



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO ESTADO DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO E EXTENSÃO
BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS: PERÍCIA E GESTÃO AMBIENTAL**

NÍVIA CRISTINA VEIRA ROCHA

**SENSIBILIDADE AMBIENTAL DAS PRAIAS DE VILA DO CONDE,
ITUPANEMA E CARIPI (BARCARENA/PA)**

Belém - PA
2013



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO ESTADO DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO E EXTENSÃO
BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS: PERÍCIA E GESTÃO AMBIENTAL**

NÍVIA CRISTINA VIEIRA ROCHA

**SENSIBILIDADE AMBIENTAL DAS PRAIAS DE VILA DO CONDE,
ITUPANEMA E CARIPÍ (BARCAREN/PA)**

Trabalho de Curso apresentado ao Centro Universitário do Estado do Pará como parte das exigências do curso, para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador:
M.Sc. Amilcar Carvalho Mendes

Belém-PA
2013

NÍVIA CRISTINA VIEIRA ROCHA

**SENSIBILIDADE AMBIENTAL DAS PRAIAS DE VILA DO CONDE,
ITUPANEMA E CARIPÍ (BARCARENA/PA)**

Trabalho de Curso apresentado ao Centro Universitário do Estado do Pará como parte das exigências do curso, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Ambientais.

APROVADO EM: ____/____/____

NOTA OBTIDA: _____

Banca Examinadora:

Prof. Amilcar Carvalho Mendes/
Centro Universitário do Estado do Pará

Prof. Messiana Beatriz Malato Boulhosa/
GEO Engenharia

Belém-PA
2013

Aos meus pais Jozino e Luzia; e a minha irmã Narolívia.

AGRADECIMENTOS

À Deus, Pai Sábio, Amoroso, a quem sou grata por sua presença e pela força e sabedoria a mim concedidas.

Aos meus pais, Jozino Rocha Filho e Luzia Vieira Rocha, pelo exemplo de amor que me deram, apoiando-me e me incentivando a sempre seguir adiante.

À minha irmã, Narolivia Vieira Rocha, pelo carinho e compreensão para comigo nos bons e os difíceis momentos.

Aos mestres, pela contribuição e dedicação em transmitir conhecimento em todos os momentos do curso.

Ao Projeto de Pesquisa “Mapeamento e Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamento de Óleo (Cartas SAO) para a Bacia da Foz do Amazonas”, desenvolvido pelo Museu Paraense Emílio Goeldi.

Ao professor, MSc. e orientador Amilcar Carvalho Mendes, pelo incentivo, contribuição e confiança para a realização deste trabalho.

Às professoras e MSc. Messiana Boulhosa e Danielle Campinas pelo auxílio imprescindível na realização deste trabalho.

Aos amigos Felipe Melo, Filipe Demachki, Laércio Vulcão e Márcia Castro, pelo companheirismo durante a trajetória de curso.

Ao meu namorado Alexandre Damasceno, pela compreensão, apoio e companheirismo em todos os momentos.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi e ao CNPq, pela concessão da bolsa e contributo para o futuro profissional.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Só é digno da liberdade, como da vida, aquele que se empenha em conquistá-la”.

(Johann Goethe)

RESUMO

Barcarena, localizada na margem direita do Rio Pará, abriga as praias de Caripi, Itupanema e Vila do Conde. Estas estão sob influência direta do complexo portuário ali existente, tendo as atividades socioeconômicas desenvolvidas no município, como potencialmente prejudicadas, caso ocorra derramamento de óleo nas águas que as bordejam. O objetivo do estudo foi avaliar a sensibilidade ambiental das referidas praias, ao derramamento de óleo, à erosão, e à urbanização. A metodologia adotada constou na combinação de dados pretéritos, aquisição e processamento de imagens GeoEye e levantamento de campo apoiado nas propostas de Souza Filho et al. (2004); Esteves et al. (2003); Silva et al. (2009). Como principais produtos foram gerados mapas de índices de sensibilidades das áreas em escala 1:10.000, até então inédita. Os resultados permitiram identificar 5 Índices de Sensibilidade Ambiental ao derramamento de óleo. Com relação ao nível de sensibilidade das praias à erosão, verificou-se que Itupanema e Vila do Conde estão sob forte influência erosiva e, Caripi possui parte de sua extensão submetida a este processo, sendo que o mesmo exerce influencia sobre as relações socioeconômicas do local. Para o nível de urbanização, as duas primeiras praias apresentam baixo percentual de ocupação, enquanto que Caripi apresenta maior extensão e demanda de uso e ocupação.

Palavras-chave: sensibilidade ambiental, praia, cartografia temática.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Localização da área de estudo	12
Figura 02: Localização das Praias de Caripi, Itupanema e Vila do Conde.....	13
Figura 03: Mapa de unidades de paisagem da área de influência do porto de Vila do Conde.....	16
Figura 04: Fluxograma representando a metodologia adotada no trabalho	18
Figura 05: Realização da correção geométrica através do <i>software Global Mapper 8.0</i> , destacando a localização dos pontos de controle utilizados para a correção	21
Figura 06: Seleção e posicionamento dos pontos de controle	23
Figura 07: Método de determinação da declividade com a utilização de clinômetro	25
Figura 08: Esquema de determinação da declividade do terreno empregando o clinômetro tipo Abney	26
Figura 09: Coleta de amostras de sedimentos arenosos	26
Figura 10: Fluxograma das atividades laboratoriais com sedimentos	29
Figura 11: Amostras de sedimentos arenosos	30
Figura 12: Processo de quarteamento da amostra	30
Figura 13: Pesagem das amostras.....	30
Figura 14: Peneirador vibratório para separação mecânica dos grãos de sedimento	31
Figura 15: Mapa de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo do litoral do município de Barcarena, em escala 1:95.000.	37
Figura 16: Mapa de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo da praia do Caripi em escala 1:10.000.....	38
Figura 17: Mapa de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo da praia de Itupanema em escala 1:10.000.	39

Figura 18: Mapa de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo da praia de Vila do Conde em escala 1:10.000.....	40
Figura 19: Estrutura artificial construída em madeira, praia de Itupanema	42
Figura 20: Estrutura artificial construída em concreto, praia de Vila do Conde	42
Figura 21: Estrutura artificial do porto de Vila do Conde	42
Figura 22: Barranco próximo a praia de Itupanema	43
Figura 23: Barranco na praia de Vila do Conde, possuindo de 5 a 6 metros de altura aproximadamente.....	43
Figura 24: Praia do Caripi.....	45
Figura 25: Praia de Itupanema	45
Figura 26: Praia de Vila do Conde	45
Figura 27: Escarpas íngremes em areia na praia de Vila do Conde	47
Figura 28: Ambiente de Várzea localizado nas margens de canais fluviais em Vila do Conde.....	48
Figura 29: Exposição de raízes das árvores ao longo da praia do Caripi, evidenciando a remoção do sedimento praial por ação erosiva da maré.....	49
Figura 30: Efeito da erosão provocada pelas marés em uma das barracas na praia do Caripi.....	49
Figura 31: Obra de contenção em concreto armado para proteção da estrutura de uma barraca na praia do Caripi.....	50
Figura 32: Obra de contenção ao processo erosivo e recuperação da via que margeia a Praia do Caripi.....	50
Figura 33: Efeito de diminuição da praia recreativa em decorrência do avanço das marés na Praia do Caripi.....	50
Figura 34: Efeito erosivo das marés em unidades ocupacionais na Praia de Vila do Conde. Notar no centro fiducial da imagem a evidência de erosão no que seria um pequeno terraço que abrigavam guardas-sol fixos.....	51
Figura 35: Solapamento da base e desmoronamento de barrancos (de 5 a 6 metros) que margeiam a Praia de Vila do Conde.....	51

Figura 36: Unidades ocupacionais em situação de risco na Praia de Vila do Conde	52
Figura 37: Aspecto do muro de contenção ao processo erosivo das marés. Ao alto, fundos da Igreja de São João Batista, Vila do Conde	52
Figura 38: Setor oeste da Praia de Vila do Conde, caracterizado pelo equilíbrio morfodinâmico (sem evidências de erosão), possibilitando a exploração da face praial para fins econômicos e residenciais	53
Figura 39: Estrutura de contenção a erosão na Praia de Itupanema	53
Figura 40: Estrutura de contenção com danos provocados pelo processo erosivo..	54
Figura 41: Aspecto da ocupação da face praial da Praia do Caripi	55
Figura 42: Padrão construtivo das barracas na Praia do Caripi	55
Figura 43: Unidade ocupacional construída em madeira na Praia de Vila do Conde	56
Figura 44: Padrão construtivo misto das unidades ocupacionais do setor oeste da Praia de Vila do Conde.....	56
Figura 45: Classificação da linha de costa em relação à urbanização, sensibilidade à erosão e sensibilidade ao derramamento de óleo.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Informações referentes às características da imagem utilizada no trabalho	20
Tabela 02: Caracterização dos pontos de controle coletados	22
Tabela 03: Identificação e localização dos pontos de coletas de amostras e análise de ambientes.....	27
Tabela 04: Adaptação dos métodos NOAA (2002) para a zona costeira amazônica	33
Tabela 05: Esquema de cores para classificação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL).....	34
Tabela 06: Principais Características dos ambientes mapeados. Comportamento do óleo, tipo de resposta e índice de sensibilidade ambiental.....	36
Tabela 07: Índices de Sensibilidade Ambiental mapeados na área de estudo e seus respectivos ambientes costeiros	41
Tabela 08: Declividade das praias estudadas	44
Tabela 09: Análise granulométrica dos sedimentos das praias estudadas.....	46
Tabela 10: Classificação textural dos sedimentos das praias estudadas segundo Folk; Ward (1957).....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALBRAS – Alumínio Brasileiro S.A.
ALUBAR – Alumínio de Barcarena
ALUNORTE – Alumina do Norte do Brasil S.A.
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CARTAS SAO – Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo
CDP – Companhia Docas do Pará
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia
GCPs – Pontos de Controle no Terreno
GPS – Sistema de Posicionamento Global
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISA – Índice de Sensibilidade Ambiental
ISL – Índice de Sensibilidade do Litoral
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MPEG – Museu Paraense Emílio Goeldi
NOAA – Administração Nacional do Oceano e da Atmosfera
PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.
RMS – Margem de Erro Geométrico
SIG – Sistema de Informação Geográfico
TRANSPETRO – Petrobras Transporte S.A.
UTM – Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. OBJETIVO GERAL.....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
3.1. GEOPROCESSAMENTO.....	6
3.2. SENSORIAMENTO REMOTO	6
3.3. ÍNDICE DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL	7
3.4. LEGISLAÇÃO PERTINENTE	8
3.5. EROÇÃO	9
3.6. OCUPAÇÃO URBANA.....	10
4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
5. METODOLOGIA	18
5.1. ETAPA PRÉ-CAMPO	19
5.1.1. Levantamento Bibliográfico e Cartográfico	19
5.1.2. Aquisição de Imagem de Sensor Remoto	19
5.1.3. Pré-processamento Digital de Imagens	20
5.1.3.1. Georreferenciamento.....	20
5.1.4. Processamento Digital de Imagens	23
5.1.5. Análise de Imagem	24
5.1.5.1. Vetorização de Ambientes.....	24
5.2. ETAPA DE CAMPO.....	24
5.2.1. Determinação da Declividade da Face Praial.....	24
5.2.2. Amostragem de Sedimento	26

5.2.3. Registro dos Aspectos Geoambientais	27
5.3. ETAPA PÓS-CAMPO	27
5.3.1. Análise dos Dados de Declividade da Face Praial	28
3.3.2. Separação Granulométrica	28
5.3.3. Análise Granulométrica	31
5.3.4. Determinação de Níveis de Urbanização nas Praias.....	31
5.3.5. Determinação de Níveis de Erosão.....	32
5.3.6. Elaboração das Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamento de Óleo	32
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
6.1. MAPEAMENTO DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL A DERRAMAMENTO DE ÓLEO	36
6.1.1. Estruturas Sólidas Expostas Construídas Pelo Homem	41
6.1.2. Barrancos Fluviais (equivalentes à classe “falésias rochosas expostas com talus na base”)	43
6.1.3. Praia Fluvial	43
6.1.4. Escarpas Expostas com Declives Íngremes em Areia	47
6.1.5. Planícies de Maré Vegetadas (várzeas)	47
6.2. SENSIBILIDADE AMBIENTAL À EROSÃO	48
6.3. NÍVEIS DE URBANIZAÇÃO	54
7. CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS.....	60

1. INTRODUÇÃO

A produção e transporte de petróleo e seus derivados, assim como as operações de navios-tanques em terminais são atividades consideradas como ameaças à qualidade ambiental e ao aumento de riscos de poluição/contaminação do litoral e áreas marinhas/estuarinas adjacentes, alterando a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas ali existentes, em alguns casos de maneira irreversível, além de alterar a rotina de portos e a atividade pesqueira, que é uma das principais formas de subsistência de uma parte da população da região litorânea.

No contexto supracitado Hayes; Gundlach (1975) propuseram um índice de susceptibilidade a derramamentos de óleo baseado nas características geomorfológicas de uma região, no comportamento do óleo em um ambiente costeiro e na capacidade de limpeza natural. Posteriormente, Gundlach; Hayes (1978) incorporaram aos índices as características biológicas dos ambientes, surgindo, portanto, o Índice de Vulnerabilidade a Derramamentos de Óleo. Com o avanço da metodologia, foram incorporadas informações socioeconômicas, impactos culturais, impactos arqueológicos, informações sobre correntes marítimas e parâmetros bióticos (ARPEL, 1997 apud ARAÚJO et al., 2002).

O Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA) representa, portanto, uma hierarquização da sensibilidade dos vários ambientes costeiros, estuarinos e fluviais, considerando-se a interação do óleo com as comunidades biológicas, as características geomorfológicas e sedimentares dos referidos ambientes, bem como seus aspectos socioeconômicos. De forma cartográfica, o mapeamento dos ISA a derramamento de óleo possibilita o planejamento mais eficiente das ações de resposta, objetivando a mitigação dos danos causados (JENSEN et al., 1993).

A utilização de Cartas de Sensibilidade Ambiental é de fundamental importância como forma de planejamento para a prevenção e precaução a possíveis acidentes relacionados a derramamentos de óleo, provocados seja por causas naturais ou antrópicas, favorecendo, assim, a identificação de locais mais suscetíveis aos mesmos.

A importância do monitoramento ambiental em áreas onde há exploração, produção e transporte de óleo é medida pelos vários casos de derramamentos ocorridos no litoral brasileiro nos últimos anos, o que têm levado os órgãos e

entidades envolvidas a aperfeiçoarem os métodos, tanto preventivos como corretivos, para a mitigação dos danos gerados (GONÇALVES et al., 2009).

A Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000 (também conhecida como “Lei do Óleo”) dispõe sobre a prevenção, controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas de jurisdição nacional. Atribui ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) a responsabilidade de identificar, localizar e definir limites das áreas ecologicamente sensíveis com relação à poluição causada por estes.

Os mapas de sensibilidade ambiental vêm sendo utilizados desde a década de 70 e representam uma importante ferramenta para priorização dos ambientes que devem ser protegidos, fornecendo as informações necessárias em formato de fácil leitura e compreensão (NOAA, 2002). A PETROBRAS, desde o início da década de 90, tem procurado incorporar as Cartas SAO em seus planos de contingência. Ainda no ano de 2000 foram elaborados mapas de sensibilidade de vinte e uma áreas de influência dos terminais da TRANSPETRO (que atende às atividades de transporte e armazenamento de petróleo e derivados, álcool, biocombustíveis e gás natural), desde o Rio Grande, no Rio Grande do Sul, até Coari, no Amazonas (ARAÚJO et al., 2004).

Dada a incumbência retrocitada, o MMA lançou em 2011 edital conjunto com o CNPq, para o mapeamento e elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo (Cartas SAO), para as bacias sedimentares da Foz do Amazonas e Pará-Maranhão/Barreirinhas, tomando como unidade cartográfica base as Bacias Marítimas e o Plano Cartográfico para Mapeamento de Sensibilidade Ambiental, criado em 2002, que delimita três níveis de mapeamento: a) Estratégico - voltado para abranger bacias em sua totalidade (escala de 1:500.000); b) Tático - utilizado para litorais de bacias mapeadas (escala de 1:150.000); c) Operacional ou de Detalhe - para locais de alto risco/sensibilidade (escalas de 1:10.000 a 1:50.000) (BRASIL, 2012).

Com a implantação de portos além de outros empreendimentos de grande porte os municípios receptores destes tendem a crescer com relação a população, a qual está em busca de melhores condições de vida. A atividade portuária traz consigo uma série de alterações nas dimensões econômicas, sócio-culturais, espaciais e ambientais da cidade, que podem acarretar perturbações significativas no ambiente natural e urbano, a exemplo do desarranjo dos centros urbanos devido

aos intensos fluxos rodoviários de cargas pesadas e por vezes perigosas e a degradação das áreas urbanas próximas devido à obsolescência da própria estrutura portuária (PORTO; TEIXEIRA, 2002).

A erosão é um processo que ocorre de maneira natural, mas que pode ser intensificado a partir das interferências antrópicas. Com a intensa urbanização das orlas, principalmente a partir da década de 1970, este problema passou a ser tratado não apenas pelos estudos voltados para a compreensão dos processos físicos, mas também sob um enfoque socioeconômico tendo em vista os impactos causados nas construções urbanas (BARROS, 2005).

Processos erosivos muitas vezes são resultados de atividades antrópicas em regiões costeiras. Dentre as principais estruturas construídas na costa, as atividades portuárias merecem uma atenção especial, pelo fato de induzir em modificações territoriais em uma ampla escala (OLIVEIRA, 2011).

Na costa norte brasileira podem ser citados os estudos desenvolvidos por Gonçalves et al. (2011) para elaboração da Carta SAO para a margem direita da Baía de Guajará, incluindo, também a Ilha de Caratetua e o setor sul da Ilha de Mosqueiro; Boulhosa; Souza Filho (2008) que reconheceram e mapearam os ambientes costeiros para geração de Cartas SAO na costa nordeste do Estado do Pará; Boulhosa; Mendes (2008) que efetuaram o mapeamento dos índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo nos sedimentos de fundo e de margem na região portuária de Vila do Conde, Barcarena/PA; Teixeira (2006) que faz a análise de imagens de sensores remotos orbitais para o mapeamento de ambientes costeiros tropicais e de ISA para o Golfão Maranhense; e Souza Filho et al (2004) que faz uma adaptação dos Índices de Sensibilidade Ambiental pra realidade amazônica, sendo que a metodologia deste ultimo é utilizada neste trabalho. Entretanto, as escalas de mapeamento adotadas nesses trabalhos não permitiram maior detalhamento dos setores, notadamente no que concerne às praias, que estão sob forte influência de atividades portuárias, como é o caso da margem direita do rio Pará, no Município de Barcarena.

Foi determinada para o presente trabalho, a escala de detalhamento de 1:10.000, que são utilizadas em Cartas SAO de locais específicos, em escalas muito grandes (apresentando, com elevado grau de detalhe, informações sobre pontos de alto risco/sensibilidade), até então inédita para o local, devido área de estudo estar

localizada na zona de influência dos complexo portuário de Vila do Conde. Esta apresenta um alto risco de derramamento de óleo devido este setor ter como escopo a movimentação de cargas (minérios) e descarga de óleo combustível e soda caustica para o complexo industrial do município.

Diante do exposto o presente estudo objetivou avaliar a sensibilidade ambiental das praias do Caripi, Itupanema e Vila do Conde, localizadas no município de Barcarena no estado do Pará, relacionada à processos erosivos e a poluição/contaminação por óleo a partir de características geoambientais e de urbanização. Essas áreas que apresentam expressivo contingente populacional, que utiliza os recursos naturais e as potencialidades turísticas e de lazer, estão inseridas na área de influência direta dos complexos – industrial e portuário – ali existentes e, por essa razão, as atividades socioeconômicas podem ser potencialmente prejudicadas, caso ocorra derramamento de óleo nas águas que as bordejam.

Nesse contexto e na escala de mapeamento proposta, espera-se que a cartografia dos índices SAO em escala operacional ou de detalhe, venham a trazer valioso contributo não somente para planos de contingenciamento de derramamentos de óleo, mas também, reforçar os instrumentos políticos e administrativos de ordenamento territorial local.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Elaborar Cartas de Sensibilidade Ambiental à erosão e ao derramamento de óleo para as praias do Caripi, Itupanema e Vila do Conde, em escala 1:10.000.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar feições geoambientais;
- Utilizar técnicas de sensoriamento remoto para a elaboração de mapas de sensibilidade ambiental;
- Identificar os Índices de Sensibilidade Ambiental – ISA baseados na metodologia proposta por Souza Filho et al. (2004);
- Determinar os níveis de sensibilidade a erosão e urbanização das referidas praias.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. GEOPROCESSAMENTO

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de ferramentas necessárias para manipular informações espacialmente referidas, utilizando técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, planejamento, dentre outros. Esta área tem como instrumento de integração de dados os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que permitem a realização de análises complexas, com a possibilidade da criação de um banco de dados georreferenciados (BARCELLOS; RAMALHO, 2002).

As ferramentas geotecnológicas, dão embasamento para trabalhos, afim de, delimitar e monitorar as áreas que se pretendem realizar as determinadas análises, propondo assim, o aperfeiçoamento em novas técnicas de reconhecimento espacial através de mapas ou cartas que sejam temáticos (OLIVEIRA, 2004). Os equipamentos utilizados são extremamente úteis relacionados a visualização da área de estudo, com o objetivo de ser prático e de se ter informações com mais rapidez, e devido a isto, a disponibilidade de informações espaciais é o ponto de partida para a tomada de decisões, quando se relaciona com a preocupação ambiental (SIMÕES, 2008).

3.2. SENSORIAMENTO REMOTO

Sensoriamento remoto é um termo utilizado na área das ciências aplicadas que se refere à obtenção de dados de alvos à distância. A atividade deste está relacionada com um conjunto de técnicas de aquisição, processamento e análise de dados coletados por sensores remotos que vão desde ao olho nu até os sensores orbitais (BRASIL, 2008).

Devido a suas diferentes propriedades físicas e composições químicas, a variedade de materiais na superfície da Terra emite, reflete ou absorve a radiação eletromagnética em diferentes formas. Sensores são capazes de registrar o comportamento destes diferentes materiais quando da interação com o fenômeno

físico ao longo do espectro eletromagnético, e estabelecer a relação existente entre eles, o qual pode ser entendido e interpretado através das técnicas de processamento de imagens. Os tipos de dados de sensoriamento remoto a serem adquiridos dependem do tipo de informação necessária, do tamanho e da dinâmica dos objetos ou fenômenos estudados (NOVO; PONZONI, 2001).

A utilização das tecnologias de sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográfica (SIG) contribui muito na elaboração de mapas de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo, principalmente na caracterização e identificação de áreas de difícil acesso ou que possuam cartografia inexistente ou desatualizada.

O uso de dados de sensores remotos orbitais permite a produção de mapas atualizados, e em escala adequada, com maior rapidez e menor custo, em função da precisão e periodicidade de obtenção (GONÇALVES, 2005).

3.3. ÍNDICE DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL

O Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA) representa uma hierarquização da sensibilidade dos diversos ambientes costeiros, estuarinos e fluviais, levando em consideração a interação do óleo com as comunidades biológicas, as características geomorfológicas e sedimentares dos referidos ambientes, bem como seus aspectos socioeconômicos (GONÇALVES, 2005).

Este índice é classificado em uma escala que varia de 1 a 10 levando em consideração os ambientes costeiros, sendo que a sensibilidade do ambiente é definida quanto maior for o seu índice. Esta classificação é baseada em um entendimento completo do ambiente, sua composição e funcionamento, incluindo as relações entre os processos físicos e o substrato, que produzem tipos específicos de ambientes e permitem prever padrões de comportamento e transporte do óleo derramado (NOAA, 2002).

Com base neste, Souza Filho et al. (2004) propuseram uma classificação de ISA com adaptações para zona costeira amazônica, que foi modificada da proposta criada pela NOAA (2002). Ademais, Gonçalves (2003) e Gonçalves; Souza Filho (2004) usaram essa adaptação para classificar os ambientes da região flúvio-

estuarina da Baía de Guajará (Belém-PA), adaptação essa, que foi adotada neste trabalho para com relação ao litoral do município de Barcarena.

A identificação e mapeamento das áreas sensíveis a derramamentos de óleo tiveram sua origem nos planos de contingência dos Estados Unidos, em meados dos anos 70, que se baseavam apenas nas características geomorfológicas do ambiente (SÃO PAULO, 2002), desde então esse processo vem sendo aprimorado por diversos estudos, cabendo ao Ministério do Meio Ambiente padronizar as metodologias do mapeamento dessas áreas.

As Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo (Cartas SAO) constituem um componente essencial e fonte de informação primária para o planejamento de contingência e avaliação de danos em casos de derramamento de óleo, sendo que estas representam uma ferramenta fundamental para a detecção de ações de resposta a vazamentos de óleo, na medida em que, ao identificarem aqueles ambientes com prioridade de preservação e as eventuais áreas de sacrifício, permitem o correto direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza (BRASIL, 2004).

3.4. LEGISLAÇÃO PERTINENTE

Segundo Ministério do meio ambiente, para a elaboração de Cartas de Sensibilidade a Derramamento de Óleo, é necessário tomar como referência algumas leis e decretos que auxiliam neste processo, além de resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), as quais se resumem a seguir:

Lei Nº 9.966, de 28 de Abril de 2000 (Lei do Óleo)

Esta lei dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas e perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências e, prevê, em seu artigo nono que as entidades exploradoras de portos organizados e instalações portuárias e os proprietários ou operadores de plataformas e suas instalações de apoio deverão realizar auditorias ambientais bienais, independentes, com o objetivo de avaliar os sistemas de gestão e controle ambiental em suas unidades (BRASIL, 2000).

Decreto-Lei Nº 243, de 28 de Fevereiro de 1967

Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências (BRASIL, 1967).

Decreto Nº 89.817, de 20 de Junho de 1984

Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional (BRASIL, 1984).

Decreto S/Nº de 10 de Maio de 2000

Dispõe sobre a Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR e dá outras providências. Em seu artigo primeiro, prevê, no âmbito do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, a CONCAR, com atribuição de assessorar o Ministro de Estado na supervisão do Sistema Cartográfico Nacional, coordenar a execução da política cartográfica nacional e exercer outras atribuições nos termos da legislação pertinente (BRASIL, 2000).

A Resolução CONAMA Nº 269, 14 de Setembro de 2000

Regulamenta o uso de dispersantes químicos em derramamentos de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências (BRASIL, 2000).

Resolução CONAMA Nº 293, 12 de Dezembro de 2001

Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo originados em portos organizados, instalações portuárias ou terminais, dutos e plataformas, bem como suas respectivas instalações de apoio, e orienta a sua elaboração (BRASIL, 2001).

3.5. EROSÃO

Os processos erosivos ocorrem de forma natural no meio ambiente, porém gradualmente, provocando ao longo da evolução do planeta, mudanças no relevo e na vegetação (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). As intervenções antrópicas intensificam esses processos por meio da ocupação e uso intensivo do solo por

meio de diversas atividades. A erosão antrópica, identificada como erosão acelerada, remove paulatinamente as camadas superficiais do solo, chegando a formar sulcos e ravinas, quando há um escoamento torrencial de água (POLITANO et al., 1992).

A erosão é um processo que ocorre em duas fases: a remoção das partículas do solo e o transporte dessas por meio de agentes erosivos (CUNHA; GUERRA, 2010) e a textura do solo é um fator importante que afeta os processos de desagregação e transporte. Segundo Pereira (2000), os fatores de erosão do solo dependem de fatores, como por exemplo, a chuva, escoamento superficial, topografia do terreno, influências de maré, cobertura vegetal, dentre outros.

A erosão costeira caracteriza-se como perda ou deslocamento de sedimentos ao longo da costa, devido à ação de ventos, ondas, correntes, marés dentre outras ações. A linha costeira é um ambiente fortemente dinâmico, onde ocorrem processos erosivos que promovem mudanças na área a longo ou curto prazo, no que diz respeito a deposição e retiradas de sedimentos, caracterizados como avanço ou recuo da linha de costa respectivamente, podendo se tornar um problema principalmente para proprietários de estruturas instaladas no litoral (SCUDELARI et al., 2005).

Com relação as características da encosta levando em consideração os processos erosivos, a maior influência está no comprimento e na declividade das vertentes sendo que as mais íngremes facilitam a erosão dos solos, na medida em que aumentam o escoamento superficial (GUERRA, (1998); VITTE; MELLO, (2007); CUNHA (2006)).

Um dos fatores que contribuem para a aceleração da ocorrência dos processos erosivos é a ocupação indevida das margens das bacias hidrográficas a qual, tem comprometido, de forma implacável, a manutenção dos recursos hídricos e a redução da face costeira (SANTOS, 2007).

3.6. OCUPAÇÃO URBANA

Após a Revolução Industrial a ação antrópica para com o meio natural teve um aumento significativo. Uma das consequências da interferência do homem no meio é a alteração dos processos de dinâmica superficial que moldam o relevo, como é o

caso da intensificação dos processos erosivos e dos movimentos de massa em áreas de encostas (CERRI, 1999).

Segundo Lacerda (1999), as populações dos países tropicais tenderam a se concentrar, ao longo da história, às margens de rios e ao longo do litoral, tanto para facilitar o acesso ao interior como para assegurar o escoamento e exportação de seus produtos. Essa ocupação do litoral brasileiro tem sido feita de forma desordenada, sem a consulta de normas e critérios que garantam a conservação do ambiente, inclusive no aspecto de suas potencialidades econômicas e qualidade de vida da população.

A expansão da fronteira urbana sem critérios técnicos adequados, associada à segregação sócio-espacial na sociedade capitalista, incentivaram a ocupação desordenada de áreas geomorfologicamente frágeis ao uso urbano. Esse processo de ocupação do espaço tem gerado resultados negativos, como é o caso da instalação de áreas de risco geológico – geomorfológico (OLIVEIRA, 2004).

Entre os processos de dinâmica superficial desencadeadores de risco encontram-se as inundações/alagamentos, as erosões de margem de canais fluviais e os diversos tipos de movimentos de massa. Quando esses processos ocorrem em áreas densamente ocupadas, causam inúmeros prejuízos, tanto sociais quanto econômicos, podendo até ocasionar perdas de vida humana (DAL'ASTA et al., 2005).

4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Situado na meso região metropolitana de Belém, o município de Barcarena se limita ao norte pela Baía de Guajará e município de Belém, ao sul pelos municípios de Mojú e Abaetetuba, a leste pelo município de Acará e, a oeste, pela Baía do Marajó. A área está situada entre os paralelos $1^{\circ}17'S$ e $1^{\circ}40'S$ e meridianos $48^{\circ}49'W$ e $48^{\circ}33'W$ (Figura 01). Neste município estão localizadas as praias de Caripi, Itupanema e Vila do Conde (Figura 02), objeto deste estudo.

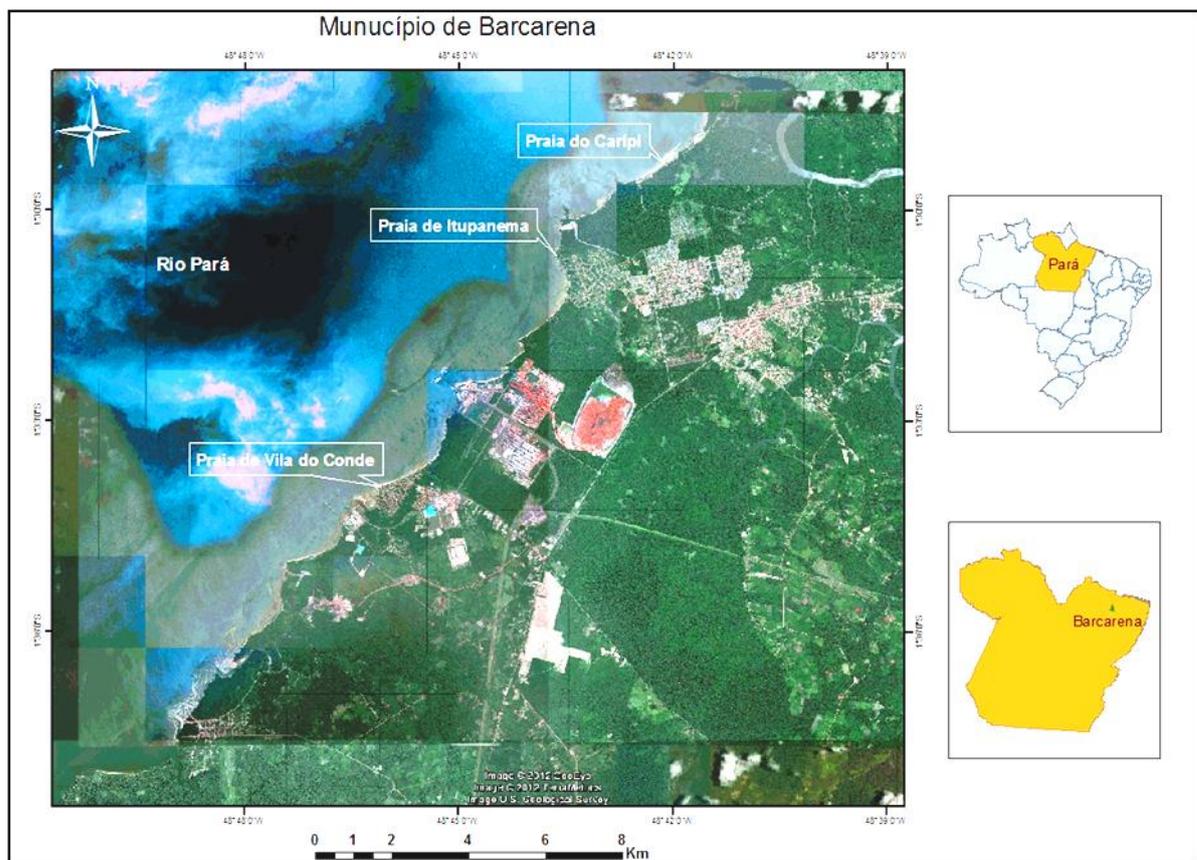


Figura 01: Localização da área de estudo.
Fonte: Imagem GeoEye -07/2010 – Google Earth.

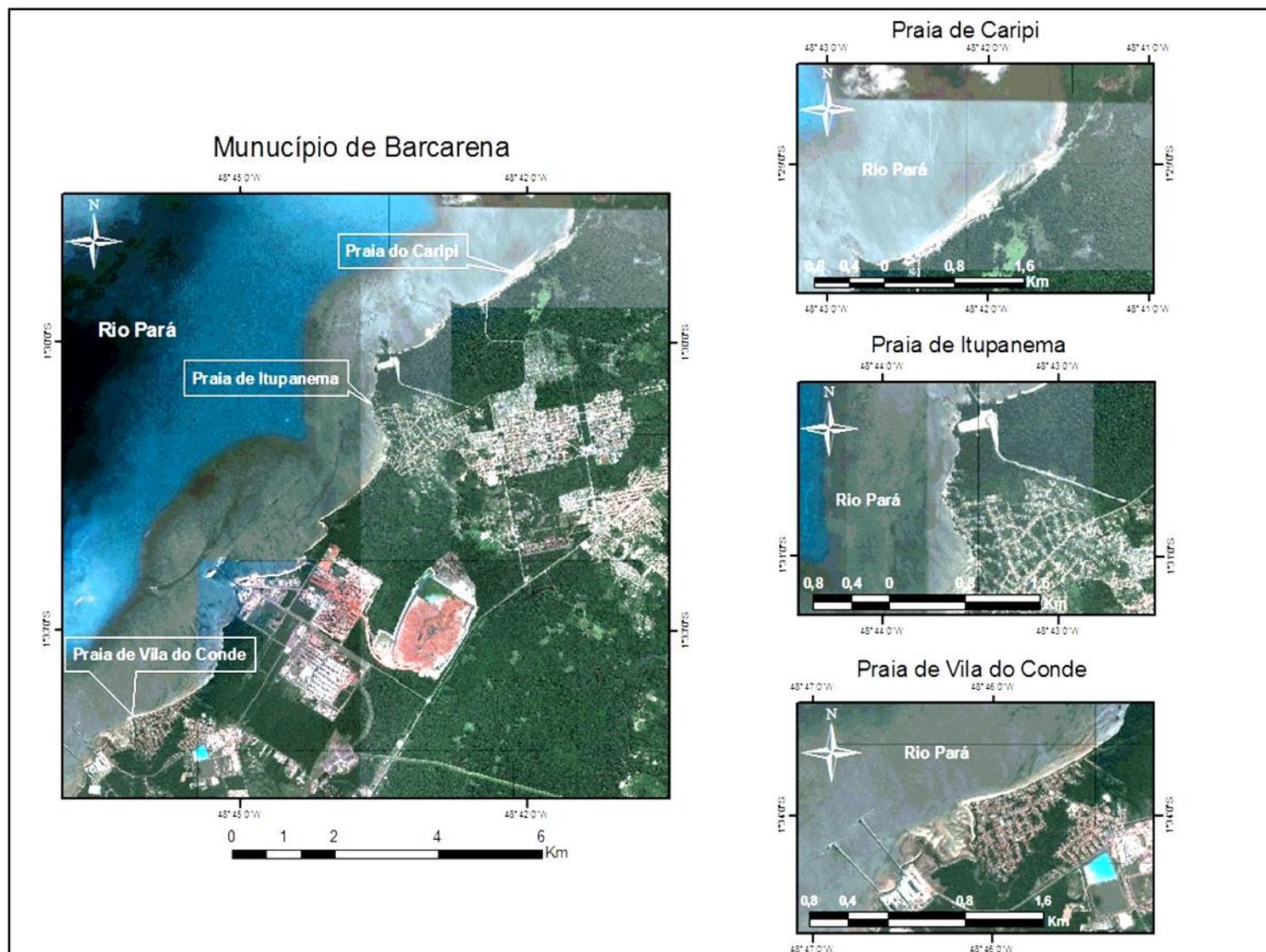


Figura 02: Localização das Praias de Caripi, Itupanema e Vila do Conde (Fonte: imagem GeoEye-07/2010 – Google Earth).

O acesso a Barcarena, tendo como ponto de partida a cidade de Belém, ocorre por barcos regulares de passageiros ou balsas que atravessam o complexo hídrico Guamá/Acará e aportam nos portos de Arapará ou São Francisco, ambos localizados no município de Barcarena, seguindo de ônibus ou carro pelas rodovias PA - 151 e PA 483. Outra forma de acesso é a utilização do complexo rodoviário da Alça Viária, a partir do Município de Marituba.

As áreas estudadas localizam-se no sistema de influência do Terminal Portuário de Vila do Conde, na margem direita do rio Pará, sendo esta, um dos pólos industriais do estado do Pará. Este setor tem como escopo a movimentação de cargas (minérios) e descarga de óleo combustível e soda cáustica para atender as empresas Albras-Alunorte, Imerys Rio Capim, Pará Pigmentos, entre outras.

O município de Barcarena apresenta destaque no contexto local, em função dos projetos industriais e atividades portuárias. Segundo dados do Censo IBGE (2010), atualmente, estima-se um contingente populacional de aproximadamente 100.000 habitantes.

Na região de Vila do Conde são definidas três unidades de relevo, planalto rebaixado (terra firme), planícies de inundação (várzea) e planície arenosa (praia). O planalto rebaixado corresponde ao terreno levemente ondulado, pouco drenado, compreendido em altitudes superiores a 10 m, o qual não sofre influência da ação das marés. Faz contato com a unidade de planície de inundação, e termina de forma abrupta (falésias) na margem do rio Pará (RODRIGUES, 2008).

As planícies de inundação são consideradas individualizadas devido o seu posicionamento geográfico, localizadas ao redor dos baixos cursos dos canais fluviais, com extensão lateral relacionada ao efeito de inundação causado pelas marés de enchente e vazante; e por fim a planície arenosa a qual se caracteriza pela presença de depósitos arenosos localizados, com extensão e largura reduzidos, constituídos por sedimentos de granulometria fina a média, ricos em quartzo e minerais pesados, cuja fonte está provavelmente associada ao retrabalhamento das margens e falésias que são feições características da região (BOULHOSA; MENDES, 2008).

A instalação de empresas de transformação mineral em Vila do Conde (décadas de 1980 e 1990) ocasionou o crescimento populacional de forma intensa, o que vem causando diversos problemas socioambientais (SILVA; BORDALO, 2010).

A geologia pouco varia, sendo o arcabouço geológico constituído por sedimentos terciários (Formação Barreiras) presentes na porção continental do município, e do Quaternário, nas margens e calhas dos rios, constituindo a porção insular que predominam sobre a sedimentação da Formação Barreiras (SEPOF, 2005).

Na classificação das formas de relevo adotadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2000), a área de trabalho insere-se nos Planaltos Costeiros. As formas de relevos abaixo da cota topográfica de 2 m, onde estão localizadas as “praias fluviais” (Conde, Ponta Grossa, Guajará de Itupanema e do Caripi), e sua continuação para dentro do rio Pará, são classificadas como as Terras Firmes Submersas, pois sofrem ação das marés fluviais. Dentre as falésias destas praias, entre as cotas topográficas de 2 m até 5 m, estão as Terras Firmes Emersas. Entre 5 m e 10 m de cota topográfica estão as Terras Altas, enquanto os Platôs ocorrem acima da cota de 10 m (PLANAVE, 2005).

Segundo Boulhosa; Mendes (2008), na região de Barcarena existem três unidades morfoesculturais (Planalto Rebaixado da Amazônia, Planície Amazônica e Sistema Antropogênico) e cinco unidades morfológicas (terra firme, planície aluvial, praias fluviais, canais de maré, e área urbanizada), (Figura 03), a partir da abordagem proposta por Ross (1996), que estabeleceu táxons para classificação geomorfológica.

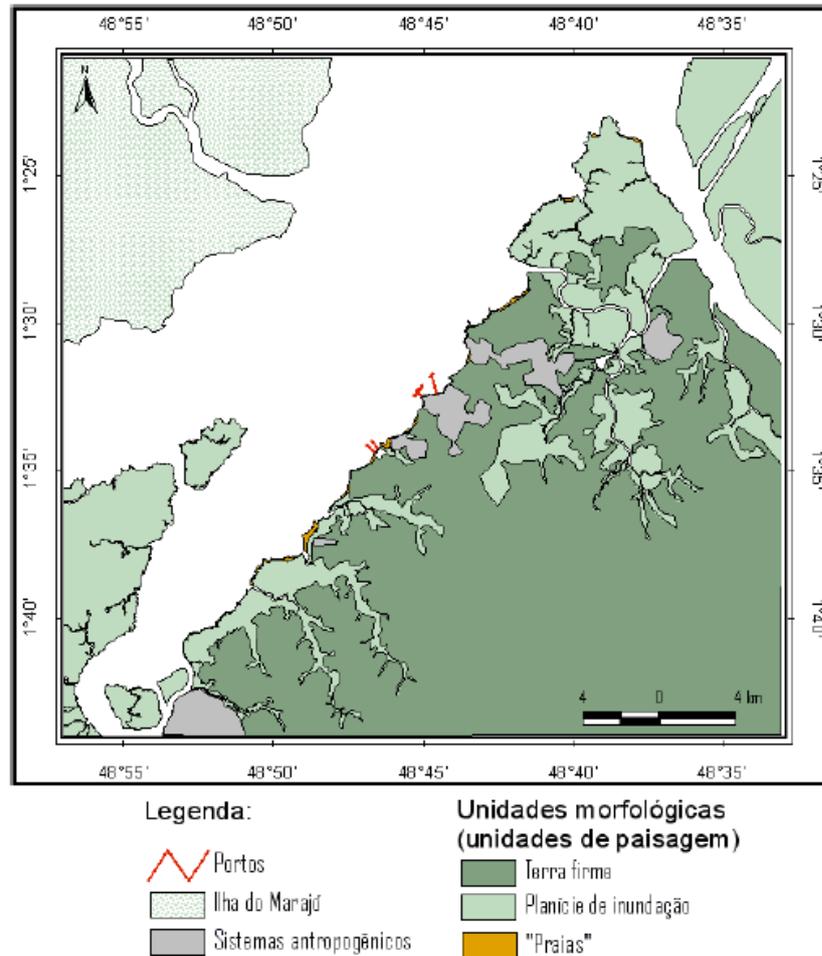


Figura 03: Mapa de unidades de paisagem da área de influência do porto de Vila do Conde.
Fonte: (BOULHOSA; MENDES, 2008).

A Região do Distrito de Vila do Conde, ao sudoeste do Município de Barcarena foi escolhida para sediar o complexo industrial-portuário. Entre os fatores que controlam a localização do complexo descreve-se a proximidade de Belém; a energia a baixo preço gerada pela Usina Hidrelétrica de Tucuruí – PA; água barata; infra-estrutura e os incentivos fiscais concedidas pelo Governo do Estado, além do baixo preço da terra; mão-de-obra barata e níveis de salários baixos (NOGUEIRA, 2000).

Adjacente ao porto encontra-se o Complexo Alumínico constituído pelas unidades da ALUNORTE – Alumina do Norte do Brasil S.A., ALBRAS – Alumínio Brasileiro S.A, ALUBAR – Alumínios de Barcarena S.A. e o pólo caulínifero, constituído pelas empresas Pará Pigmentos S.A e Imerys Rio Capim Caulim S.A., causando, assim, uma eficiente ligação da região com o resto do mundo em vista de seu privilegiado posicionamento geográfico, as grandes extensões de frente

acostável com seus sete berços de atracação, calado de 14 metros, fácil acesso marítimo, fluvial e rodoviário, ampla disponibilidade de áreas para expansão, reduzidos custos com manutenção e infraestrutura (dragagem, balizamentos e cais) e a total integração entre porto e os municípios vizinhos (COMPANHIA DOCAS DO PARÁ, 2013).

As praias de Itupanema e Caripi estão inseridas no Setor Continental Estuarino, onde as praias estão ligadas às influências do rio Pará e de barrancos dos sedimentos do Grupo Barreiras. As praias são reflectivas e intermediárias, com uma orla caracterizada por sucessivos promontórios e enseadas (FARIAS 2004 apud ALVES et al. op. cit. 2005). Entretanto, na Praia de Itupanema, ocorre na faixa intermaré, um depósito sedimentar com três setores: um setor composto de lamas orgânicas com grande quantidade de restos vegetais (galhos, folhas e raízes), chegando a ter entre 30-50 cm expostos pela erosão da praia, um setor intermediário com sedimentos lamosos com areia e o terceiro setor com sedimentos arenosos com matéria orgânica e arenosos com lama (RIBEIRO, 2007).

5. METODOLOGIA

A metodologia está baseada na combinação de levantamento de dados bibliográficos e cartográficos pretéritos (secundários), aquisição e processamento de imagens *GeoEye*, trabalhos de campo, análises laboratoriais e integração dos dados em ambiente *SPRING 5.0.5*. As etapas metodológicas são apresentadas a seguir:

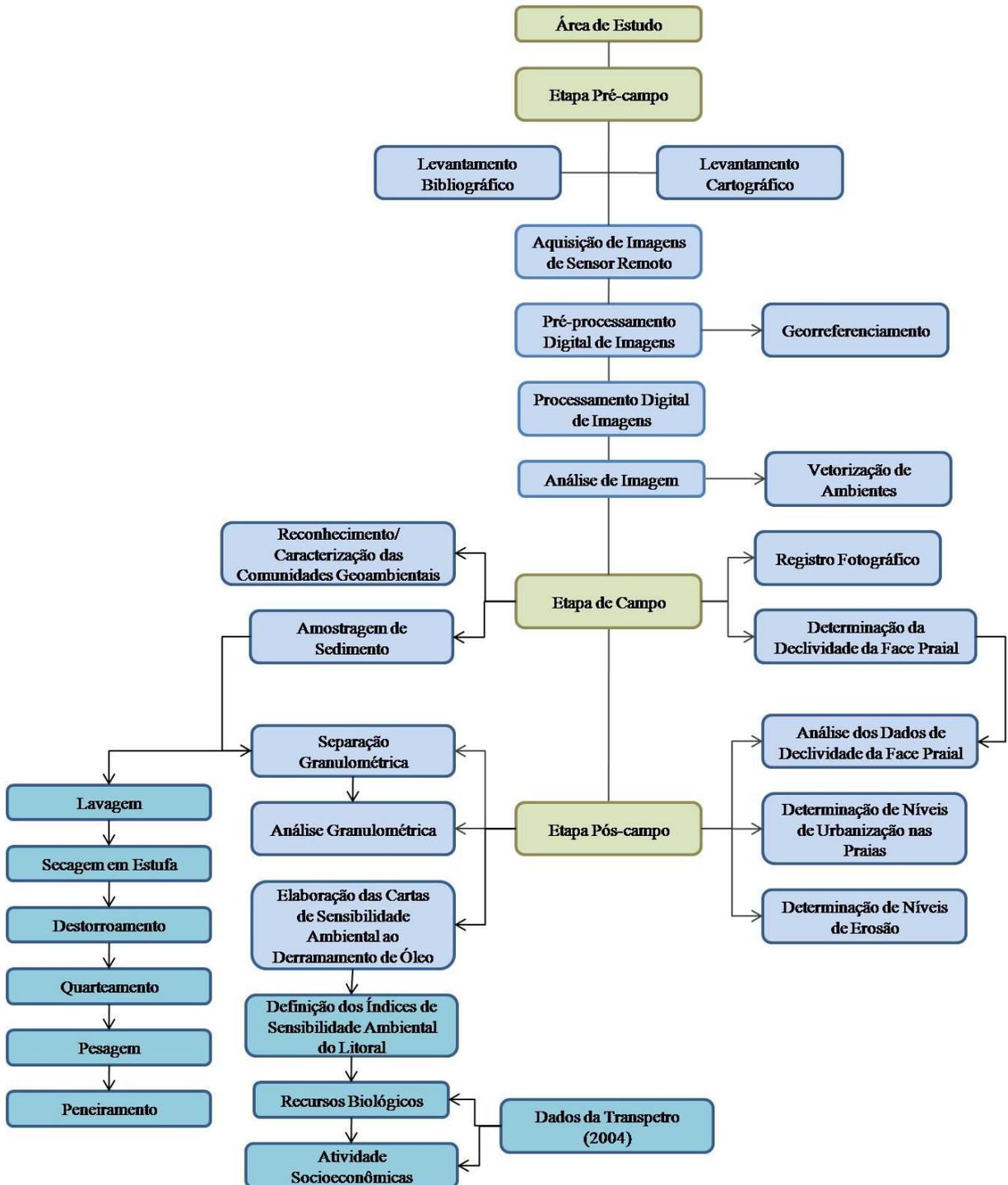


Figura 04: Fluxograma representando a metodologia adotada no trabalho.

5.1. ETAPA PRÉ-CAMPO

5.1.1. Levantamento Bibliográfico e Cartográfico

Os dados secundários foram coletados com a finalidade de estabelecer a fundamentação teórica para o desenvolvimento das diferentes etapas do trabalho, assim como para a caracterização geoambiental da área de estudo.

Foram consultadas bases de dados online hospedadas em sites técnico-científicos e acadêmicos, entre eles o da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), de instituições públicas como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e privadas como o da Companhia Docas do Pará (CDP). Adicionalmente foram realizadas pesquisas em bibliotecas especializadas (Museu Paraense Emílio Goeldi, Universidade Federal do Pará).

O levantamento cartográfico e de produtos de sensores remotos possibilitaram a aquisição de produtos cartográficos como mapas em formato digital e imagens de sensores remotos disponíveis (imagens de satélite óptico), com o intuito de visualização espacial dos elementos paisagísticos para complementação das informações referente às características da área de estudo.

5.1.2. Aquisição de Imagem de Sensor Remoto

Imagens orbitais de alta resolução espacial do satélite *GeoEye-1* foram adquiridas mediante download através do *Google Earth Professional*, um aplicativo completo de pesquisa e apresentação de dados geográficos, que possibilita navegação por imagens de satélite de todo o planeta, inclusive em imagens de alta resolução, além de possibilitar, em alguns casos, uma visão tridimensional de uma determinada localidade.

Após o levantamento supracitado, foi selecionada uma imagem multiespectral datada de 31 de Julho de 2010, que apresentou melhor qualidade para a identificação dos alvos. As características técnicas da imagem estão sintetizadas na tabela abaixo:

Tabela 01: Informações referentes às características da imagem utilizada no trabalho.

Sensor	GeoEye
Resolução espacial	1,64m / Multiespectral – 0,41m / Pancromática
Tipo de imagem	Pancromática e Multiespectral
Data da Cena	31/07/2010
Formato	GeoTIFF
Pixels	5,79 x 5,79m
Altitude de captura	26,5 km

Cabe ressaltar que no *Google Earth Professional* não são disponibilizadas informações de processamento realizado nas imagens *GeoEye*, mas como estas são apresentadas em composição colorida, subentende-se que foram utilizadas informações multiespectrais do sensor, sendo que este captura imagens das faixas espectrais ao longo do visível (vermelho, verde e azul) e infravermelho.

5.1.3. Pré-processamento Digital de Imagens

Para esta etapa foi realizado apenas a etapa de georreferenciamento, mediante a boa qualidade de imagem, fazendo com que não fosse necessária a realização de correções radiométricas.

5.1.3.1. Georreferenciamento

As imagens geradas por sensores remotos (fotografias aéreas ou imagens de satélite) estão sujeitas a uma série de distorções espaciais, não possuindo, assim, precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies ou fenômenos nelas representados.

Segundo Crósta (1993), para corrigir as imagens de sensores remotos deve-se calcular a relação entre elas e outro sistema de coordenadas que, pode ser de duas formas: através do conhecimento exato dos parâmetros geométricos da órbita do satélite e de outras variáveis (modelo de geometria orbital) ou pela definição de pontos de controle no terreno (*Ground Control Points – GCPs*), que devem ser feições reconhecíveis nos dois sistemas.

O georreferenciamento foi utilizado, uma vez que, para realizar a importação da imagem para o Sistema de Informação Geográfica (SIG), esta precisa estar de

acordo com os padrões exigidos neste ultimo, ou seja, o mesmo só importa dados já georreferenciados.

Para o georreferenciamento da imagem foi utilizado o *software Global Mapper 8.0* realizando a interface pontos de controle-imagem, onde utilizou-se as coordenadas (latitude e longitude) do *software Google Earth Professional* (Figura 05).

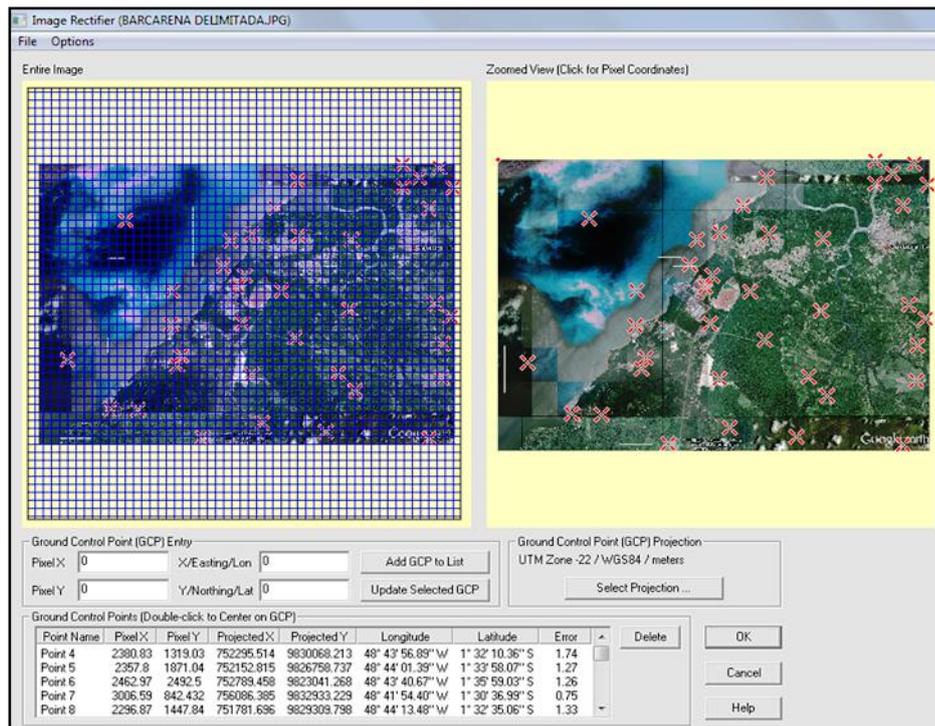


Figura 05: Realização da correção geométrica através do *software Global Mapper 8.0*, destacando a localização dos pontos de controle utilizados para a correção.

Para a realização do processo de correção geométrica, foi utilizada a técnica de mapeamento direto que estabeleceu uma relação entre coordenadas de imagem (linha e coluna) e coordenadas geográficas (latitude e longitude), utilizando pontos de controle (Tabela 02), que apresentaram erro máximo de 1,74 pixels, os quais foram identificados através de locais perfeitamente correlacionáveis para definir a posição dos pixels na imagem corrigida, sendo eliminadas as distorções existentes definindo assim o espaço geográfico ocupado pelas imagens.

Tabela 02: Caracterização dos pontos de controle coletados.

Pontos	Pixel X	Pixel Y	Longitude	Latitude	Erro Máximo
Ponto 1	2380.83	1319.03	48°43'56.89"W	1°32'10.36"S	1.74
Ponto 2	2357.8	1871.04	48°44'01.39"W	1°33'5807"S	1.27
Ponto 3	2462.97	2492.5	48°43'40.67"W	1°35'59.03"S	1.26
Ponto 4	3006.59	842.432	48°41'54.40"W	1°30'36.99"S	0.75
Ponto 5	2296.87	1447.84	48°44'13.48"W	1°32'35.06"S	1.33
Ponto 6	2133.68	1196.85	48°44'45.07"W	1°31'46.35"S	0.85
Ponto 7	4652.04	2521.34	48°36'33.03"W	1°36'04.61"S	1.01
Ponto 8	4504.39	522.377	48°37'01.69"W	1°29'33.93"S	0.71
Ponto 9	4197.63	268.433	48°38'01.79"W	1°28'44.24"S	1.63
Ponto 10	4197.63	6.21585	48°38'01.39"W	1°27'53.14"S	1.06
Ponto 11	4384.6	157.846	48°37'24.97"W	1°28'23.14"S	1.58
Ponto 12	4780.11	278.075	48°36'07.74"W	1°28'46.18"S	0.38
Ponto 13	4625.88	43.1781	48°36'37.72"W	1°28'00.61"S	1.43
Ponto 14	4507.25	3250.79	48°37'01.20"W	1°38'27.50"S	1.09
Ponto 15	4666.48	2119.09	48°36'30.20"W	1°34'46.31"S	0.74
Ponto 16	4577.74	1653.08	48°36'47.56"W	1°33'14.80"S	1.54
Ponto 17	821.7	2893.62	48°49'01.82"W	1°37'17.36"S	0.74
Ponto 18	1145.51	2911.47	48°47'58.38"W	1°37'20.97"S	0.22
Ponto 19	1643.66	2261.04	48°46'20.99"W	1°35'13.84"S	0.76
Ponto 20	1590.52	2386.01	48°46'31.24"W	1°35'38.50"S	0.98
Ponto 21	3587.45	1725.39	48°40'01.06"W	1°33'29.38"S	0.51
Ponto 22	3657.73	2685.65	48°39'47.45"W	1°36'36.91"S	0.44
Ponto 23	3435.14	2476.32	48°40'27.05"W	1°35'56.00"S	0.46
Ponto 24	2804.42	1501.7	48°42'34.18"W	1°32'45.77"S	0.88
Ponto 25	3315.73	3160.6	48°40'54.33"W	1°38'09.70"S	0.42
Ponto 26	2571.81	3060.95	48°43'19.54"W	1°37'50.18"S	0.49
Ponto 27	1889.55	3242.96	48°45'32.94"W	1°38'25.71"S	0.30
Ponto 28	2960.11	2056.41	48°42'03.64"W	1°34'34.15"S	0.80
Ponto 29	3611.86	895.329	48°39'56.30"W	1°30'47.06"S	0.73
Ponto 30	1530.34	1496.7	48°46'43.19"W	1°32'44.59"S	1.16
Ponto 31	328.218	2318.18	48°50'38.21"W	1°35'25.16"S	0.42
Ponto 32	1005.04	665.24	48°48'25.51"W	1°30'02.59"S	1.10
Ponto 33	4753.5	1806.85	48°36'13.18"W	1°33'45.15"S	0.36
Ponto 34	2988.92	198.44	48°41'57.60"W	1°28'31.16"S	1.42
Ponto 35	2727.5	517.338	48°42'48.97"W	1°29'33.13"S	1.46
Ponto 36	2464.95	832.021	48°43'40.58"W	1°30'34.76"S	1.42
Ponto 37	1525.64	1894.67	48°46'43.90"W	1°34'02.36"S	0.94
Ponto 38	2209.59	907.8	48°44'30.51"W	1°30'49.82"S	1.27

Desta forma foram selecionados 38 (trinta e oito) pontos de controle geograficamente bem distribuídos na área (Figura 06), atribuída a função polinomial 4+ GCPs e realizada a interpolação pelo método vizinho mais próximo, resultando em um georreferenciamento com RMS (margem do erro geométrico) inferior a 3.0

pixels. O Datum de referência utilizado foi o *World Geodetic System-84 (WGS84)*, no sistema de coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*).

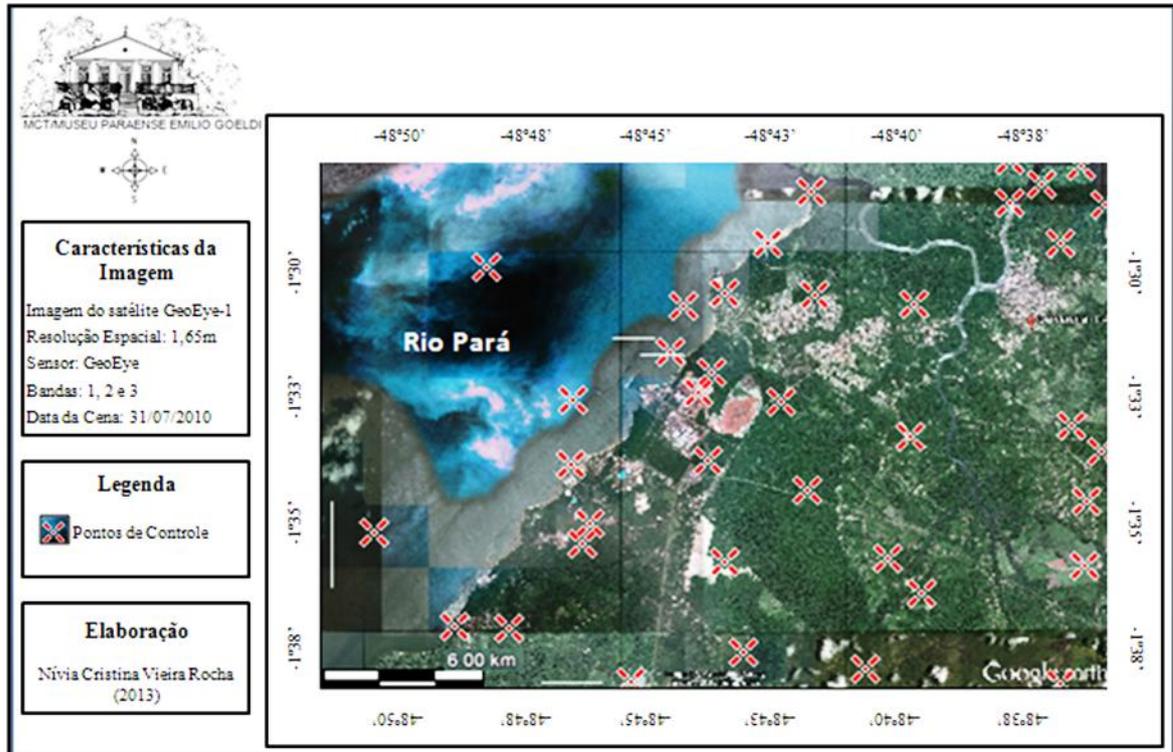


Figura 06: Seleção e posicionamento dos pontos de controle.

O teste de validação do georreferenciamento foi realizado através da plotagem na imagem georreferenciada de *shapes* (linhas fixas (estradas)) coletadas na imagem original para avaliar o grau de superposição.

5.1.4. Processamento Digital de Imagens

O processamento digital de imagens engloba as várias operações com o objetivo de otimizar a extração de informações e, portanto, ajudar a interpretação da imagem, que envolve a detecção e reconhecimento de elementos ou características da superfície terrestre registradas numa imagem e a sua classificação, sendo assim, devido apresentar boa resolução para a realização da interpretação, não foi necessário, para a imagem adquirida, a realização desta ação.

5.1.5. Análise de Imagem

5.1.5.1. Vetorização de Ambientes

Nesta etapa houve a delimitação das áreas referentes a cada um dos ambientes identificados, onde foram criados polígonos com áreas diferentes. Estes vetores foram gerados no *Google Earth Professional*, onde foi possível distinguir com clareza todos os ambientes da área de estudo.

Os vetores foram em seguida exportados do *Google Earth Professional*, importados no programa *ArcGis 9.3*. para compor as Cartas SAO.

5.2. ETAPA DE CAMPO

Para a definição dos índices de sensibilidade ambiental à erosão e urbanização foi necessária a observação sobre os aspectos geoambientais que incluem os principais ecossistemas presentes, largura e declividade da face da praia, presença de construções e barracas, indicativos de erosão, nível de preservação da paisagem natural, ocorrência de poluição, usos e tipo de acesso.

Diante do exposto, a etapa de campo foi realizada em abril de 2013 sendo destinada a coleta de amostras de sedimento, determinação da declividade da face praial, verificação de processos erosivos e de urbanização e reconhecimento *in loco* das praias de Caripi, Itupanema e Vila do Conde.

Os acessos a cada local foram realizados em campo por observação e registro das rotas em tempo real com GPS acoplado ao *software TrackMaker PRO*.

5.2.1. Determinação da Declividade da Face Praial

O levantamento dos dados da declividade praial foi elaborado a partir do método de determinação de ângulo com utilização de clinômetro tipo Abney, conforme descrito em Lima et al. (2010).

O método necessita ser realizado por duas pessoas e consiste, primeiramente, em realizar a medida da altura dos olhos de uma das pessoas em uma haste ou régua topográfica e, em seguida, uma segunda pessoa desloca-se com a haste perpendicularmente a linha de preamar percorrendo uma distância de 10 metros,

medida com uma trena (Figura 07). Após este processo o primeiro observador faz coincidir a marca na luneta do aparelho com a altura do olho na haste, deslocando o nível de bolha para a posição horizontal. O valor da declividade corresponderá ao ângulo formado a partir da diferença entre a leitura referente à altura dos olhos do observador e a leitura realizada no perfil de deslocamento.

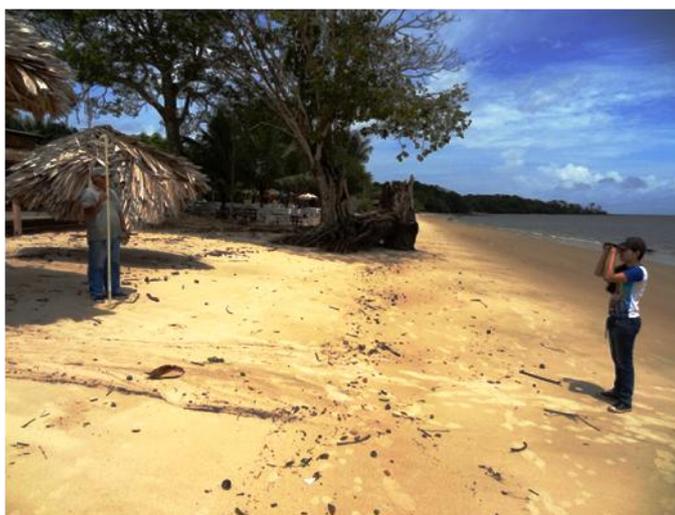


Figura 07: Método de determinação da declividade com a utilização de clinômetro.

Para cada setor das praias foi realizada uma medida, ou seja, nas praias de Caripí e Itupanema foi realizada uma verificação para cada uma destas, sendo que em Vila do Conde foram realizadas duas, totalizando quatro medições.

Cabe ressaltar que a leitura da declividade é realizada nas escalas interna e externa (Figura 08), sendo que a primeira representa a declividade expressa em porcentagem e na segunda a declividade é lida em graus.

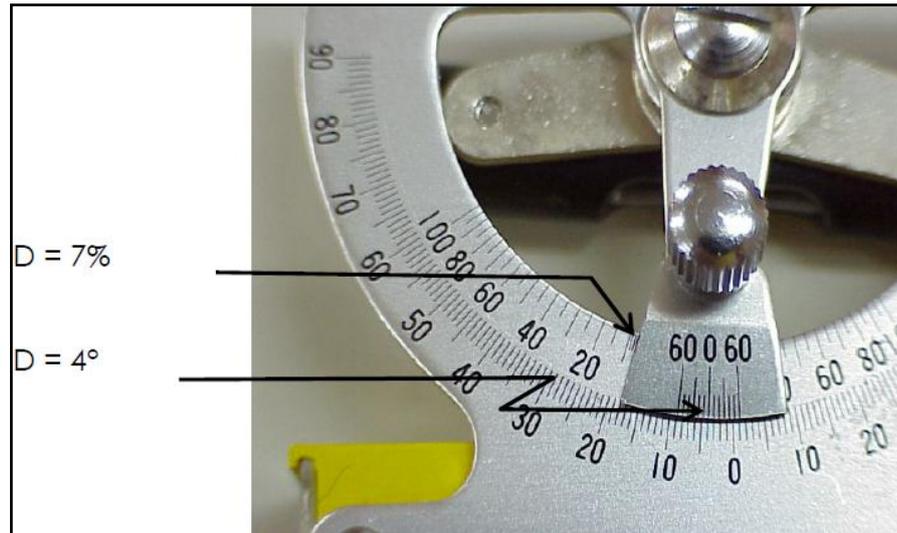


Figura 08: Esquema de determinação da declividade do terreno empregando o clinômetro tipo Abney. **Fonte:** (LIMA et. al., 2010).

5.2.2. Amostragem de Sedimento

Foram realizadas coletas sistemáticas de sedimentos superficiais na zona intermaré das praias. As amostras dos sedimentos arenosos foram coletadas com auxílio de uma colher de pedreiro (Figura 09) e acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados sendo armazenados em caixas de plástico, para envio ao Laboratório de Sedimentologia do Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG, para realização de análises granulométricas.



Figura 09: Coleta de amostras de sedimentos arenosos.

Foram coletadas quatro amostras (01 em cada praia estudada) sendo que a praia de Vila do Conde foi dividida em dois setores, assim, nesta, foram coletadas duas amostras, cujos pontos de coleta foram devidamente georreferenciados (Tabela 03), mediante utilização de sistema de posicionamento global (GPS) *Garmin Etrex Legend HCX*, possibilitando também a utilização da navegação em tempo real, pelo *Software TrackMaker Professional*.

Tabela 03: Identificação e localização dos pontos de coletas de amostras e análise de ambientes.

Pontos	Coordenadas		Praias
	Latitude	Longitude	
P1CARIPI-01	1°29'29.86"S	48°42'22.16"O	Caripi
P2ITUPANEMA-01	1°30'38.14"S	48°43'38.59"O	Itupanema
P3VCONDE-01	1°33'58.43"S	48°46'7.64"O	Vila do Conde
P4VCONDE-02	1°33'55.75"S	48°46'8.27"O	Vila do Conde

5.2.3. Registro dos Aspectos Geoambientais

Para a delimitação de cada segmento as praias foram percorridas a pé. Para o registro e descrição dos setores foi utilizado o critério da homogeneidade das características geomorfológicas e ecossistêmicas. As ocorrências de feições ou elementos pontuais em trechos onde a feição predominante era diferente da feição adjacente, foram mapeadas como pontos, fotografadas e suas coordenadas registradas em GPS.

Foram levantadas informações referentes à localização e caracterização dos ambientes físicos (tipos de sedimento, declividade, vegetação), assim como o estado de conservação dos mesmos; o uso e ocupação (áreas e estruturas de pesca, lazer, comércio, ocupação) e possíveis fontes de comprometimento da qualidade ambiental.

5.3. ETAPA PÓS-CAMPO

Nesta etapa foram realizadas as análises granulométricas, análise da declividade da face praial, elaboração dos mapas de sensibilidade ambiental, e análise dos processos erosivos e de urbanização.

5.3.1. Análise dos Dados de Declividade da Face Praial

Foi utilizada a metodologia proposta por Brasil (2004). Cabe ressaltar que a inclinação do litoral determina a extensão da zona intermarés e, conseqüentemente, o seu efeito na reflexão e quebra das ondas. Esta inclinação pode ser caracterizada como alta (maior que 30°), moderada (entre 30° e 5°) e pequena ou plana (menor que 5°).

Esta análise corresponde a um dos instrumentos de determinação dos Índices de Sensibilidade Ambiental a Derramamento de Óleo já que leva em consideração os aspectos relativos ao alcance e tempo de permanência do óleo, sendo que em litorais muito inclinados, levam ao rompimento abrupto e reflexão das ondas, e o tempo de permanência do óleo será, provavelmente, mínimo, com rápida limpeza natural da área atingida; e em costas de baixa declividade, o tempo de permanência do óleo é mais prolongado havendo menor ação de limpeza natural.

3.3.2. Separação Granulométrica

O termo granulometria significa medida de tamanho dos grãos (SUGUIO, 1973), onde sua análise permite estabelecer a distribuição quantitativa das partículas em um dado ambiente sedimentar e/ou pedológico. A proporção das classes granulométricas que compõem o sedimento e/ou solo constitui a textura, a qual se refere principalmente às proporções de areia, silte e argila (CAMARGO FILHO, 2005).

A metodologia aplicada ao processamento das amostras envolveu alguns métodos tradicionalmente utilizados nos estudos sedimentológicos para análise de granulometria (Figura 10), vastamente difundidos na literatura especializada (SUGUIO, 1973).

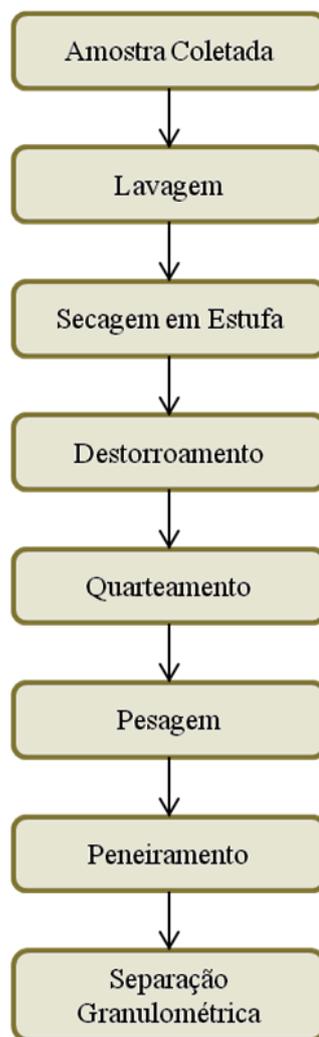


Figura 10: Fluxograma das atividades laboratoriais com Sedimentos.

As amostras de sedimentos arenosos foram lavadas com água corrente. Para completa retirada de constituintes que poderiam causar erros na análise. Posteriormente foram submetidas à secagem em estufa a 70° C (Figura 11). Em seguida foi realizado procedimento de destorroamento para homogeneização da amostra para o processo de quarteamento (Figura 12). De cada amostra seca, foi retirada uma fração de 120g (Figura 13) para a realização do peneiramento à seco.



Figura 11: Amostras de sedimentos arenosos. **Figura 12:** Processo de quarteamento da amostra.



Figura 13: Pesagem das amostras.

Foram utilizadas peneiras com abertura de malha de 0,500 mm (areia grossa), 0,250 (areia média), 0,125 (areia fina) e 0,063 (areia muito fina), sobrepostas nesta ordem. Este conjunto foi submetido à agitação em um peneirador automático por 15 minutos (Figura 14).



Figura 14: Peneirador vibratório para separação mecânica dos grãos de sedimento.

Com base no peso de cada fração granulométrica retida em cada peneira foram calculados os parâmetros estatísticos de distribuição (mediana, média, grau de selecionamento, assimetria e curtose) e definida a classificação textural.

5.3.3. Análise Granulométrica

Os critérios de determinação dos parâmetros estatísticos, como a distribuição de frequência do tamanho das partículas, diâmetro médio, desvio padrão, assimetria, curtose, grau de seleção e classificação textural, teve como base o método proposto por Folk; Ward (1957).

A determinação e análise dos parâmetros granulométricos foram realizadas com o auxílio do *software SisGran 2.4*, que fornece a classificação quanto ao tamanho do grão predominante, ao grau de seleção, à assimetria e à curtose. Os histogramas das porcentagens acumuladas da granulometria do sedimento em escala phi, também foram gerados neste *software*.

5.3.4. Determinação de Níveis de Urbanização nas Praias

Para definição do grau de ocupação urbana na face praial, foi utilizada a metodologia proposta por Esteves et al. (2003), que leva em consideração os seguintes parâmetros: (a) nenhuma ou baixa urbanização, quando menos de 30% da área de praia é ocupada por edifícios ou outras infra-estruturas, (b) urbanização

moderada, quando existe cerca de 30 a 70% de ocupação da linha de costa, e (c) margens altamente urbanizadas, quando mais de 70% da linha costeira é construída por habitações ou outras construções.

A partir das observações em campo sendo complementadas com a análise da Imagem de satélite foi possível determinar o enquadramento das áreas a respeito destes parâmetros.

5.3.5. Determinação de Níveis de Erosão

Os níveis de erosão foram determinados a partir da metodologia proposta por de Silva et al. (2009), que consiste basicamente na observação direta *in loco* de indicativos de erosão e a presença ou ausência da faixa de praia recreativa durante os períodos de preamar. Levando-se em consideração esses fatores, as praias estudadas foram setorizadas em trechos com (i) a sensibilidade baixa à erosão, ou seja, que apresentaram uma tendência atual à progradação; (ii) sensibilidade média, que estão atualmente em equilíbrio; (iii) sensibilidade alta, que localizam-se em área de intensa dinâmica e, por essa razão, apresentem uma tendência atual à erosão; (iv) sensibilidade muito alta, os trechos que se encontram atualmente em erosão.

Para enquadramento destes parâmetros, foram observadas algumas características, como a presença de feições erosivas (voçorocas), situação das construções realizadas no local, além da identificação de outros fatores que comprovassem a ocorrência destes processos.

5.3.6. Elaboração das Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamento de Óleo

Os mapas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleos (SAO) trabalham com algumas informações básicas, sendo estas: índice de sensibilidade ambiental da costa, recursos biológicos e atividades socioeconômicas (NOAA, 2002).

O Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA) consiste em uma hierarquização da sensibilidade dos diversos ambientes, levando em consideração as características geoambientais do ambiente, a sua interação com óleo (resposta ao óleo) e as possibilidades de remoção, com as características morfosedimentares

(características sedimentares dos referidos ambientes e a declividade). Este índice é classificado em uma escala de 1 a 10, levando em consideração os ambientes costeiros inundáveis, sendo que o maior ISA (10) corresponde ao ambiente costeiro inundável mais sensível. Na metodologia proposta por Souza Filho et al. (2004) para a classificação de ISA com adaptações para zona costeira amazônica (Tabela 04). Por este motivo foi utilizada neste trabalho.

Tabela 04: Adaptação dos métodos NOAA (2002) para a zona costeira amazônica.
Fonte: (SOUZA FILHO et al., 2004).

ISA	<i>Ambientes costeiros amazônicos</i>
1A	Costas rochosas expostas
1B	Estruturas sólidas expostas construídas pelo homem
1C	Falésias rochosas expostas com talus na base
2	Escarpas expostas e declives íngremes em argila
3A	Praias com granulometria fina a média
3B	Escarpas expostas com declives íngremes em areia
4	Praias e planícies de marés arenosas com granulometria grossa
5	Praias e bancos de cascalhos com areia
6	Enrocamentos
7	Planícies de marés expostas
8A	Escarpas protegidas em leitos rochosos e sedimentos – Paleofalésias
8B	Estruturas sólidas protegidas construídas pelo homem
8C	Enrocamentos protegidos
8D	Costas com turfa
9A	Planícies de maré lamosas protegidas
9B	Bancos e planícies de marés lamosas vegetados
9C	Campos herbáceos hipersalinos (hypersalt marsh)
10A	Campos herbáceos salinos e salobros (Salt and brackish water marshes)
10B	Campos herbáceos doces e vegetação aquática (Freshwater marshes, aquatic vegetation)
10C	Manguezais de intermaré
10D	Manguezais de supramaré

Para a classificação de cores, foram utilizados os dados fornecidos por Brasil (2004), de acordo com os índices de sensibilidade de cada ambiente (Tabela 05).

Tabela 05: Esquema de cores para classificação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL).
Fonte: (BRASIL, 2004).

Cor	Índice	Código			Tipos de Costa
		R	G	B	
	ISL 1	119	38	105	- Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos; - Falésias em rochas sedimentares, expostas; - Estruturas Artificiais lisas (paredões marítimos artificiais), expostas.
	ISL 2	174	153	191	- Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos; - Terraços ou substratos de declividade média, expostos (terraço ou plataforma de abrasão, terraço arenítico exumado bem consolidado, etc.).
	ISL 3	0	151	212	- Praias dissipativas de areia média a fina, expostas; - Faixas arenosas contíguas à praia, não vegetadas, sujeitas à ação de ressacas (restingas isoladas ou múltiplas, feixes alongados de restingas tipo “along beach”); - Escarpas e taludes íngremes (formações do grupo Barreiras e Tabuleiros Litorâneos) expostos; - Campos de dunas expostas.
	ISL 4	146	209	241	- Praia de areia grossa; - Praias intermediárias de areia fina média, expostas; - Praias de areia fina a média, abrigadas.
	ISL 5	152	206	201	- Praias mistas de areia e cascalho, ou conchas e fragmentos de corais; - Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou recoberta de vegetação; - Recifes areníticos em franja.
	ISL 6	0	149	32	- Praia de cascalho (seixos e calhaus); - Costa de detritos calcários; - Depósito de tálus; - Enrocamentos (“rip-rap”, guia corrente, quebra-mar expostos. - Plataforma ou terraço exumado recoberto por concreções lateríticas (disformes e porosas).
	ISL 7	214	186	0	- Planície de Mara arenosa exposta; - Terraço de baixa-mar.
	ISL 8	225	232	0	- Escarpa/encosta de rocha lisa, abrigada; - Escarpa/encosta de rocha não lisa, abrigada; - Escarpas e taludes íngremes de areia, abrigados; - Enrocamentos (“rip-rap” e outras estruturas artificiais não lisas) abrigados.
	ISL 9	248	163	0	- Planície de maré arenosa/lamosa abrigada e outras áreas úmidas costeiras não vegetadas; - Terraço de baixa-mar lamoso abrigado; - Recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais.
	ISL 10	214	0	24	- Deltas e barras de rio vegetadas; - Terraços alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas; - Brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgado; apicum; - Marismas; - Manguezal (mangues frontais e mangues de estuários).

NOTA: Face às dificuldades para reprodução perfeita das tonalidades adotadas, pois estas podem variar dependendo da impressão, a escala de cores deverá ser entendida como um guia a ser obrigatoriamente ajustado passo-a-passo, de modo à obtenção de cores no padrão internacional acima apresentado (R – red / vermelho; G – green / verde; B – blue / azul).

Para a identificação do ISA, foi necessário também o reconhecimento de ambientes através de imagens de satélite devidamente verificadas em campo através da verdade terreno, que se baseia na confirmação ou não dos dados obtidos através da visualização de imagens para reconhecimento dos ambientes.

É fundamental para elaboração de mapas ISA a determinação da escala de mapeamento. Para este trabalho foi selecionada a escala operacional ou de detalhe 1:10.000, até então inédita em termos cartográficos para as áreas estudadas. Esta é muito utilizada para situações de alto risco/sensibilidade (BRASIL, 2004).

Os dados foram integrados em ambiente *SPRING 5.0.5*. e os Mapas de Índices de Sensibilidade Ambiental a Derramamento de Óleo foram elaborados mediante utilização do *software ArcGis 9.3*.

Com relação aos aspectos biológicos e socioeconômicos foram utilizados os dados do mapa de sensibilidade a derramamento de óleo de áreas de influência do terminal de Belém da Transpetro, em escala de 1:49.752 de 2004, onde já foram identificados essas feições para a região.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. MAPEAMENTO DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL A DERRAMAMENTO DE ÓLEO

Inicialmente foi elaborado um mapa com uma visão geral do litoral do município de Barcarena que contempla as três praias com escala de aproximadamente 1:95.000 e posteriormente, cada praia estudada foi contemplada com uma Carta SAO em escala 1:10.000, onde foram priorizadas a sensibilidade dos ambientes e principais aspectos biológicos e socioeconômicos (Figuras 15 a 18). Na tabela 06 é apresentada uma síntese referente aos principais ambientes mapeados, principais características, comportamento do óleo e tipos de resposta do ambiente associados ao índice de sensibilidade.

Tabela 06: Principais Características dos ambientes mapeados. Comportamento do óleo, tipo de resposta e índice de sensibilidade ambiental.

Ambiente	ISA	Características	Comportamento do óleo	Tipo de Resposta
Estruturas Sólidas	1B	Declividade alta Superfície Lisa Constituída em madeira ou concreto	Não há penetração Não há permanência do óleo	A remoção do óleo tende a ser naturalmente e rápida
Barrancos fluviais	1C	Declividade alta Reflexão média das ondas e marés Edificados em rochas da Formação Barreiras; geralmente compactos	Penetração do óleo inferior que 10cm Mínima possibilidade de soterramento do óleo	É necessária a limpeza do óleo
Praia Fluvial	3A	Declividade moderada Areia média Reflexão baixa de ondas Presença de atividade socioeconômica	Penetração do óleo inferior a 10cm Possibilidade de soterramento do óleo após processo erosivo	É necessária a limpeza do óleo
Escarpas expostas com declives íngremes em areia	3B	Substrato semipermeável Reflexão média das ondas e marés Sedimentos bem selecionados	Penetração do óleo inferior que 10cm Mínima possibilidade de soterramento do óleo	É necessária a limpeza do óleo
Várzeas	9B	Declividade baixa Sucessão de argilas ricas em matéria orgânica Rica comunidade biológica Área passível a inundações devido as marés	A penetração de óleo limitada Possibilidade de cobertura direta da vegetação pelo óleo na zona intermarés, Impacto na biota	A remoção natural ocorre de forma lenta, devido aos baixos níveis de energia

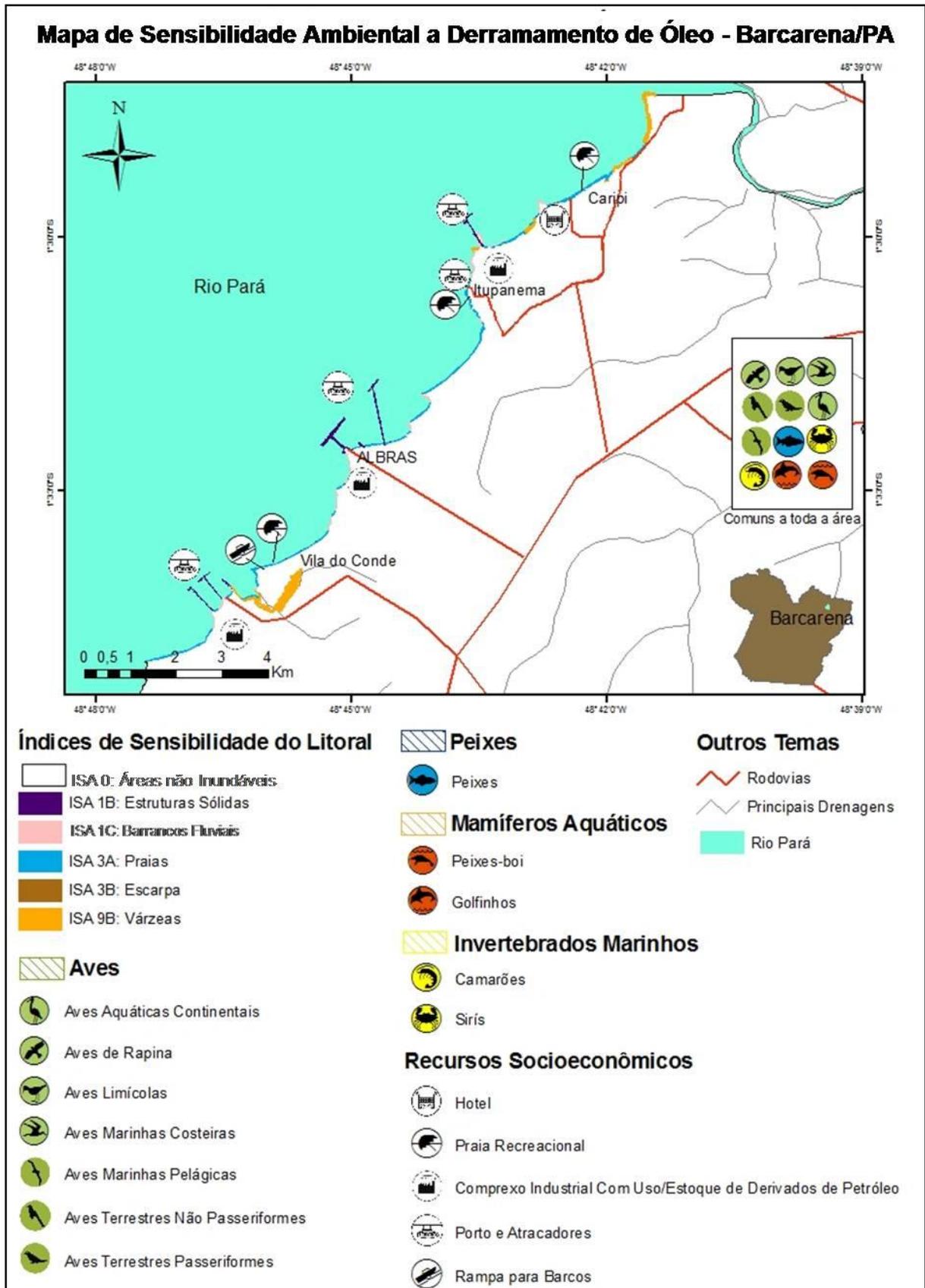


Figura 15: Mapa de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo do litoral do município de Barcarena, em escala 1:95.000.

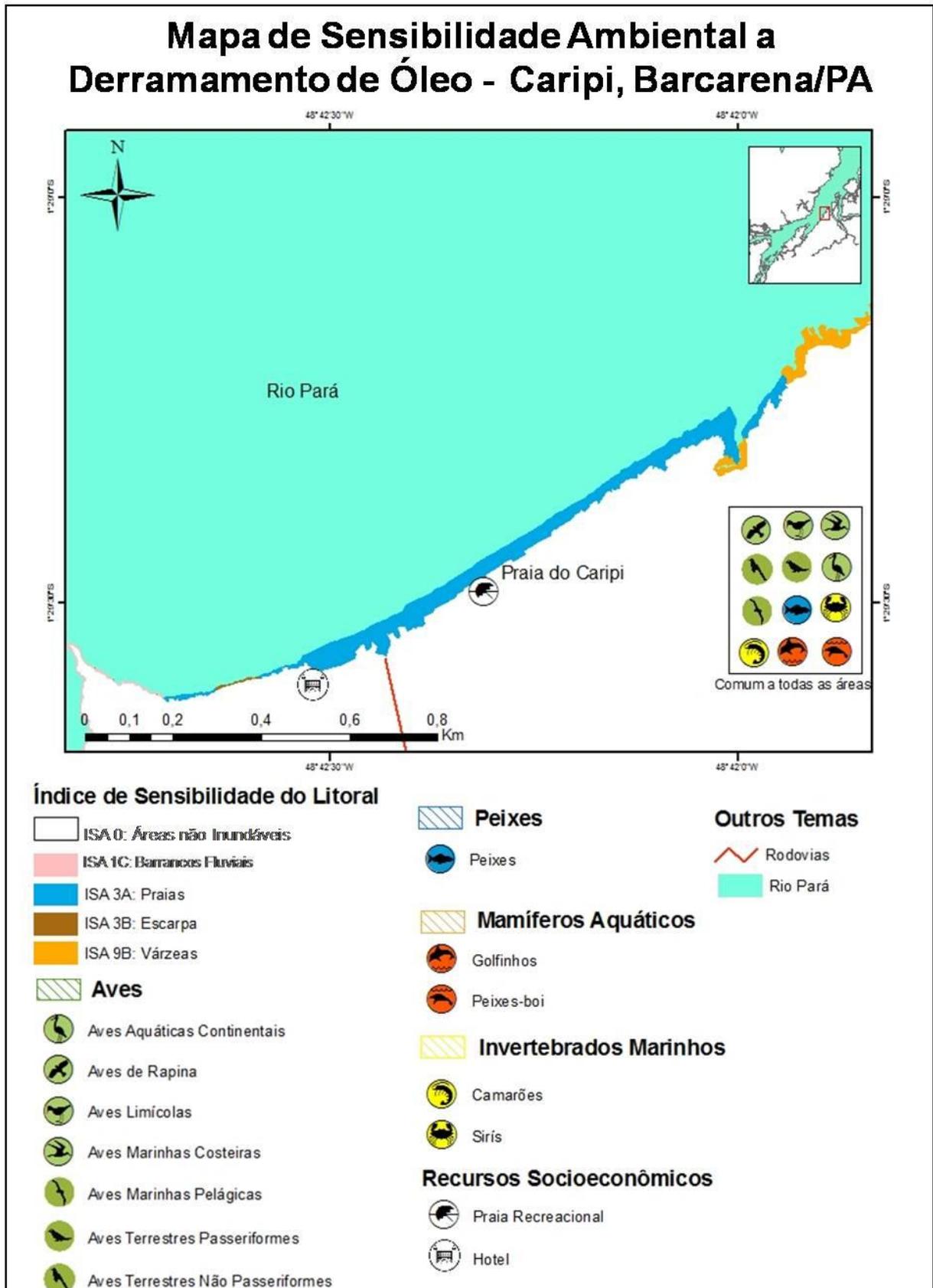


Figura 16: Mapa de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo da praia do Caripi em escala 1:10.000.

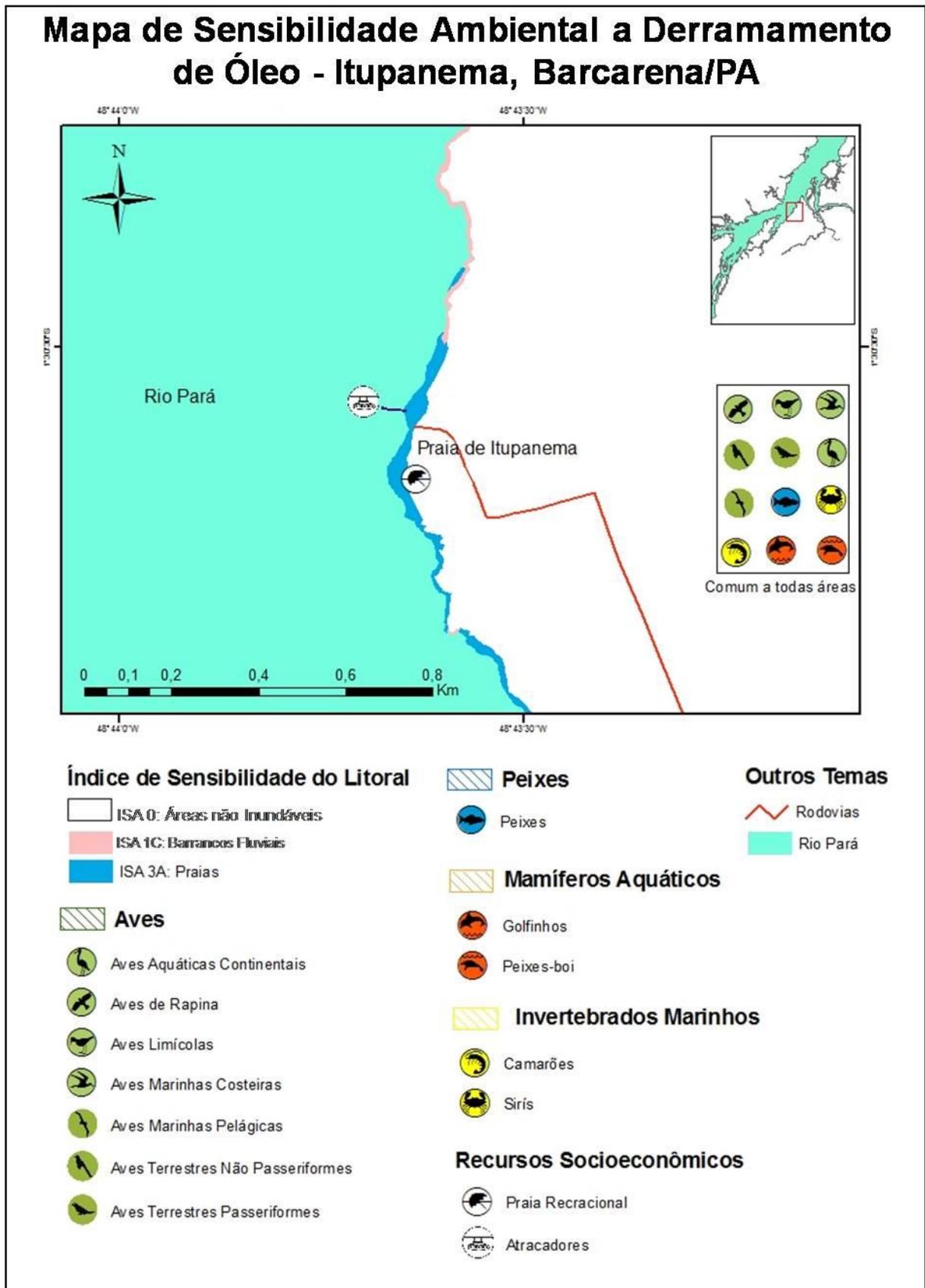


Figura 17: Mapa de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo da praia de Itupanema em escala 1:10.000.

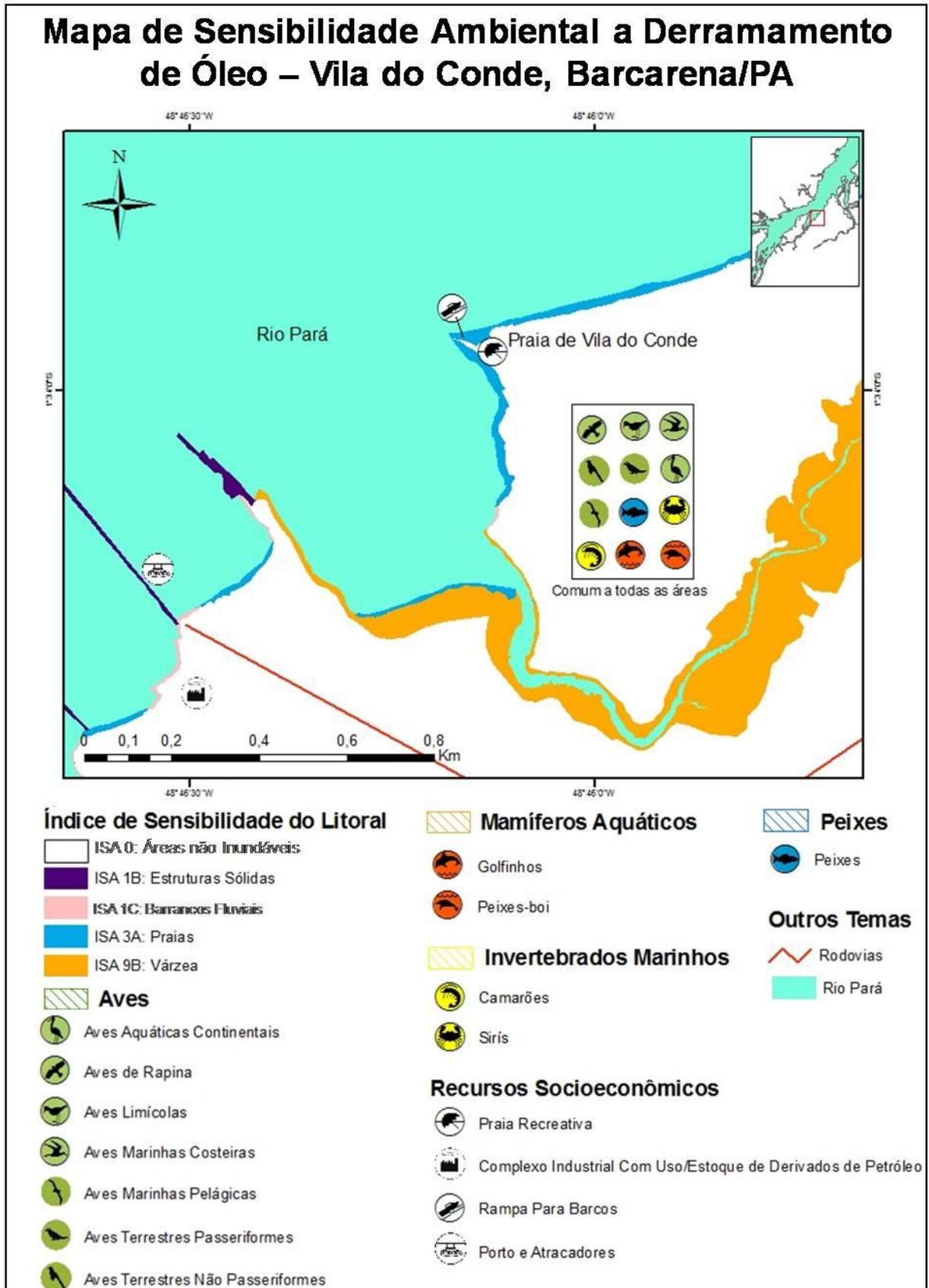


Figura 18: Mapa de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo da praia de Vila do Conde em escala 1:10.000.

A linha de costa mapeada perfaz um total de 9,55 km, referentes à extensão total das praias do Caripi (2,32 km), Itupanema (2,50 km) e Vila do Conde (4,73 km).

Neste mapeamento os ambientes naturais registrados foram: praias fluviais com granulometria de fina a média, escarpas expostas com declives íngremes em areia, planícies de maré vegetadas (várzeas) e barrancos fluviais (equivalentes à classe “falésias rochosas expostas com talus na base” adotada na metodologia de Souza Filho et al. (2004). Adicionalmente foram registrados trechos com estruturas sólidas expostas construídas pelo homem. Cabe ressaltar que em alguns pontos foram registrados pequenas plataformas de abrasão, que não apresentam representação cartográfica na escala de mapeamento adotada.

Na tabela abaixo estão representados os diferentes ambientes mapeados, suas respectivas extensões e índices de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo.

Tabela 07: Índices de Sensibilidade Ambiental mapeados na área de estudo e seus respectivos ambientes costeiros.

Ambientes	Extensão	ISA	
		Índice	Cor
Estruturas sólidas expostas construídas pelo homem	916,9 m	1B	
Barrancos fluviais (equivalentes à classe falésias rochosas expostas com talus na base)	1,22 Km	1C	
Praias com granulometria fina a média	4,95 Km	3ª	
Escarpas expostas com declives íngremes em areia	736 m	3B	
Planícies de maré vegetadas (várzeas)	3 Km	9B	

6.1.1. Estruturas Sólidas Expostas Construídas Pelo Homem

Foram identificados, a presença de três estruturas artificiais, localizadas, uma na praia de Itupanema e duas na praia de Vila do Conde (Figuras 19, 20 e 21). Estas podem ser caracterizadas como paredões com declividade alta (superior a 30°) e superfície lisa, estabelecidos por madeira ou concreto, com o objetivo de contenção de processos erosivos devido a grandes exposições a ondas e/ou correntes de maré principalmente em áreas residenciais, de lazer e industriais. Em razão das características construtivas, curto tempo de permanência de óleo devido acesso e facilidade de remoção do óleo que pode ser realizada naturalmente sem haver penetração deste no local, esse ambiente foi classificado como índice 1B.



Figura 19: Estrutura artificial construída em madeira, praia de Itupanema.



Figura 20: Estrutura artificial construída em concreto, praia de Vila do Conde.



Figura 21: Estrutura artificial do porto de Vila do Conde.

6.1.2. Barrancos Fluviais (equivalentes à classe “falésias rochosas expostas com talus na base”)

Foram identificados nas praias de Itupanema e Vila do Conde (Figuras 22 e 23). São ambientes submetidos a processos erosivos por ação de correntes de maré, ondas, ventos e chuva. Apresentam uma reflexão média das ondas e marés, com sedimentos bem selecionados e geralmente compactos, remobilização frequente por ação das ondas e marés, além de declividade considerada alta (acima de 30°). Em decorrência, esses ambientes são classificados com o índice de sensibilidade ambiental à derramamento de óleo 1C.



Figura 22: Barranco próximo a praia de Itupanema.



Figura 23: Barranco na praia de Vila do Conde, possuindo de 5 a 6 metros de altura aproximadamente.

6.1.3. Praia Fluvial

Este ambiente é o que possui maior representatividade na área de estudo, sendo caracterizado pelas praias do Caripi, Itupanema e Vila do Conde (Figuras 24, 25 e 26). São praias fortemente influenciadas por correntes de maré e ondas baixas (altura <1 m), provindas de NE. Do ponto de vista morfológico apresentam perfil côncavo e superfície plana sem presença de ondulações arenosas ou bancos. A face praial apresenta larguras variando de 5 a 72 metros e declividade moderada (<10°), conforme demonstrado na tabela abaixo:

Tabela 08: Declividade das praias estudadas.

Praia	Declividade	Classificação
Caripi	8°	Moderada
Itupanema	7°	Moderada
Vila do Conde 01	9°	Moderada
Vila do Conde 02	7°	Moderada



Figura 24: Praia do Caripi.



Figura 25: Praia de Itupanema.



Figura 26: Praia de Vila do Conde.

São constituídas por sedimentos arenosos (Tabela 09) de coloração branca a ocre. Texturalmente, os sedimentos podem ser classificados como areia média e pobremente selecionada, com exceção daqueles da praia de Vila do Conde, que apresentaram melhor grau de seleção (Tabela 10). Esses dados são corroborados pelos estudos de Saldanha (2009) realizados nas praias do Caripi e Itupanema.

Tabela 09: Análise granulométrica dos sedimentos das praias estudadas.

Escala Granulométrica (mm)	Classificação (Wentworth)	Praia							
		Caripi		Itupanema		Vila do Conde 01		Vila do Conde 02	
		Peso (g)	%	Peso (g)	%	Peso (g)	%	Peso (g)	%
2	Cascalho fino	3,43	2,85	8,73	7,27	0,62	0,51	0,01	0,008
1	Areia muito grossa	26,93	22,45	6,25	5,21	0,68	0,56	0,09	0,07
0,500	Areia grossa	18,82	15,68	18,45	15,37	8,80	7,33	6,88	5,73
0,250	Areia média	36,52	30,43	52,11	43,42	98,50	82,10	104,90	87,41
0,125	Areia fina	32,43	27,02	32,27	26,90	9,90	8,25	7,22	6,01
0,062	Areia muito fina	1,14	0,95	1,16	0,96	0,12	0,10	0,00	0,00
Total		119,27	99,38	118,97	99,13	118,62	98,85	119,10	99,23
Erro		0,73	0,62	1,03	0,87	1,38	1,15	0,90	0,77

Tabela 10: Classificação textural dos sedimentos das praias estudadas segundo Folk; Ward (1957).

Pontos	Classificação	Seleção
Caripi	Areia Média	Pobremente Selecionado
Itupanema	Areia Média	Pobremente Selecionado
Vila do Conde 01	Areia Média	Bem Selecionado
Vila do Conde 02	Areia Média	Muito Bem Selecionado

No que tange aos aspectos socioeconômicos, todas as praias estudadas apresentam uso recreacional e atividade socioeconômica, sobretudo a Praia do Caripi, considerada como ponto turístico do município de Barcarena.

Considerando a escala de ISA adotada no presente estudo, o ambiente praiial é classificado com o índice 3A. Essa classificação deve-se ao fato de que esse ambiente apresenta declividade moderada, constituição eminentemente arenosa, com sedimentos sujeitos a remobilização frequente por ação hidrodinâmica. A declividade tem importância principalmente pelo efeito de reflexão e quebra das ondas, pois, segundo Gonçalves et al. (2011), as áreas intermarés íngremes normalmente estão mais vulneráveis a abruptas quebras de ondas ou, a reflexão,

processos estes que aumentam a limpeza natural do ambiente, reduzindo, portanto, o tempo de residência do óleo.

A baixa percolação do óleo nesse tipo de substrato facilita os procedimentos de limpeza, que podem incluir desde o recolhimento manual, para pequenos derramamentos de óleos mais viscosos, até o recolhimento mecânico, com tratores do tipo retro-escavadeira, capazes de remover grandes quantidades de areia superficial coberta de óleo, sem gerar impactos significativos ao ambiente.

6.1.4. Escarpas Expostas com Declives Íngremes em Areia

Estes ambientes foram localizados, em sua grande maioria, na praia do Caripi e Vila do Conde (Figura 27), onde se encontra substratos semipermeáveis e sedimentos bem selecionados e geralmente compactos, sujeitos a remobilização frequente por ação hidrodinâmica. Por apresentar estas características estes lugares foram classificados de 3B de acordo com os índices de sensibilidade a derramamento de óleo. Escarpas exposta com declives íngremes em areia foi o ambiente com menor representatividade na área estudada.



Figura 27: Escarpas íngremes em areia na praia de Vila do Conde.

6.1.5. Planícies de Maré Vegetadas (várzeas)

Os ambientes de várzea foram identificados na praia do Caripi e Vila do Conde, margeando canais fluviais que desembocam no rio Pará (Figura 28), com extensão lateral relacionada ao efeito de inundação causado pelas marés de enchente. Essas

inundações diárias depositam uma sucessão de argilas ricas em matéria orgânica e, conseqüentemente, o estabelecimento de uma rica comunidade biológica. Apresenta uma densa floresta típica de várzea e teor de umidade do solo, constituindo terrenos lamosos, baixos, ou seja, de baixa declividade, sujeitas a níveis de energia mais baixos. Dada essas características é classificada com o ISA 9B.



Figura 28: Ambiente de Várzea localizado nas margens de canais fluviais em Vila do Conde.

6.2. SENSIBILIDADE AMBIENTAL À EROSIÃO

A sensibilidade das praias à erosão foi estabelecida a partir da tendência atual de comportamento da linha de costa (progradação e retrogradação). Em todas as praias estudadas foram registradas evidências de erosão, com maior destaque para as praias do Caripi e Vila do Conde.

Na praia de Caripi, aproximadamente 25% de sua extensão está submetida a este processo, exercendo influencia sobre as relações socioeconômicas e de residência do local. Portanto sua classificação à sensibilidade a erosão varia de alta a muito alta. Foram encontrados vários indícios da ocorrência de processos erosivos, como por exemplo, algumas árvores de grande porte com suas raízes expostas (Figura 29) e vários estabelecimentos comerciais sofrendo danos materiais, uma vez que o processo erosivo, causado, sobretudo, pela força das marés, já atinge a estrutura das barracas (Figuras 30 e 31), inclusive expondo o

sistema de esgotamento sanitário de algumas barracas e diminuindo o espaço destinado à praia recreativa.



Figura 29: Exposição de raízes das árvores ao longo da praia do Caripi, evidenciando a remoção do sedimento praial por ação erosiva da maré.



Figura 30: Efeito da erosão provocada pelas marés em uma das barracas na praia do Caripi.



Figura 31: Obra de contenção em concreto armado para proteção da estrutura de uma barraca na praia do Caripi.

O poder público vem envidando esforços no sentido de recuperar parte da via que margeia a Praia do Caripi (Figura 32). Cabe ressaltar que, no que pese todo o esforço e boas intenções dos moradores e do poder público, essas apresentam eficácia muito baixa frente ao processo erosivo (Figura 33).



Figura 32: Obra de contenção ao processo erosivo e recuperação da via que margeia a Praia do Caripi.



Figura 33: Efeito de diminuição da praia recreativa em decorrência do avanço das marés na Praia do Caripi.

Na praia de Vila do Conte a faixa praias apresenta características de erosão muito alta, sobretudo no setor leste, onde é visível o efeito das marés nas unidades ocupacionais ali estabelecidas (Figura 34) e, também sobre os barrancos que margeiam a praia (Figura 35). Aproximadamente 35% da faixa de praia apresenta

evidências marcantes de processos erosivos, inclusive com ocupações em madeira em situação de risco (Figura 36), pela ação das marés e consequente desmoronamento de barrancos.



Figura 34: Efeito erosivo das marés em unidades ocupacionais na Praia de Vila do Conde. Notar no centro fiducial da imagem a evidência de erosão no que seria um pequeno terraço que abrigavam guardas-sol fixos.



Figura 35: Solapamento da base e desmoronamento de barrancos (de 5 a 6 metros) que margeiam a Praia de Vila do Conde.



Figura 36: Unidades ocupacionais em situação de risco na Praia de Vila do Conde.

Notou-se que obras de contenção à erosão e de recuperação do patrimônio estão sendo realizadas pelos proprietários de estabelecimentos comerciais (bares, restaurantes) e pelo poder público municipal, porém a eficácia das mesmas é muito baixa frente aos processos erosivos. A única exceção detectada corresponde ao muro de arrimo erguido para proteger a Igreja de São João Batista, a segunda mais antiga do Pará (Figura 37), construída no alto de um barranco, atualmente sofrendo processo erosivo.



Figura 37: Aspecto do muro de contenção ao processo erosivo das marés. Ao alto, fundos da Igreja de São João Batista, Vila do Conde.

No setor oeste da praia, à direita da área anteriormente citada (seguindo as orientações da imagem), não foram identificados nenhum indício da ocorrência de processos erosivos. Conseqüentemente, o perfil praiado mostra-se em equilíbrio

morfodinâmico, ou seja, há uma estabilidade a respeito da modelagem da linha de costa, inclusive com forte ocupação da face praiar para fins comerciais e mistos (comercial e residencial) (Figura 38).



Figura 38: Setor oeste da Praia de Vila do Conde, caracterizado pelo equilíbrio morfodinâmico (sem evidências de erosão), possibilitando a exploração da face praiar para fins econômicos e residenciais.

Na praia de Itupanema, a maior evidência de processos erosivos é a presença de construções de contenção em madeira (Figura 39), as quais inclusive já apresentam trechos deteriorados em decorrência da ação de processo erosivo (Figura 40), sendo assim a sensibilidade desta praia a erosão pode ser considerada como muito alta.



Figura 39: Estrutura de contenção a erosão na Praia de Itupanema.



Figura 40: Estrutura de contenção com danos provocados pelo processo erosivo.

6.3. NÍVEIS DE URBANIZAÇÃO

A ocupação nas praias do município de Barcarena ocorre de forma concentrada principalmente nas praias de Caripi e Vila do Conde. Na praia de Itupanema a ocupação da face praial é inexistente, uma vez que a faixa destinada a praia recreacional é ínfima em relação às demais.

Na praia de Caripi, a foto interpretação da imagem aliada ao reconhecimento de campo permitiram a identificação de trinta e quatro (34) unidades ocupacionais, distribuídas por toda a face praial (Figura 41), sendo a maior parte das edificações em alvenaria e para fins comerciais (bares, restaurantes) (Figura 42). No setor extremo leste, a ocupação do espaço adquire um padrão mais residencial.

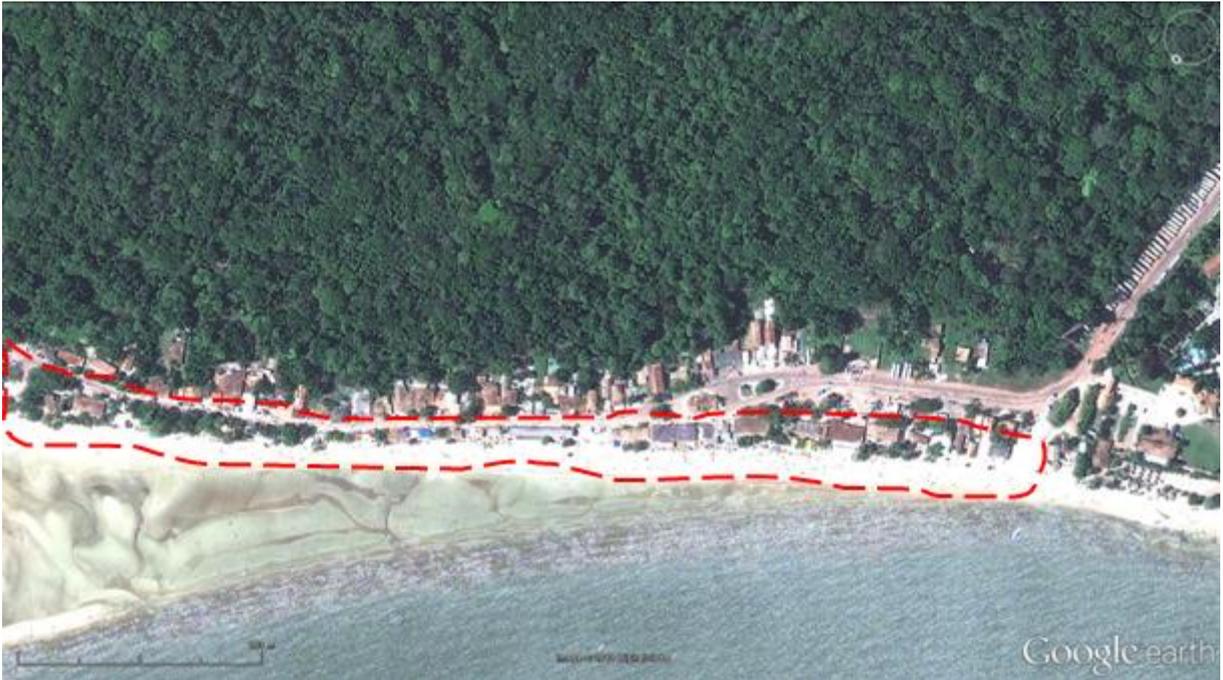


Figura 41: Aspecto da ocupação da face praial da Praia do Caripi.



Figura 42: Padrão construtivo das barracas na Praia do Caripi.

No setor leste da Praia de Vila do Conde foram identificadas, vinte (20) unidades ocupacionais. Quanto ao padrão construtivo, as unidades ocupacionais são construídas em madeira. No que concerne ao uso das unidades, maioria é utilizada para fins residenciais (Figura 43).



Figura 43: Unidade ocupacional construída em madeira na Praia de Vila do Conde.

No setor oeste da praia de Vila do Conde o padrão construtivo das unidades é misto, ou seja, são construções em madeira e alvenaria (Figura 44). Através da visita em campo se pode identificar a presença de trinta e duas (32) unidades ocupacionais que, diferentemente do setor anterior, apresenta uma parte destas para fins comerciais.



Figura 44: Padrão construtivo misto das unidades ocupacionais do setor oeste da Praia de Vila do Conde.

Com base nos critérios estabelecidos por Silva; Souza Filho (2011) para a definição do nível de urbanização de praias, os resultados permitem classificar a praia do Caripí como de alta urbanização; a praia de Itupanema como de baixa urbanização; e a praia de Vila do Conde, com urbanização moderada.

A partir das análises com relação a sensibilidade das praias de Caripí, Itupanema e Vila do Conde, com relação ao derramamento de óleo, à erosão e à

urbanização foi gerada uma figura síntese apresentando a integração destes três critérios (Figura 45):

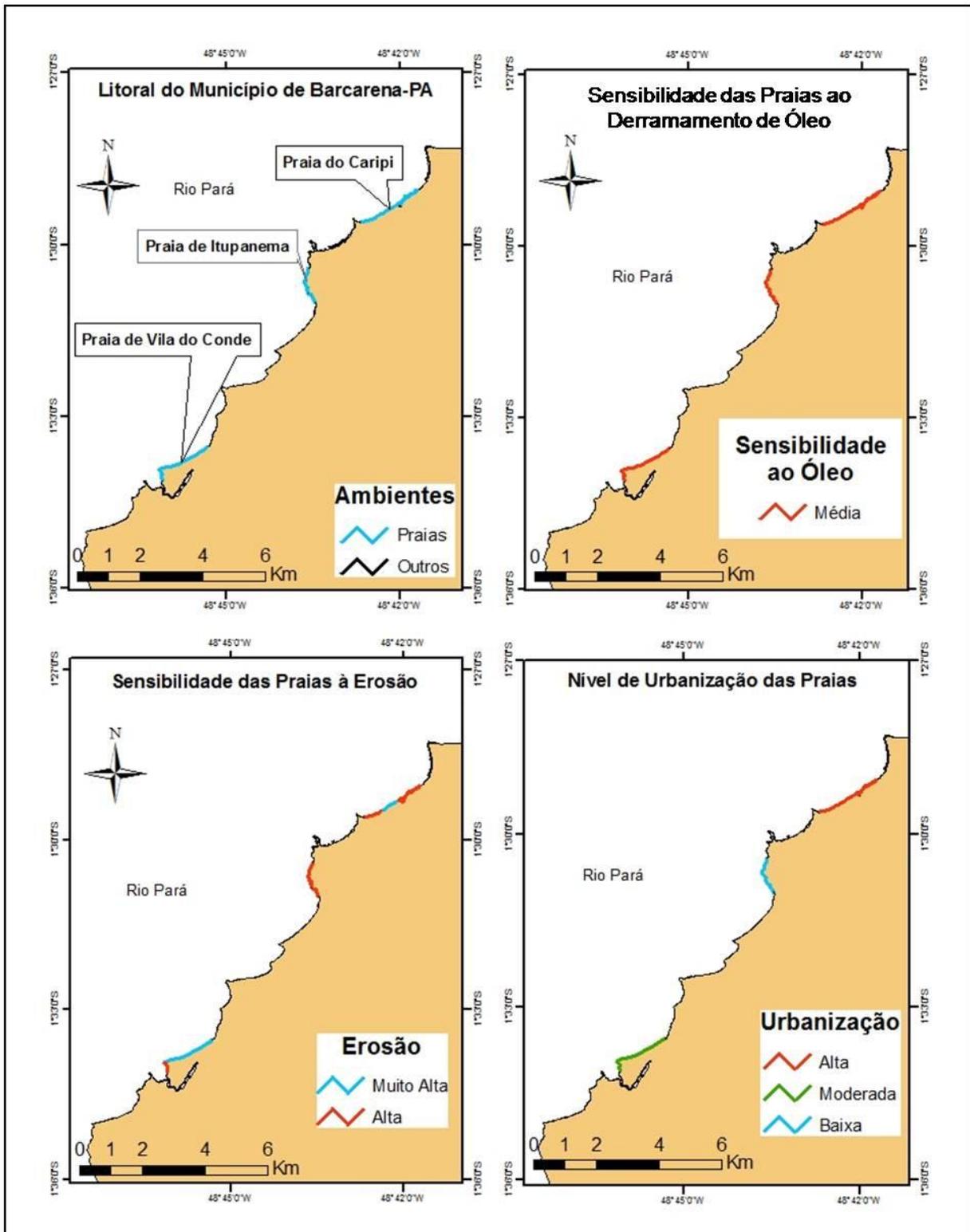


Figura 45: Classificação da linha de costa em relação à urbanização, sensibilidade à erosão e sensibilidade ao derramamento de óleo.

7. CONCLUSÃO

As imagens GeoEye, por serem de alta resolução, possibilitaram o mapeamento de detalhe das áreas estudadas, além de se constituírem de material com baixo custo de aquisição.

Proporcionaram a elaboração de mapas de índices de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo em escala até então inexistente para as praias estudadas e auxiliaram na determinação da sensibilidade à erosão e na identificação de níveis de urbanização que poderão ser usados em situações emergenciais e planos de contingência para a proteção de ambientes sensíveis aos danos gerados por derramamento de óleo, constituindo-se, assim, uma importante ferramenta de auxílio na elaboração de estratégias de prevenção e controle de acidentes, possibilitando também a análise integrada das relações espaciais e o reconhecimento mais eficaz dos ambientes em campo.

Nas áreas de estudo foram definidos cinco índices de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo, sendo estes, 1B, 1C, 3A, 3B e 9B, correspondendo, respectivamente, às estruturas sólidas expostas construídas pelo homem, barrancos fluviais (equivalentes à classe “falésias rochosas expostas com talus na base”), praias com granulometria fina a média, escarpas expostas com declives íngremes em areia e planícies de maré vegetadas (várzeas).

As praias de Caripi e Vila do Conde apresentam nível de urbanização alto e moderado, respectivamente, enquanto que a praia de Itupanema apresenta um nível de urbanização baixo.

No que concerne à erosão todas as praias estudadas apresentam trechos com sensibilidade alta a muito alta.

Quanto à sensibilidade à derramamento de óleo, dada as características geoambientais (morfologia, tipo de substrato, declividade da face praial e condições hidrodinâmicas) e de acesso, as praias estudadas são classificadas como índice 3C (sensibilidade baixa a moderada).

Considerando o nível de urbanização a praia de Caripi, em relação às demais, necessita de intervenções prioritárias tanto na gestão quanto no ordenamento da face praial, devido apresentar maior representatividade em relação a urbanização e sensibilidade a erosão e por ser um local de grande atrativo turístico.

Com relação à sensibilidade a erosão, a praia de Vila do Conde enfrenta um processo mais intenso que as das demais. No que pese a mesma não ter o mesmo índice de frequência e utilização, a proximidade da mesma aos complexos portuários existentes tornam-na um ambiente de alta vulnerabilidade ambiental, necessitando, portanto de ações preventivas e de contingenciamento em caso de derramamento de óleo às proximidades.

A respeito da hierarquização estabelecida para a sensibilidade ambiental à derramamento de óleo, se forem considerados com maior grau de ponderação os elementos socioeconômicos, possivelmente os índices deverão passar por uma reestruturação, principalmente com relação às praias, devido à importância socioeconômica das mesmas no contexto do local.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. A. M. S.; EL-ROBRINI, M.; SOUSA FILHO, P. W. M.; FARIAS, D. R.; FRANÇA, C. F. Morfodinâmica das praias de meso-macromarés da zona costeira o estado do Pará. In: Congresso da ABEQUA – Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10., 2005. Guarapari: **Resumos...** Guarapari, ES, 2005. CD-ROM.
- ARAÚJO, Solange Irene; SILVA, Gabriel Henrique; CARVALHO, Marcelo Tílio Monteiro. Mapas de Sensibilidade Ambiental a derramamentos de óleo no Sistema Petrobras. Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aracaju/SE, 1., 2004. Aracajú. **Anais...** Aracajú, 2004. 3p.
- 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: PETROBRAS, 2002. 133 p.
- BARCELLOS, Christovam; RAMALHO, Walter. Situação Atual do Geoprocessamento e da Análise de Dados Espaciais em Saúde no Brasil. **Informática Pública**, [S.l.], n. 4, p. 221-230, Dez. 2002.
- BARROS, Flávia Moraes Lins. Risco, vulnerabilidade física a erosão costeira e impactos socioeconômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 2, p. 83-90, 2005.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BOULHOSA, M. B. M.; MENDES, A. C. **Índices de Sensibilidade Ambiental ao derrame de óleo dos sedimentos de fundo e de margem na região portuária de Vila do Conde Barcarena PA**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2008. (Relatório de Pesquisa). 89 p.
- BOULHOSA, M. B. M.; SOUZA FILHO, P. W. M. Reconhecimento e mapeamento dos ambientes costeiros para geração de mapas de ISA ao derramamento de óleo, na Amazônia oriental. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, p. 1-14, 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Zona Costeira e Marinha**. Disponível em: <<http://homolog-w.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=31>>. Acesso em: 05 Jun. 2012.
- BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Interpretação e processamento digital de imagens de satélite**. Cachoeira Paulista, 2008. 38 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo**. Brasília, DF, 2004. 107 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 293, de 12/12/2001**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res29301.html>>. Acesso em 02 Set. 2013.
- BRASIL. Comissão Nacional de Cartografia. **Decreto de 10 de maio de 2000**. Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/detalheDocumentos.aspx?cod=16>>. Acesso em: 01 Set. 2013.

BRASIL. **Lei 9.966 - 2000**. Legislação Federal – 28 de abril de 2000 – Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 01 Set. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **A Resolução CONAMA Nº 269, 2000**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res26900.html>>. Acesso em 02 Set. 2013.

BRASIL. **Decreto Nº 89.817, 20/06/1984**. Legislação Federal – 20 de junho de 1984 – Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acesso em: 01 Set. 2013.

BRASIL. **Decreto-Lei Nº 243, de 28/02/1967**. Legislação Federal – 28 de fevereiro de 1967- Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/topicos/11669436/decreto-lei-n-243-de-28-de-fevereiro-de-1967>>. Acesso em 01 Set. 2013.

CAMARGO FILHO, M. **O significado paleoambiental de sequência pedossedimentar em baixa encosta: o caso dos paleossolos Monjolo - Lapa- PR**. (Tese de Doutorado) Geografia/UFSC. Florianópolis, 2005.

CERRI, L. E. S. **Riscos Geológicos Urbanos**. In: CHASSOT, A. & CAMPOS, H. (Orgs.) Ciências da Terra e Meio Ambiente: Diálogos para (inter)ações no Planeta. São Leopoldo: UNISINOS, 1999. p. 133- 146.

COMPANHIA DOCAS DO PARÁ. **Porto de Vila do Conde**. Belém, PA, 2013. Disponível em: <<https://www.cdp.com.br/web/guest/conteudo?id=18558&estrutura=10455>>. Acesso em: 07 Fev. 2013.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: Instituto de Geociências, UNICAMP. 1993.

CUNHA, Sandra Baptista da (Org.); GUERRA, Antônio José Teixeira (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 394p.

CUNHA, K.L. **Diagnóstico das áreas suscetíveis à erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu (Viçosa – MG) com subsídio à conservação do solo e da água**. Universidade Federal de Viçosa. Curso de Geografia (Monografia de Conclusão de Curso). 2006.

DAL'ASTA, Ana Paula; RECKZIEGEL, Bernadete Weber; ROBAINA, Luis Eduardo de Souza. Análise de áreas de risco geomorfológico em Santa Maria-RS: o caso do Morro Cechela. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 11. 2005. São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2005. 10p.

ESTEVES, L. S.; SILVA, A. R. P.; AREJANO, T. B.; PIVEL, M. A. G.; VRANJAC, M. P. Coastal Development and Human Impacts Along the Rio Grande do Sul Beaches, Brazil. **Journal of Coastal Research**. Itajaí – SC: 2003. p. 548-556.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentology Petrology**, n. 27 p. 3-27, 1957.

GONÇALVES, F. D. **Mapeamento da Sensibilidade Ambiental a Derrame de Óleo na Baía de Guajará (Belém-PA) Usando Imagens ETM+ Landsat 7 e Sistema de Informações Geográficas**. 2003. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia). Belém: Universidade Federal do Pará, 2003. 57p.

GONÇALVES, Fabrício Dias. **Utilização de Dados de Sensores Remotos para o Mapeamento dos Índices de Sensibilidade Ambiental a Derramamento de Óleo na Baía de Guajará, Belém-PA.** 2005. 179 p. Dissertação (Mestrado). Belém: Universidade Federal do Pará, 2005.

GONÇALVES, F. D.; SOUZA FILHO, P. W. M; MENDES, A. C. **Mapeamento dos índices de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo na Baía de Guajará, Belém-Pará (Zona costeira amazônica) utilizando técnicas de sensoriamento remoto.** In: PROST, M. T.; MENDES, A. C.; CASTRO, E. M. *Ecosistemas Amazônicos: dinâmicas, impactos e valorização dos recursos naturais.* Brasil. 2011. p. 187-210.

GONÇALVES, F. D.; SOUZA FILHO, P. W. M. Mapeamento dos índices de sensibilidade ambiental a derrames de óleo na Baía de Guajará (Belém-PA) usando imagens Radarsat-1, Landsat ETM+ 7 e sistema de informação geográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA. 2004, Itajaí. **Anais...** UNIVALI. CD-ROM.

GONÇALVES, F. D.; SOUZA FILHO, Pedro Walfir Martins; PARADELLA, Waldir Renato; MIRANDA, Fernando Pelon de. Fusão de dados multisensor para a identificação e o mapeamento de ambientes flúvio-estuarinos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, p. 57-67, 2009.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUNDLACH, E.R., HAYES, M.O. Classification of coastal environments in terms of potential vulnerability to oil spill impact. **Marine Technology Society Journal**, n. 12, p. 18-27, 1978.

HAYES, M.O., GUNDLACH, E.R. **Coastal geomorphology and sedimentation of the Metula oil spill site in the Strait of Magellan.** Columbia, South Carolina: University of South Carolina, Department of Geology, 1975. 103 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 20 Nov. 2012.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo/>>. Acesso em: 15 Jan. 2013.

JENSEN, J. R.; MURDAY, M.; SEXTON, W. J.; GREEN, C. J. "Coastal environment sensitivity mapping for oil spills in the United Arab Emirates using remote sensing and GIS technology". **Geocarto International**, n. 2. p. 5-13, 1993.

LACERDA, L. D. Manguezais: florestas a beira-mar. **Ciência Hoje**: 1999. p. 3-13.

LIMA, José Maria; OLIVEIRA, Geraldo César; MELO, Carlos Rogério. **Notas de aulas práticas.** Lavras/MG: Universidade Federal de Lavras. 2010. 62 p.

NOAA. **Environmental sensitivity index guidelines**, NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. Version 3.0. Seattle. 2002. NOAA Technical Memorandum NOS OR&A 11, 89p.

NOGUEIRA, C. **Assentamentos urbanos em áreas de influência do projeto Albras/Alunorte: estudo do bairro Pioneiro (Barcarena-PA).** 2000. Trabalho de Conclusão de Curso. Belém: Universidade Federal do Pará, 2000.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes; PONZONI, Flávio Jorge. **Introdução ao sensoriamento remoto**. São José dos Campos/SP. [s.n], 2001. 68p.

OLIVEIRA, E. L. de A. **Áreas de Risco Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria/RS: Zoneamento e Hierarquização**. 2004. 141f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

OLIVEIRA, Leonardo Azevedo Klumb. **Alterações morfológicas da praia do Morro, Guarapari – ES em uma escala de décadas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 69 p.

PEREIRA, S. B. **Desprendimento e arraste do solo em decorrência do escoamento superficial**. Viçosa: UFV. 2000.

PETROBRÁS, Cenpes, Ama. 2004. **Mapa de sensibilidade a derrame de óleo de áreas de influência do terminal de Belém da Transpetro, escala 1:49.752**.

PLANAVE S. A. **Estudo de Impactos Ambientais para a Implantação do Terminal Portuário Graneleiro de Barcarena – Pará**. 2005.

POLITANO, W.; LATANZE, R. J.; LOPES, L. R.; AMARAL, C.; CORSINI, P. C.; SILVA, G. W. de L. Ocupação do solo e estados da erosão acelerada no município de Mococa, SP. **Revista de Geografia**, São Paulo, v. 11, p. 47-61, 1992.

PORTO, Marcos Maia e TEIXEIRA, Sergio Grein. **Portos e Meio Ambiente**. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

RIBEIRO, Fábio Campos Pamplona. **Palinórfos Aquáticos (Diatomáceas) em Sedimentos Lamosos de Intermaré da Praia de Itupanema, Município de Barcarena-Pará**. 2007. 100 p. Dissertação (Mestrado). Belém: Universidade Federal do Pará, 2007.

RODRIGUES, José Edilson Cardoso. **Risco tecnológico: uma análise do porto de Vila do Conde como área potencial de ameaça ao vazamento de óleo para comunidades em situação de vulnerabilidade**. 2008. Monografia (pós-graduação). Belém: Universidade Federal do Pará, 2008.

ROSS, J. L. S. 1996. Geomorfologia Aplicada aos EIAs-RIMAs. In: Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 291-336.

SANTOS, E.R. O. **Gestão integrada de bacias hidrográficas e zona costeira aplicada ao sistema estuarino do rio Tramandaí, RS**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2007. 202 p.

SÃO PAULO. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Derrames de Óleo no Mar e os Ecossistemas Costeiros**. São Paulo, 2002. 259 p.

SALDANHA, Diego Silva. **Variabilidade morfossedimentar das praias estuarinas de Caripi e Itupanema (Barcarena, Pará)**. Belém, 2009.120 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Pará, 2009.

SCUDELARI, A. C.; BRAGA, K. G.; COSTA, F. A. A. **O uso de checklist como ferramenta de identificação dos processos erosivos na praia da Pipa – RN**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, Campo Grande, 2005. v. 1. p. 1-10.

SEPOF. **Estatística municipal: Barcarena**. Secretaria Especial de Estado de Gestão e da Secretaria Executiva de Estado Planejamento e Orçamento e Finanças. Governo do Pará. 2005. 40 p.

SILVA, Flávia Adriane Oliveira; BORDALO, Carlos Alexandre Leão. **Uma Análise Sócioambiental do Rio Murucupi em Barcarena-Pa**. Belém: UFPA. 2010. 11 p.

SILVA, Iracema Reimão; SOUZA FILHO, José Rodrigues. Sensibilidade ambiental de praias: um exemplo de análise para a península de Marajú, sul do estado da Bahia, Brasil. **Pesquisas em geociências**, Porto Alegre: UFRS, 2011. V. 38.

SILVA, I. R.; NASCIMENTO, H. M.; REBOUÇAS, R. C. Avaliação da Sensibilidade Ambiental das Praias Localizadas no Arquipélago Tinharé/Boipeba, Litoral Sul do Estado da Bahia. **Geociências**. v. 28, n. 2, p. 193-201, 2009.

SIMÕES, Luciana Lopes. **Unidades de conservação: conservando a vida, os bens e os serviços ambientais**. São Paulo: Fundação Florestal do Estado de São Paulo, 2008. 23p.

SOUZA FILHO, P.W.M.; MIRANDA, F.P.; BEISL, C.H.; ALMEIDA, E.F.; GONÇALVES, F.D. 2004. Environmental sensitivity mapping for oil spill in the Amazon coast using remote sensing and GIS technology. In: **International Geoscience and Remote Sensing Symposium – IGARSS 2004**, Anchorage, Alaska. Proceedings...: IEEE Geoscience and Remote Sensing.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1973. 342p.

TEIXEIRA, Sheila Gatinho. **Análise de Imagens de Sensores Remotos Orbitais para Mapeamento de Ambientes Costeiros Tropicais e Índices de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo no Golfão Maranhense**. 2006. 171 p. Dissertação (Mestrado). Belém: Universidade Federal do Pará, 2006.

VITTE, A.C; MELLO, J.P. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas conseqüências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro. v. 2, n. 2, Jul./Dez., 2007.