. **Mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo**: ambientes costeiros, estuarinos e fluviais. Rio de Janeiro: Petrobrás, 2006. 166p.
- COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL (CATI). **Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável (PMDRS)**. Prefeitura Municipal de Anhembi, Anhembi. 2011 a 2013. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/new/cmdr.php?cod_mun=026>. Data de acesso: 14/02/2013.
- COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL (CATI). **Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável (PMDRS)**. Prefeitura Municipal de Laranjal Paulista, Laranjal Paulista. 2010 a 2013. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/new/cmdr_plano.php?cod_mun=297>. Data de acesso: 15/02/2013.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher. 1981. 313p.
- CUNHA, C. M. L. **A Cartografia do Relevo no Contexto da Gestão Ambiental**. 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.
- CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A.; SANCHEZ, M. C. A cartografia do relevo: uma análise comparativa de técnicas para a gestão ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 4, n. 1, pp. 1-9. 2003
- CUNHA, F. P. **Mapeamento de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo na Região Costeira de Bertioga-SP**. 2009. p. 98. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). **Mapa geológico do Estado de São Paulo**, folha Bauru SF-22-Z-B, São Paulo: São Paulo: Convênio DAEE/UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Rio Claro. 1982. Escala 1:250.000.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). **Mapa geológico do Estado de São Paulo**, folha Campinas SF-23-Y-A, São Paulo: Convênio DAEE/UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Rio Claro. 1982 . Escala 1:250.000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Missões:SPOT**. 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/spot.htm>>. Acesso em: 28 ago. 2013

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 Sciences and Technology**, Itajaí-SC, v. 12, n. 2, p. 61-72, 2008.

HAYES, M.O.; MICHEL, J.; DAHLIN, J.A. Identifying and mapping sensitive resources for inland area planning. In: INTERNATIONAL OIL SPILL CONFERENCE. 1995. P 343-350.

HAYES, M.O.; MICHEL, J.; MONTELLO, T.M. The Environmental Sensitivity Index (ESI) for mapping rivers and streams. In: INTERNATIONAL OIL SPILL CONFERENCE. 1997. P 343-350.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades@**. 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 19 mar. 2013

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa Brasil Climas**. 2002. Diretoria de Geociências. Escala 1: 5.000.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa Físico do Estado de São Paulo Climas**. 2011. Diretoria de Geociências. Escala 1: 900.000. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Data de acesso: 16/02/2014.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (IGG). **Folha Geológica de Piracicaba**. 1966. (SF 23 – M300). Escala 1:100.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981, v.I. (Nota explicativa).

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT).
Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT, 1981 a.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT).
Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT, v.II, 1981. (Nota explicativa).

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT).
Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10) – Revisão Para Atendimento da Deliberação CRH 62. Relatório Técnico nº 104.269-205. CETAE –LabGeo. São Paulo, p. 310, 2008.

LIMA, M. V. **Mapeamento de Sensibilidade Ambiental ao Óleo do Arquipélago de Ilhabela – SP.** 2007. 157 f. Tese (Mestrado em Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo.** Brasília: Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, 2002. 107 p.

OLIVEIRA, E. M. **Carta geológica-geotécnica como subsídio a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental, a derrames de petróleo e derivados, na região do oleoduto “Guararema-São José dos Campos”, Vale do Paraíba (SP).** 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

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

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo.** Campinas: IAC, 1999. Escala 1:500.000.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo:** legenda expandida. Campinas: IAC; Rio de Janeiro: EMBRAPA-Solos, 1999. 64p.: mapa.

PENTEADO, M. M. P. **Geomorfologia do Setor Centro-Occidental da Depressão Periférica Paulista.** Instituto de Geografia/Universidade de São Paulo, Teses e Monografias, 22: 86p. São Paulo, 1976.

PENTEADO, M. M. P. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978. 180 p.

PETRI, S. FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: T.A. Queiroz & EDUSP, 1988.

PONÇANO, W. (Coordenador) **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981. 94p.

RIEDEL, P. S.; CUNHA, C. M. L. **Tabela de feições: índices de sensibilidade ao derramamento de óleo**, 2012.

ROCHA, T. C. F. **Mapeamento de Sensibilidade Ambiental do Litoral de Ubatuba-SP a Vazamento de Petróleo**. 2008. 129 p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

ROMERO, A. F. **Mapa de Vulnerabilidade Ambiental ao Óleo e Cartas SAO. Trecho: Praia Grande – Ilha Comprida, Litoral Paulista**. 2009. p. 125. Tese (Doutorado em Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

SÃO PAULO (Estado) - Secretaria de Obras e Meio Ambiente. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**: Folha de Bauru (SF-22-Z-B). São Paulo: DAEE-SOMA/UNESP. 1984

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia do Paraná: CESP, 1966. 61 f + mapas.

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES PARA GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIGRH). **Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê (CBH-SMT)**. Sorocaba, 2008. Disponível em: <<http://www.sigrh.gov.br>>. Data de acesso em: 24/08/2012.

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES PARA GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIGRH). **Coleta, tratamento e apresentação dos dados**. Caracterização geral da UGRHI-10. Disponível em <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-SMT/258/relsmstseg.pdf>> Data de acesso: 21/05/2013.

SILVEIRA, A; CUNHA, C. M. L. **Cartografia Geomorfológica como subsídio para a análise das interferências do uso da terra no desencadeamento dos processos erosivos: um estudo em área canavieira.** RA'E GA, UFPR, v.21, p.365 - 391, 2011.

SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SSRH/CSAN). **Plano Regional Integrado de Saneamento Básico.** Apoio técnico à elaboração dos planos municipais de saneamento e elaboração do plano regional de saneamento para os municípios da Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê – UGRHI 10. Engecorps – Corpo de Engenheiros Consultores S.A. Novembro/2011.

Disponível em:

<http://www.ibiuna.sp.gov.br/saneamento_basico/Produto_05_Vers%E3o_Plano%20Regional%20de%20Saneamento_UGRHI-10/1063-SSE-GST-RT-P006_Parte%20B.pdf>. Data de acesso: 02/04/2013.

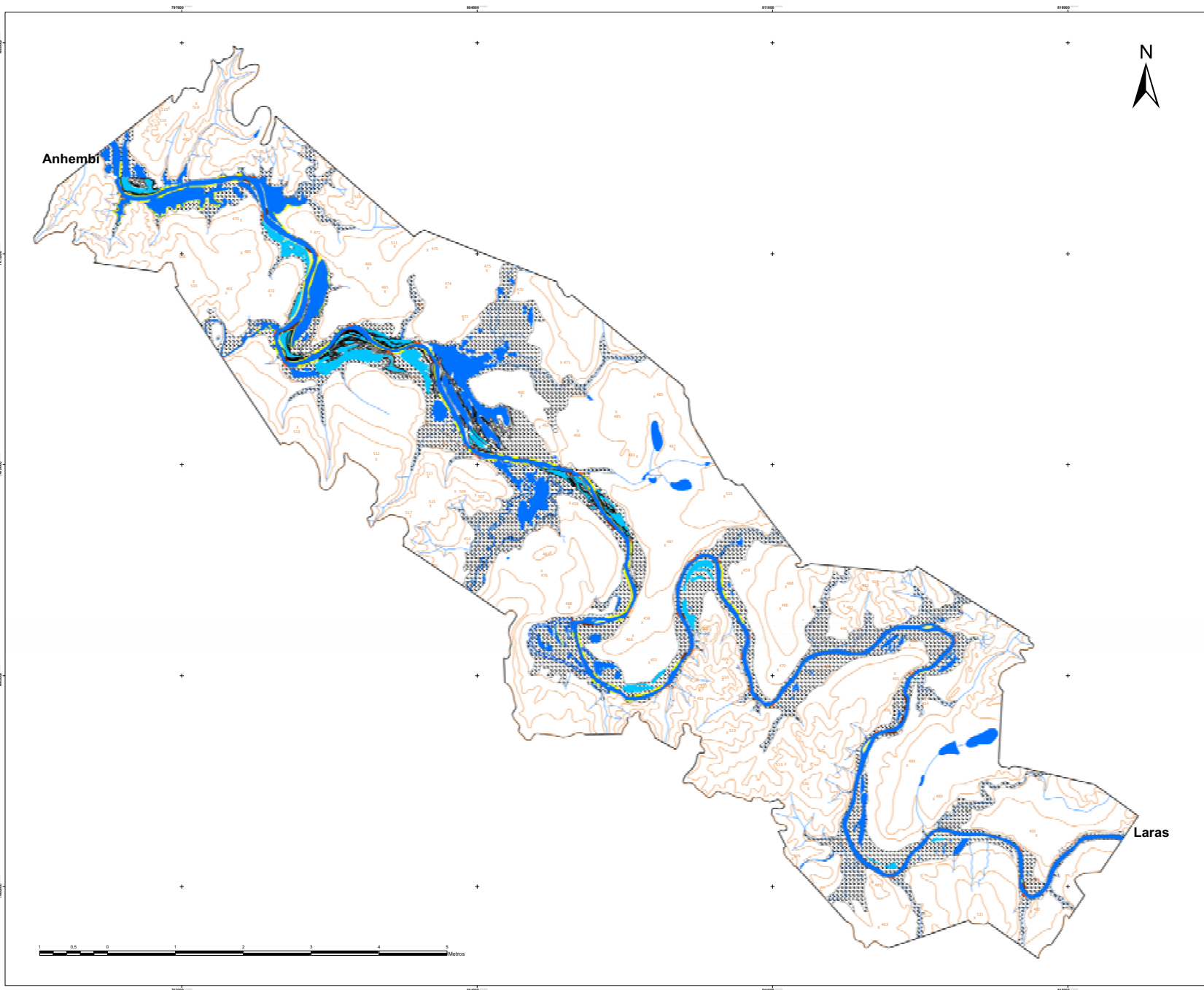
WIECZOREK, A. **Mapeamento de Sensibilidade a Derramamentos de Petróleo do Parque Estadual da Ilha do Cardoso – PEIC e Áreas do Entorno.** 2006. 146 f. Tese (Mestrado em Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

ANEXO

ANEXO A:

Contém neste CD ROM o “Mapa Geomorfológico de Trecho do Fundo de Vale do Rio Tietê entre Laras e Anhembi – SP” e, o “Mapa de Sensibilidade a Derrames de Óleo das Feições Geomorfológicas de um Setor de Fundo de Vale do Rio Tietê”.

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE TRECHO DO FUNDO DE VALE DO RIO TIETÊ ENTRE LARAS E ANHEMBI - SP



Legenda

1. AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES E FORMAS DE ORIGEM FLUVIAL

A. Feições Hidrográficas	
	Canal Fluvial
	Lagos
	Lagos de meandros
	Meandro abandonado

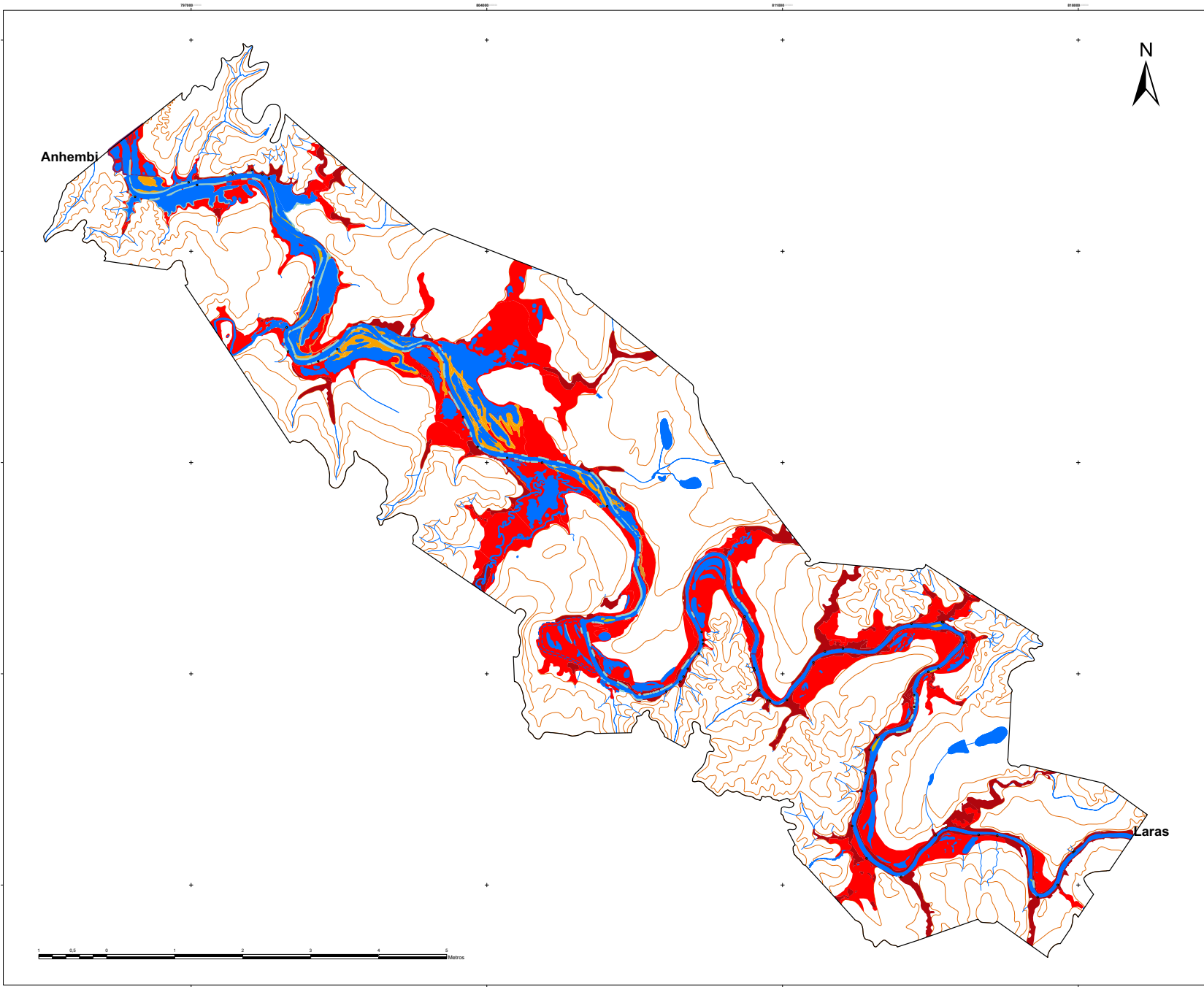
B. Formas de Acumulação	
	Barras de Meandros
	Dique Fluvial
	Depósitos Aluviais
	Margens erosivas
	Margens deposicionais
	Praias Fluviais
	Ilhas Fluviais

2. MORFOMETRIA

	Pontos Cotados
	Curvas de Nível
	Delimitação da Área de Estudo

Projeção Universal de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Datum Vertical: Imbituba SC
Datum Horizontal: Córrego Alegre
Fuso: 22S
Imagens Orbitais SPOT - 5, Banda 1, Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo
Elaboração: OLIVEIRA, S. C.
Orientação: CUNHA, C. M. L.

MAPA DE SENSIBILIDADE A DERRAMES DE ÓLEO DAS FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS DE UM SETOR DE FUNDO DE VALE DO RIO TIETÊ - SP



Legenda

Índice de Sensibilidade Ambiental	
	1
	3
	4
	5
	7
	9 A
	9 B
	9 C/D
	9 E
	10 A
	10 B/C

Informações Adicionais

	Canal Fluvial
	Lagos e lagos de meandros
	Meandro abandonado
	Curvas de nível
	Delimitação da Área de Estudo

Projeção Universal de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Datum Vertical: Imbituba SC
Datum Horizontal: Córrego Alegre
Fuso: 22S
Imagens Orbitais SPOT - 5, Banda 1, Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo
Elaboração: OLIVEIRA, S. C.
Orientação: CUNHA, C. M. L.