



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**TERESA SUSANA AQUIJE CHACALTANA**

**MAPEAMENTO DE ÁREAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO  
DERRAME DE ÓLEO NA BAÍA DE VITÓRIA, ES.**

**Dissertação de Mestrado**

VITÓRIA

2007

**TERESA SUSANA AQUIJE CHACALTANA**

**MAPEAMENTO DE ÁREAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO  
DERRAME DE ÓLEO NA BAÍA DE VITÓRIA, ES.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa Dos Santos.

Co-orientador: Prof. Dr. Julio Tomás Aquije Chacaltana.

VITÓRIA

2007



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Área de Estudo. Baía de Vitória e Canal de Acesso aos Portos. ....	30
Figura 2 Distribuição de partículas simulando o despejo de um poluente no canal de acesso aos portos durante uma maré de enchente próxima à sizígia. (SANTIAGO, 2007). ....	35
Figura 3 Distribuição de partículas simulando o despejo de um poluente no canal de acesso aos portos durante uma maré de vazante próximo à quadratura. (SANTIAGO, 2007). ....	35
Figura 4. Ícones dos recursos biológicos para as AVES. Fonte: MMA (2002).	50
Figura 5. Ícones dos recursos biológicos para os PEIXES. Fonte: MMA, 2002.	50
Figura 6. Ícones dos recursos biológicos para os INVERTEBRADOS MARINHOS. Fonte: MMA (2002). ....	51
Figura 7. Ícones dos recursos socioeconômicos para a RECREAÇÃO. Fonte: MMA (2002). ....	52
Figura 8. Ícones dos recursos socioeconômicos para os RECURSOS. Fonte: MMA (2002). ....	53
Figura 9. Ícones dos recursos socioeconômicos CULTURAL. Fonte: MMA (2002). ....	53
Figura 10. GPS Pathfinder Pro XR. ....	55
Figura 11. Balizas de Emery (1961). ....	55
Figura 12. Fluxograma do Índice de Sensibilidade do Litoral ao derramamento de óleo na Baía de Vitória, ES. ....	58
Figura 13. Hierarquia dos fatores e subfatores. ....	62
Figura 14. Função de padronização linear monoliticamente decrescente. ....	64

Figura 15. Fluxograma das etapas para elaboração do mapa sensibilidade ambiental da linha de costa ao derrame de óleo, usando o método AHP. . .	75
Figura 16. Praias na Baía de Vitória onde foram coletadas as amostras 1, 2, 3 e 4. ....	80
Figura 17. Praias na Baía de Vitória onde foram coletadas as amostras 5, 6, 7 e 8. ....	81
Figura 18. Praias na Baía de Vitória onde foram coletadas as amostras 9, 10, 11 e 12. ....	82
Figura 19. Praias na Baía de Vitória onde foram coletadas as amostras 13, 14, 15 e 16. ....	83
Figura 20. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 1. ....	89
Figura 21. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 2. ....	90
Figura 22. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 3. ....	91
Figura 23. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 4. ....	92
Figura 24. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 5. ....	93
Figura 25. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 6. ....	94
Figura 26. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 8. ....	95
Figura 27. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 10. ....	96
Figura 28. Índice de Sensibilidade Ambiental ao derramamento de óleo na Baía de Vitória-ES. ....	100
Figura 29. Distâncias Euclidianas da linha de costa. ....	108
Figura 30. Distâncias Euclidianas dos recursos biológicos. ....	109
Figura 31. Distâncias Euclidianas dos recursos socioeconômicos. ....	110
Figura 32. Padronização da linha de costa ....	113

Figura 33. Padronização dos recursos biológicos. ....	113
Figura 34. Padronização dos recursos socioeconômicos .....	114
Figura 35. Pesos dos fatores do segundo nível: (REC_BIOL), (REC_SOCIO) e (LINHA_COST). ....	115
Figura 36. Pesos dos fatores do terceiro nível: (M), (PM_A), (E_EEA) e ,(PR_T). ....	116
Figura 37. Pesos dos fatores do terceiro nível: (P_C), (P_M), (P_AG)e ,(P_D).116	
Figura 38. Pesos dos fatores de terceiro nível: (CR_MB) e (CR_AD). ....	117
Figura 39. Mapa de sensibilidade ao derramamento de óleo. ....	119
Figura 40. Ampliação das regiões representadas pelas letras A, B e C. ....	120
Figura 41. Região A - Baía de Vitória. ....	121
Figura 42. Região B - Canal de Acesso ao porto de Vitória. ....	122
Figura 43. Região C – Entrada da Baía de Vitória. ....	123

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escala de Importância proposta por Saaty (1977). .....	28
Tabela 2. Índices de Sensibilidade a Linha de Costa (ISL). .....	43
Tabela 3. Esquema de cores para a classificação do índice de sensibilidade. ....	47
Tabela 4 Representação dos recursos biológicos. ....	49
Tabela 5. Classificação Granulométrica de Wentworth (1922).....	56
Tabela 6. Fatores e subfatores da área de estudo.....	63
Tabela 7. Matriz de Comparação dos Fatores do Segundo Nível. ....	66
Tabela 8. Matriz Normalizada dos Fatores do Segundo Nível. ....	67
Tabela 9. Pesos dos fatores REC_BIOL, REC_SOCIO e LINHA_COST.....	67
Tabela 10. Nível Valores de IR.....	71
Tabela 11. Matriz de Comparação dos Fatores do Terceiro Nível. ....	72
Tabela 12. Matriz Normalizada dos Fatores do Terceiro Nível.....	72
Tabela 13. Matriz de Comparação dos Subfatores das praias do Terceiro Nível.....	73
Tabela 14. Matriz Normalizada dos Subfatores das praias do Terceiro Nível. .	73
Tabela 15. Matriz de Comparação dos Sub-Fatores do Costão rochoso do Terceiro Nível.....	73
Tabela 16. Matriz de Normalização dos Sub-Fatores do Costão rochoso do Terceiro Nível.....	74
Tabela 17. Descrição das amostras coletadas na linha de costa da região de estudo. ....	78

Tabela 18. Representação do ISL encontrados na Área de estudo.....	84
Tabela 19. Área dos recursos biológicos encontrados na área de estudo. ....	97
Tabela 20. Classes dos recursos biológicos (nome científico). ....	97
Tabela 21. Comparação das metodologias.....	123

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1. OBJETIVO GERAL.....	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
3.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	18
3.2. O ÍNDICE DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL (ISA) .....	22
3.3. MÉTODO AHP .....	27
<b>4. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>30</b>
4.1. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS .....	31
4.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS.....	32
4.3. ASPECTOS BIOLÓGICOS .....	36
4.4. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	37
4.5. PROBLEMAS AMBIENTAIS.....	37
4.6. MANGUEZAL .....	39
<b>5. ANÁLISE DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL DA LINHA DE COSTA AO DERRAME DE ÓLEO, USANDO O MÉTODO DO MMA. ....</b>	<b>42</b>
5.1. SENSIBILIDADE DA LINHA DE COSTA .....	43
5.2. RECURSOS BIOLÓGICOS .....	48
5.3. RECURSOS SOCIOECONÔMICOS .....	51

5.4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
<b>6. ANÁLISE DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL DA LINHA DE COSTA AO DERRAME DE ÓLEO, USANDO O MÉTODO AHP.....</b>	<b>60</b>
6.1.1. Conversão dos fatores e subfatores.....	63
6.1.2. Distância Euclidiana .....	64
6.1.3. Padronização dos fatores - Fuzzy .....	64
6.1.4. Ponderação dos fatores e subfatores.....	65
6.1.5. Elaboração do mapa sensibilidade ambiental da linha de costa ao derrame de óleo, usando o método AHP .....	74
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>77</b>
7.1. RESULTADOS DA ANÁLISE DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAME DE ÓLEO USANDO A METODOLOGIA DO MMA .....	77
7.1.1. Índice de Sensibilidade Ambiental.....	77
7.1.2. Recursos Biológicos .....	97
7.1.3. Recursos Socioeconômicos .....	98
7.2. RESULTADOS DA ANÁLISE DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAME DE ÓLEO USANDO A METODOLOGIA DO AHP .....	101
7.2.1. Distâncias Euclidianas.....	101
7.2.2. Padronização dos fatores (FUZZY) .....	110
7.2.3. Ponderação dos fatores e subfatores do método AHP.....	114
7.2.3.1. Pesos.....	114
<b>8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>126</b>

## RESUMO

A região de estudo compreendida pelo Canal de acesso ao Porto de Vitória e a Baía de Vitória é de grande importância para a economia do estado do Espírito Santo. Recentemente o Porto proporcionou o aumento da trafegabilidade marítima, impulsionado pela atividade petrolífera. Neste trabalho é realizado um estudo sobre a sensibilidade ambiental da linha de costa ao derrame de óleo, utilizando as metodologias propostas pelos: a) Ministério do Meio Ambiente (MMA) e; b) método de análise hierárquica, (AHP). Foram realizadas campanhas de campo para o reconhecimento da linha de costa usando GPS, coletas de amostras de areia e medidas das declividades das praias. A composição granulométrica das amostras foi obtida por peneiramento e as declividades por meio do uso de balizas de Emery. Foi usada uma imagem do satélite IKONOS para o planejamento das campanhas e delimitação dos diferentes segmentos da linha de costa, gerando a distribuição espacial dos índices de sensibilidade do litoral (ISL). Os dados do ISL para cada segmento da linha de costa, adicionado dos recursos biológicos e socioeconômicos, foram armazenados e processados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os dados de cada fator analisado foram convertidos de formato vetorial para formato raster. Foi aplicado o conceito de distância Euclidiana para cada fator que, posteriormente, foi padronizado. Do comprimento total da linha de costa classificado, 64,69% do litoral recebeu o índice de sensibilidade ISL\_10 (manguezais) enquanto que os índices que teve menos evidência foram o ISL\_2 (costões rochosos de baixa declividade) e o ISL 3 (Praias dissipativas) com apenas 0,22% da área representada. O ISL\_7 (planícies de maré arenosa exposta) não foi encontrado neste estudo.

## ABSTRACT

XXXXXXXXXX



---

## **Capítulo 1**

### **INTRODUÇÃO**

## 1. INTRODUÇÃO

A zona costeira tipifica a aplicação de políticas e os problemas causados pelo processo da mudança ambiental global. Estas zonas estão sujeitas a uma crescente pressão e estão exibindo inaceitáveis mudanças ambientais como consequência do crescimento populacional, urbanização, turismo, e conflitos de usos múltiplos dos recursos. A mitigação dos problemas de conflitos dos recursos e adaptação prática dos objetivos de desenvolvimento de política econômica sustentáveis requer políticas de respostas inovadoras. O gerenciamento integrado da zona costeira é uma opção para uma resposta abrangente de política/gerenciamento. Como consequência da Agenda 21 e subseqüentes delineamentos sobre o gerenciamento costeiro a partir de organizações intergovernamentais (FAO, IMO, UNEP e Banco Mundial), a política e fundamentos científicos têm mudado radicalmente (SALOMONS et al., 1999).

A Organização Marinha Internacional (IMO) é uma agência especializada das Nações Unidas responsável pela segurança marinha e a prevenção e controle da poluição do mar. Um dos mais importantes objetivos da estratégia da IMO para proteção dos ambientes marinhos é fortalecer a capacidade de ação nacional e regional para prevenir, controlar, combater e mitigar a poluição marinha e promover cooperação técnica para este fim.

Por causa da grande demanda no mundo, usualmente o óleo é armazenado e transportado em grandes volumes. Dentre as principais fontes de derramamentos podem-se mencionar:

- Acidentes durante a carga e descarga de tanques.
- Acidentes durante o abastecimento de navios.
- Acidentes com as embarcações, atingidas por choques, afundamentos e encalhes.
- Descargas operacionais durante a exploração e produção de óleo.

- Descargas acidentais durante as operações de limpeza dos tanques.

A área costeira possui grande valor ecológico, social e econômico. Dentre os ambientes costeiros, os estuários destacam-se devido a sua alta produtividade biológica. Além disso, funcionam como pólo de atração da atividade humana. Comumente, portos são instalados no interior ou próximo aos estuários estimulados pelo desenvolvimento industrial ou para facilitar o transporte de algum recurso natural, como o óleo. Essa situação é preocupante, e a gestão desses ambientes depende da compreensão dos processos que condicionam as suas variáveis ambientais.

A descoberta de óleo no litoral do estado do Espírito Santo tem impulsionado o tráfico de navios ao longo do litoral e aumentado as operações de carga e descarga nos seus maiores portos (Tubarão e Vitória), aumentando potencialmente o risco de possíveis derramamentos de óleo. Daí, a necessidade de procurar metodologias para identificar áreas de risco potencialmente sensíveis ao derramamento de óleo. A modelagem matemática e numérica para simular o derrame de óleo e a elaboração de mapas de sensibilidade são técnicas comumente usadas para a identificação dessas áreas.

A modelagem é uma técnica rotineiramente usada pela comunidade científica, em particular pela da engenharia ambiental, para determinar os impactos ambientais provenientes das atividades humanas, tais como a construção de estruturas, as dragagens de canais, e o eventual derramamento de substâncias poluidoras, como exemplo o óleo, esgoto e sedimentos (AL-RABEH et al., 1993). Para prognosticar o impacto da descarga de um poluente, a velocidade e direção das correntes são as primeiras variáveis a serem medidas e usadas para calcular a trajetória da substância poluente. Usualmente, as plumas contínuas e suaves das substâncias poluidoras são sobrepostas sobre um Atlas de recursos marinhos para determinar os possíveis impactos ambientais. Na modelagem, a caracterização do material não-conservativo carregado pela correnteza é realizada por meio de termos fontes. A turbulência usualmente é parametrizada usando-se uma aproximação para a difusão

turbulenta ou calculando-a explicitamente usando-se uma hipótese de fechamento. Esta técnica de modelagem é bem sucedida na reprodução de processos ecológicos e bioquímicos simples (NIHOUL, 1993).

Outra metodologia encontrada na literatura é a análise da sensibilidade ambiental a um potencial derrame de óleo. Usando geotecnologias e imagem de satélites é possível ter uma visão geral da distribuição espacial do Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA) ao derrame de óleo (JENSEN et al., 1990). O mapa dos ambientes costeiros sensíveis ao óleo e as informações dos recursos biológicos têm sido propostos para guiar os gestores na avaliação do provável risco associado ao derrame de óleo e planejar operações efetivas de controle do derrame.

Nessa técnica é construído um banco de dados georeferenciado, coletando dados geomorfológicos da linha de costa, recursos biológicos e recursos socioeconômicos. O mapa de sensibilidade elaborado pode ser atualizado continuamente e ser usado na elaboração de planos de contingência ao derrame de óleo. Estes mapas devem conter informações essenciais mostrando onde os diferentes recursos costeiros se encontram e indicando as áreas ambientalmente sensíveis. O uso de mapas de sensibilidade ao derramamento de óleo pode variar desde o planejamento local para proteções de costas específicas até estratégias de planejamento para grandes áreas remotas.

Nos últimos anos, a elaboração de mapas de sensibilidade tem aumentado muito, tanto no Brasil (NOERNBERG & LANA, 2002) - como no mundo (GUNDLACH et al., 1981; POPULUS et al., 1995; ABDEL-KADER et al., 1998; JENSEN et al., 1998). Ainda que as empresas de petróleo tenham melhorado os métodos de transporte e exploração, os acidentes com derrame no mar continuam acontecendo.

O presente trabalho tem como propósito classificar a linha de costa de uma região específica do litoral do estado do Espírito Santo denominada de Baía de Vitória, ES, usando o conceito do Índice de Sensibilidade Ambiental. A escolha da região deve-se principalmente à existência de áreas de mangue, importantes e frágeis

ecossistemas, e à grande variedade de linhas de costa, destacando-se entre elas, o Porto de Vitória principal foco de um eventual derramamento de óleo.

A metodologia desenvolvida nesta região piloto poderá ser replicada a outras regiões do litoral do estado do Espírito Santo, podendo ser aprimorada e quantificada, aplicando-se o método de apoio à decisão multicritério.

A elaboração do índice de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo será baseada na metodologia proposta pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2002) e pelo método Analítico Hierárquico (Analytic Hierarchy Process – AHP). As técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas serão utilizadas para a obtenção e tratamento dos dados, assim como para a geração do mapa de sensibilidade ao derrame de óleo.

---

## **Capítulo 2**

### **OBJETIVOS**

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

O principal objetivo deste trabalho é contribuir para o gerenciamento costeiro, por meio do desenvolvimento e ou aprimoramento de ferramentas que reduzam as consequências ambientais ao derrame do óleo, para a conservação e o desenvolvimento dos ecossistemas e recursos costeiros.

Com intuito de melhorar a eficiência dos esforços de proteção, limpeza e remoção de um derramamento de óleo, neste trabalho pretendem-se identificar por meio de mapas de sensibilidade da linha de costa, a localização dos recursos sensíveis antes que ocorram acidentes fazendo-se uso de geotecnologias. Assim, propõem-se os seguintes objetivos específicos.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar a Sensibilidade Ambiental da Linha de Costa ao derrame de óleo usando o método do MMA.
- Analisar a Sensibilidade Ambiental da Linha de Costa ao derrame de óleo usando o método AHP.

A metodologia desenvolvida é aplicada para a obtenção dos mapas de sensibilidade ambiental (metodologias do MMA e AHP) para a Baía de Vitória e canal de acesso ao Porto de Vitória, ES.

---

## **Capítulo 3**

# **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados os fundamentos para a compreensão dos assuntos abordados neste trabalho sendo:

- Fundamentação teórica;

Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA);

- Método AHP.

#### 3.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são abordados os conceitos básicos para entender melhor o desenvolvimento da metodologia proposta neste trabalho com os seguintes temas

- Sistemas de informações geográficas;
- Sensoriamento remoto.

a) Sistemas de informações geográficas: A seguir são apresentados alguns conceitos relacionados com os sistemas de informações geográficas:

- De acordo com Aspiazú & Brites (1989), os sistemas de informações geográficas são técnicas empregadas na integração e análise de dados provenientes das mais diversas fontes, como imagens fornecidas por satélites terrestres, mapas, cartas climatológicas, censos, e outros.
- Um sistema de informações geográficas é um sistema auxiliado por computador para adquirir, armazenar, analisar e exibir dados geográficos. Hoje, muitos softwares estão disponíveis para ajudar nesta atividade (EASTMAN, 1995).
- Segundo Felgueiras (1987), os SIGs são sistemas que automatizam tarefas realizadas manualmente e facilitam a realização de análises complexas, por meio da integração de dados geocodificadas.

- O SIG tem como características principais a capacidade de coletar, armazenar e recuperar informações provenientes de fontes e formatos distintos, além de possibilitar a disponibilidade de programas computacionais para edição de mapas, textos e gráficos (MARBLE & PEUQUET, 1983).
- De acordo com Ferreira (1997), os sistemas de informações geográficas podem ser considerados um instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente e auxiliando no planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas.
- A utilização de técnicas de geoprocessamento constitui-se em instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água. Nesse contexto, os sistemas de informações geográficas (SIGs) se inserem como uma ferramenta capaz de manipular as funções que representam os processos ambientais em diversas regiões de uma forma simples e eficiente, permitindo economia de recursos e tempo. Estas manipulações permitem agregar dados de diferentes fontes (por exemplo: imagens de satélite, mapas topográficos, mapas de solo, etc) e diferentes escalas. O resultado destas manipulações, geralmente, é apresentado sob a forma de mapas temáticos com as informações desejadas (MENDES, 1997).
- Marble & Peuquet (1983) afirmam que a importância do SIG deve-se a vários fatores, destacando-se: a) o SIG tecnológico é importante para a análise geográfica feita por microscópio, telescópio, computadores que podem ser exercidas por outras ciências. Estas poderiam consequentemente mostrar a necessidade para dissolver a sistemática regional e a dicotomia física e humana que tem tido longas procedências geográficas de outras disciplinas com o uso de informações geográficas; b) o SIG integra espacialmente outras classes de informações espaciais como um modelo. Estes oferecem um consistente trabalho para analisar dados geográficos.

- O SIG é muito moderno e atual devido ao elevado nível de interesse em novos desenvolvimentos da computação e porque tem mostrado uma elevada técnica para percepção de informações geográficas (PARENT & CHURCH, 1987).
- O SIG tem sido chamado de um “capacitador tecnológico”, segundo Fisher & Lindenberg (1989), porque tem o potencial de oferecer uma larga variedade de disciplinas, sendo que, a maior parte delas utiliza dados espaciais. As principais são: geografia, hidrologia, cartografia, sensoriamento remoto, fotogrametria, agrimensura, geodésia, estatística, etc.
- As principais áreas de aplicação prática dos SIGs são: a) base de trabalhos reticulares de estradas; b) base de recursos naturais (Ex: administração de florestas e rios, análise de impacto ambiental, análise de habitat, zoneamentos, administração de qualidade da água, etc); c) facilidades de administração.
- De acordo com Dobson (1983), várias foram as causas para o surgimento da computação gráfica (cartografia automática) destacando-se: a) necessidade de rapidez na produção e edição de mapas a partir de grandes arquivos já na forma digital; b) redução do custo cartográfico e o tempo de produção e edição de mapas.
- O pequeno custo de mapas simples, a grande flexibilidade dos dados de saída, a facilidade de obtenção de escalas e de mudanças de projeção e os outros usos dos dados digitais contribuíram para o avanço da computação gráfica. O critério usado para converter variações geográficas reais em objetos descritos é chamado de modelos de dados. Esses modelos, dependendo do formato e da necessidade do usuário, podem ser de dois tipos: modelo do tipo raster ou matricial e modelo do tipo vetor.
- O modelo raster ou matricial, segundo Star & Estes (1990) é caracterizado por dividir a área em quadrículas de grades regulares de células na seqüência específica na forma horizontal. Dentre as características do modelo raster, citam-se: a) a seqüência é da esquerda para direita e de cima para baixo; b) cada

- célula contém um valor simples; c) as células e seus valores associados encontram-se dispostos em camadas (Ex: tipo de solo, elevação, uso da terra, etc.).
- O modelo vetor utiliza-se de segmentos de linhas ou pontos para identificar localidades (STAR & ESTES, 1990). Neste modelo os objetos (divisas de estradas, cidades, etc.) são formados por meio da conexão de segmentos e linhas (vetores). Quando se trabalha com mapas digitais (computação gráfica), uma característica importante que um mapa deve possuir é a sua resolução. A resolução de um mapa (imagem digital) pode ser definida como o número de dimensões lineares de pequenas unidades de espaço geográfico para dados que são registrados. Essas pequenas unidades são conhecidas como células ou pixels e são geralmente retangulares. Quando se afirma, por exemplo, que a resolução de um mapa é de 50 x 50 m, isto significa que a cada 1000 m sobre a terra corresponde a 20 células na imagem.
  - Os fenômenos reais do mundo podem ser observados de três modos distintos (BERRY & BAKER, 1968): espacial, temporal e temático. O modo espacial trata da variação de lugar para lugar. O modo temporal trata da variação de tempo para tempo (de uma época para outra). O modo temático trata da variação de uma característica para outra (de uma camada para outra).
- b) Sensoriamento remoto: a seguir são apresentados alguns conceitos relacionados com o sensoriamento remoto:
- Tecnologia que possibilita a obtenção de informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo. As informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética, gerada por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais como, por exemplo, o radar (ROSA, 2003).
  - O IBGE (2001) define o sensoriamento remoto como sendo o processo de aquisição de dados sobre um objeto ou cena à distância ou, mais especificamente, de obtenção de informações sem entrar em contato direto com a área ou fenômeno sob investigação.

- Moreira (2003) define sensoriamento remoto como sendo um sistema por meio do qual se obtém informações a respeito dos recursos naturais renováveis e não-renováveis do planeta Terra, pela utilização de sensores colocados em aviões, satélites ou mesmo na superfície. O enfoque maior é transmitir a idéia de uma nova tecnologia (conjunto de programas aplicativos e equipamentos computacionais) colocada à disposição do homem, para auxiliá-lo nas indagações sobre o manejo do meio ambiente.

### **3.2. O ÍNDICE DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL (ISA)**

São características geomorfológicas da linha de costa que se encontram em risco de um possível impacto.

Quando os derrames de óleos ocorrerem, os impactos da contaminação por óleos causados à zona costeira comprometem não só a integridade da paisagem natural como também as atividades econômicas (os investimentos realizados pela sociedade) e o sustento das comunidades locais humanas. A quebra de processos ecológicos, a extinção e asfixia de habitats e organismos se somam aos prejuízos financeiros advindos da suspensão repentina das atividades econômicas e da perda de equipamentos. A persistência do óleo nas praias arenosas e em sistemas internos abrigados das ondas, como estuários e canais, contribui para o agravamento do cenário da poluição (ALCÂNTARA & SANTOS, 2004).

O Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA), no Brasil é chamado de Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) (MMA, 2002), sendo composto por uma escala de valores variando de 1 a 10, que expressam a sensibilidade da costa ao impacto causado pelo óleo. O esquema de hierarquização do ISA é definido pelos seguintes fatores:

- Tipo de substrato;
- Exposição relativa a ondas e energia de maré;

- Produtividade e sensibilidade biológica;
- Declividade da costa;
- Facilidade para limpeza, entre outros.

Os mapas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo (Mapas SAO) como são chamados no Brasil (MMA, 2002), constituem um componente essencial e fonte de informação primária para o planejamento de contingência e avaliação de danos em casos de derramamento de óleo. Ademais, os mapas SAO representam uma ferramenta fundamental para o balizamento das ações de resposta a vazamentos de óleo, na medida em que, ao identificar aqueles ambientes com prioridade de conservação, permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza.

Apesar do constante progresso da tecnologia de segurança operacional na exploração e no transporte do petróleo, os riscos de acidentes ainda existem e os danos decorrentes podem ser ocasionados tanto pelo derrame quanto pelos procedimentos de limpeza nas áreas costeiras em todo mundo. Diversos impactos ao ambiente e comunidades biológicas causam prejuízos socioeconômicos. Os mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo são componentes indispensáveis dos planos de contingência e resposta emergencial a este tipo de acidente.

Carvalho (2003) aplicou o método desenvolvido pela NOAA (NATIONAL OCEANIC & ATMOSPHERIC ADMINISTRATION) para elaborar o mapa de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo de um segmento da costa entre Rio Grande do Norte e Ceará, usando o Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA). Na elaboração dos mapas empregou-se técnicas de processamento digital, segmentação por crescimento de regiões, e classificação digital não-supervisionada por regiões, auxiliadas pela interpretação visual de imagens ETM+/Landsat 7, utilizando o SPRING 3.6.03, desenvolvido pela DPI/INPE. O mapeamento se valeu também de

dados coletados em visitas ao campo, literatura especializada, e dados cartográficos. Como resultado, criou-se um Banco de Dados Geográficos (BDG) contendo as informações sobre os recursos biológicos, socioeconômicos, uso e cobertura do solo e o ISA para cada segmento costeiro em estudo. Com base neste BDG, foi produzido um Atlas onde estão articulados nove mapas de sensibilidade ambiental para a área, na escala 1:50.000. Cabe ressaltar que todas essas informações podem ser atualizadas, e consultadas pelas equipes de contingência em eventos de derramamento de óleo.

O mapeamento dos índices de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo na Baía de Guajará (Belém-PA), estudada por Gonçalves e Souza (2005) utilizou uma integração digital de imagens satélites para obtenção de uma melhor visualização das áreas mais sensíveis. Foram usadas as imagens de satélite Radarsat -1 e Landsat -7. Da imagem do satélite Radarsat-1 (banda C-HH) foi gerada uma base de dados digital, usando para isto o programa PCI V.9.1., foi re-escalada de 16 para 8 bits, e em seguida orto-retificada no programa OESI (*OrthoEngine Satellite Edition*). A imagem Landsat-7 foi pré-processada através das técnicas de correção atmosférica, pela subtração do pixel escuro, o que permite a diminuição do efeito da atmosfera. Para escolha da melhor tríade de bandas espectrais para uma composição colorida, obtendo um conjunto de dados com a menor correlação e a metodologia da máxima variância, foi usado o OIF (*Optimum Index factor*). Seguidamente, foi realizada uma orto-retificação usando também o modelo digital de elevação do SRTM e pontos de controle obtidos a partir de cartas digitais do IBGE na escala 1: 100000. A transformação IHS tem sido usada com sucesso como uma técnica de integração digital de dados de sensores remotos. A técnica usada nesse trabalho para integração digital das imagens Radarsat-1 e Landsat-7 foi a transformação IHS (intensity, hue, saturation). Também, foi utilizada a classificação dos índices de sensibilidade ambiental para os ambientes mapeados.

El-Ray et al., (1996), utilizaram uma imagem SPOT-1, fazendo uso das ferramentas de sensoriamento remoto, SIG e levantamento de campo para a elaboração de planos de contingência em eventos de derramamento de óleo no Egito. Tais técnicas

de processamento digital de imagens, realce e classificação digital supervisionada foram utilizadas para identificar os diferentes tipos de recifes de coral. Aplicou-se um filtro passa-alto direcional, uma análise das principais componentes, e uma classificação supervisionada. Neste trabalho, os seguintes mapas foram obtidos:

- Uso do solo, para a sensibilidade da costa;
- Recursos naturais críticos;
- Áreas com prioridade de proteção;
- Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA).

IMO (1994) elaborou o índice de sensibilidade para diferentes tipos de costa que vai de ESI 1 até ESI 10 dependendo da sensibilidade de cada área, onde também foram incluídas as seguintes informações nos mapas como:

- Proteção de áreas onde se desenvolvem as plantas e os animais em condições naturais;
- Atividades de pesca;
- Características socioeconômicas;
- Aspectos sazonais.

Uma análise do índice de sensibilidade do ambiente costeiro foi realizada por Abdel-Kader et al., (1998), para o Parque Nacional Ras-Mohammed na península de Sinai, Egito. Neste trabalho foram integradas as técnicas de sensoriamento remoto e SIG como ferramentas de análise da sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo. Foram usadas imagens SPOT-XS para obter informação sobre os recursos da área em estudo, especialmente comunidades de recifes de coral, utilizando o processamento de imagens, digitalização das informações derivadas das fotos aéreas e os dados que foram levantados em campo. O critério de sensibilidade foi

baseado no trabalho de Kenchington & Hudson (1984), que também propôs uma escala variando de 1 a 10 (1 – baixa sensibilidade e 10 – alta sensibilidade).

O Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA) é uma componente integral nos planos de contingência e resposta de derramamento de óleo. O índice de sensibilidade ambiental tem três tipos de informações, NOAA (2002):

1. Classificação da linha da costa: a classificação da sensibilidade ambiental da costa a derramamentos de óleo é baseada nas características geomorfológicas da área do litoral sendo: a) grau de exposição à energia da onda e maré; b) tipo de substrato; c) produtividade; d) sensibilidade biológica; e e) grau de exposição.
2. Recursos biológicos: os recursos biológicos apresentam maiores riscos de derrames de óleo, quando: a) grande número de indivíduos estão concentrados numa área relativamente pequena; b) espécies marinhas e aquáticas se encontram na costa durante estágios ou atividades especiais do ciclo da vida (tais como nascimento migração ou muda).
3. Usos humanos dos recursos: as atividades socioeconômicas que caracterizam a ocupação dos espaços e os usos dos recursos costeiros e marinhos, como o turismo, a pesca, a aquicultura são freqüentemente sensíveis aos impactos por derramamento de óleo. Assim para as praias de alto uso recreacional, marinhas, áreas de proteção ambiental, lugares arqueológicos, por exemplo, são representados nos mapas de sensibilidade, sempre que localizados em áreas que possam ser afetados por um derrame de óleo.

Gundlach et al., (1981) estudaram a área costeira dos Estados Unidos utilizando o Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA). Eles utilizaram um método denominado de método zonal, na qual tiveram presente os seguintes parâmetros: a) morfológicos; b) biológicos; e c) socioeconômicos. Encontraram uma sensibilidade variando de 1 até 10 (de menos sensível para mais sensível, respectivamente).

### 3.3. MÉTODO AHP

O método de Analítico Hierárquico (Analytic Hierarchy Process – AHP) foi desenvolvido por Thomas L. Saaty em meados da década de 1970 com o intuito de promover a superação das limitações cognitivas dos tomadores de decisão. Segundo Barbarosoglu & Pinhas (1995), ele é aplicado para sistematizar uma gama de problemas de decisão nos contextos: a) econômico; b) político; c) social; e d) ambiental. Este método apresenta simplicidade, sólida base matemática e capacidade de avaliar fatores qualitativos e quantitativos, sejam eles, tangíveis ou intangíveis (SHIAU et al., 2002). O principal problema do método AHP é de como estabelecer pesos para atividades de acordo com sua importância. Assim, propõe por intermédio da decisão do problema em níveis hierárquicos, determinar por meio da síntese dos valores dos agentes de decisão, uma medida global para cada alternativa, priorizando-as ou classificando-as ao finalizar o método (GOMES et al., 2004).

A hierarquização monta um modelo da realidade e visualiza a interação dos componentes do sistema que divididos em níveis, garantindo confiança e flexibilidade. Assim, Os níveis deste sistema hierarquizado podem ser facilmente representados na forma de matriz, onde linhas e colunas são componentes do sistema. Essa matriz é chamada de matriz de comparação par a par, matriz dominante ou, ainda, matriz de decisão (SAATY, 1977) (GOMES et al., 2004).

Visto que os julgamentos humanos tendem a inconsistência, Saaty (1970) criou uma escala em que os valores assumidos vão de 1 (menos importante) a 9 (mais importante). Já que de acordo com as pesquisas deste autor seria impossível um indivíduo comparar simultaneamente mais que  $7 \pm 2$  elementos (Tabela 1).

**Tabela 1. Escala de Importância proposta por Saaty (1977).**

VALORES	IMPORTÂNCIA MUTUA
1	Igual importância
3	Importância pequena de uma sobre outra
5	Importância grande ou essencial
7	Importância muito grande
9	Importância Absoluta
2, 4, 6,8	Valores intermediários

Rosot et al., (2000) utilizou o método AHP para elaborar um mapa de vulnerabilidade a ações antrópicas para o manguezal do Itacorubi (SC), em função dos fatores: proximidade de ruas, de áreas urbanas, de aterros sanitários e de aquicultura. Foi utilizada imagem pancromática de satélite SPOT como fundo para digitalização via tela das feições de interesse e empregou-se o método de avaliação por critérios múltiplos e combinação linear ponderada (com o uso da escala de comparadores de Saaty) disponíveis no software IDRISI. Apesar do rigor matemático, o mapa resultante apresenta uma saída gráfica de fácil interpretação. A metodologia pode ser aplicada a outras áreas similares, critérios e fatores podem ser modificados e acrescentados, podem ser incorporados fatores e variáveis não quantificadas neste trabalho.

Tagliani (2003) desenvolveu um mapa de vulnerabilidade ambiental para uma parte da planície costeira do Rio Grande do Sul, que abrange os municípios de Pelotas, Rio Grande e São José do Norte. Para agregar vários fatores de vulnerabilidade foi utilizado o método de combinação linear ponderada de acordo com a escala de comparadores de Saaty. Os diversos fatores de vulnerabilidade foram padronizados para uma escala contínua de 0 a 255, definindo o limite de menos vulnerável e mais vulnerável. Cada imagem-fator foi multiplicada pelo seu peso correspondente e, posteriormente, todos os fatores foram somados. A metodologia utilizada é amplamente flexível e pode ser utilizada como uma ferramenta de uso multidisciplinar.

---

## **Capítulo 4**

### **AREA DE ESTUDO**

#### 4. ÁREA DE ESTUDO

O complexo estuarino da Ilha de Vitória está localizado no estado do Espírito Santo entre as coordenadas geográficas 20°15' e 20°20' latitude Sul e 40°16' e 40°22' longitude Oeste. Este complexo estuarino é formado pela Baía de Vitória e dois canais que a ligam com a Baía de Espírito Santo. A região de estudo é composta pela Baía de Vitória e o canal de acesso ao Porto de Vitória, que se encontra na extremidade Sul da Baía de Vitória (Figura 1).

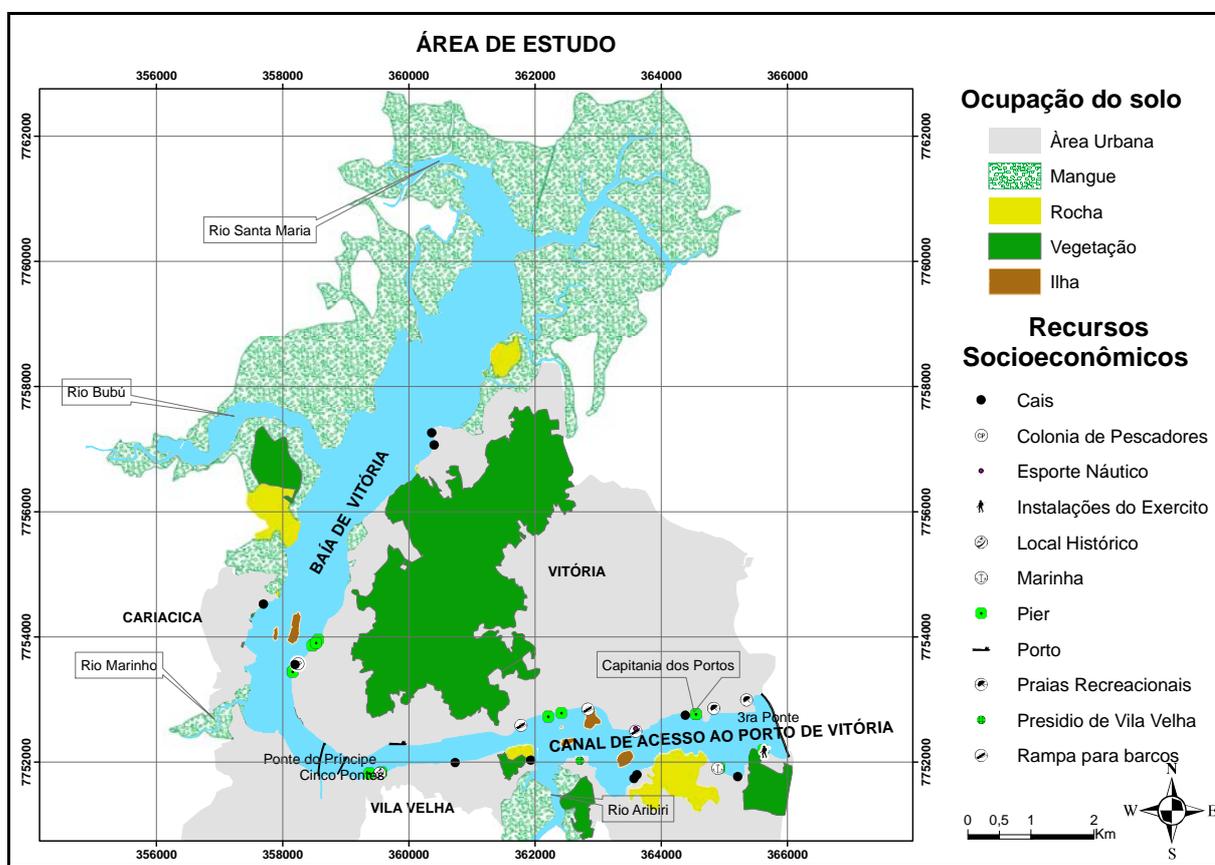


Figura 1 Área de Estudo. Baía de Vitória e Canal de Acesso aos Portos.

Segundo Barros Filho et al., (2002) a porção mais interna da Baía de Vitória é composta de uma base rasa margeada por manguezais na zona entremarés, a

profundidade média do canal principal que circunda as planícies de maré gira entorno de 5 m. Na porção Nordeste se encontra o delta do rio Santa Maria da Vitória, que é a maior fonte de água doce e sedimentos do sistema. O canal de acesso ao Porto de Vitória é o canal de navegação principal de 8 km de extensão que dá acesso aos portos locais.

Na região de estudo deságuam cinco rios: o rio Santa Maria da Vitória, de médio porte; e os rios Bubu; Itanguá, Aribiri, e Marinho, considerados de pequeno porte (NUNES, 2005). O principal destes que constitui a rede hidrográfica da região é o rio Santa Maria da Vitória, que possui cerca de 1.660 km e uma vazão média anual de 15,7 m<sup>3</sup>/s. (RIGO, 2004). A vazão, do rio Santa Maria da Vitória, que chega à Baía de Vitória é regulada pelas usinas de rio Bonito e Suíça. Por outro lado, estima-se que a soma da vazão média anual de todos os outros contribuintes não ultrapasse 3 m<sup>3</sup>/s. Dentre estes, o rio Marinho é o que tem a maior contribuição; os rios Bubu e Aribiri são córregos que desembocam na baía, com pequenas bacias contribuintes, bastante influenciados pela maré (RIGO, 2004).

Para ter um melhor conhecimento da área de estudo, foi realizado o levantamento de uma extensa bibliografia, que subsidiarão com informações gerais sobre a área, tais como os tipos de ambiente, atividades desenvolvidas pelas comunidades e ocupação urbana. Cabe ressaltar que foram encontrados poucos artigos em revista nacional e internacional sobre assuntos correlatos à área de estudo. As maiores fontes de informação provêm de projetos de pesquisa financiados pelo Fundo de Apoio à Ciência e Tecnologia – FACITEC, e de monografias, que auxiliaram no detalhamento da área em relação a alguns aspectos oceanográficos como, por exemplo, o grau de energia das ondas e da maré que influenciam no tempo de permanência do óleo e o tipo de substrato.

#### **4.1. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS**

A planície e terras baixas costeiras do estado do Espírito Santo são representadas pelos tabuleiros de Formação Barreiras, pelas Planícies de Manguezais e pelos

Terraços Marinhos, que se estendem de forma heterogênea próximo ao litoral, encontrando-se bem distribuída nos municípios de Vitória, Serra, Viana e Vila Velha (MMA, 1996).

Quanto a sua geomorfologia, o canal da Baía de Vitória ao Sul, depois de percorrer no sentido Leste-Oeste por cerca de oito quilômetros, inflete para Nordeste formando um cotovelo. Daí por diante ele torna-se mais largo e, ao mesmo tempo, menos profundo, até se confundir com toda trama de terrenos sedimentares recentes, como o delta do rio Santa Maria e áreas vizinhas (FERREIRA, 1989 *apud* PAIVA, 1999).

O Canal de acesso aos portos possui uma extensão de 8 *km* e é orientado no sentido Leste-Oeste. A extremidade Leste, entrada ao canal, tem uma largura de 950m (próximo à terceira ponte) e sua extremidade Oeste 270 *m* (próximo a cinco pontes), sendo o trecho mais estreito de 170 *m* (Morro do Penedo). Este canal de acesso é dragado periodicamente para manter sua profundidade média em torno de 12 *m*. O comprimento da região de estudo é de 19 *km*, medido desde a extremidade Leste do canal até a extremidade superior do delta do rio Santa Maria.

#### **4.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS**

O clima do estado do Espírito Santo é classificado como pseudo-equatorial, Oeste da classificação de KOPPEN (1948, *apud* MARTIN *et al.*, 1993), ou seja, clima quente e úmido, com estações secas no outono (abril a setembro), e apresenta maior quantidade pluviométrica na primavera-verão (outubro a março). A temperatura média anual do ar é de 22 °C, ficando a média das máximas entre 28° e 30 °C, enquanto que as mínimas apresentam-se em torno de 15 °C, e se verificam após uma passagem de frente fria de origem subpolar (NIMER, 1989).

A direção dos ventos segundo Sarmento (1993), no período que vai de Agosto a Maio é, predominantemente de NE com velocidades médias oscilando entre 4,6 a 5 *m/s*, provenientes do Oceano Atlântico em função das massas aquecidas Tropical

Atlântica e Equatorial. No período que vai de Abril a Julho a direção do vento predominante é de Sul-Oeste com velocidades médias entre 4,1 e 4,5 *m/s*, devido à massa Polar Atlântica.

O regime de maré na região pode ser considerado de micromarés, apresentando amplitudes em torno de 1,7 a 0,9 *m*, para marés de sizígia e quadratura, respectivamente (FEMAR, 2000). A componente harmônica principal da maré para região é a  $M_2$ , lunar e semidiurna, apresentando período de 12,4 *h* e alturas de 44,2 *cm* para o porto de Tubarão e de 46,2 *cm* para o Porto de Vitória.

Barros Filho et al., (2002) mostram, em sua interpretação uma elevação registrada na estação Vale com alturas de maré variando entre 0,5 *m* na quadratura aproximadamente e 1,6 *m* na sizígia. O valor mínimo é diferente daquele apresentado por Femar (2000).

Rigo (2004) mostra que a onda de maré incidente na região propaga-se da Baía do Espírito Santo (Tubarão) para a Baía de Vitória (chegando a Santo Antônio, Caieiras e Maria Ortiz, nessa ordem). Assim, a maré medida em Maria Ortiz é proveniente da Baía de Vitória, o que está de acordo com os resultados de Sarmento (1993), que apontaram uma região do Canal da Passagem ao Sul de Maria Ortiz como local de ocorrência do “Tombo da Maré”, que pode ser identificada como uma zona de convergência barotrópica.

A circulação hidrodinâmica na área da Baía de Vitória é dominada pelas correntes de maré, com velocidades máximas de até 1 *m/s* durante a sizígia no estreitamento próximo do Morro do Penedo (SANTIAGO, 2007), enquanto que nas proximidades da terceira ponte do Canal do Porto foram registradas velocidades de 0,30 e 0,65 *m/s* nas marés de quadratura e sizígia, respectivamente (ROCHA, 2000).

A influência do manguezal na hidrodinâmica local foi estudada por Chacaltana et al., (2003) que puderam observar que as intensidades das correntes, quando é incluso no modelo o alagamento do manguezal, são maiores que as velocidades sem alagamento. Para a vazante da maré de sizígia, foi identificado um aumento de até 45% do valor da velocidade sem considerar o alagamento, o que indica a

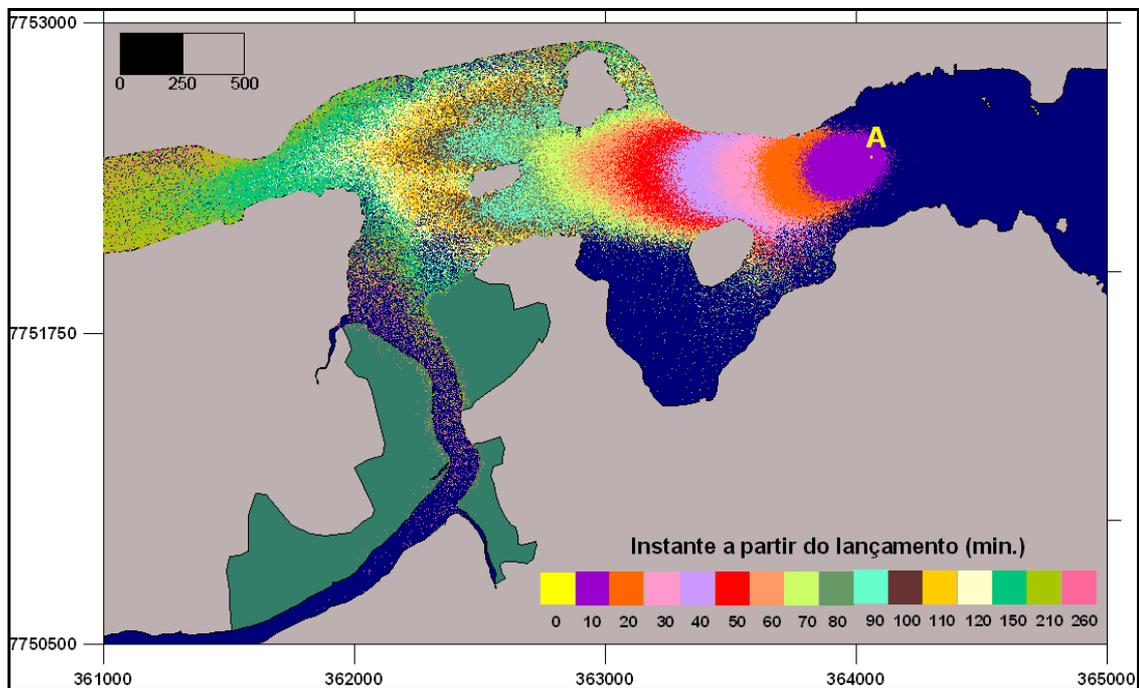
importância do volume de água armazenado na região de inundação do manguezal para a hidrodinâmica do estuário.

Os dados analisados por Barros Filho (2002) apresentaram uma assimetria nas correntes de maré, com dominância de vazante. Esse comportamento, segundo o autor, está associado à assimetria observada entre tempo de duração da maré enchente e da maré vazante, causada pela interação do escoamento com a geometria do corpo d'água, planícies de maré e pela presença da vegetação de mangue na região interna do estuário. As magnitudes das velocidades de vazante foram, em geral, maiores que as de enchente.

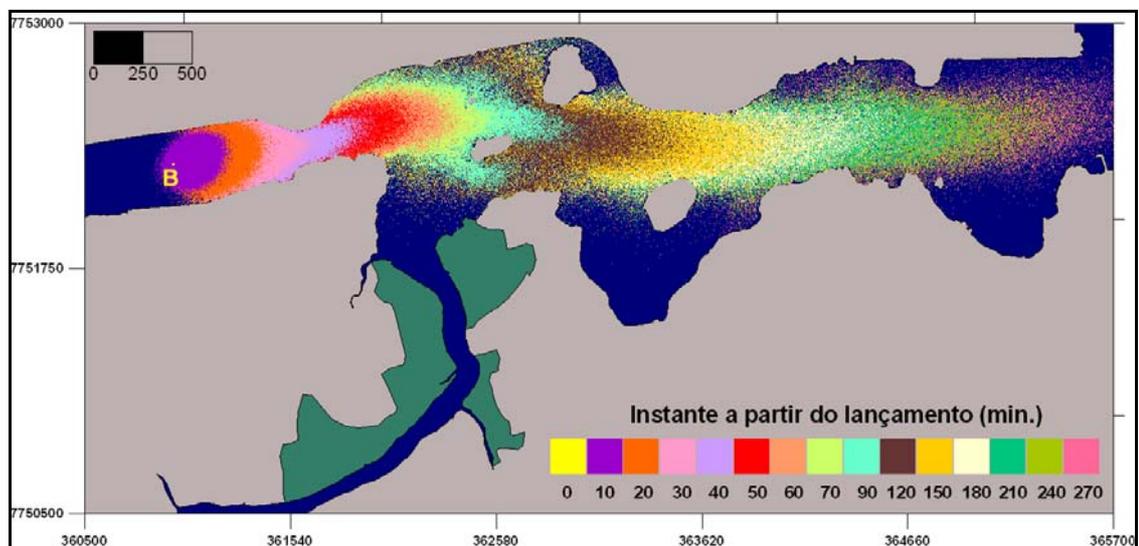
Santiago & Chacaltana (2004) e Santiago (2007) realizaram uma simulação numérica, com o modelo DIVAST, do padrão de escoamento do canal de acesso ao Porto de Vitória. Esse padrão, observado por intermédio dos campos de velocidades simulados, indicou que as velocidades mais intensas ocorrem ao longo do percurso dragado para acesso de navios ao Porto de Vitória, encontrando valores da ordem de 1 *m/s* no ciclo próximo à sizígia, na região de estreitamento da seção entre Morro do Penedo e a Ilha de Vitória. Foi também observada a existência de vórtices na Enseada de Vila Velha e foram identificadas zonas de recirculação pouco advectivas, como no Canto da Jaburuna e na região da desembocadura do rio Aribiri. Segundo os autores essas zonas podem ser relevantes para os processos de dispersão de poluentes e de sedimentação local.

Santiago (2007) realizou experimentos de modelagem mostrando a trajetória de partículas no canal de acesso ao Porto de Vitória durante o período de maré enchente e vazante. A **Figura 2** mostra o ponto de lançamento A e seus resultados para a enchente da maré próxima à sizígia, enquanto a **Figura 3** mostra o ponto de lançamento B e os resultados de maré vazante próxima à quadratura. Foi observado durante o experimento, e pode ser observado nas figuras, que na vazante não há influência das águas do canal de acesso ao porto para o rio Aribiri como ocorre na enchente. A ocorrência de vórtices na região do canal de acesso ao Porto de Vitória é um fator que pode ter importância representativa para os processos dispersivos e de deposição e transporte de sedimentos para a região. Há uma capacidade limitada

de transporte de constituintes para outras regiões adjacentes, favorecendo um maior tempo de residência de constituintes em seu escoamento circulatório.



**Figura 2** Distribuição de partículas simulando o despejo de um poluente no canal de acesso aos portos durante uma maré de enchente próxima à sizígia. (SANTIAGO, 2007).



**Figura 3** Distribuição de partículas simulando o despejo de um poluente no canal de acesso aos portos durante uma maré de vazante próxima à quadratura. (SANTIAGO, 2007).

Com relação às ondas de gravidade, Melo & Gonzáles (1995) estudaram a Baía do Espírito Santo, utilizando dados obtidos pelo Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH) no período de 22/03/1979 a 30/09/1980, e apontaram a média anual para direção de ondas no sentido E-SE, alturas significativas variando de 0,3 a 2,62 *m* com média anual de 1,0 *m* e período médio variando de 6,0 a 11,5 s. Nos diagramas de refração de ondas para a Baía do Espírito Santo apresentados por Soares (2003) fica evidente que as ondas de E-SE refratam para as margens do Canal de acesso, sendo sua influência limitada até a proximidade da Capitania dos Portos.

#### **4.3. ASPECTOS BIOLÓGICOS**

Chagas et al., (2006) amostraram mensalmente, durante um ano, treze zonas da Baía de Vitória para captura de espécies de peixes. Segundo os autores, a estrutura da comunidade local é singular, quando comparada a outras regiões estuarinas tropicais brasileiras. Isso se deve provavelmente ao fato da Baía de Vitória estar localizada em uma posição geográfica transitória entre o Norte, de domínio tropical e o Sul, de domínio subtropical temperado.

Usando espectrometria de absorção atômica, Joyeux (2004) avaliou os riscos à saúde humana resultante do consumo de pescado do sistema estuarino da Baía de Vitória. Na análise das amostras de tecidos musculares de tainhas e robalos determinou-se que há uma relação direta entre as concentrações de metais de cádmio, cromo, cobre e zinco com o tamanho ou o peso do robalo. Enquanto que em tainhas a concentração de cromo diminui com o comprimento. De maneira geral, maiores teores de cádmio e chumbo e menores teores de zinco foram encontrados em tainhas que em robalos. Foi apontado que as concentrações de cromo estão em quantidade maior que a admissível pela legislação brasileira, e que o maior risco ao consumo de pescado por crianças está relacionado com a concentração de chumbo.

#### 4.4. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A Baía de Vitória é uma região de extrema importância sócio-econômica no estado do Espírito Santo. A forte degradação ambiental dos manguezais é fato marcante na história da Baía sendo promovida pela ocupação populacional em seu entorno, aterros, implantação de indústrias e atividades portuárias (ALMEIDA et al., 2007).

O Complexo portuário da CODESA (Companhia Docas do Espírito Santo) compreende várias instalações na Baía em questão, incluindo o Porto de Vitória, que possui instalações para cargas diversificadas distribuídas em ambos os lados da Baía de Vitória, ocupando parte da cidade de Vitória e do município de Vila Velha. Observa-se que desde o ano de 2001, as movimentações de cargas anuais vêm registrando aumentos gradativos segundo dados da CODESA (2006) passando em 2001 de 5.567.997 toneladas para 7.930.134 em 2006.

O cais comercial localizado em Vitória têm 776 *m* de comprimento e contem quatro berços de atracação com calados entre 2,4 *m* e 10 *m*. As instalações em Vila Velha englobam: o Cais de Capuaba, com 876 *m* de comprimento e calado máximo de 10,6 *m*; o Cais de Paul, com 420 *m* de comprimento e calado máximo de 10,30 *m*; o Terminal Companhia Portuária de Vila Velha (CPVV), destinado a operação de cargas industriais de extração e refino de petróleo, carga geral e contêineres, atende a navios de até 250 *m* de comprimento e calado máximo de 9,15 *m*; além do Terminal de Granéis Líquidos de São Torquato, destinado a movimentação de derivados de petróleo e álcool onde operam as empresas Frannel e TA Distribuidora de Petróleo que atendem navios de 162 *m* de comprimento e calado máximo de 8,23 *m* (NEWSCOMEX, 2007).

#### 4.5. PROBLEMAS AMBIENTAIS

O atual processo de degradação ambiental na Baía de Vitória configura um estado de desequilíbrio difícil de ser revertido. Porém, está apto a diferentes estratégias de gestão ambiental. Nas diferentes situações encontradas como problemas

ambientais, o elemento comum está na diversidade dos problemas, na fragilidade dos ambientes encontrados, na complexidade de sua gestão, com uma demanda enorme por capacitação e mobilização dos diversos atores envolvidos, necessitando de intervenções integradas (D'AGOSTINI, 2005).

Dentre os principais processos antrópicos atuantes na Baía temos:

- Urbanização: o crescimento populacional ocorrente é a principal forma de pressão no ambiente costeiro. A construção de casas em áreas de alta sensibilidade ambiental como o estuário, a falta de saneamento básico, junto com as atividades de agricultura e atividades urbanas, degradam os ambientes naturais por meio da poluição orgânica, deposição de sedimentos e deteriorização dos habitats naturais (D'AGOSTINI, 2005). Das regiões estudadas por Jesus et al., (2004), a região Baía de Vitória (canal do Porto) é a que recebe maior aporte dos efluentes líquidos domésticos e industriais por meio dos rios Itanguá, Marinho e Aribiri, dos canais de esgoto da Costa e Leitão da Silva, e das galerias de drenagem pluvial como as da Rede Gazeta, Beira Mar e cais da Barca.
- Aterros: foram desenvolvidos com o intuito de aumentar a área urbana, sendo realizados de forma desordenada e sem planejamento, ocasionando interferências nos processos costeiros. Segundo Paiva (1999) a Baía de Vitória apresenta limitações no seu espaço físico, dessa forma, a prática dos aterros se tornou uma constante, contribuindo significativamente para a modificação de sua paisagem.
- Dragagens: a Baía de Vitória possui um dos mais importantes complexos portuários do país, logo, surge uma necessidade de controle e manutenção do canal de acesso aos portos. Segundo Coutinho (1996) a dragagem constitui uma das mais importantes atividades do homem nos estuários, afetando a circulação das águas e, conseqüentemente, o modelo de deposição dos sedimentos. Em muitos estuários as dragagens rompem o equilíbrio natural entre a descarga do rio, as trocas de marés, o fornecimento de sedimento e a morfologia do fundo.

- Deposição de metais pesados: uma análise feita por Jesus et al., (2004), na concentração de metais pesados no sedimento da Baía de Vitória, mostra que não apenas a contribuição natural determinada pela geologia local é responsável pelas concentrações encontradas, mas também processos antrópicos como o descarte de efluentes domésticos e industriais no estuário tem significativa importância. Os efluentes industriais gerados pelas empresas chegam ao sistema estuarino de Vitória, principalmente pelos rios Itanguá e Marinho (Cariacica), Aribiri, Marinho e Canal da Costa (Vila Velha) e canais de drenagem pluvial no entorno da Ilha de Vitória. Outra fonte de metais que pode ser representativa é o deflúvio superficial urbano (“*runoff*” urbano) que, em geral, contém todos os poluentes que se depositam na superfície do solo.

#### 4.6. MANGUEZAL

De acordo com Citrón & Novalli (2000) os manguezais brasileiros ocorrem desde a divisa com a Guiana Francesa (04° 30' N) até o município de Laguna no estado do Rio Grande do Sul (28° 30' S).

Os mesmos autores nos advertem sobre a necessidade de ações de conservação, gerenciamento e restauração deste ecossistema, principalmente quando estes estão próximos a grandes centros urbanos, pois nesta situação estão sob grande estresse.

Os manguezais em geral são ecossistemas costeiros de transição entre os ambientes terrestres e aquáticos, característicos de regiões tropicais e subtropicais e sujeitos ao regime de marés. São constituídos por espécies vegetais lenhosas típicas adaptadas a flutuações de salinidade e a um sedimento predominantemente lodoso, com baixos teores de oxigênio.

No que diz respeito à energia e à matéria, são sistemas abertos recebendo, em geral, um importante fluxo de água doce, sedimentos e nutrientes do ambiente terrestre e exportando água e matéria orgânica para o mar ou águas estuarinas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991). O extenso manguezal localizado na porção

Nordeste da Baía de Vitória é o porto seguro para reprodução e vida de diversas espécies, que só nessa mistura especial de águas doces e salgadas conseguem sobreviver e reproduzir.

---

## **Capítulo 5**

**ANÁLISE DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL DA  
LINHA DE COSTA AO DERRAME DE ÓLEO,  
USANDO O MÉTODO DO MMA.**

## **5. ANÁLISE DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL DA LINHA DE COSTA AO DERRAME DE ÓLEO, USANDO O MÉTODO DO MMA.**

Neste capítulo são apresentados os fundamentos e a metodologia para a obtenção dos resultados sobre a análise da sensibilidade ambiental, considerando tanto o recurso biológico como o socioeconômico, sobre a linha de costa, devido a um potencial derrame de óleo no ambiente marinho. A metodologia foi aplicada à região de estudo compreendida entre o canal de acesso ao Porto de Vitória e a Baía de Vitória.

A análise de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo foi realizada usando o conceito do Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA) proposto pelo NOAA. Este índice foi usado para classificar a sensibilidade ambiental da linha de costa devido a um potencial derrame de óleo, e que muitos países têm adaptado para satisfazer suas condições particulares. No Brasil, a classificação da sensibilidade ambiental da linha de costa é conhecida como Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) (MMA, 2002).

Para mostrar a distribuição espacial, os valores do índice de sensibilidade ambiental são geralmente apresentados em cartas ou imagens de satélite georreferenciadas. Estas cartas ou mapas de sensibilidade ambiental para o derramamento de óleo são requisitos garantidos pela Resolução CONAMA N° 293 de 12/12/2001, que insere as cartas de sensibilidade ambiental como conteúdo mínimo dos planos de emergência individuais para incidentes de poluição por óleos em portos organizados, terminais individuais, dutos e plataformas, bem como em suas instalações de apoio.

A sensibilidade ambiental da linha de costa ao derrame de óleo se fundamenta na análise dos três tipos de informação apresentados a seguir:

- Sensibilidade da linha de costa;
- Recursos biológicos;

- Uso dos recursos humanos (atividades socioeconômicas).

### 5.1. SENSIBILIDADE DA LINHA DE COSTA

A sensibilidade ambiental da linha de costa ao derrame de óleo é classificada segundo uma escala de valores proposta pelo MMA, considerando também a persistência natural do óleo e a facilidade de limpeza. A classificação proposta encontra-se na Tabela 2. Essa classificação, além de considerar o tipo de substrato e tamanho do grão, se fundamenta no entendimento das características físicas e biológicas dos ambientes costeiros (MMA, 2002). Os valores da classificação do ISL, mostrados na Tabela 2 aumentam conforme a sensibilidade. Assim, o valor do ISL igual 1 significa menos sensível que ISL igual 10.

A escala do índice de sensibilidade ambiental varia de 1 até 10, sendo usado para classificar os diferentes tipos de substratos, mangue e estruturas artificiais encontrados na linha do litoral. Os substratos consolidados são representados pelas rochas e os substratos não-consolidados são representados pelos diferentes tipos de areias.

**Tabela 2. Índices de Sensibilidade a Linha de Costa (ISL).**

TIPOS DE LINHA DE COSTA	ISL
<ul style="list-style-type: none"><li>– Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos.</li><li>– Falésias em rochas sedimentares, expostas.</li><li>– Estruturas artificiais lisas (paredões marítimos artificiais), expostas.</li></ul>	1
<ul style="list-style-type: none"><li>– Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos.</li><li>– Terraços ou substratos de declividade média, expostos (terraço ou plataforma de abrasão, terraço arenítico exumado bem consolidado, etc.).</li></ul>	2
<ul style="list-style-type: none"><li>– Praias dissipativas de areia média a fina, expostas.</li><li>– Faixas arenosas contíguas à praia, não vegetadas, sujeitas à ação de ressacas (restingas isoladas ou múltiplas, feixes alongados de restingas tipo “<i>long beach</i>”).</li><li>– Escarpas e taludes íngremes (formações do grupo Barreiras e Tabuleiros Litorâneos), expostos.</li><li>– Campos de dunas expostas.</li></ul>	3

---

– Praias de areia grossa.	
– Praias intermediárias de areia fina a média, expostas.	4
– Praias de areia fina a média, abrigadas.	
<hr/>	
– Praias de cascalho (seixos e calhaus).	
– Costa de detritos calcários.	
– Depósito de tálus.	6
– Enrocamentos ("rip-rap", guia corrente, quebra-mar) expostos.	
– Plataforma ou terraço exumado recoberto por concreções lateríticas (disformes e porosas).	

---

**Tabela 1. Índices de Sensibilidade a Linha de Costa (ISL). Continua na página seguinte.**

TIPOS DE LINHA DE COSTA	ISL
– Escarpa / encosta de rocha lisa, abrigada.	
– Escarpa / encosta de rocha não lisa, abrigada.	
– Escarpas e taludes íngremes de areia, abrigados.	8
– Enrocamentos ("rip-rap" e outras estruturas artificiais não lisas) abrigados	
<hr/>	
– Planície de maré arenosa / lamosa abrigada e outras áreas úmidas costeiras não vegetadas.	
– Terraço de baixa-mar lamoso abrigado.	9
– Recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais.	
<hr/>	
– Deltas e barras de rio vegetado.	
– Terraços alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas.	
– Brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgada; apicum Marismas.	10
– Manguezal (mangues frontais e mangues de estuários).	

---

Fonte: MMA (2002).

Os aspectos físicos que determinam o grau de exposição da linha de costa ao óleo são os fluxos de energia da onda e da maré. O fluxo de energia da onda é função direta da altura média das ondas registradas em pelo menos um ano. Locais onde a altura da onda é tipicamente grande (maiores de 1 m), o impacto do derrame de óleo aos habitats é reduzido (NOAA, 2002).

O fluxo de energia de maré também é importante na determinação dos impactos de um potencial derrame de óleo sobre os habitats costeiros, embora não tanto como o fluxo de energia das ondas. As variações de maré determinam a largura das zonas de entremarés, que poderão ser cobertas pelo óleo caso ocorra um derramamento. As considerações mais importantes das correntes de marés são os efeitos potenciais de remover o óleo da linha de costa e de mover a areia da região entremarés enterrando o óleo.

Sistemas como os manguezais são os mais complexos e tendem a resistir mais eficientemente às perturbações ambientais. No entanto, um acidente de grandes proporções ocasionaria altas taxas de mortalidade das espécies dos manguezais, as quais se recuperariam, naturalmente, somente após um longo período de tempo.

Quando um derramamento de óleo atinge um manguezal, o sistema de raízes fica completamente impermeabilizado, tornando as árvores incapazes de absorver oxigênio e nutrientes. Os vegetais perdem as folhas e ficam incapacitados de realizar fotossíntese. Alguns animais que habitam esses ecossistemas morrem em poucos dias por não poderem respirar, enquanto outros intoxicam aos poucos ao comerem folhas e outros seres contaminados.

A resposta do manguezal a um acidente dependerá do tipo de óleo e da espessura da camada de óleo, entre outros fatores. Apesar de ser possível a recuperação do solo e da água de regiões afetadas por acidentes envolvendo derramamento de petróleo, a perda acentuada de folhas e brotos pode não ser compensada pela produção de novas folhas, impedindo a recuperação do vegetal.

Nas planícies de maré, a penetração do óleo é limitada pelos sedimentos saturados de água. Neste caso, o óleo é geralmente transportado até a linha de costa de maré alta, podendo ocorrer a penetração junto a linha de preamar.

Em encostas de rocha lisa, enrocamentos e estruturas artificiais abrigadas, o óleo tende a recobrir a superfície afetada, persistindo por longo tempo devido à inexistência de hidrodinamismo capaz de efetuar a remoção. Substratos lisos

impermeáveis ao óleo e substratos recobertos por blocos, irregularidades ou sedimentos são capazes de armazenar óleo.

O substrato pode ser dividido em consolidado e não-consolidado. Nos substratos não-consolidados, formados por lodo, areias, o óleo pode penetrar verticalmente no sedimento atingindo camadas mais profundas. Quanto maior for o tamanho do grão (consequentemente maior o espaçamento entre os mesmos), maior a penetração do óleo no sedimento, podendo atingir várias dezenas de centímetros. Praias de areia fina e lodo são as que resistem mais a penetração do óleo. Abaixo é mostrado o comportamento dos substratos consolidados e não consolidados frente a um potencial derrame de óleo:

- Costões rochosos: os substratos consolidados são as rochas que formam os costões, neste caso o óleo pode permanecer aderido ao substrato afetando diretamente a comunidade nele presente. A remoção de um derrame de óleo pode se dar em função da energia das ondas, quanto maior a energia da onda, mais rápida será a remoção do óleo. Em costões rochosos de média a baixa declividade, inferiores a 30 graus, não há penetração do óleo e a remoção por ação das ondas é geralmente rápida.
- Praias de cascalho: ocorre a percolação do óleo até cerca de 100 *cm*. As praias de cascalho têm o nível mais elevado de impacto, devido à facilidade com a qual o óleo percola e a conseqüente profundidade por ele atingida, dificultam sua remoção. A persistência do óleo pode ser alta se ocorrer soterramento ou tempestades pouco freqüentes.
- Praias mistas de areia e conchas: a penetração do óleo é de 50 *cm* de profundidade, onde a maior profundidade de percolação do óleo dificulta a limpeza, podendo causar erosão, problemas de descarte e baixa trafegabilidade potencial. A persistência do óleo pode ser alta se houver soterramento ou retenção em irregularidades do substrato, sendo que tempestades periódicas podem ajudar na remoção ou soterramento do óleo.

- Praias de areia grossa: a penetração do óleo é de 25 cm de profundidade na qual a mobilidade do sedimento tende ao soterramento, sendo que a limpeza torna-se difícil e ainda mais agravada pela tendência do equipamento em misturar o óleo com o sedimento. O tráfego de veículos pode não ser possível, podendo haver a transposição da praia por ondas em situações de tempestade.
- Praias dissipativas: a penetração do óleo é geralmente menor que 10 cm, com mínima possibilidade de soterramento do óleo devido à lenta mobilidade da massa sedimentar. As praias expostas, após a fase erosiva das tempestades ocasionam impactos sobre as comunidades bióticas intermarés podendo ser severas. O tráfego de veículos é permitido, desde que respeitando o ciclo de marés e as eventuais restrições ambientais locais.

A forma de representar a distribuição espacial dos valores do ISL encontrados na linha de costa é por meio do uso de um código de cores associada ao valor do índice. O esquema de cores comumente usado é mostrado na Tabela 3. Esse código de cores é usado em nível internacional com a finalidade de padronizar a interpretação da distribuição da sensibilidade da linha de costa em qualquer lugar do mundo. Para mostrar essa distribuição é usado um sistema de informações geográficas.

Nas Tabela 3 e Tabela 4 encontram-se os códigos de cores usados para a classificação do índice de sensibilidade ambiental da linha de costa, **R** = vermelho, **G** = verde, **B** = azul.

**Tabela 3. Esquema de cores para a classificação do índice de sensibilidade.**

COR	ÍNDICE	CÓDIGO		
		R	G	B
	ISL 1	119	38	105
	ISL 2	174	153	191
	ISL 3	0	151	212

Tabela 3. Esquema de cores para a classificação do índice de sensibilidade. Continua na seguinte página.

COR	ÍNDICE	CÓDIGO		
		R	G	B
	ISL 4	146	209	241
	ISL 5	152	206	201
	ISL 6	0	149	320
	ISL 7	214	186	0
	ISL 8	225	232	0
	ISL 9	248	136	0
	ISL 10	214	0	24

Fonte: Adaptado do MMA (2002).

## 5.2. RECURSOS BIOLÓGICOS

As aves são uma das espécies mais sensíveis quando o derrame de óleo se dá em ambientes costeiros, sendo estas totalmente recobertas pelo óleo, que pode resultar na perda da temperatura do corpo, perturbações na locomoção, ou em morte por asfixia. O contato físico é a principal causa de morte das aves, porém a inalação de compostos voláteis também as prejudica. As aves que mergulham para se alimentar ou que passam grande parte do tempo sobrevoando o mar são as mais afetadas.

O combate aos efeitos do óleo nas aves é bastante difícil e requer grande infraestrutura e o envolvimento de vários profissionais, como biólogos e veterinários, que devem tentar combater vários sintomas como: estresse, hipotermia, desidratação, anemia conseqüente de hemorragias, etc. Para isso, serão necessárias áreas para lavar, abrigar, examinar e acomodar os animais, além de equipamentos como aquecedores de água, bacias, detergentes e freezers. Uma equipe de apoio também deve estar disponível com medicamentos e alimentação.

A mortandade dos peixes se dá por intoxicação e falta de oxigênio na superfície, e no fundo, os peixes morrem por se alimentarem dos resíduos que afundam.

Também ocorre a obstrução ou injúria das brânquias, resultando na necrose dos tecidos.

A distribuição espacial dos recursos biológicos por meio de um sistema de informações geográficas (SIG) facilita a visualização e a identificação das áreas de concentração das espécies, das regiões de reprodução (onde ocorrem as fases mais sensíveis do ciclo de vida) e as regiões onde existem espécies protegidas, no intuito de ajudar aos tomadores de decisão a identificar as áreas de proteção que têm prioridade caso ocorra um eventual derrame de óleo. A distribuição espacial dos recursos biológicos é apresentada em polígonos e áreas hachuradas usando a cor do grupo mostrado na Tabela 4.

**Tabela 4 Representação dos recursos biológicos.**

GRUPO	REPRESENTAÇÃO (COR)	CODIGO		
		R	G	B
Aves	Verde	136	185	0
Peixes	Azul	0	159	230
Invertebrados marinhos (moluscos, crustáceos e equinodermos)	Amarelo.	180	165	40
Répteis / anfíbios	Vermelho	216	0	67
Algas e plantas marinhas	Púrpura	168	0	102
Recifes de corais, recifes algálicos e outros recifes orgânicos	Laranja.	255	184	0
Outros grupos bentônicos	Cinza	2100	0	210
Plâncton (ictio, zôo e fito) marinho	Azul marinho	10	155	245
Grupos múltiplos dos recursos	Preto.	0	0	0

Também, ícones representativos dos recursos biológicos podem ser usados para mostrar sua distribuição espacial. Os ícones comumente usados são mostrados nas Figura 4, 2 e 3, respectivamente para aves, peixes e invertebrados marinhos.

Grupo	Símbolos
<b>Aves marinhas costeiras</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atobás, fragatas, pelicanos, gaivotas, trinta-réis: nidificam em ilhas ou na costa e pescam em áreas litorâneas.</li> </ul>	
<b>Aves marinhas pelágicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Albatroz, pomba-do-cabo, andorinha do mar, petrel: vivem em alto-mar e nidificam em ilhas oceânicas, só ocasionalmente vindo às regiões litorâneas.</li> <li>• Pingüins.</li> </ul>	 
<b>Aves aquáticas continentais</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Patos, marrecos</li> <li>• Mergulhões, biguás</li> <li>• Garças, flamingos, colhereiros (pernaltas)</li> </ul>	  

Figura 4. Ícones dos recursos biológicos para as AVES. Fonte: MMA (2002).

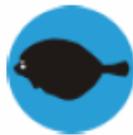
Grupo	Símbolos
<b>Peixes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelágicos (teleósteos e elasmobrânquios)<sup>10</sup></li> <li>• Demersais (teleósteos e elasmobrânquios)</li> </ul>	 

Figura 5. Ícones dos recursos biológicos para os PEIXES. Fonte: MMA, 2002.

Grupo	Símbolos
<b>Invertebrados marinhos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bivalves (ostras, mexilhões, sururus e vieiras)</li><li>• Gastrópodes (caracóis)</li><li>• Cefalópodes (lulas)</li><li>• Cefalópodes (polvos)</li><li>• Equinodermos (estrela-do-mar, ouriço, ofiúro)</li><li>• Crustáceos (camarões)</li><li>• Crustáceos (caranguejos e siris)</li><li>• Crustáceos (lagostas)</li></ul>	 A grid of nine circular icons representing various marine invertebrates. The icons are arranged in three rows and three columns. The first row shows a bivalve, a gastropod, and a crab. The second row shows a squid, a starfish, and a shrimp. The third row shows a crab and a shrimp.

Figura 6. Ícones dos recursos biológicos para os INVERTEBRADOS MARINHOS. Fonte: MMA (2002).

### 5.3. RECURSOS SOCIOECONÔMICOS

As atividades socioeconômicas que caracterizam a ocupação dos espaços e os usos dos recursos costeiros e marinhos, como o turismo, a pesca, a aquicultura são freqüentemente sensíveis aos impactos ocasionados por um potencial derrame de óleo. Sempre que localizados em áreas que possam ser afetados por um derrame de óleo, as praias de alto uso recreacional, marinhas, áreas de proteção ambiental, sítios arqueológicos, devem ser incluídos na análise da sensibilidade ambiental.

A atividade pesqueira é considerada uma das mais afetadas após um derrame de óleo devido a grande mortalidade dos peixes que seriam sua única fonte de sustento.

A contaminação de uma área afeta muitas atividades além da pesca como, por exemplo, as praias recreacionais, o turismo, os píer, as rampas, entre outros. A limpeza de áreas atingidas pela “maré negra” é de elevado custo, dando prejuízo às

empresas envolvidas e ainda oferece grande risco à saúde pública, uma vez que podem ocorrer explosões, incêndios ou intoxicação.

Em espécies comestíveis, a contaminação por óleo torna os peixes impróprios para o consumo e passam a não ser mais negociados, trazendo grandes prejuízos à comunidade pesqueira tanto da modalidade oceânica como da litorânea. Com isso, famílias de pescadores perdem sua fonte de sustento.

Os ícones usados para representar a distribuição espacial dos recursos socioeconômicos em um SIG são mostrados nas Figura 7, 5 e 6, respectivamente para o grupo de recreação, de recursos e de cultura.

Grupo	Símbolos
<b>Recreação</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Praias</li><li>• Casas residenciais / veraneio</li><li>• Marina / Iate Clube</li><li>• Rampa para embarcações</li><li>• Camping</li><li>• Hotel / Resort<sup>12</sup></li><li>• Ferry-boat</li><li>• Área de mergulho</li></ul>	

**Figura 7. Ícones dos recursos socioeconômicos para a RECREAÇÃO. Fonte: MMA (2002).**

Recursos	Ícones		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesca artesanal</li> <li>• Pesca recreativa</li> <li>• Pesca industrial</li> <li>• Aqüicultura</li> <li>• Tomada d'água</li> <li>• Mineração</li> <li>• Salina</li> <li>• Indústria pesqueira</li> <li>• Terminal de desembarque de pescado</li> <li>• Complexo industrial com uso / estoque de derivados de petróleo</li> <li>• Complexo industrial sem uso / estoque de derivados de petróleo</li> </ul>	    	    	   

Figura 8. Ícones dos recursos socioeconômicos para os RECURSOS. Fonte: MMA (2002).

Grupo	Símbolos
<b>Cultural</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Local histórico</li> <li>• Sítio arqueológico</li> <li>• Reserva indígena / comunidade tradicional, remanescente de quilombo</li> </ul>	  

Figura 9. Ícones dos recursos socioeconômicos CULTURAL. Fonte: MMA (2002).

#### 5.4. MATERIAIS E MÉTODOS

O planejamento das campanhas de campo para a coleta de dados necessários para a classificação da linha de costa foi por intermédio do uso de uma imagem do

satélite Ikonos com uma resolução espacial de 1m disponibilizada pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente Recursos Hídricos (IEMA).

A imagem de satélite foi usada para delimitar, em primeira instância, os segmentos de linha de costa que poderiam ser acessados por terra e os que deveriam se acessados pelo mar. Ao total foram planejadas quatro campanhas, sendo duas por terra e duas por mar.

Em cada uma das campanhas, foram coletadas amostras de areia, medidas as declividades das praias e registrados os comprimentos de cada segmento de linha de costa. Os equipamentos usados foram:

- Câmera fotográfica;
- Laptop;
- GPS Pathfinder Pro XR;
- Balizas;
- Sacolas de plástico.

A câmera fotográfica foi utilizada para registrar digitalmente todos os segmentos encontrados na linha de costa. O laptop foi utilizado para armazenar os dados da câmera fotográfica e a imagem satélite, como apoio no reconhecimento dos pontos de coleta.

O GPS foi usado para registrar a localização espacial dos diversos tipos de linha de costa, recursos biológicos e recursos socioeconômicos por intermédio da representação pontual, linear e poligonal (Figura 10).



**Figura 10. GPS Pathfinder Pro XR.**

Balizas graduadas, com 1,5 m de acordo com o método descrito por Emery (1961), foram usadas para medir a declividade da face de praia (Figura 11). Para isto foram utilizadas duas balizas de 1,5 m de altura, a diferença de altura entre dois pontos ao longo do perfil é determinado pelo observador da baliza de ré, sendo obtida pela projeção de uma linha imaginária que liga a linha do horizonte com o topo da baliza mais baixa, que pode ser a baliza de vante quanto a de ré. A distancia horizontal, entre as balizas foi medida por meio de trena. As medidas das distâncias foram somadas acumuladamente, e a altitude de cada ponto determinada pela diferença em relação ao ponto imediatamente anterior.



**Figura 11. Balizas de Emery (1961).**

As sacolas de plástico foram usadas para armazenar as amostras de areia. As amostras obtidas no campo foram submetidas aos processos de análise granulométrica, encontrado em Muehe (1994), que consistem na lavagem, secagem, quarteamento e peneiramento do sedimento.

O processo de lavagem foi importante para a eliminação dos sais solúveis das amostras, porque estes favorecem a floculação. Após esta etapa, o material foi encaminhado para a estufa, submetida a uma temperatura em torno de 100° C, para o processo de secagem. A etapa seguinte, o quarteamento, foi realizada para a obtenção de alíquota menor, porém significativa, da amostra. A seguir foi pesado 50 g e colocado no conjunto de peneiras, por 15 minutos no vibrador. O material retido em cada peneira foi então coletado e pesado.

Para a classificação granulométrica foi usada a escala proposta por Wentworth (1922), mostrada na Tabela 5.

**Tabela 5. Classificação Granulométrica de Wentworth (1922).**

<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b><math>\Phi</math></b>	<b>(mm)</b>
Areia Muito Grossa	-1 a 0	2 a 1
Área Grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia Média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia Fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia Muito Fina	3 a 4	0,125 a 0,0625
Silte	4 a 8	0,625 a 0,0039
Argila	> 8	< 0,0039

Após o término das duas etapas de campanha de campo foram adicionados os dados (pontos dos recursos socioeconômicos, linha dos tipos de linha de costa e polígonos dos recursos biológicos) utilizando um sistema de informações geográficas, com sistema de coordenadas UTM (Sistema **U**niversal **T**ransversal de **M**ercator) e o Datum SAD69 (South American 1969 UTM Zone 24S).

Depois da inclusão dos dados coletados em campo utilizando SIG, foi iniciada a digitalização de cada fator do ISL encontrado em campo, tendo como base uma imagem do satélite IKONOS. Para auxiliar no processo de classificação do ISL, foram utilizados os resultados das amostras de campo coletadas nas praias.

Posteriormente, iniciou-se a padronização dos diferentes tipos de linha de costa como, por exemplo, o mangue que recebeu um código de cores específico deste fator, como também a simbologia dos recursos biológicos e recursos socioeconômicos (MMA, 2002).

A Figura 12 apresenta o fluxograma contendo as etapas para a elaboração do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) ao derramamento de óleo na Baía de Vitória, ES.

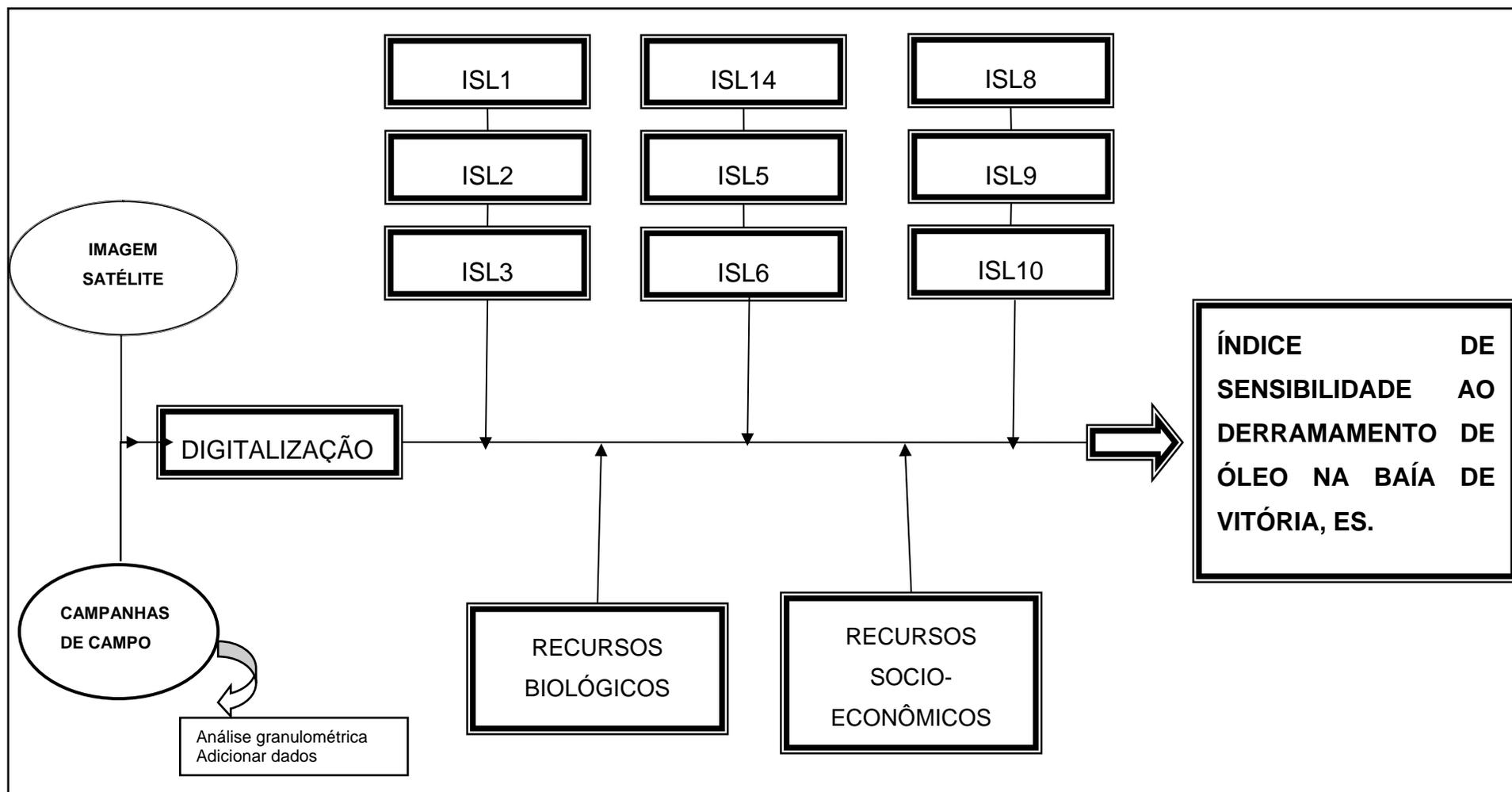


Figura 12. Fluxograma do Índice de Sensibilidade do Litoral ao derramamento de óleo na Baía de Vitória, ES.

---

## **Capítulo 6**

**ANÁLISE DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL DA  
LINHA DE COSTA AO DERRAME DE ÓLEO,  
USANDO O MÉTODO AHP.**

## 6. ANÁLISE DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL DA LINHA DE COSTA AO DERRAME DE ÓLEO, USANDO O MÉTODO AHP.

No presente trabalho, a proposta de determinação das áreas mais sensíveis ao derramamento de óleo leva em consideração a informação dos diferentes fatores encontrados na linha de costa, os recursos biológicos e os recursos socioeconômicos do índice de sensibilidade.

Uma alternativa para representar a informação acima descrita é por intermédio do uso das geotecnologias, que permitem a rápida manipulação de informações espaciais. Neste sentido, o método Analítico Hierárquico (Analytic Hierarchy Process – AHP), desenvolvido por Thomas L. Saaty em 1970, torna-se um modelo imprescindível para a tomada de decisões na área ambiental, como na análise da sensibilidade da linha de costa ao derrame de óleo.

O método AHP pode ser expresso por meio do seguinte modelo linear aditivo:

$$S(a) = \sum_{i=1}^m w_i s_i(a) \quad (\text{eq. 1.0})$$

em que,

$S(a)$  = valor total da alternativa;

$s_i(a)$  = valor que reflete a performance da alternativa  $a$  sobre o critério  $i$ ;

$w_i(a)$  = peso que reflete a importância do critério  $i$ .

A Eq. 1.0 é usada para quantificar a sensibilidade da linha de costa ao derrame de óleo. Nesse caso,  $S(a)$  é o valor total da sensibilidade da linha de costa,  $s_i(a)$  é o valor que reflete a performance da linha de costa sobre os diferentes tipos de

segmentos de costa encontrados e  $w_i(a)$  é o peso que reflete a importância dos diferentes tipos de segmentos. Assim, o problema consiste em quantificar os valores de  $s_i(a)$  e  $w_i(a)$  para os diferentes tipos de segmentos encontrados na linha de costa.

Para quantificar  $s_i(a)$  procede-se da seguinte forma: a idéia base é usar a informação espacial de cada um dos segmentos de linha de costa. Cada segmento é convertido para o formato raster. Seguidamente, usa-se o conceito da distância euclidiana para o segmento. Finalmente, o resultado de distância é padronizado.

O método AHP é um método multicritério de apoio à decisão usado neste estudo para a determinação dos pesos  $w_i(a)$ . No AHP, é realizada uma hierarquia dos fatores em níveis (Figura 13 e Tabela 6) como:

1. Primeiro nível: representado pelo o objetivo definido como a sensibilidade da linha de costa ao derrame de óleo na Baía de Vitória, ES;
2. Segundo nível: representado pelos seguintes fatores: a) segmentos da linha de costa (LINHA\_COST); b) recursos biológicos (REC\_BIOL); e c) recursos socioeconômicos (REC\_SOCIO);
3. Terceiro nível: representado pelos seguintes fatores: a) mangue (M); b) planície de maré (PM\_A); c) estruturas artificiais (E\_EEA); d) praias (PR\_T); e e) costões rochosos (CR\_T). Devido a diversidade dos fatores praias e costões rochosos, estes foram subdivididos nos seguintes subfatores:
  - 3.1. Subfatores das praias: a) praias de cascalho (P\_C); b) praias mistas (P\_M); c) praias de areia grossa (P\_AG); e d) praias dissipativas (P\_D).
  - 3.2. Subfatores dos costões rochosos: a) costões rochosos de média a baixa declividade (CR\_MB); e b) costões rochosos de alta declividade (CR\_AD).

Após a hierarquização, foram elaboradas as matrizes para cada fator e subfator. O preenchimento dos valores da matriz segue a metodologia proposta por SAATY (1970), no qual é realizado uma comparação par a par dos fatores atribuindo valores de 1 a 9, segundo a importância de um fator sobre o outro. As etapas para a elaboração da análise da sensibilidade da linha de costa ao derrame de óleo utilizando o método AHP são descritas a seguir:

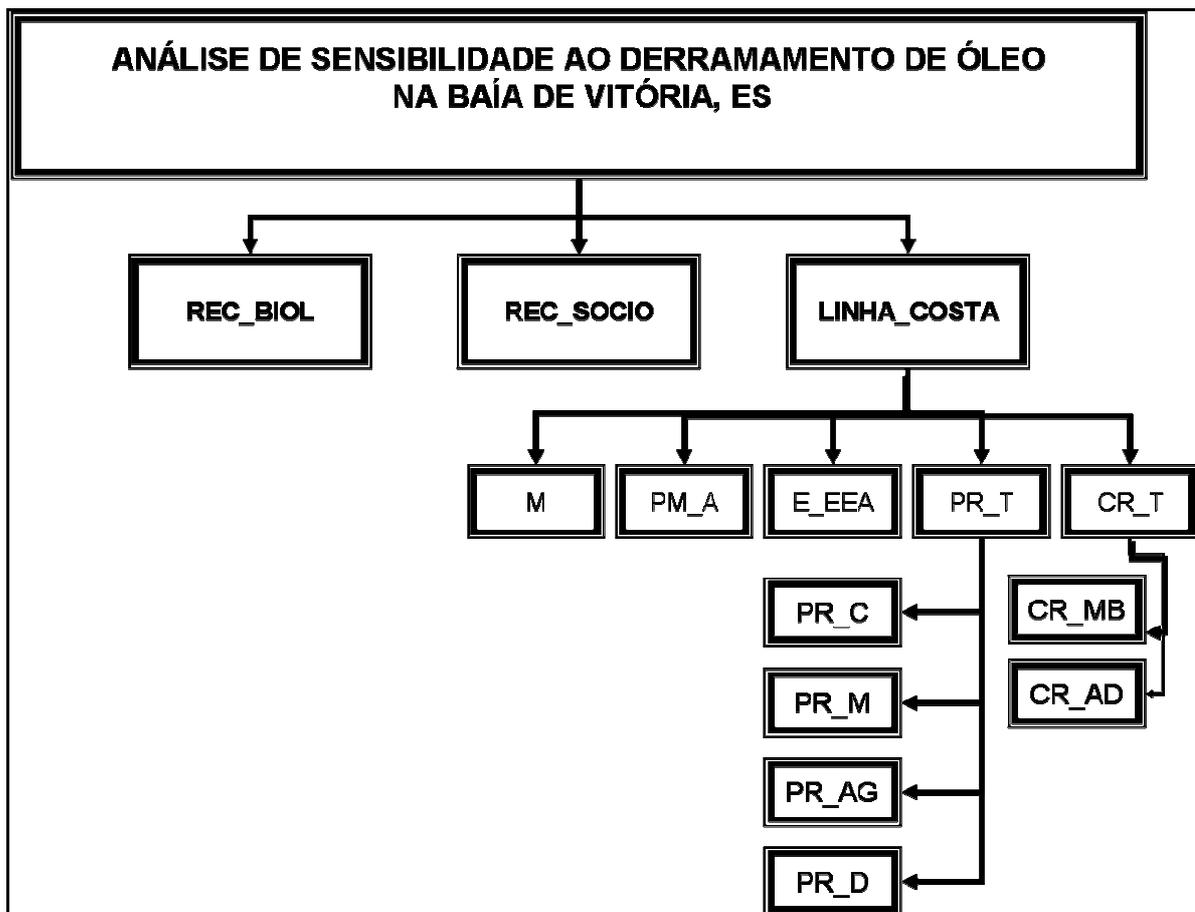


Figura 13. Hierarquia dos fatores e subfatores.

**Tabela 6. Fatores e subfatores da área de estudo.**

<b>FATORES E SUBFATORES DA LINHA DE COSTA</b>	<b>SIGLAS</b>
Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos.	<b>CR_AD</b>
Estruturas artificiais lisas (paredões marítimos artificiais), expostas.	
Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos.	<b>CR_MB</b>
Praias dissipativas de areia média a fina, expostas.	<b>P_D</b>
Praias de areia grossa.	
Praias intermediárias de areia fina a média, expostas.	<b>P_AG</b>
Praias de areia fina a média, abrigadas.	
Praias mistas de areia e cascalho, ou conchas e fragmentos de corais.	<b>P_M</b>
Praias de cascalho (seixos e calhaus)	<b>P_C</b>
Enrocamentos (" <i>rip-rap</i> ", guia corrente, quebra-mar) expostos.	
Planície de maré arenosa exposta	<b>PM_E</b>
Encosta de rocha lisa, abrigada.	
Encosta de rocha não lisa, abrigada.	<b>E_EEA</b>
Enrocamentos (" <i>rip-rap</i> " e outras estruturas artificiais não lisas) abrigados	
Planície de maré arenosa abrigada.	<b>PM_A</b>
Manguezal (mangues frontais e mangues de estuários)	<b>M</b>

### 6.1.1. Conversão dos fatores e subfatores

Nesta etapa, os dados vetoriais (linhas, pontos e polígonos) relacionados com os fatores e subfatores, descritos anteriormente, foram convertidos do formato vetorial para o formato matricial ou raster. Este procedimento foi necessário, pois o modelo AHP requer que as imagens estejam no formato raster, visto que, os procedimentos matemáticos e estatísticos são melhores desempenhados neste formato.

### 6.1.2. Distância Euclidiana

Nesta etapa, para cada fator e subfator, já no formato raster, foi calculada a distância euclidiana, em que o valor armazenado em cada célula foi representado pela menor distância entre ela e a feição mais próxima, tendo como resultado uma superfície de distância, ou seja, uma representação espacialmente contínua das distâncias dos fatores e subfatores.

### 6.1.3. Padronização dos fatores - Fuzzy

Nesta etapa, foi usado o conceito relativo ou Fuzzy, em que as distâncias euclidianas dos fatores e subfatores foram padronizadas, utilizando-se uma equação linear, com um intervalo variando de 0 a 255 na forma monoliticamente decrescente, na qual foi inserido o valor mínimo e máximo de cada fator e subfator de distância para que eles não ultrapasassem os limites de cada mapa euclidiano, numa escala contínua de sensibilidade, sendo que o valor 0 representa uma menor sensibilidade e o valor 255 uma maior sensibilidade (Figura 14).

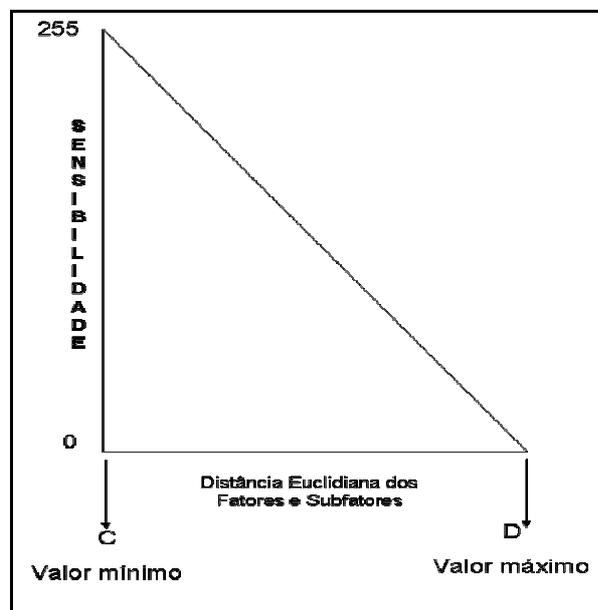


Figura 14. Função de padronização linear monoliticamente decrescente

#### 6.1.4. Ponderação dos fatores e subfatores

Nesta etapa, iniciou-se a ponderação dos fatores e subfatores de acordo com o grau de importância que possuem cada um deles, fazendo uso do método analítico hierárquico e, assim, da escala de importância de Saaty já mencionada na Tabela 1.

Para cada fator e subfator de sensibilidade ambiental foi gerada uma matriz de comparação pareada, com o intuito de determinar os pesos ambientais relativos a cada fator e subfator. Abaixo será mostrado um exemplo para determinação dos pesos ambientais dos fatores de segundo nível (recursos biológicos – REC\_BIOL, recursos socioeconômicos – REC\_SOCIO e linha de costa – LINHA\_COST):

#### EXEMPLIFICAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO DO MÉTODO (FATORES DO SEGUNDO NÍVEL)

Seguidamente apresenta-se a matriz do segundo nível que é mostrada na hierarquia dos fatores e subfatores (**Figura 13**):

- Construção da matriz (passo 1)
- Normalização da matriz (passo 2)
- Determinação dos pesos (passo 3)
- Verificação dos pesos (passo 4)

- Passo1: Elaboração da matriz de comparação pareada dos fatores de segundo nível (Tabela 7).

Os recursos biológicos são de grande importância que os recursos socioeconômicos. Os recursos biológicos são importantes que a linha de costa.

Diante um derrame de óleo são os recursos biológicos que terão prioridade de proteção já que estes recursos se encontram em maior risco quando espécies marinhas ou aquáticas estão na costa durante estágios ou atividades especiais do ciclo de vida (IMO, 2002).

As atividades socioeconômicas são freqüentemente sensíveis aos impactos por derramamentos de óleo os quais elevam a sensibilidade da linha de costa.

**Tabela 7. Matriz de Comparação dos Fatores do Segundo Nível.**

	REC_BIOL	REC_SOCIO	LINHA_COST
REC_BIOL	1	6	5
REC_SOCIO	1/6	1	2
LINHA_COST	1/5	1/2	1

- Passo 2: normalização da matriz de comparação dos fatores do segundo nível de acordo com a eq. 2.0:

$$\bar{w}_i(C_j) = \frac{C_{ij}}{\sum_{i=1}^n C_{ij}} \quad j = 1, \dots, n \quad (\text{eq. 2.0})$$

Em que,

$\bar{w}C_j$  = normalização;

$C_{ij}$  = fator de matriz;

$n$  = número de fatores de um mesmo nível.

A matriz normalizada dos fatores de segundo nível é mostrada na (Tabela 8).

**Tabela 8. Matriz Normalizada dos Fatores do Segundo Nível.**

	REC_BIOL	REC_SOCIO	LINHA_COST
REC_BIOL	30/41	4/15	5/8
REC_SOCIO	5/41	2/15	2/8
LINHA_COST	6/41	2/15	1/8

- Passo 3: determinação dos pesos dos fatores recursos biológicos (REC\_BIOL), recursos socioeconômicos (REC\_SOCIO) e linha de costa (LINHA\_COST) de acordo com a eq. 3.0:

$$\bar{w}(C_i) = \sum_{j=1}^n \bar{w}_j(C_j) / n \quad i = 1, \dots, n \quad (\text{eq. 3.0})$$

O resultado dos pesos dos fatores REC\_BIOL, REC\_SOCIO e LINHA\_COST é mostrado na (Tabela 9).

**Tabela 9. Pesos dos fatores REC\_BIOL, REC\_SOCIO e LINHA\_COST.**

FATORES	PESOS
REC_BIOL	0,7189
REC_SOCIO	0,1684
LINHA_COST	0,1127

- Passo 4: Verificação da consistência dos pesos dos recursos biológicos (REC\_BIOL), recursos socioeconômicos (REC\_SOCIO) e linha de costa (LINHA\_COST):

Com o intuito de averiguar a consistência dos pesos calculados no passo 3, foi utilizada a eq. 4.0:

$$RC = (IC/IR) \quad (\text{eq. 4.0})$$

Em que,

$RC$  = razão de consistência;

$IC$  = índice de consistência;

$IR$  = índice aleatório.

Para que os pesos calculados do passo 3 possam ser utilizados no modelo AHP, a razão de consistência deve ser menor que 0,10.

Por meio de muitas experiências Saaty chegou que a conclusão que para uma boa consistência dos peso a razão de consistência deve ser menor que 0,10 (SAATY, 1982 *apud* JENSEN, 1984).

Para o cálculo do índice de consistência ( $IC$ ) deve-se aplicar a eq. 5.0:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (\text{eq. 5.0})$$

Em que,

$\lambda_{\max}$  = autovetor de A;

$n$  = número de ordem da matriz.

Segundo SAATY (1970), pequenas variações na matriz  $A$  implicam em pequenas variações no autovetor ( $\lambda_{\max} \geq n$ ), em que o desvio do autovetor em relação ao número da ordem da matriz ( $n$ ) é considerado uma medida de consistência. Portanto, é possível afirmar que ( $\lambda_{\max}$ ) permite a proximidade da escala desenvolvida por Saaty com a escala de razões ou quocientes que seria usada se a matriz ( $A$ ) fosse totalmente consistente. Isso pode ser feito por meio de um índice de consistência ( $IC$ ).

Para obter o autovetor aplique-se a eq. 6.0:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|A\mathbf{w}|_i}{\mathbf{w}_i} \quad (\text{eq. 6.0})$$

Em que,

$A$  = matriz;

$\mathbf{w}$  = peso.

Para o cálculo da matriz  $A\mathbf{w}$  deve-se utilizar a eq. 7.0:

$$A\mathbf{w} = \lambda_{\max} \mathbf{w} \quad (\text{eq. 7.0})$$

Abaixo é mostrada a aplicação da eq. 7.0 para a elaboração da matriz  $A\mathbf{w}$ .

$$A\mathbf{w} = \begin{bmatrix} 1 & 6 & 5 \\ 1/6 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,7189 \\ 0,1684 \\ 0,1127 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,9280 \\ 0,5136 \\ 0,3407 \end{bmatrix}$$

De posse dos valores da matriz  $A\mathbf{w}$ , pode-se aplicar a eq. 6.0 para calcular o autovetor da seguinte forma:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{3} \left( \frac{2,2928}{0,7189} + \frac{0,5136}{0,1684} + \frac{0,3407}{0,1127} \right) = 3,0874$$

SAATY (1980) afirma que a matriz  $A$  será consistente se  $\lambda_{\max} \geq n$ . Neste nível o valor do autovetor foi de 3,0874 sendo maior que o número de ordem da matriz, ou seja,  $3,0874 \geq 3$ , sendo consistente.

Conhecendo o valor do autovetor ( $\lambda_{\max} = 3,0874$ ) e o número da ordem da matriz ( $n = 3$ ), pode-se obter o índice de consistência (eq. 5.0) da seguinte forma:

$$IC = \frac{3,0874 - 3}{3 - 1} = 0,0437$$

Para determinação do índice aleatório ( $IR$ ), utiliza-se a Tabela 10 proposta pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, EUA. Neste nível, o índice aleatório ( $IR$ ) é de 0,58 para uma matriz de ordem 3.

**Tabela 10. Nível Valores de IR.**

---

Valores de *IR* para Matrizes Quadradas de ordem *n*, segundo o Laboratório Nacional de Oak Ridge, EUA

---

<i>n</i>	2	3	4	5	6	7
<i>IR</i>	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32

---

Finalmente, a razão de consistência pode ser calculada utilizando a eq. 4 como segue:

$$RC = \frac{IC}{IR} = \frac{0,437}{0,58} = 0,07$$

Conclui-se que os pesos obtidos no segundo nível são consistentes, visto que,  $RC = 0,07 < 0,1$ .

As matrizes de: a) comparação e b) normalizada para os fatores de terceiro nível podem ser observadas nas Tabela 11 e 7. Os pesos calculados para o terceiro nível foram consistentes, visto que, a razão de consistência foi de 0,08, ou seja,  $RC = 0,08 < 0,1$ .

Jensen, (1984) Por meio de muitas publicações quando os julgamentos paritários estão fundamentados na experiência e conhecimento de profissionais, inconsistências podem ocorrer - principalmente quando existir um grande número de julgamentos. Neste tópico apresenta-se uma breve discussão no âmbito deste tema, apresentando uma técnica reportada em Saaty (2000), para a avaliação da consistência no julgamento de valores.

**Tabela 11. Matriz de Comparação dos Fatores do Terceiro Nível.**

	<b>M</b>	<b>PM_A</b>	<b>E_EEA</b>	<b>PR_T</b>	<b>CR_T</b>
<b>M</b>	1	3	5	7	9
<b>PM_A</b>	1/3	1	4	5	7
<b>E_EEA</b>	1/5	1/4	1	3	7
<b>PR_T</b>	1/7	1/5	1/3	1	3
<b>CR_T</b>	1/9	1/7	1/7	1/3	1

**Tabela 12. Matriz Normalizada dos Fatores do Terceiro Nível.**

	<b>M</b>	<b>PM_A</b>	<b>E_EEA</b>	<b>PR_T</b>	<b>CR_T</b>
<b>M</b>	315/563	420/643	21/44	3/7	9/27
<b>PM_A</b>	105/563	140/643	21/55	15/49	7/27
<b>E_EEA</b>	63/563	35/643	21/220	9/49	7/27
<b>PR_T</b>	45/563	28/643	7/220	1/49	3/27
<b>CR_T</b>	35/563	20/643	3/220	1/49	1/27

As matrizes de: a) comparação e b) normalizada para os subfatores do fator de terceiro nível praias (PR\_T) podem ser observadas nas Tabela 13 e Tabela 14. Os pesos calculados para os subfatores praias (PR\_T) foram consistentes, visto que, a razão de consistência foi de 0.0395, ou seja,  $RC = 0,0395 < 0,1$ .

**Tabela 13. Matriz de Comparação dos Subfatores das praias do Terceiro Nível**

<b>MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS SUBFATORES DO TERCEIRO NÍVEL</b>				
	<b>P_C</b>	<b>P_M</b>	<b>P_AG</b>	<b>P_D</b>
<b>P_C</b>	1	3	5	7
<b>P_M</b>	1/3	1	3	5
<b>P_AG</b>	1/5	1/3	1	3
<b>P_D</b>	1/7	1/5	1/3	1

**Tabela 14. Matriz Normalizada dos Subfatores das praias do Terceiro Nível.**

	<b>P_C</b>	<b>P_M</b>	<b>P_AG</b>	<b>P_D</b>
<b>P_C</b>	105/176	45/68	15/28	7/16
<b>P_M</b>	35/176	15/68	9/28	5/16
<b>P_AG</b>	21/176	5/68	3/28	3/16
<b>P_D</b>	15/176	3/68	1/28	1/16

As matrizes de: a) comparação e b) normalizada para os subfatores do fator de terceiro nível costões rochosos (CR\_T) podem ser observadas nas Tabela 15 e 11. Pelo fato da matriz calculada ser de segunda ordem, os pesos calculados para os subfatores costões rochosos (CR\_T) foram consistentes.

**Tabela 15. Matriz de Comparação dos Sub-Fatores do Costão rochoso do Terceiro Nível.**

	<b>CR_MB</b>	<b>CR_AD</b>
<b>CR_MB</b>	1	3
<b>CR_AD</b>	1/3	1

**Tabela 16. Matriz de Normalização dos Sub-Fatores do Costão rochoso do Terceiro Nível.**

	CR_MB	CR_AD
CR_MB	3/4	3/4
CR_AD	1/4	1/4

#### **6.1.5. Elaboração do mapa sensibilidade ambiental da linha de costa ao derrame de óleo, usando o método AHP**

Objetivando elaborar o mapa sensibilidade ambiental da linha de costa ao derrame de óleo, usando o método AHP, a seguintes etapas foram seguidas:

- Multiplicação de cada imagem dos fatores e subfatores já padronizados (Fuzzy) pelo do seu respectivo peso individual em cada nível;
- Somatória de cada imagem dos subfatores de terceiro nível já ponderados com seus respectivos pesos;
- Somatória de cada imagem dos fatores de segundo nível objetivando elaborar o mapa sensibilidade ambiental da linha de costa ao derrame de óleo.

Todas as etapas necessárias para a elaboração do mapa sensibilidade ambiental da linha de costa ao derrame de óleo, usando o método AHP, são exemplificadas no fluxograma de dados (Figura 15), onde cada passo da metodologia apresentada está hierarquicamente disposta de forma que o fluxo de informações culmine no mapa final.

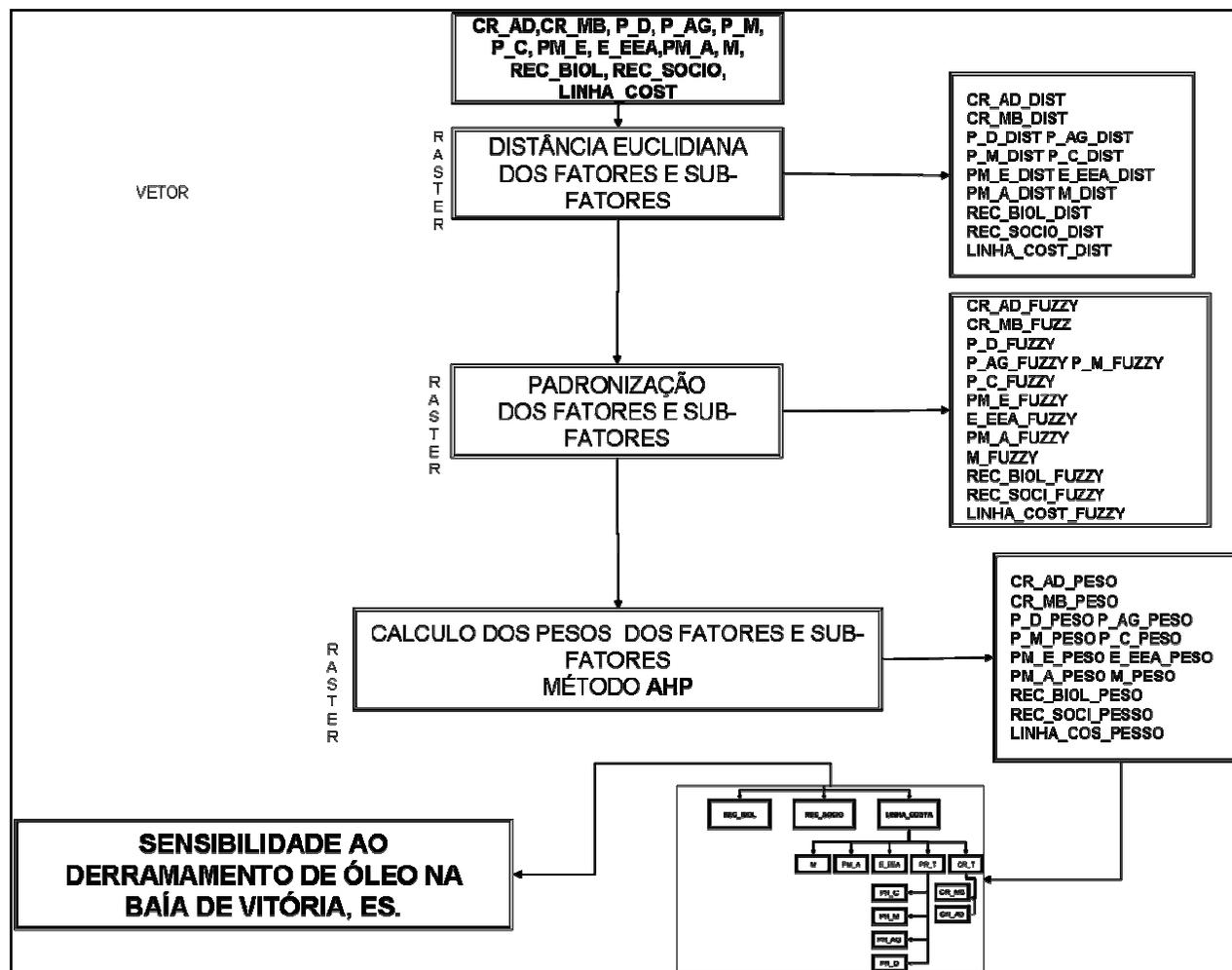


Figura 15. Fluxograma das etapas para elaboração do mapa sensibilidade ambiental da linha de costa ao derrame de óleo, usando o método AHP.

---

## Capítulo 7

# RESULTADOS E DISCUSSÕES

## **7. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados da análise de sensibilidade ambiental usando as metodologias do MMA e AHP, considerando um potencial derrame de óleo para a região compreendida pela Baía de Vitória e o canal de acesso ao Porto de Vitória.

### **7.1. RESULTADOS DA ANÁLISE DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAME DE ÓLEO USANDO A METODOLOGIA DO MMA**

Os resultados do índice de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo são apresentados, seguindo normas internacionais do código de cores para representar a linha de costa e de simbologia para representar os recursos biológicos e socioeconômicos (MMA 2002).

#### **7.1.1. Índice de Sensibilidade Ambiental.**

Os resultados da análise granulométrica das 16 amostras de areia coletadas na linha de costa da região de estudo são apresentados na Tabela 17. Nessa tabela é mostrado os valores equivalentes dos diâmetros dos substratos em valores de  $\Phi$ , segundo a classificação proposta por Wentworth em 1922, (MUEHE, 1996), assim como o tipo de areia e a localização da amostra.

**Tabela 17. Descrição das amostras coletadas na linha de costa da região de estudo.**

AMOSTRAS	DESCRIÇÃO			
	$\Phi$	TIPO DE AREIA	X	Y
1	2,30	Areia fina	365455	7752994
2	-0,12	Areia Muito Grossa	364771	7752730
3	0,78	Areia grossa	363961	7752654
4	0 a 1	Areia grossa	358085	7753928
5	0 a 1	Areia grossa	357710	7754535
6	0,20	Areia grossa	359591	7751834
7	0,20	Areia grossa	361918	7752284
8	1,69	Areia média	362397	7751951
9	<-1	Cascalho e seixos	363815	7751914
10	1,16	Areia média	364395	7752131
11	0,7	Areia grossa	364548	7752117
12	0,82	Areia grossa	364784	7751999
13	0,90	Areia grossa	364954	7751771
14	0,56	Areia grossa	365351	7751949
15	0,24	Areia grossa	365600	7752178
16	0,66	Areia grossa	365998	7752038

A localização e os resultados da avaliação ambiental das praias, onde foram coletadas as amostras, são descritas a seguir:

- Na Figura 16 são mostrados os tipos de linha de costa das amostras de 1 a 4. A localização das amostras 1 e 2 identificam as únicas praias recreativas identificadas da região de estudo. Essas praias se encontram mais próximas da Baía do Espírito Santo e podem ser consideradas como não abrigada, com alto grau de exposição às ondas de Leste e do Sul-Leste. Soares (2003) aponta que o canal de acesso tem um papel importante na refração dessas ondas, sendo a influência limitada até as proximidades da Capitania dos Portos. O resultado da análise da amostra 1 mostra que a praia é composta principalmente por areia fina, que é encontrada principalmente em praias dissipativas. Já o resultado da análise da amostra 2 mostra que a praia é composta principalmente por areia muito grossa. Esta praia é exposta às ondas de E-SE, mais por ocasião da refração sua amplitude é diminuída. Os resultados das análises das amostras 3 e 4 revelam que a composição das praias é de areia grossa.
- Na Figura 17 são mostrados os tipos de linha de costa das amostras de 5 a 8: A exceção do resultado da amostra número 8 que revela uma praia composta por areia média, os resultados das análises das outras amostras revelam que as praias são compostas principalmente por areias grossas. O grau de exposição às ondas de E-SE é baixo por se encontrarem por ocasião da refração.
- Na Figura 18 são mostrados os tipos de linha de costa das amostras de 9 a 12: O resultado da análise da amostra número 9 mostra que a praia é composta de cascalhos e seixos. Para a amostra número 10 é encontrada uma composição de areia média.
- Na Figura 19 são mostrados os tipos de linha de costa das amostras de 13 a 16: Mostram praias de areia grossa estando a primeira localizada na marinha e na qual pode-se observar uma grande massa de algas marinhas. As três últimas praias estão nas instalações do exército onde se observa grandes quantidades de lixo urbano e doméstico que causam sério impacto. Essas praias estão sujeitas às ondas geradas pelo tráfego dos navios.

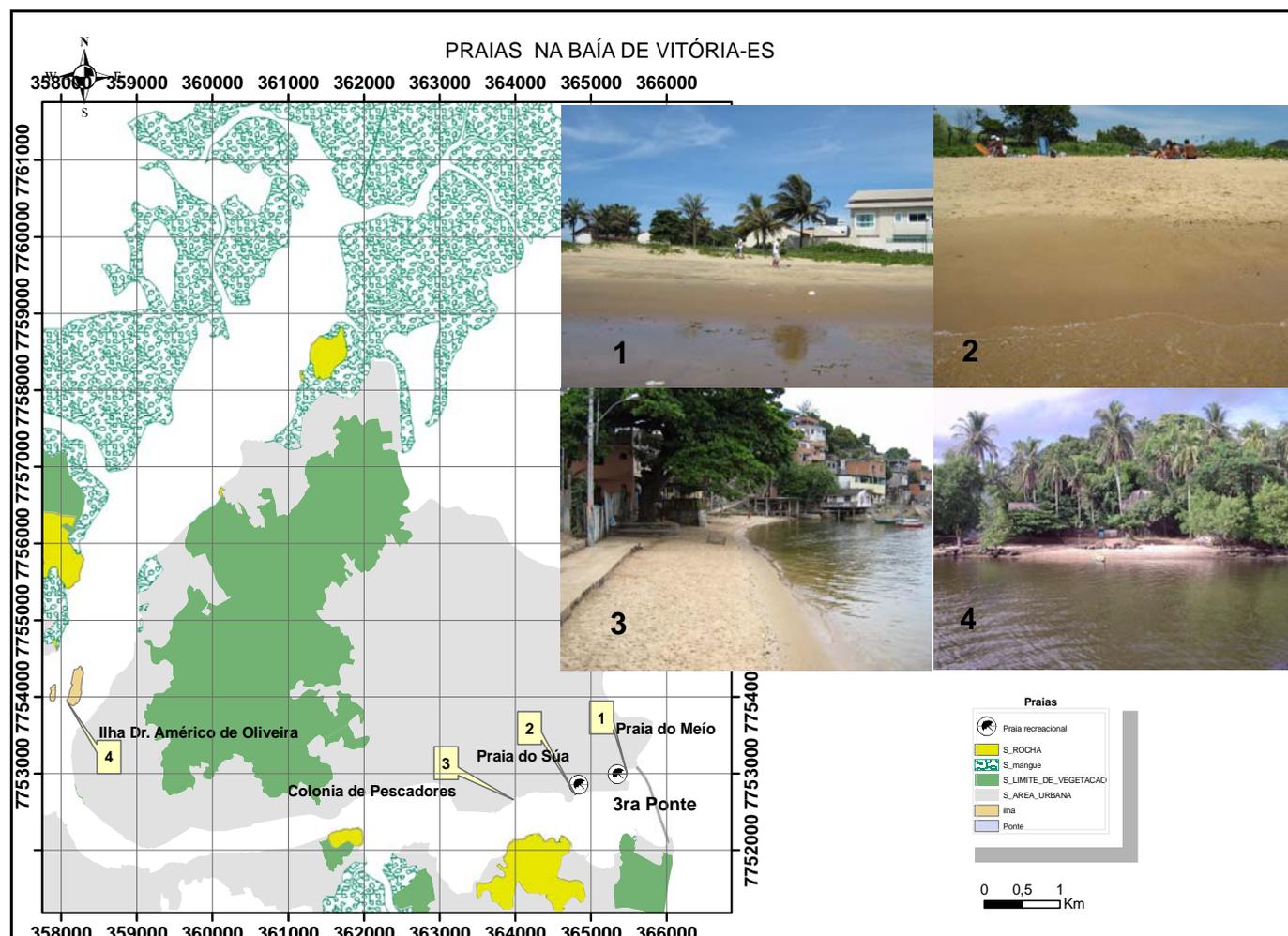


Figura 16. Praias na Baía de Vitória onde foram coletadas as amostras 1, 2, 3 e 4.

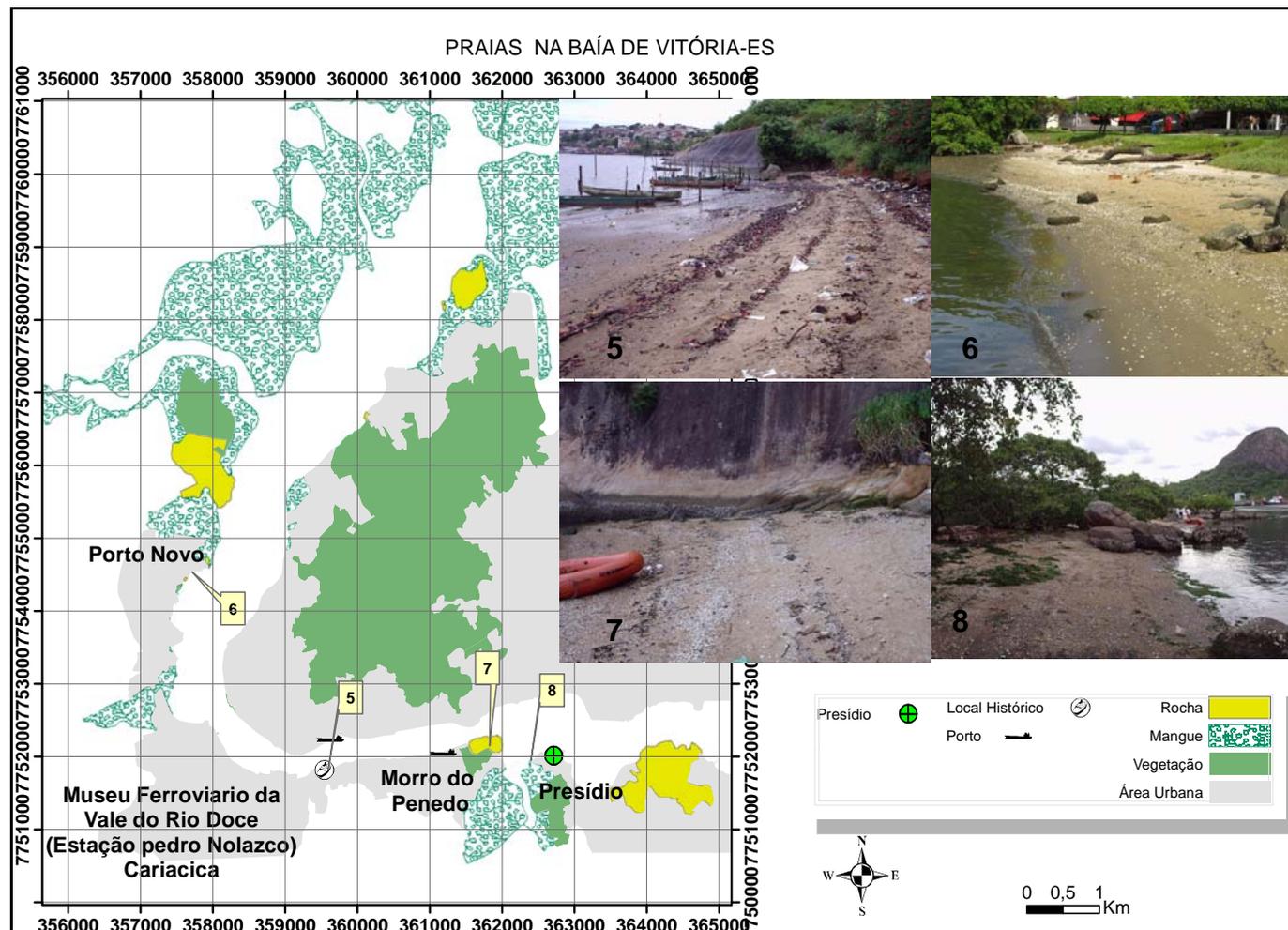


Figura 17. Praias na Baía de Vitória onde foram coletadas as amostras 5, 6, 7 e 8.

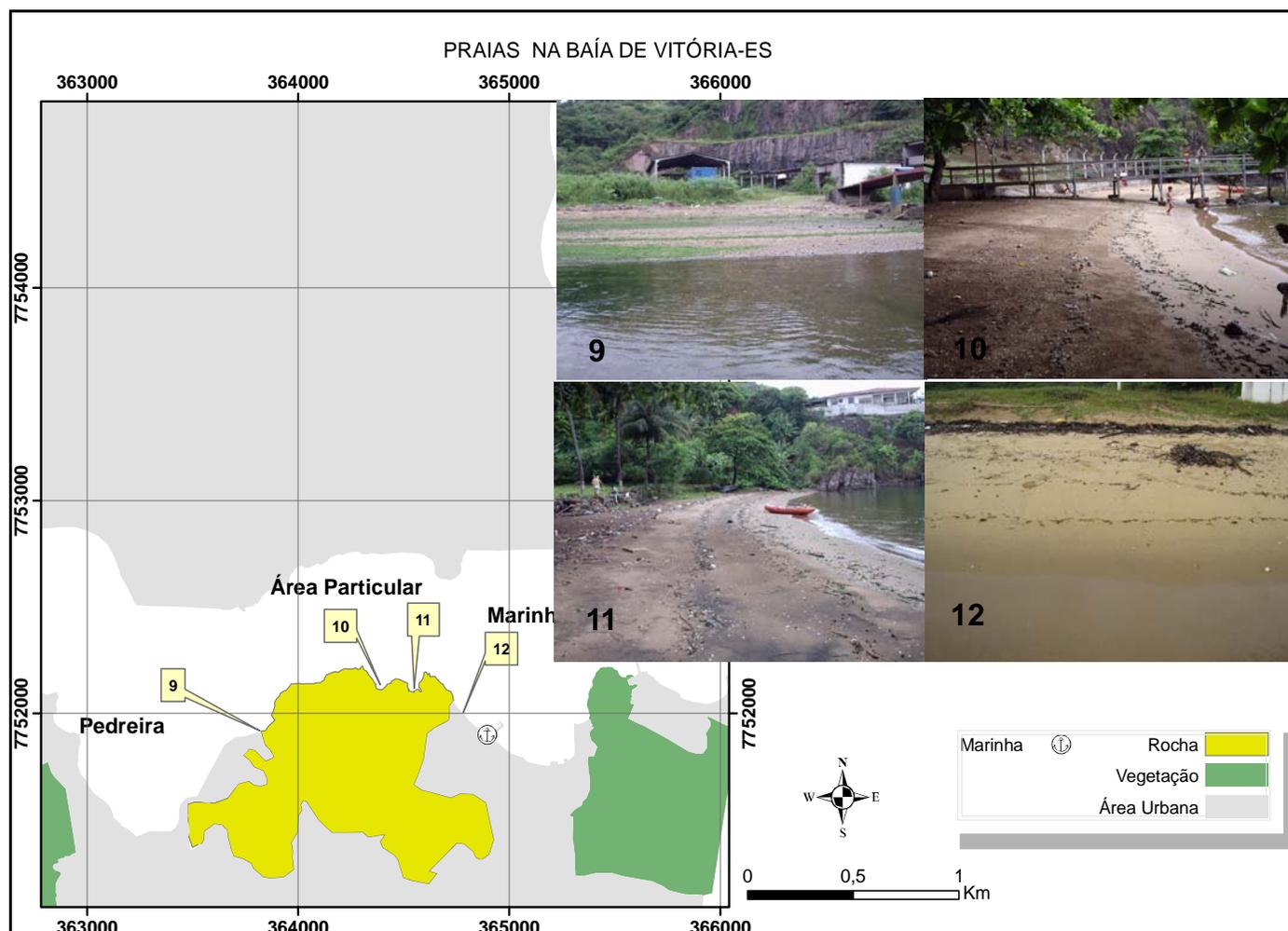


Figura 18. Praias na Baía de Vitória onde foram coletadas as amostras 9, 10, 11 e 12.

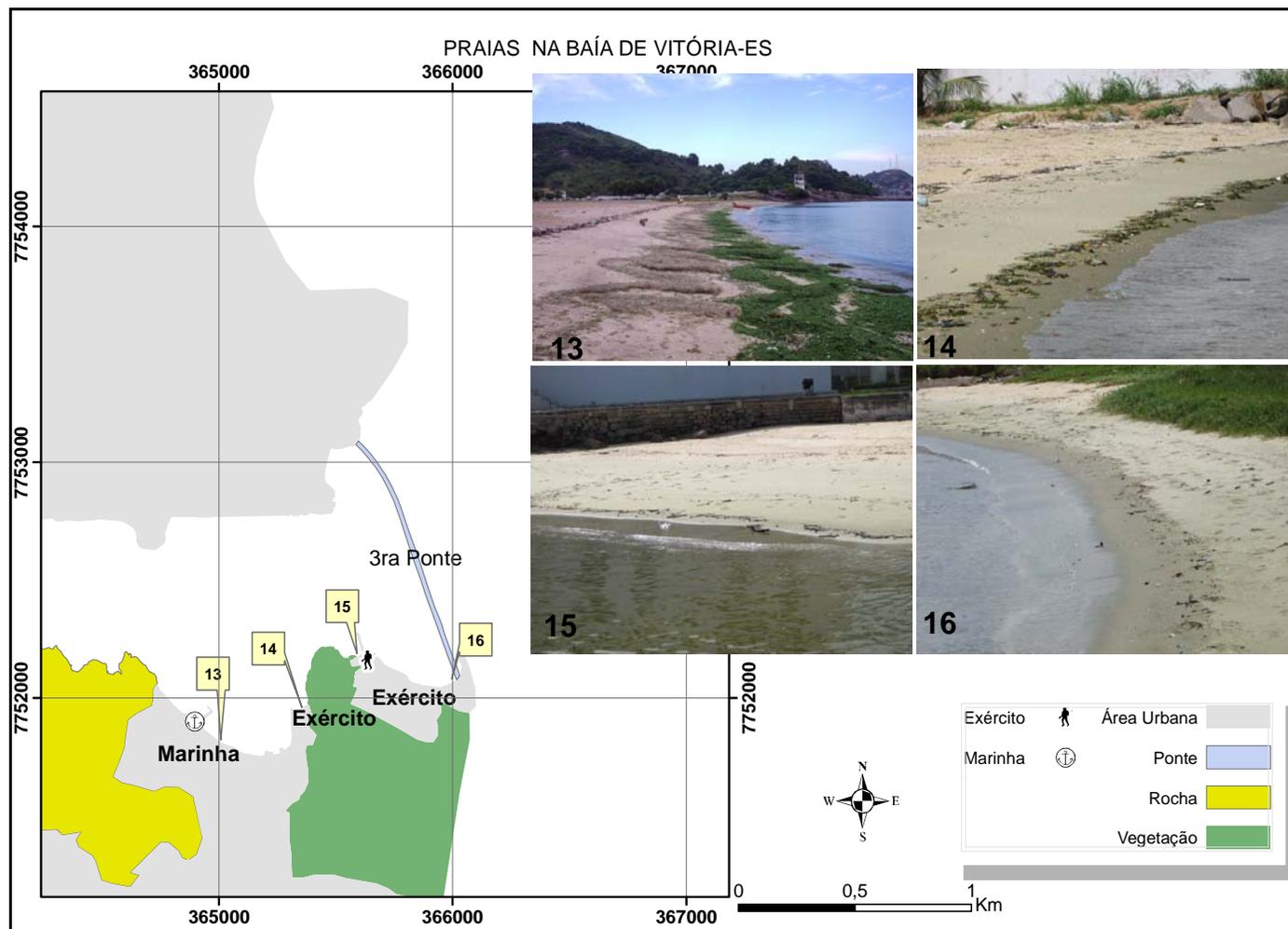


Figura 19. Praias na Baía de Vitória onde foram coletadas as amostras 13, 14, 15 e 16.

Os segmentos de linha de costa e a porcentagem para cada Índice de Sensibilidade Ambiental do Litoral (ISL) da área de estudo são apresentados na Tabela 18. Os comprimentos de cada segmento da linha de costa foram obtidos por meio da análise de imagem de satélite e das campanhas de campo. O segmento da linha de costa mais predominante é a que possui o ISL 10, com uma extensão de 62.316 *m* e com uma abrangência de linha de costa 64,69%.

Os índices de menor incidência foram o ISL 2 (costão rochoso de média a baixa declividade), com uma extensão de 219 *m* e abrangência de 0,23% e o ISL 3 (praias dissipativas), com uma extensão de 221 *m* e abrangência de 0,23%. O ISL 7 (planície de maré lamosa exposta) não foi identificado sobre a área de estudo.

**Tabela 18. Representação do ISL encontrados na Área de estudo.**

ISL	SEGMENTO (m)	SEGMENTO DA LINHA DE COSTA (%)
1	7.986	8,29
2	219	0,23
3	221	0,23
4	1.432	1,49
5	388	0,40
6	227	0,24
8	22.390	23,24
9	1156	1,20
10	62316	62,69
<b>TOTAL</b>	<b>96.335</b>	<b>100</b>

A seguir são descritos os resultados do Índice de Sensibilidade Ambiental do Litoral (ISL) ao derreamento de óleo para a área de estudo:

**ISL 1:**

O ISL 1 foi encontrado na área de estudo numa extensão de 7.986 *m* e com 8,29% de linha de costa. A Figura 20 mostra um exemplo de costão rochoso de alta declividade que foi encontrado na área de estudo. Cabe ressaltar que no costão rochoso foi encontrado um habitat de garças marinhas, o que eleva o valor de índice de sensibilidade.

**ISL 2:**

O ISL 2 foi encontrado na área de estudo numa extensão de 219 *m*. e com 0,23% de linha de costa. A Figura 21 mostra um exemplo do único costão rochoso com declividades de média a baixa que foi encontrada na área de estudo, localizado perto do Canal da Passagem.

**ISL 3:**

O ISL 3 foi encontrado na área de estudo numa extensão de 221 *m* e com 0,23% de linha de costa. A Figura 22 mostra um exemplo de uma praia dissipativa que apresenta alto uso recreacional localizada logo no início da área de estudo. Essas praias têm um substrato de areia fina sendo que os grãos são mais compactados, recebendo menos impacto ao derrame de óleo, pois a filtração do óleo nas camadas de areia pode ser bem menor. No entanto os impactos biológicos podem ser mais elevados, sendo que a remoção pode ocorrer no período de um ano, dependendo da extensão e persistência do óleo.

**ISL 4:**

O ISL 4 foi encontrado na área de estudo em uma extensão de 1.432 *m.* e com 1,49% de linha de costa. A Figura 23 mostra um exemplo de praia de areia grossa. Nestas praias, o espaçamento que existe entre os grãos facilita a infiltração do óleo na areia entre 15 e 25 *cm* Como descrito por GUNDLACH & HAYES (1978) no derramamento do URQUIOLA, o petróleo se infiltrou nas camadas de areia entre 15 e 25 *cm* após alguns dias do derrame de óleo. Nas praias de areia grossa, a limpeza do derrame é mais difícil quando o óleo se infiltra, pois a maquinaria pesada pode ficar estancada.

**ISL 5:**

O ISL 5 foi encontrado na área de estudo em uma extensão de 388 *m.* e com 0,40% de linha de costa. A Figura 24 mostra uma praia mista composta de areia e de conchas.

A percolação do óleo pode ser até cerca de 50 *cm* de profundidade, a mobilidade dos sedimentos torna-se muito elevada em ciclos de tempestades, por isso são praias com elevado potencial de erosão por ocasião das tempestades.

Quanto maior for a penetração do óleo no substrato mais sofisticadas serão as técnicas de limpeza.

**ISL 6:**

O ISL 6 foi encontrado na área de estudo em uma extensão de 227 *m.* e com 0,24% de linha de costa. A Figura 25 mostra uma praia de cascalho e seixos.

Ambientes como estes possuem alta declividade (>30°) e como são formados por rochas de diferentes tamanhos e formatos, permitem uma grande percolação do óleo

no caso de acidente, aumentando assim o tempo de permanência do resíduo no meio.

Este segmento possui fácil acesso por terra e mar, mas a trafegabilidade é limitada para pessoas e equipamentos leves, em função da alta irregularidade do substrato.

#### **ISL 8:**

O ISL 8 foi encontrado na área de estudo em uma extensão de 22.390 *m* e com 23,24% de linha de costa. A Figura 26 mostra enrocamentos abrigados.

Abrigado à ação de ondas, a declividade geralmente íngreme (maior que 15 graus).

Possui fácil acesso por terra e mar. São necessárias medidas de contenção e resposta para retirada do resíduo em caso de acidente, pois o ambiente não possui capacidade de remover o óleo naturalmente, podendo este permanecer por longos períodos e causar sérios danos à biota.

#### **ISL 9:**

O ISL 9 foi encontrado na área de estudo em uma extensão de 1.156 *m* e com 1,20% de linha de costa.

Abrigado à ação de ondas; a declividade geralmente é menor que 3 graus. Sedimento saturado com água, com baixa permeabilidade a não ser pela presença de orifícios feitos por animais.

A penetração do óleo é limitada pelos sedimentos saturados de água; o óleo é geralmente transportado até a linha de maré alta, podendo ocorrer penetração junto à linha de preamar; o impacto na biota pode ser alto devido à exposição tóxica (óleos leves) ou asfixia (óleos pesados).

**ISL 10:**

O ISL 10 foi encontrado na área de estudo em uma extensão de 62.316 *m* e com 64,69% de linha de costa. A Figura 27 mostra os ambientes de mangues que são os locais de maior sensibilidade da linha de costa, necessitando cuidados especiais para que não sofram impactos em caso de acidentes. A penetração do óleo é dificultada pela saturação do sedimento.

O tempo de permanência e o impacto sobre as comunidades são sempre muito altos. A grande quantidade de galhos e raízes das árvores e o substrato mole dificultam o acesso ao interior do mangue. Estas áreas podem ser protegidas, distribuindo-se barreiras e absorventes ao longo de toda a franja do mangue.

Possuem difícil acesso por terra, e o acesso por vias aquáticas não se faz recomendado em função de que se pode prejudicar ainda mais as comunidades das regiões atingidas em caso de acidente.

ISL		1
SUBSTRATO	TIPO	Costão Rochoso
	MOBILIDADE	Fixo
	PENETRAÇÃO DO ÓLEO	Impermeável
	TRAFEGABILIDADE	Não
GRAU DE EXPOSIÇÃO ÀS ONDAS		Baixa energia
DECLIVIDADE		> a 30°
COORDENADAS UTM		357867 7753947



Figura 20. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 1.

ISL		2
<b>SUBSTRATO</b>	<b>TIPO</b>	Costão Rochoso
	<b>MOBILIDADE</b>	Fixo
	<b>PENETRAÇÃO DO ÓLEO</b>	Impermeável
	<b>TRAFEGABILIDADE</b>	Não
<b>GRAU DE EXPOSIÇÃO ÀS ONDAS</b>		Baixa energia
<b>DECLIVIDADE</b>		Média (entre 5° e. 30°)
<b>COORDENADAS UTM</b>		357867 7753947



Figura 21. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 2.

ISL		3
<b>SUBSTRATO</b>	<b>TIPO</b>	Areia fina, rochas na praia
	<b>MOBILIDADE</b>	Baixa
	<b>PENETRAÇÃO DO ÓLEO</b>	Semipermeável (< a 10 cm)
	<b>TRAFEGABILIDADE</b>	Permite tráfego De veículos
<b>GRAU DE EXPOSIÇÃO ÀS ONDAS</b>		Alto
<b>DECLIVIDADE</b>		3 °
<b>COORDENADAS UTM</b>		365461 7752989



Figura 22. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 3.

<b>ISL</b>		<b>4</b>	
<b>SUBSTRATO</b>	<b>TIPO</b>	Areia grossa	
	<b>MOBILIDADE</b>	Alta	
	<b>PENETRAÇÃO DO ÓLEO</b>	Permeável < 25 cm	
	<b>TRAFEGABILIDADE</b>	Baixa trafegabilidade	
<b>GRAU DE EXPOSIÇÃO ÀS ONDAS</b>		Baixa energia	
<b>DECLIVIDADE</b>		6°	
<b>COORDENADAS UTM</b>		365056 7751793	

Figura 23. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 4.

<b>ISL</b>		<b>5</b>	
<b>SUBSTRATO</b>	<b>TIPO</b>	Areias mistas	
	<b>MOBILIDADE</b>	Muito alta	
	<b>PENETRAÇÃO DO ÓLEO</b>	Permeável < 50 cm	
	<b>TRAFEGABILIDADE</b>	Baixa trafegabilidade	
<b>GRAU DE EXPOSIÇÃO À ONDAS</b>		Baixa energia	
<b>DECLIVIDADE</b>		<15°	
<b>COORDENADAS UTM</b>		359586 7751835	

Figura 24. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 5.

ISL		6
<b>SUBSTRATO</b>	<b>TIPO</b>	Cascalho e seixos
	<b>MOBILIDADE</b>	Baixa
	<b>PENETRAÇÃO DO ÓLEO</b>	Permeável
	<b>TRAFEGABILIDADE</b>	Baixa trafegabilidade
<b>GRAU DE EXPOSIÇÃO À ONDAS</b>		Baixa energia
<b>DECIIVIDADE</b>		<15°
<b>COORDENADAS UTM</b>		363796 7751910



Figura 25. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 6.

ISL		8
<b>SUBSTRATO</b>	<b>TIPO</b>	Enrocamento
	<b>MOBILIDADE</b>	Fixo
	<b>PENETRAÇÃO DO ÓLEO</b>	Permeável
	<b>TRAFEGABILIDADE</b>	Não
<b>GRAU DE EXPOSIÇÃO ÀS ONDAS</b>		Baixa energia
<b>DECIVIDADE</b>		> a 30°
<b>COORDENADAS UTM</b>		365718 7752137



Figura 26. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 8.

<b>ISL</b>		<b>10</b>	
<b>SUBSTRATO</b>	<b>TIPO</b>	Mangue	
	<b>MOBILIDADE</b>	Baixa	
	<b>PENETRAÇÃO DO ÓLEO</b>	Baixa permeabilidade	
	<b>TRAFEGABILIDADE</b>	Muito baixa	
<b>GRAU DE EXPOSIÇÃO ÀS ONDAS</b>		Baixa energia	
<b>DECLIVIDADE</b>		-	
<b>COORDENADAS UTM</b>		361787 7759196	

Figura 27. Índice de sensibilidade Ambiental ISL 10.

### 7.1.2. Recursos Biológicos

Os resultados das campanhas de campo para a ocupação dos recursos biológicos (aves marítimas, invertebrados e peixes) são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 19. Área dos recursos biológicos encontrados na área de estudo.**

RECURSOS	ÁREA (m2)	COBERTURA (%)
Aves Marítimas	29.358	0,33
Invertebrados	8870.531	98,53
Peixes	103.194	1,15

São apresentados alguns dos recursos biológicos que foram identificados na área de estudo segundo Coutinho, 2005 (Tabela 20).

**Tabela 20. Classes dos recursos biológicos (nome científico).**

RECURSOS BIOLÓGICOS	CLASSE	NOME CIENTÍFICO
Aves Marítimas	Garça	-----
	Caranguejo*	<i>Ucides Cordatus</i>
	Ostra*	<i>Crassostrea rhizophorae</i>
Invertebrados	Sururu*	<i>Mytella guyanensis</i>
	Siri*	<i>Callinectes danae</i>
	Camarão*	<i>Peneus shimitti</i>
Peixes	Robalo*	<i>Centropomus</i>
	Tainha*	<i>Mugil</i>

Fonte (\* COUTINHO, 2005)

### 7.1.3. Recursos Socioeconômicos

Durante as campanhas de campo foram identificados os seguintes recursos socioeconômicos:

- Esporte aquático
- Cais
- Instalações da Marinha
- Instalação Militar
- Local histórico
- Píer
- Porto
- Praias de uso recreacional
- Rampa para os barcos

Algumas das principais atividades encontradas nesta região são a pesca e a cata de caranguejo, que são a sua única fonte de sustento para as pessoas que moram ao redor dessa área.

Pode-se notar também a localização do porto de Vitória, o que eleva a possibilidade de um derrame de óleo, por que este se encontra em áreas abrigadas, como as Baías.

Também são encontradas as praias recreacionais, muito importantes já que se encontram diretamente vinculados com a vida humana e servem de lazer e, diante

de um possível derrame de óleo estas acabam sendo primeiras prioridades em tomada de decisão, no que se refere aos recursos socioeconômicos.

Outra prioridade seria o mangue. Este recurso é considerado importante nos recursos biológicos como nos recursos econômicos por que dele surge o sustento de muitas famílias.

Finalmente, é mostrado o índice de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo onde encontramos os diferentes tipos de linhas de costa cada um mostrando sua sensibilidade frente a um possível derrame. O mangue é um dos fatores de prioridade de proteção (ISL 10).

Nota-se também a localização dos recursos biológicos e os recursos socioeconômicos (Figura 28) que são identificados cada um por seu próprio ícone.

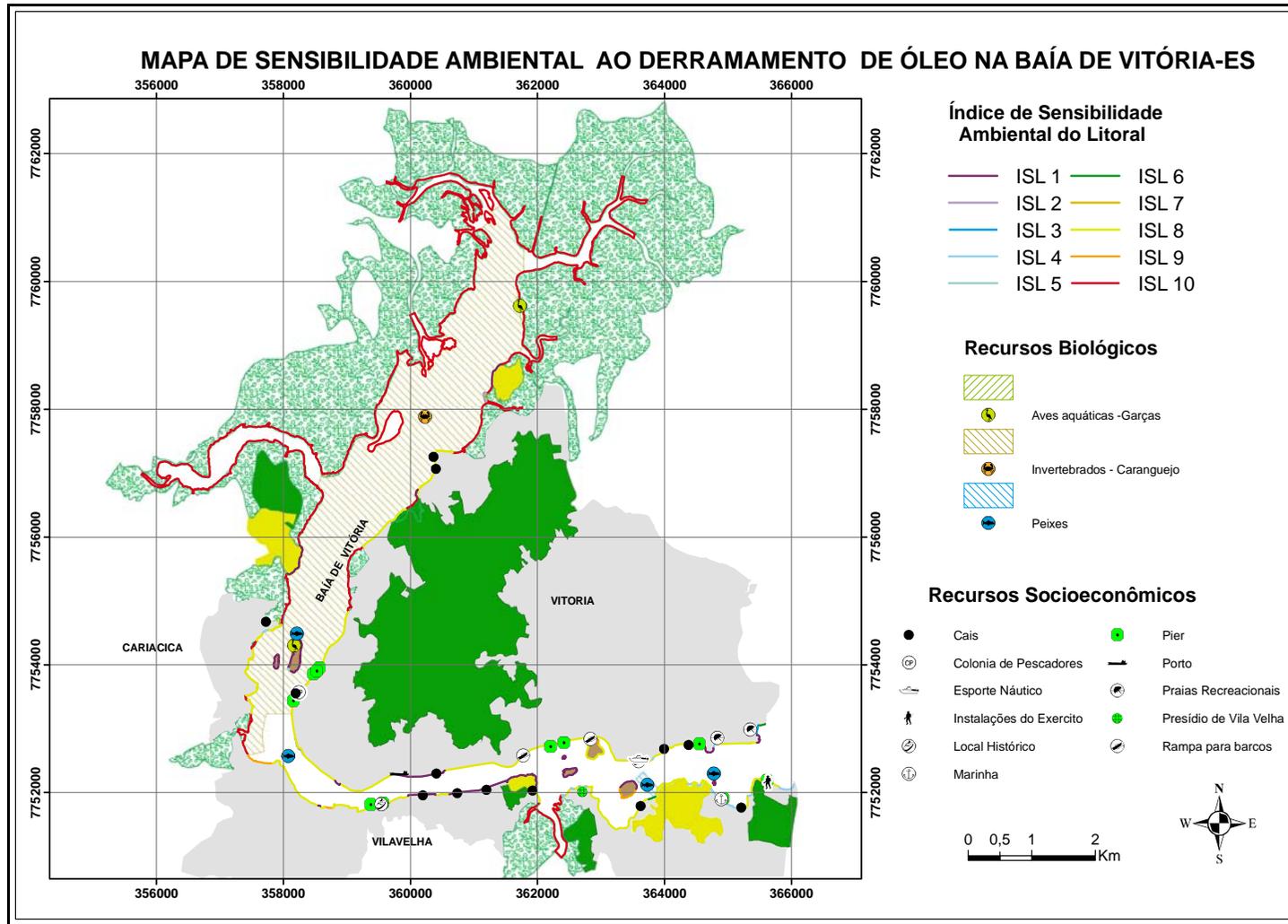


Figura 28. Índice de Sensibilidade Ambiental ao derramamento de óleo na Baía de Vitória-ES.

## **7.2. RESULTADOS DA ANÁLISE DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAME DE ÓLEO USANDO A METODOLOGIA DO AHP**

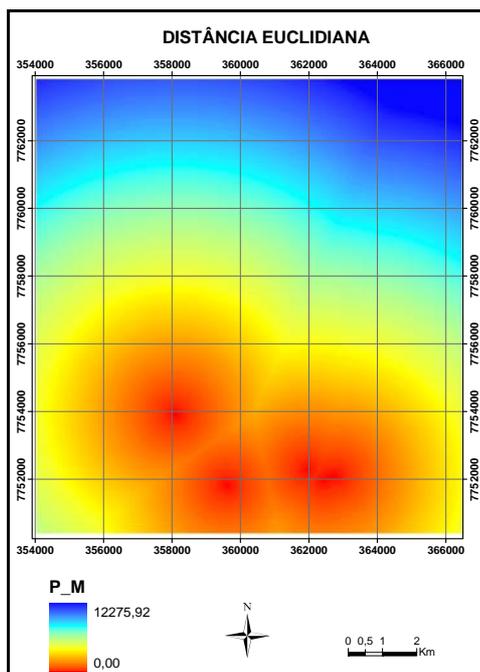
Os resultados do índice de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo são apresentados seguindo a metodologia do AHP para representar a linha de costa, os recursos biológicos e socioeconômicos.

### **7.2.1. Distâncias Euclidianas**

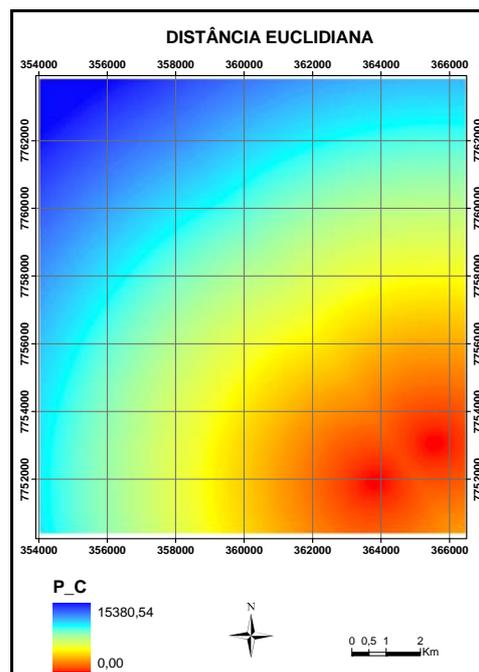
Os resultados da aplicação do conceito “distância euclidiana” são apresentadas para:

- Linha de costa;
- Recursos biológicos e
- Recursos socioeconômicos.

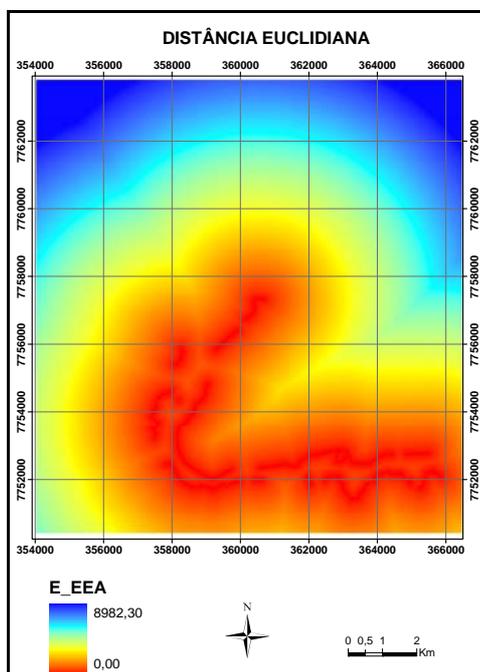
Nas Figura14. Distâncias Euclidianas da linha de costa. Continua na página seguinte.



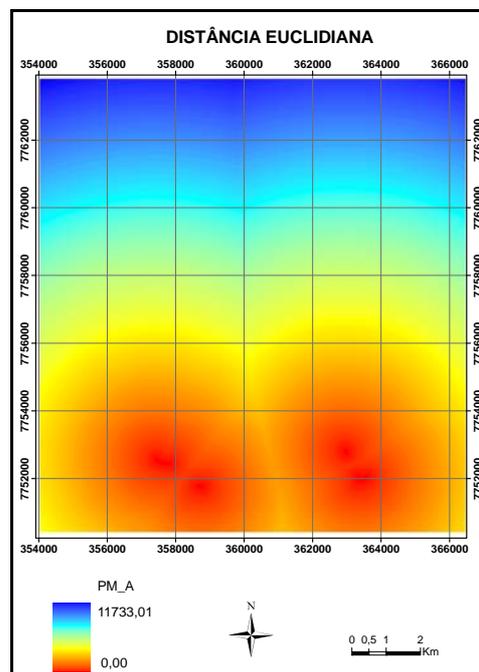
(e) Distância Euclidiana do fator praias mistas.



(f) Distância Euclidiana do fator praias de cascalho.

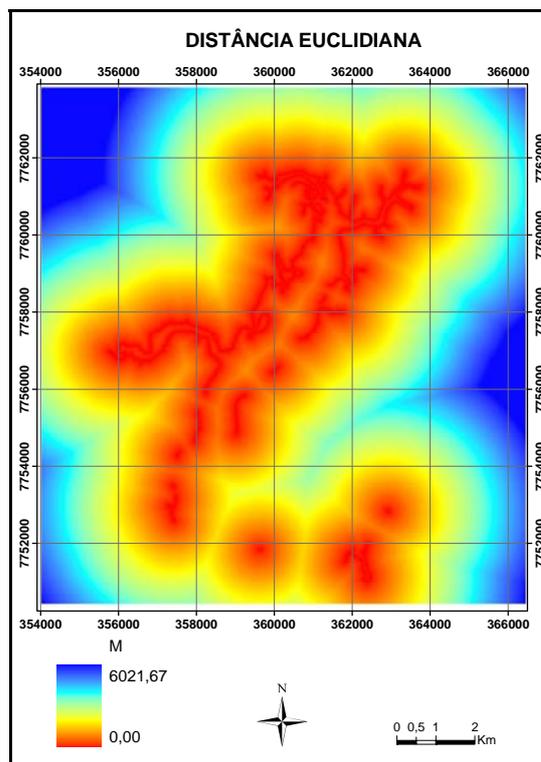


(g) Distância Euclidiana do fator estruturas artificiais.



(h) Distância Euclidiana do fator planície de maré.

**Figura14. Distâncias Euclidianas da linha de costa. Continua na página seguinte.**

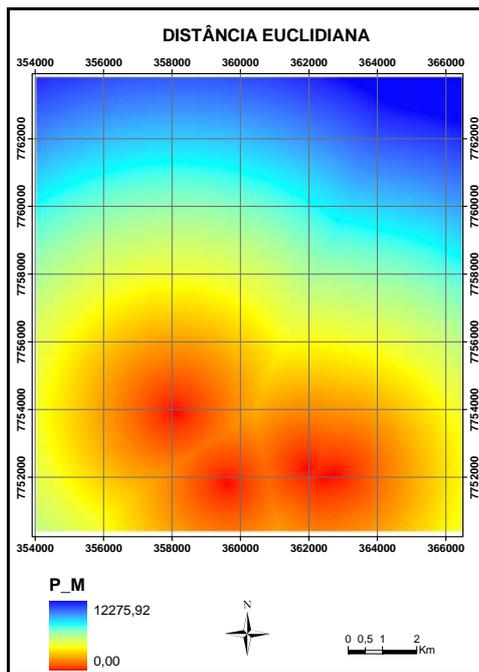


(i) Distância Euclidiana do fator mangue.

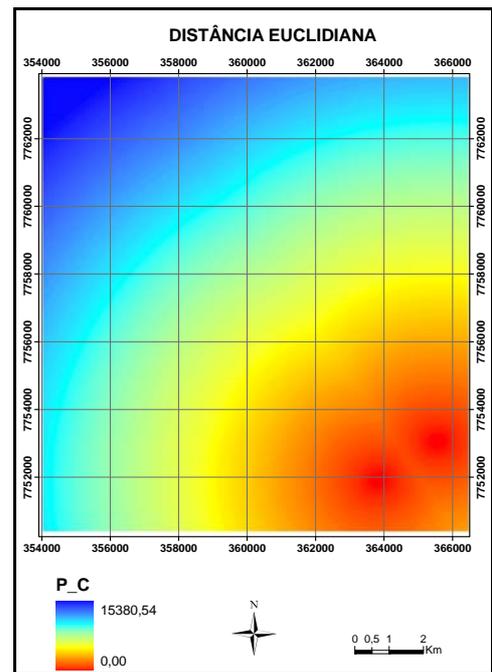
Figura 29, Figura 30 e Figura 31, a cor vermelha representa a distância próxima do fator, e a cor azul mostra as distâncias mais afastadas do fator.

#### **a) Distâncias euclidianas da linha de costa**

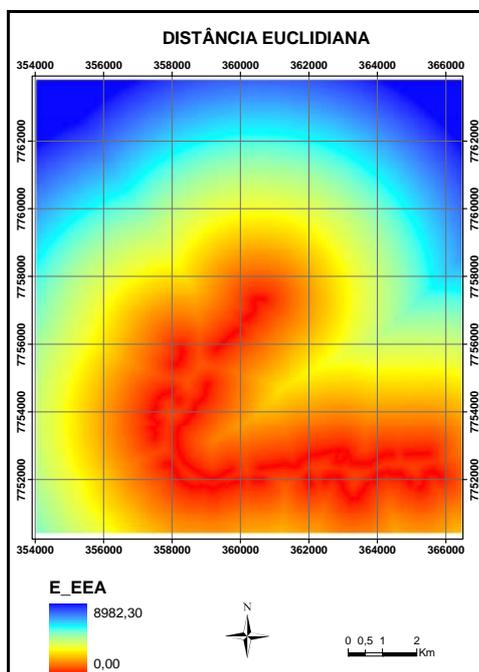
A distância euclidiana do fator mangue, mostrada na Figura 14. Distâncias Euclidianas da linha de costa. Continua na página seguinte.



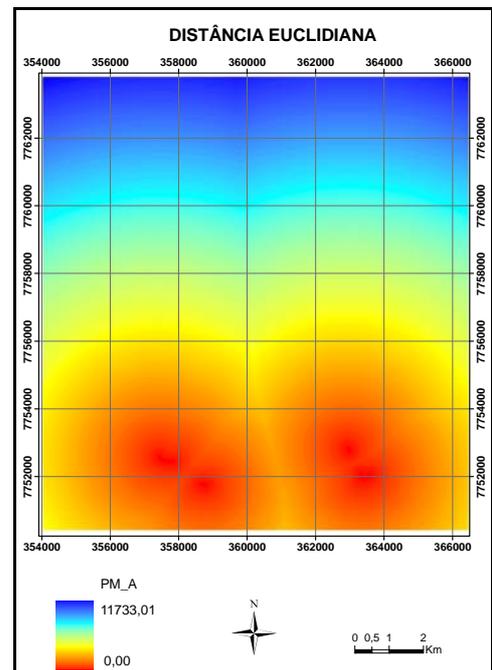
(e) Distância Euclidiana do fator praias mistas.



(f) Distância Euclidiana do fator praias de cascalho.

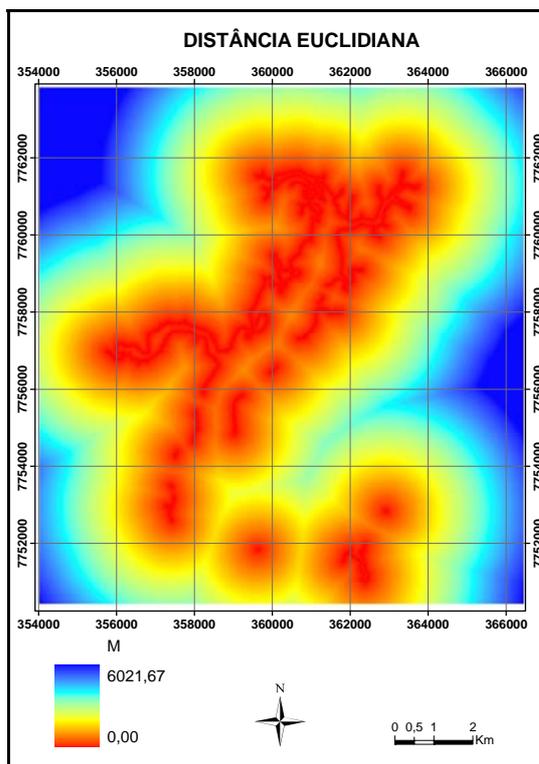


(g) Distância Euclidiana do fator estruturas artificiais.



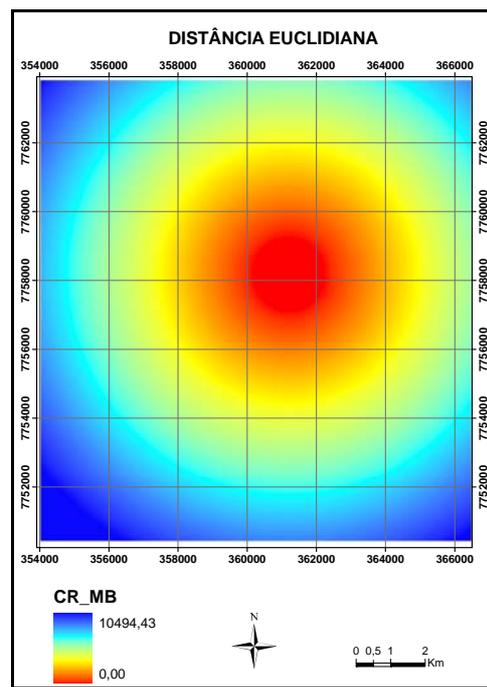
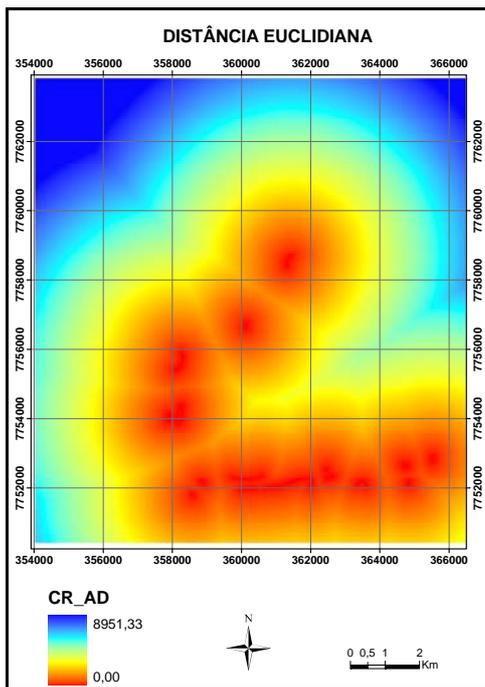
(h) Distância Euclidiana do fator planície de maré.

**Figura14. Distâncias Euclidianas da linha de costa. Continua na página seguinte.**



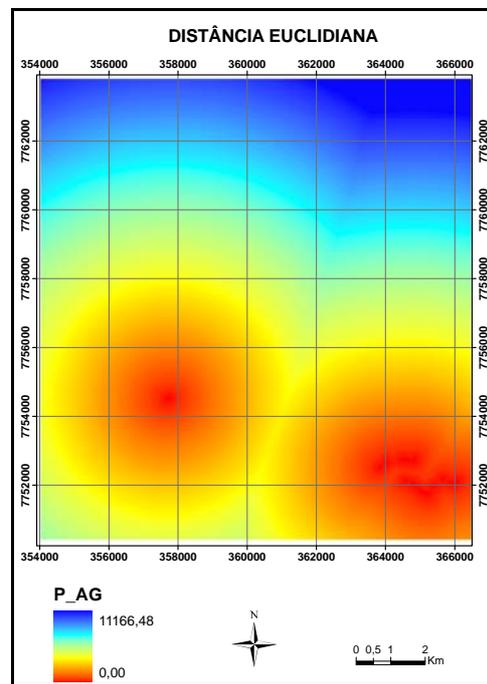
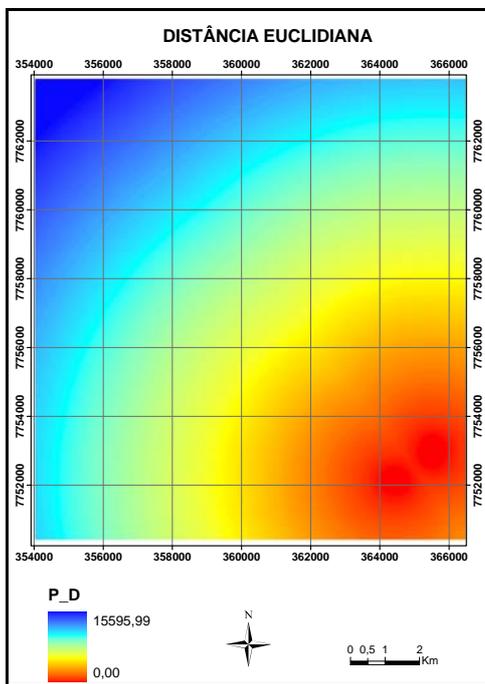
(i) Distância Euclidiana do fator mangue.

Figura 29-i revela uma maior distribuição da cor vermelha na Baía de Vitória do que no canal de acesso ao porto de Vitória, o que é esperado, já que há uma maior distribuição de área de mangue na Baía do que no canal.



(a) Distância Euclidiana do fator costão rochoso de alta declividade.

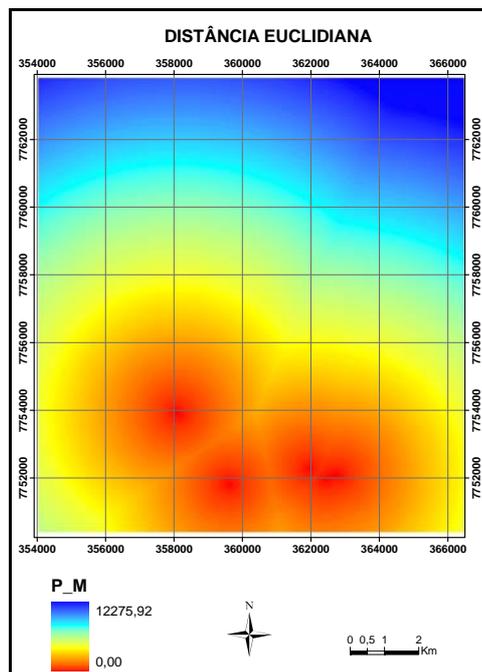
(b) Distância Euclidiana do fator costão de média a baixa declividade.



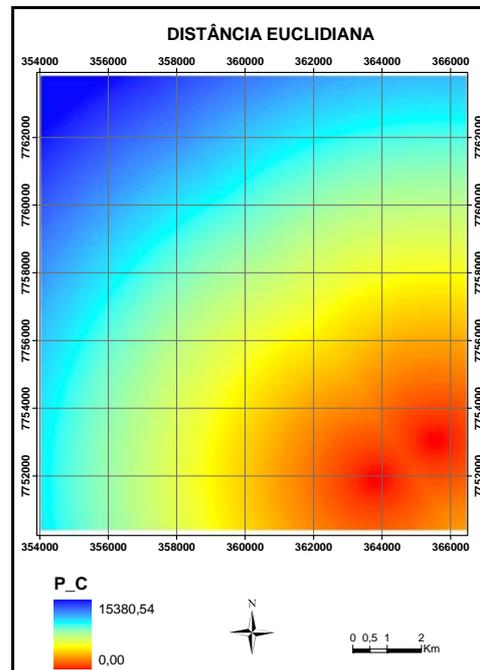
(c) Distância Euclidiana do subfator praias dissipativas.

(d) Distância Euclidiana do subfator praias areia grossa.

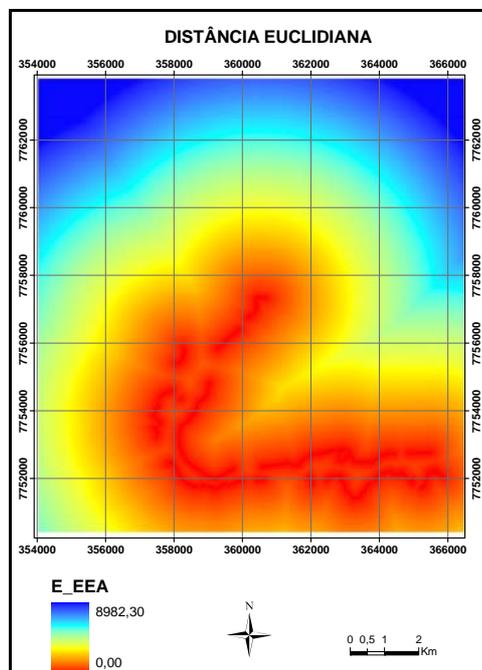
**Figura14. Distâncias Euclidianas da linha de costa. Continua na página seguinte.**



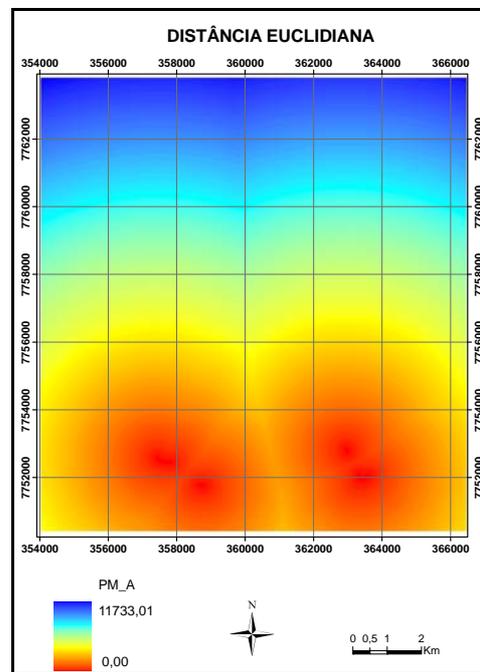
(e) Distancia Euclidiana do fator praias mistas.



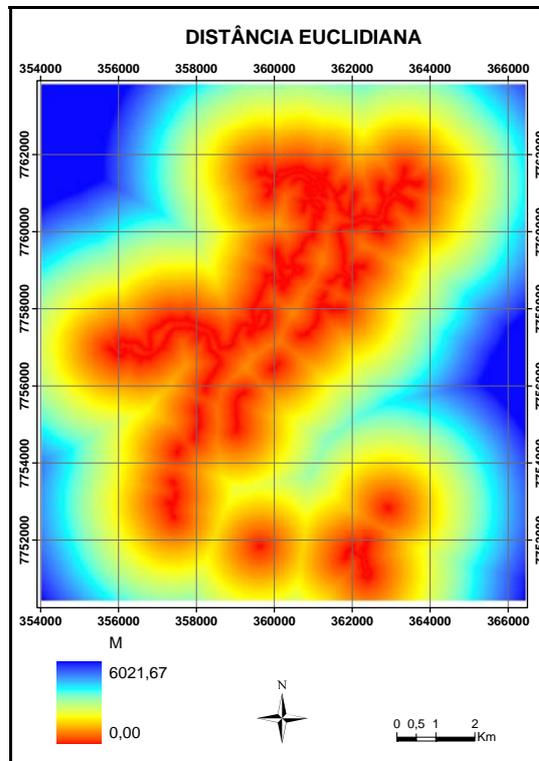
(f) Distancia Euclidiana do fator praias de cascalho.



(g) Distância Euclidiana do fator estruturas artificiais.



(h) Distância Euclidiana do fator planície de maré.

**Figura14. Distâncias Euclidianas da linha de costa. Continua na página seguinte.****(i) Distância Euclidiana do fator mangue.****Figura 29. Distâncias Euclidianas da linha de costa.**

### **b) Distâncias euclidianas dos recursos biológicos**

Os resultados da aplicação do conceito de distância euclidiana dos recursos biológicos que se encontram na área de estudo (Figura 30) mostram que a cor vermelha representa a distância próxima às áreas dos recursos biológicos e a cor azul mostra as distâncias mais afastadas dos recursos biológicos. Pode-se mostrar na imagem que há uma separação dos recursos biológicos onde a área maior em cor vermelha pertence aos recursos biológicos dos caranguejos e mangue, enquanto que as áreas menores pertencem à área dos recursos biológicos dos peixes.

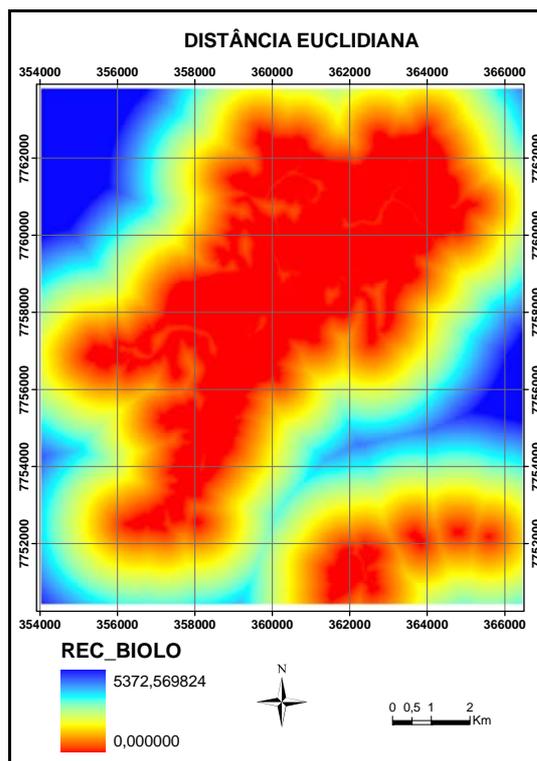


Figura 30. Distâncias Euclidianas dos recursos biológicos.

### c) Distâncias euclidianas dos recursos socioeconômicos

O resultado da distância euclidiana para os recursos socioeconômicos é mostrado na Figura 31. Nessa figura, a cor vermelha representa a distância próxima às áreas dos recursos socioeconômicos e a cor azul mostra as distâncias mais afastadas dos recursos socioeconômicos.

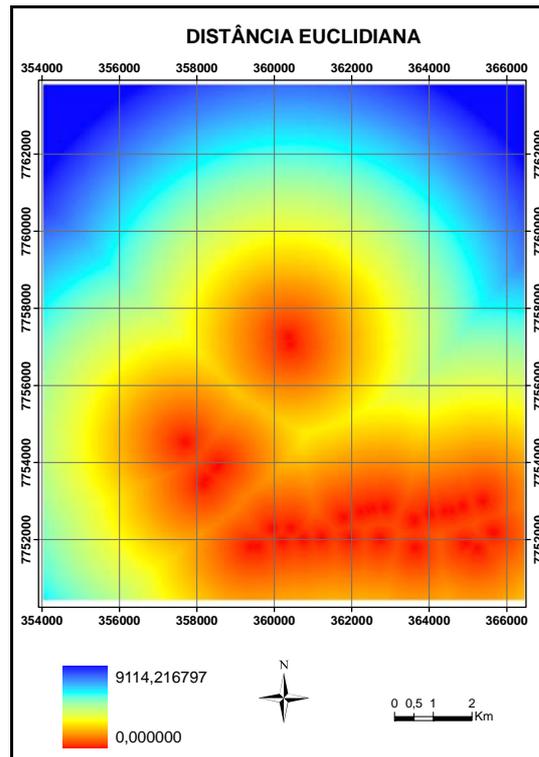
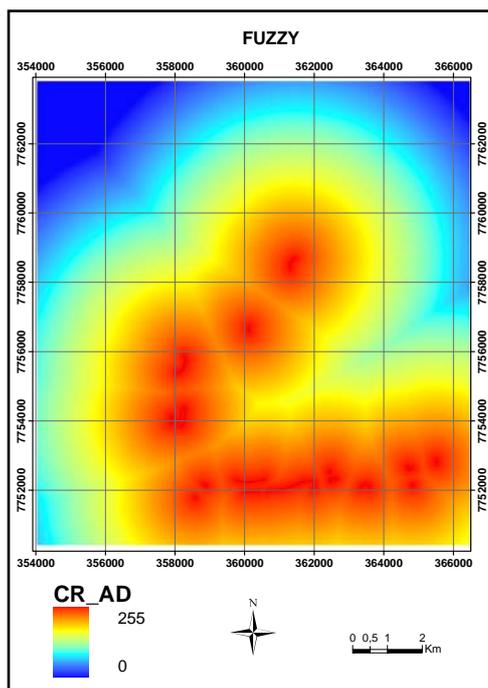


Figura 31. Distâncias Euclidianas dos recursos socioeconômicos.

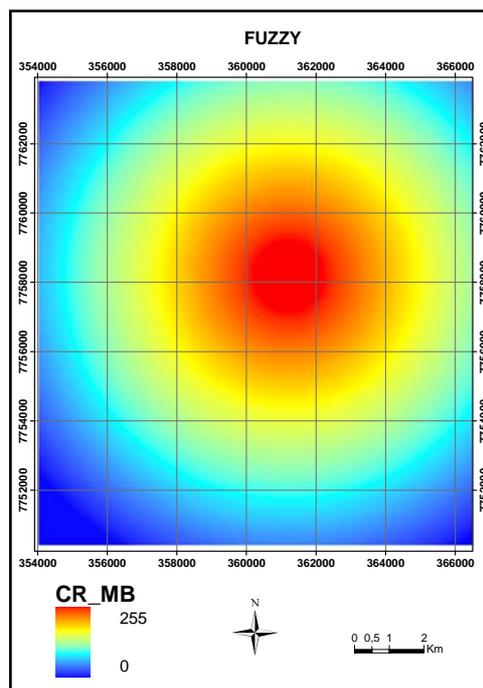
### 7.2.2. Padronização dos fatores (FUZZY)

A padronização das distâncias euclidianas dos fatores e subfatores analisados são mostrados nas **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, Figura 33 e Figura 34. É possível observar que apesar dos fatores estarem em localizações diferentes, o intervalo de distribuição das cores varia de 0 até 255 para todas as imagens.

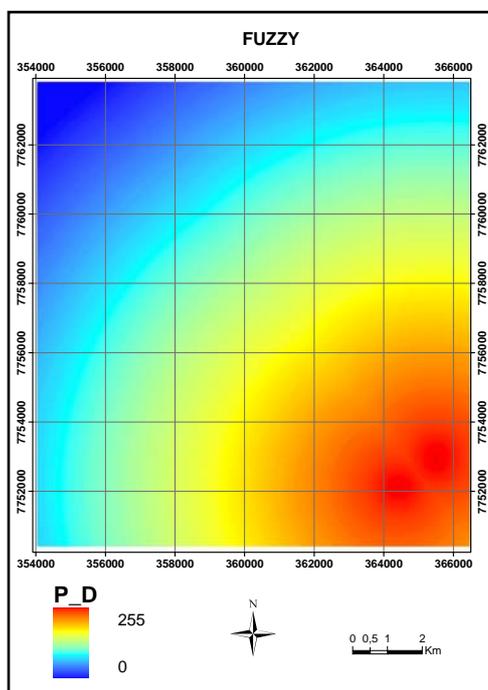
#### a) Padronização da linha de costa



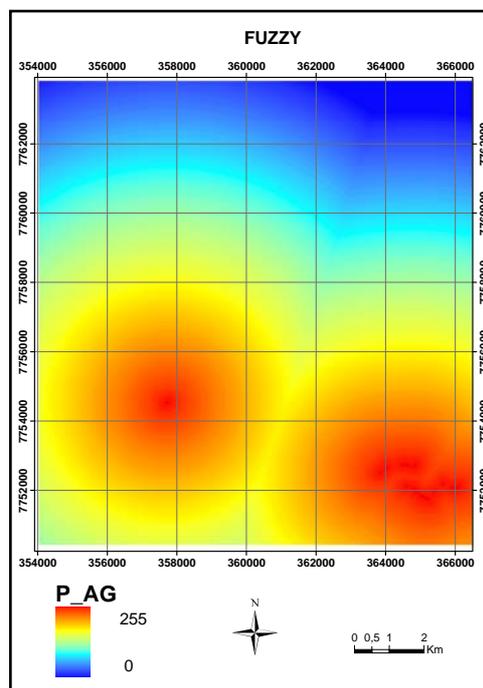
(a) Padronização do fator costão rochoso de alta declividade.



(b) Padronização do fator costão de média a baixa declividade

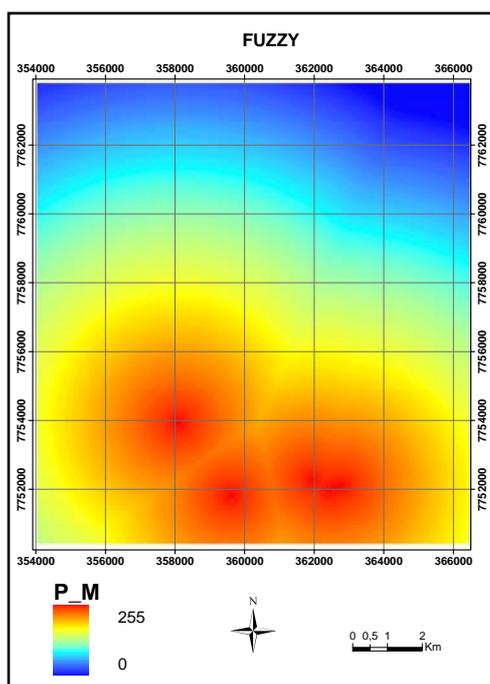


(c) Padronização do subfator praias dissipativas.

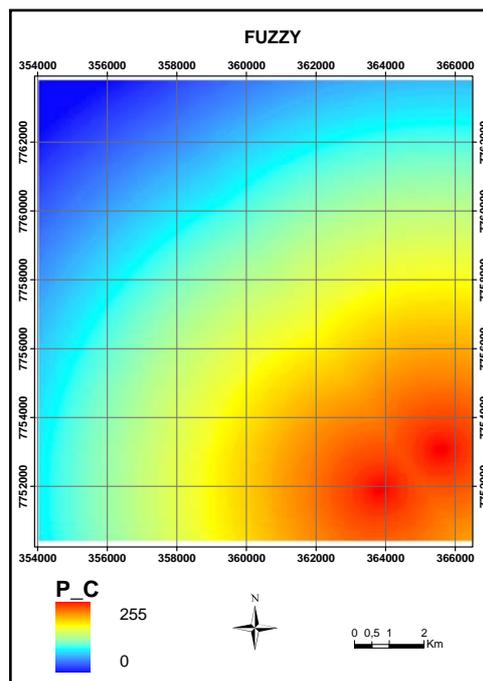


(d) Padronização do subfator praias de areia grossa

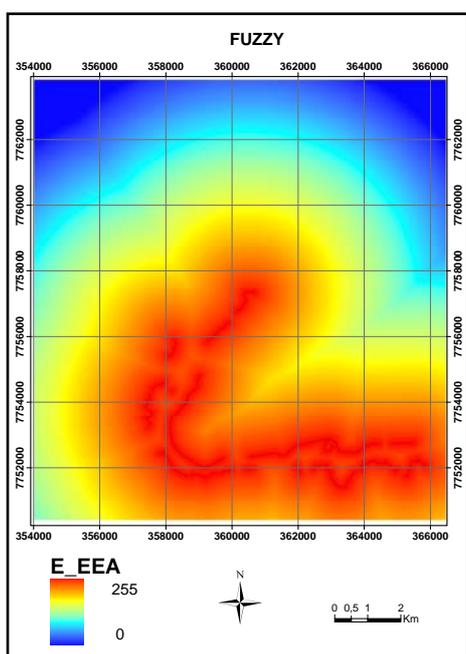
**Figura 17. Padronização da linha de costa. Continua na página seguinte.**



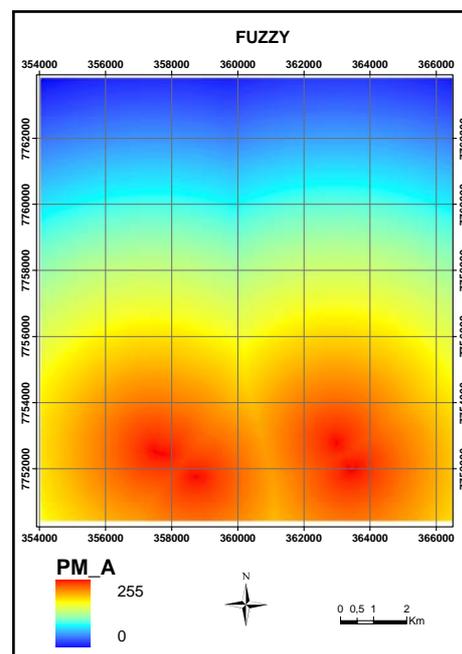
(e) Padronização do fator praias mistas de areia e cascalho.



(f) Padronização do fator praias de cascalho.

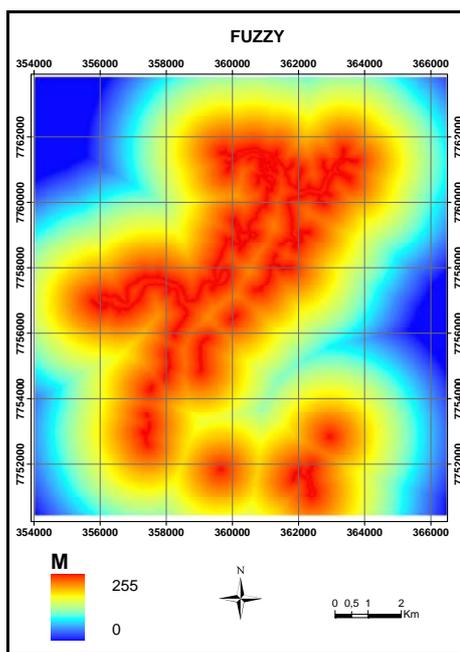


(g) Padronização do fator estruturas artificiais.



(h) Padronização do fator planície de maré.

**Figura 17. Padronização da linha de costa. Continua na página seguinte.**



(i) Padronização do fator mangue.

Figura 32. Padronização da linha de costa

**b) Padronização dos recursos biológicos**

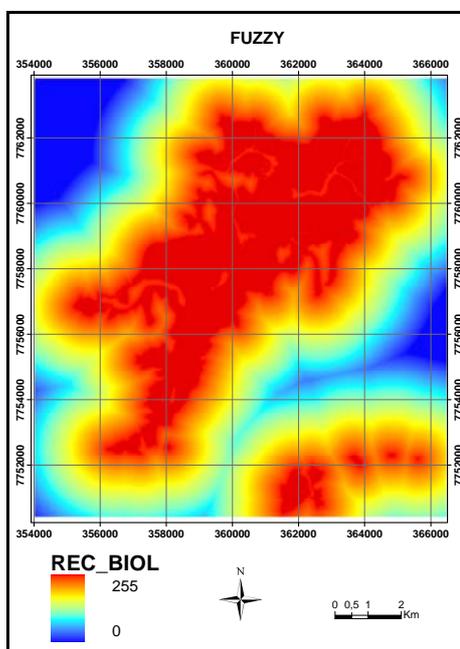


Figura 33. Padronização dos recursos biológicos.

### c) Padronização dos recursos socioeconômicos

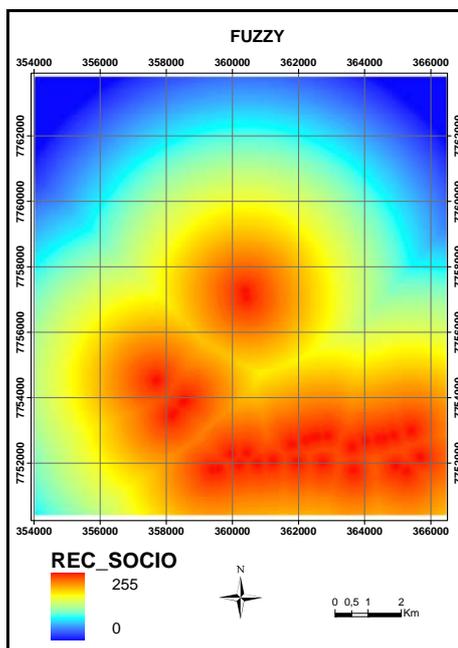


Figura 34. Padronização dos recursos socioeconômicos

### 7.2.3. Ponderação dos fatores e subfatores do método AHP

Neste tópico são apresentados os resultados dos pesos dos fatores e subfatores que foram encontrados na área de estudo.

#### 7.2.3.1. Pesos

A seguir mostra-se o resultado dos pesos aplicando a metodologia do AHP de cada fator em seu respectivo nível.

- Segundo nível: Os pesos dos fatores que são os recursos biológicos (**REC\_BIOL**), recursos socioeconômicos (**REC\_SOCIO**) e linha de costa (**LINHA\_COST**) (Figura 35).

Pode-se observar que os recursos biológicos têm um peso de 0,7189 seguido dos recursos socioeconômicos com 0,1684 e da linha de costa com 0,1127.

Os recursos biológicos apresentam maior importância pelo fato de apresentarem diferentes classes de aves, invertebrados e peixes. Em seguida encontramos os recursos socioeconômicos no qual encontramos os diferentes usos destes, em cais, portos, rampas e o sustento que seria derivado dos recursos biológicos, como o mangue.

Finalmente, a linha de costa o que terá importância de acordo com as características de cada fator.

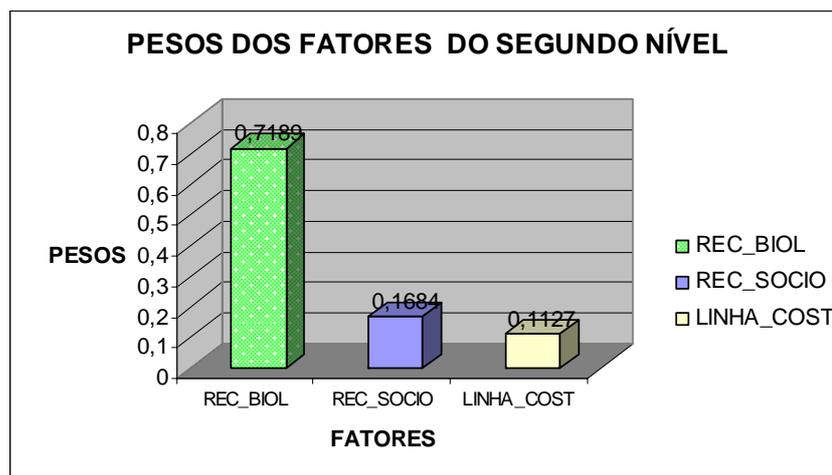


Figura 35. Pesos dos fatores do segundo nível: (REC\_BIOL), (REC\_SOCIO) e (LINHA\_COST).

- Terceiro nível: Os pesos dos fatores Mangue (**M**), Planície de maré abrigada (**PM\_A**), Encosta de rocha ISL, enrocamentos, estruturas artificiais não lisos (**E\_EEA**), Praias total (**PR\_T**) e por ultimo os Costões rochosos total (**CR\_T**) (Figura 36).

Observam-se que todos os subfatores têm importância, segundo as informações coletadas chegando-se à conclusão que quando maior for o tipo do grão ele se comportará de modo a infiltrar maiores quantidades de óleo nas camadas do substrato.

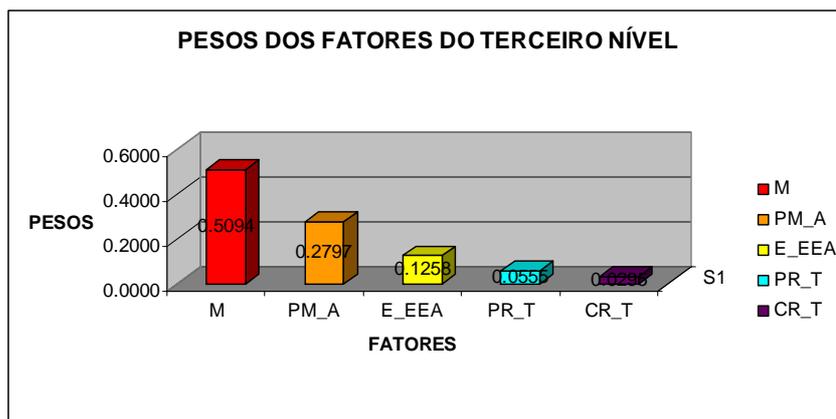


Figura 36. Pesos dos fatores do terceiro nível: (M), (PM\_A), (E\_EEA) e ,(PR\_T).

- Terceiro nível: Os pesos dos subfatores das praias. Praias Cascalho (P\_C), Praias Mistas (P\_M), Praia Areia Grossa (P\_AG) e Praias Dissipativas (P\_D) ().

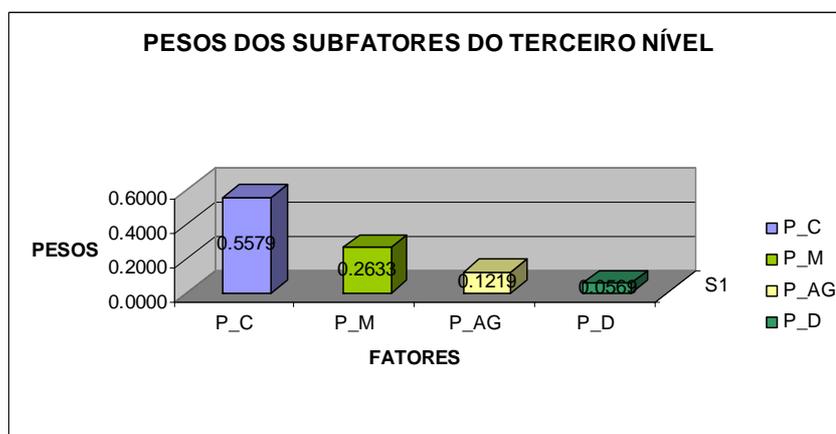


Figura 37. Pesos dos fatores do terceiro nível: (P\_C), (P\_M), (P\_AG)e ,(P\_D).

- Terceiro nível: Os pesos dos subfatores são: Costão Rochosos de declividade média a baixa (**CR\_MB**), Costão Rochosos de alta declividade (**CR\_AD**) (Figura 38).

Pode-se observar que todos os subfatores têm importância, segundo as informações coletadas, chegando-se à conclusão de que em substratos não consolidados não há penetração do óleo. Por outro lado, o fator de baixa declividade apresenta uma maior sensibilidade do que o fator de alta declividade.

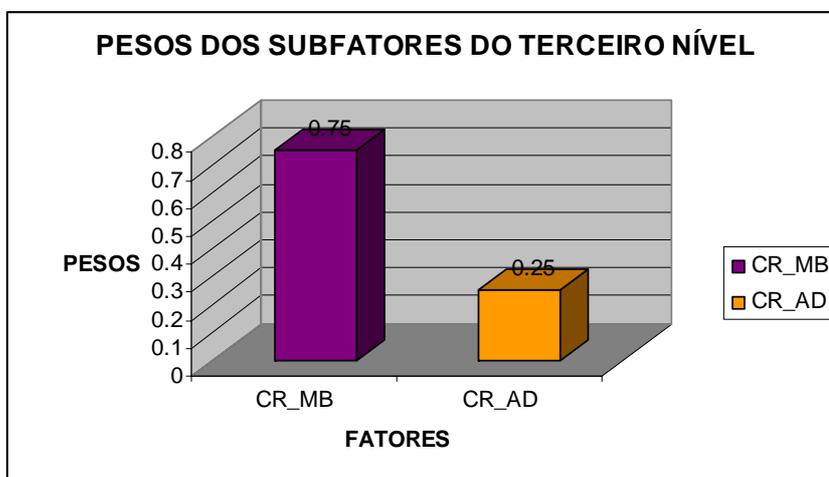


Figura 38. Pesos dos fatores de terceiro nível: (CR\_MB) e (CR\_AD).

Finalmente, com o processamento das imagens, é possível identificar os fatores mais sensíveis ao derrame de óleo. O mapa de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo utilizando o método AHP é mostrado na Figura 39.

Para uma interpretação do que acontece na área de estudo se opto por criar uma escala de sensibilidade, podendo ser observado que as áreas com alta sensibilidade ao derramamento de óleo se encontram com um valor de 10 (cor vermelha), e com baixa sensibilidade com um valor de 1 (cor azul). Essa escala mostra as áreas que apresentam maior prioridade de proteção, caso ocorra um derramamento de óleo, e

leva em consideração todos os fatores, recursos biológicos, socioeconômicos e informação da linha de costa.

De maneira geral, pode-se notar na Figura 39, que a sensibilidade vai aumentando da extremidade leste do canal de acesso em direção ao manguezal, localizado ao Nordeste da Baía de Vitória, onde se encontra a maior área ocupada pelos recursos biológicos.

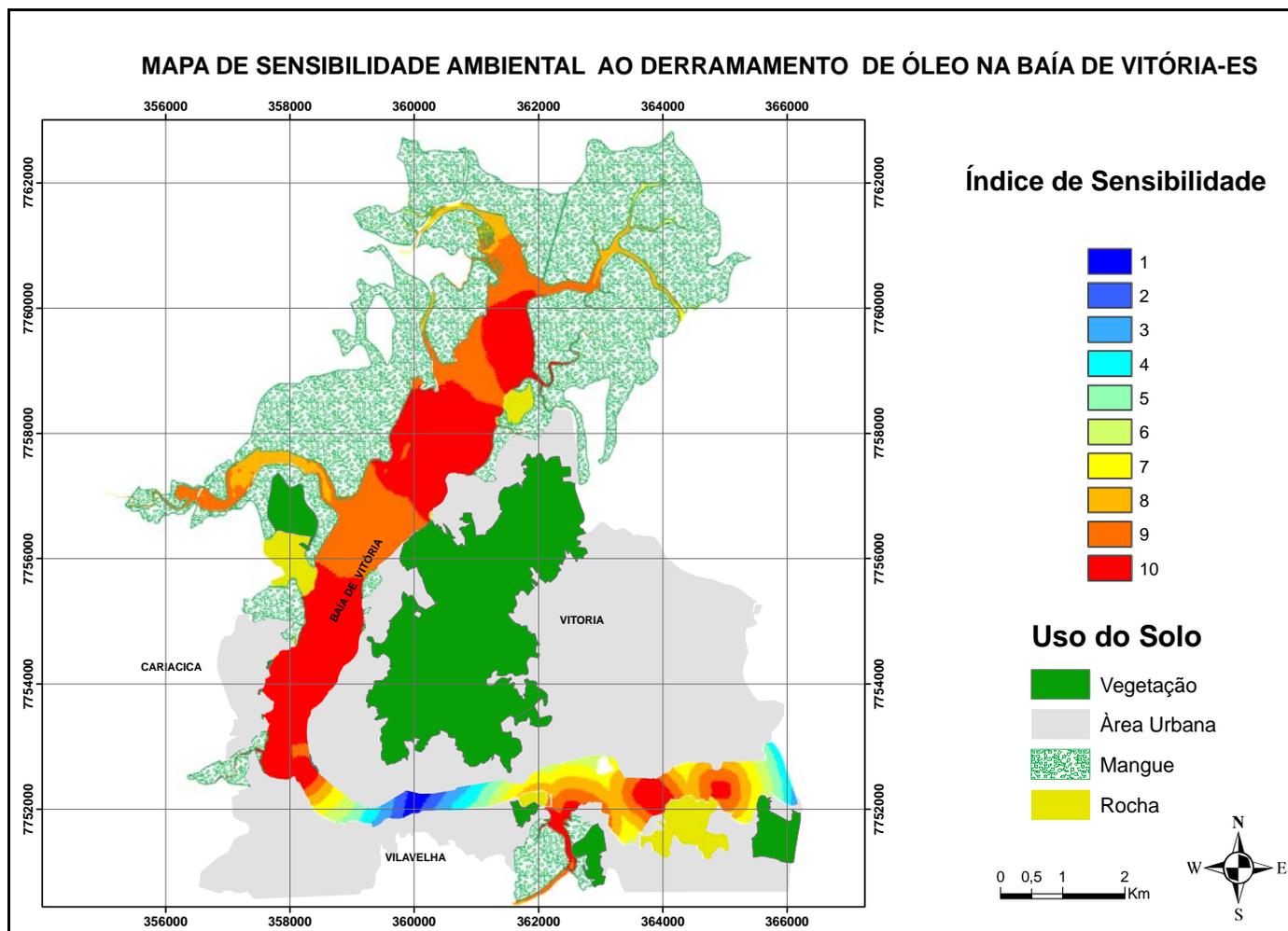
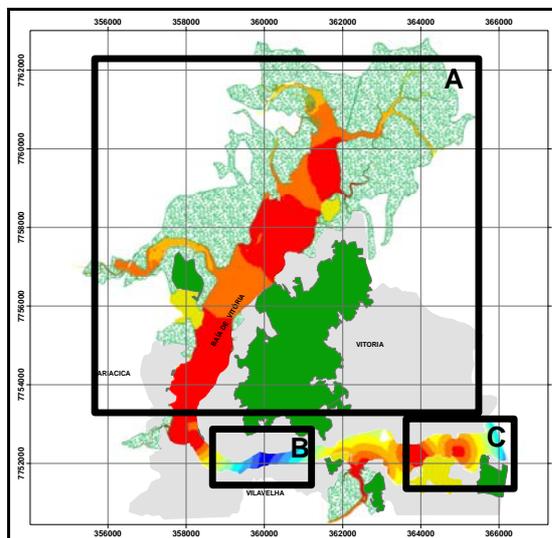


Figura 39. Mapa de sensibilidade ao derramamento de óleo.

Para facilitar a apresentação dos resultados, na Figura 40 são delimitados três regiões retangulares representadas pelas letras A, B e C.



**Figura 40. Ampliação das regiões representadas pelas letras A, B e C.**

### REGIÃO A – BAÍA DE VITÓRIA:

A ampliação da região A é mostrada na Figura 41. A escala de cores usada mostra para essa região uma distribuição alta da sensibilidade, com valores de 8, 9 e 10. Os altos valores encontrados nessa região se devem à presença marcante dos recursos biológicos e ao máximo valor que a linha de costa mangue tem na classificação dada pelo MMA. Esses são os fatores que contribuem para elevar a sensibilidade ao derrame de óleo.

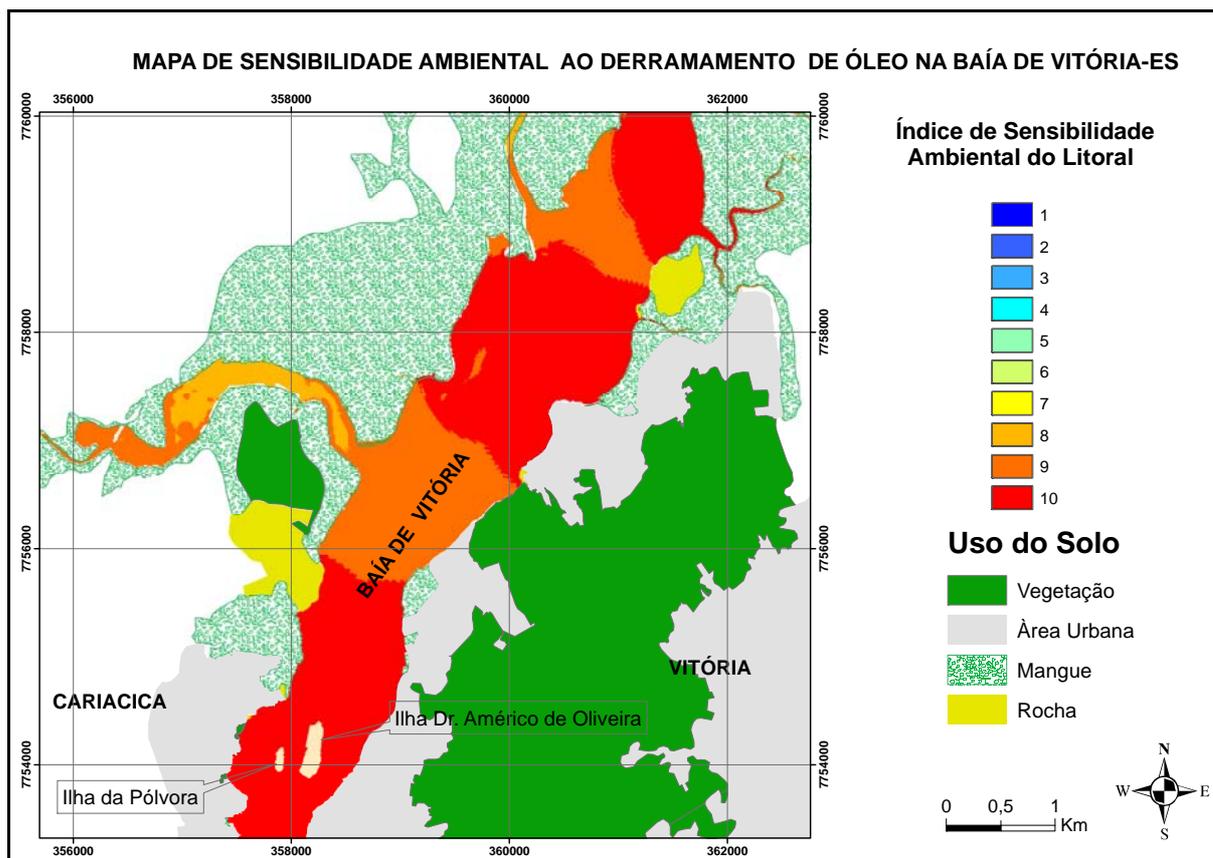


Figura 41. Região A - Baía de Vitória.

REGIÃO B – CANAL DE ACESSO AO PORTO DE VITÓRIA:

A ampliação da região B, mostrada na Figura 42, mostra que a área do canal de acesso ao Porto de Vitória apresenta uma sensibilidade que vai aumentando do centro a região para ambas as extremidades. Na escala de cores, a menor sensibilidade de cor azul se encontra nas vizinhanças do porto de vitória. Essa baixa sensibilidade, valor 1, deve-se ao fato de essa região de cor azul conter estruturas artificiais lisas e o recurso socioeconômico como o Porto. Não é registrada a presença de recursos biológicos. Do centro da região B e em direção as extremidades, se observa um aumento da sensibilidade ate o valor de 7, cor amarela. O principal fator que pode ocasionar esse aumento são os recursos biológicos que se encontram ver Figura 39, em ambas as extremidades da região B e em menor grau a composição da linha de costa.

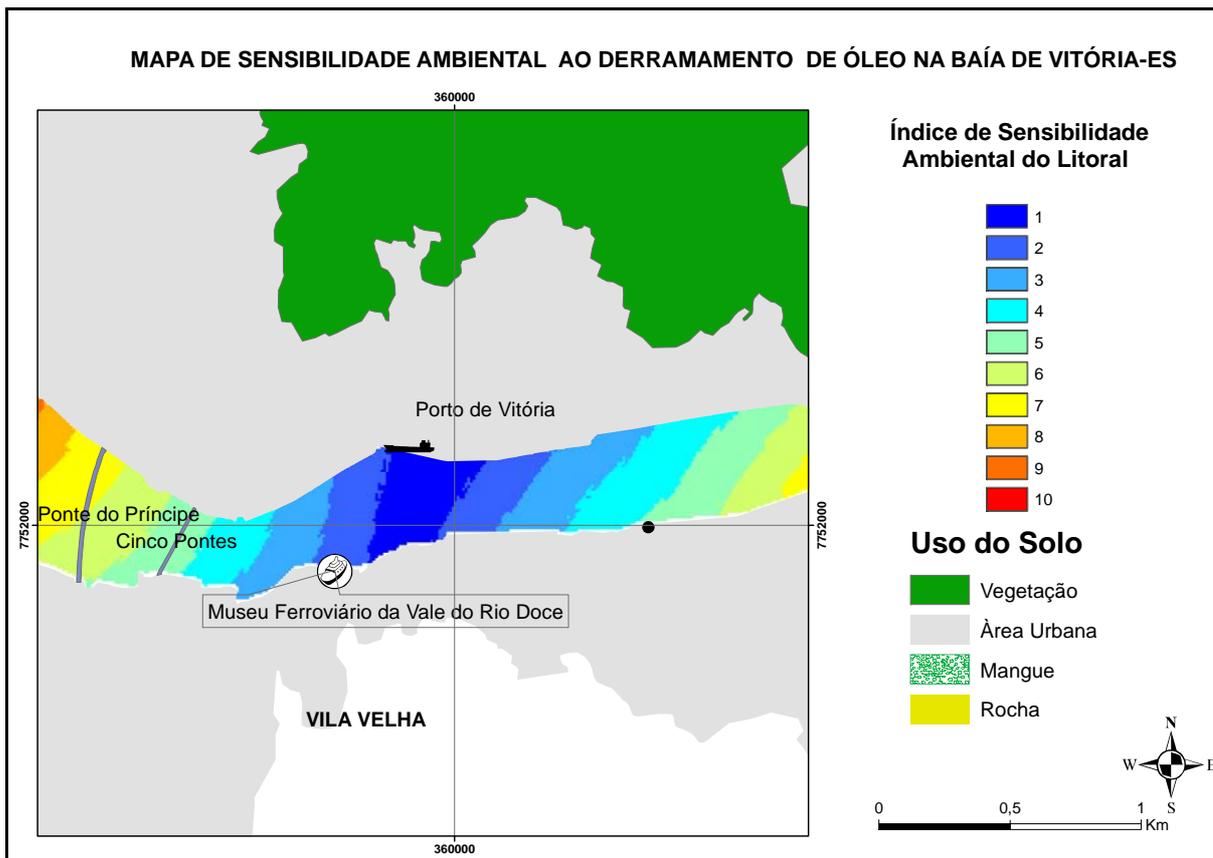


Figura 42. Região B - Canal de Acesso ao porto de Vitória.

REGIÃO C - ENTRADA DA BAÍA DE VITÓRIA:

A ampliação da região C é mostrada na Figura 43. Nessa região pode ser visualizada na escala de cores uma distribuição sensibilidade com valores que variam de 3 até 10. Os valores de 3 e 6 se encontram na entrada do canal de acesso ao porto de vitória onde são encontrados praias de areia fina e grossa. Os maiores valores, de 7 ate 10, estão relacionados a presença dos recursos biológicos.

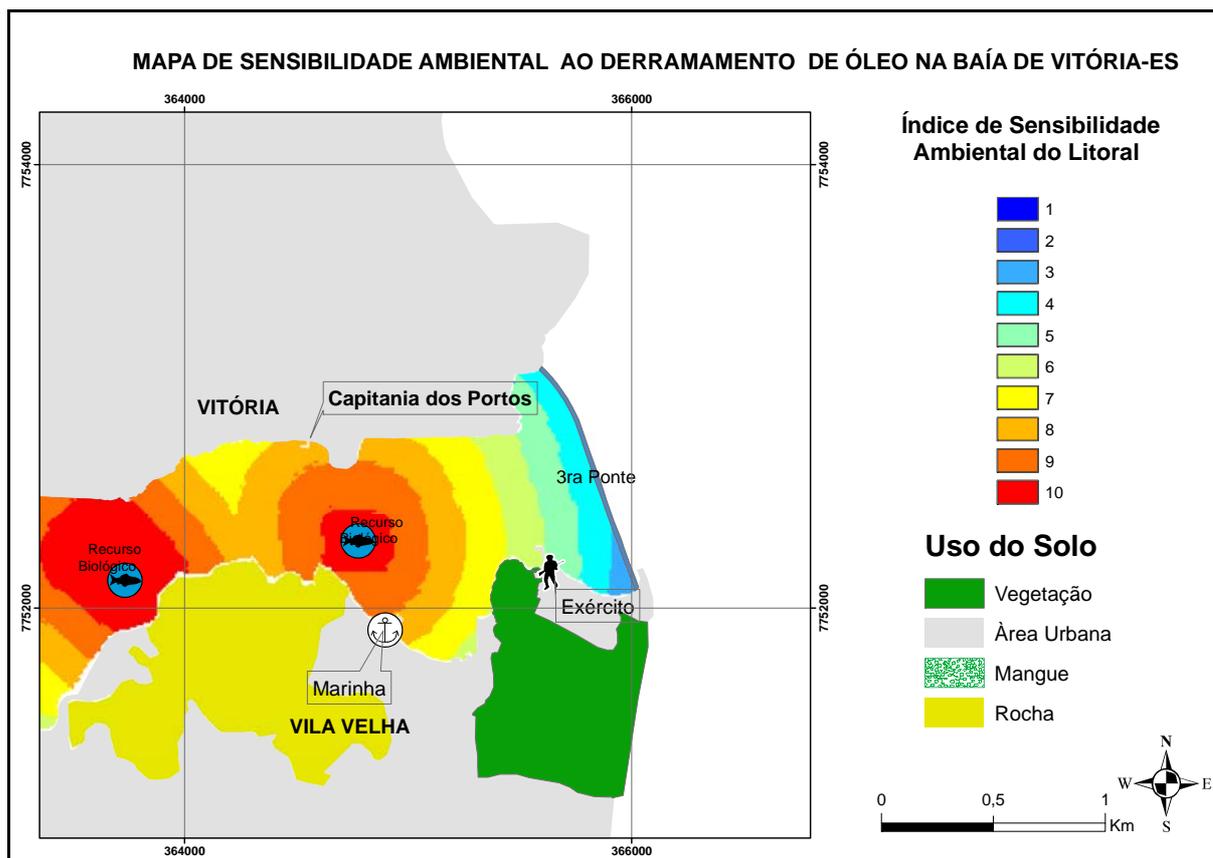


Figura 43. Região C – Entrada da Baía de Vitória.

Uma comparação entre os resultados encontrados pelas duas metodologias é apresentada na Tabela 21.

Tabela 21. Comparação das metodologias.

	METODOLOGIA DO MMA	METODOLOGIA DO AHP
<b>REGIÃO A</b>	Alto índice de sensibilidade do fator da linha de costa (mangue) com um índice de sensibilidade ISL 10. Presença do fator recursos biológicos ocupando a maior parte da região.	Alta sensibilidade na escala de cores, com valores variando de 8 a 10.

Tabela 5. Comparação das metodologias. Continua na página seguinte.

	<b>METODOLOGIA DO MMA</b>	<b>METODOLOGIA DO AHP</b>
<b>REGIÃO B</b>	Índice de sensibilidade da linha de costa caracterizados pela presença de estruturas artificiais lisas, ISL 1, e enrocamentos artificiais, ISL 8. Não se encontra a presença de nenhum tipo de recurso biológico. Presença do recurso socioeconômico Porto e cais.	Sensibilidade na escala de cores variando de 1 até 7. O menor valor (cor azul) é encontrado no centro da região e vai aumentando em direção de ambas as extremidades (cor amarela).
<b>REGIÃO C</b>	Índice de sensibilidade da linha de costa caracterizados pela presença de ISL 3, ISL 4 e ISL5. Presença dos recursos biológicos a partir do centro até a extremidade Oeste. Presença de recursos socioeconômicos como praias recreativas, cais.	Sensibilidade na escala de cores que varia de 3 até 10. Distribuição gradual da sensibilidade que vai aumentando da extremidade Leste para o Oeste.

---

## **Capítulo 8**

# **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

## 8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com relação às metodologias e os resultados são apresentados as seguintes conclusões:

- Os objetivos propostos foram atingidos, e neste processo as campanhas de campo por terra e por mar foram importantes para a verificação dos diferentes tipos de linhas de costa e a localização dos recursos biológicos e socioeconômicos.
- Onde necessário, a coleta de amostras de areia é o único meio para classificar os diferentes tipos de linhas de costa para caracterizar as praias como sendo compostas de areia grossa, areia média, areia fina, de cascalho ou mistas.
- Das duas metodologias utilizadas a que melhor representou a distribuição espacial dos fatores e os subfatores que se encontram na área de estudo é a metodologia do MMA, já que somente cobre a linha de costa.
- A metodologia estabelecida pelo MMA identifica os diversos valores do ISL associados aos segmentos de linha costa, e permite associar ao ISL a informação da localização dos diversos recursos biológicos e socioeconômicos na região de estudo. Esta Informação é requerida para que o decisor defina, caso ocorra um derrame de óleo, quais segmentos de linha de costa ou regiões devem ter prioridade de proteção.
- O método que é fundamentado no modelo aditivo linear. Fuzzy e o método AHP, pode auxiliar a tomada de decisão caso aconteça um derrame de óleo. A resposta do modelo aditivo pode ser considerada de grande valia, visto que, mostra em um único resultado a distribuição espacial do conjunto de fatores na sensibilidade ao derrame de óleo.

- O método AHP mostrou ser uma ferramenta de fácil manipulação para obtenção dos pesos. Porém, outros métodos devem ser investigados.
- Sugere-se a pesquisa de novas formas de distribuição da informação de forma a limitar a influência espacial dos fatores e subfatores. A influência espacial dos fatores e subfatores pelo conceito de distância e fuzzy espalhou-se para toda a região de estudo no formato raster.
- Para apresentar resultados satisfatórios, as duas metodologias precisaram de campanhas de campo para poder obter uma boa classificação dos fatores e subfatores, com relação ao tipo de praias.
- Com relação aos resultados das duas metodologias, o fator de mangue mostrou ter um valor de igual importância. Utilizando a metodologia do MMA obtém-se um índice de sensibilidade ISL 10. A metodologia do AHP mostrou o fator de mangue de alta sensibilidade ante um possível derramamento de óleo.
- Os resultados que são apresentados os índices de sensibilidade da linha de costa na metodologia do AHP foram afetados tanto pelos fatores dos recursos biológicos como os socioeconômicos, elevando assim os resultados da sensibilidade.
- Os resultados da metodologia do MMA mostram a sensibilidade da linha de costa e as áreas onde se encontram os recursos biológicos e socioeconômicos os quais elevam a sensibilidade da linha de costa, mas cabe ao gestor tomar providências de que fatores (linha de costa) terão prioridade de proteção.
- A metodologia do AHP mostrou-se satisfatória na identificação das áreas de maior sensibilidade.

---

## **Capítulo 9**

# **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERÊNCIAS

ABDEL-KADER, A. F.; NASR, S. M.; EL-GAMILY, H. I.; EL-RAEY, M. Environmental sensitivity analysis of potential oil spill for Ras- Mohammed coastal zone, Egypt. **Journal of Coastal Research**, Royal Palm Beach (Florida), 14 (2), 502-510, 1998.

ALCÂNTARA, E. H. FERNANDES, V. S. M. C. **Mapeamento de Áreas de Sensibilidade Ambiental ao Derrame de Óleo na Área Portuária do Itaquí, São Luís**, Luís, MA-Brasil. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia. Anais... Goiânia, 2005. p. 3605-3617.

ALMEIDA, L. G. SILVA, M. F. & VALE, C. C. **Análise multi-temporal da Baía de Vitória (ES) utilizando sensoriamento remoto**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. INPE, p. 4557-4564. 2007.

AL-RABEH, A.; LARDNER, R.; GUNAY, N.; KHAN, R.; HOSSAIN, M.; REYNOLDS, R. M.; LEHR, W. J. On mathematical and empirical models for surface oil spill transport in the Gulf. **Marine Pollution Bulletin**. V. 27, p. 71-77, 1993.

ASPIAZÚ, C.; BRITES, R. S. SIGs. **Sistemas de informações geográficas: conceituação e importância**. Viçosa: UFV/SIF. 29p. 1989. (Boletim técnico, 2).

BARROS FILHO, G. C. **Hydrodynamic modelling of Vitória Bay, Espírito Santo, Brazil. Hydroinformatics: Proceedings of the Fifth International Conference on Hydroinformatics**, Cardiff, UK. 2002.

BARROS FILHO, G. C. **Identificação dos processos físicos na hidrodinâmica das águas do entorno da Ilha de Vitória-ES**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. 2002.

BERRY, B. J. L.; BAKER, A. M. Geographic sampling. In B. J. L. Berry and D. F. Marble, editors, *Spatial Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ,. **A classic paper on sampling geographical distributions**. p. 91-100. 1968.

CARMONA, S. L GHERARDI, D. F. M; TESSLER, M. G. **Dados de sensoriamento remoto e de geoprocessamento para apoio aos planos de contingência durante eventos de derramamentos de óleo em regiões costeiras: o caso do litoral norte do Estado de São Paulo**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 11. Belo Horizonte. Anais... São José dos campos: INPE, 2003. p 431-438. Disponível na biblioteca digital URLib: [http://iris.sid.inpe.br:1908/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.04.28/doc/04\\_369.pdf](http://iris.sid.inpe.br:1908/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.04.28/doc/04_369.pdf).

CARVALHO, M. **Mapeamento as sensibilidade ambiental ao impacto por óleo de um segmento da costa entre os estados do Rio Grande do norte e Ceará utilizando imagens ETM+/LANDSAT 7 e Geoprocessamento**. 2003. 253p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento remoto) -, INPE, São José dos Campos, 2003.

CASTRO, A. F. **Modelagem e desenvolvimento de um banco de dados geográficos: Aplicação à elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo na área costeira entre Galinhos e São Bento do Norte – RN**. 2002. 80p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

CHACALTANA, J. T. A. **Modelagem computacional da Baía de Vitória (ES) considerando a área de manguezal**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville - Santa Catarina. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. p. 1-6. 2003.

CHAGAS, L. P.; JOYEUX, J. –C.; FONSECA, F. R. **Small-scale spatial changes in estuarine fish: subtidal assemblages in tropical Brazil**. *Journal of Marine Biology*, 86, p. 861-875. 2006.

CODESA (2006). **Relatório de Administração, 2006**. Disponível em: < <http://www.portodevitoria.com.br>>. Acesso em: 16 jun. 2007.

CONCEIÇÃO, C. de A. **Estudo do movimento de manchas de óleo a partir de pontos do canal de acesso ao porto de Vitória e estimativa de aporte ao manguezal do Rio Aribiri na Baía de Vitória – ES. 2003.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo.

COUTINHO, P. N. **Sugestões para o gerenciamento de estuários.** Arq. Ciên. Mar, 25: 77 – 86. 1996.

COUTINHO, H. J. **Avaliação da qualidade da carne de sururu de mangue (Mytella Guyanensis) da Baía de Vitória-ES através da análise de metais, colimetria e agrotóxicos. Sugestões para o gerenciamento de estuários.** 2005. 24p. Trabalho acadêmico – Núcleo de informação e geoprocessamento SEMMAM / P. M. V. Vitória, 2005.

D'AGOSTINI, D. P. **Fácies Sedimentares Associadas ao Sistema Estuarino da Baía de Vitória (ES).** Monografia – Graduação em Oceanografia, Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

DOBSON, J. E. Automated geography. Professional Geographer 35: p. 135-143. **Compares the potential of digital and conventional map use. See also set of discussions published in the next issue.** 1983.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows – user's guide**, version 1.0. Worcester, MA: Clark University. 1995.

EL-RAEY, M.; ABDEL-KADER, A. F.; NASR, S.M.; EL-GAMILY, H. I. Remote sensing and GIS for an oil spill contingency plan, Ras-Mohammed, Egypt. **Journal Remote Sensing**, v.17, n.11, p. 20013-2026, 1996.

EMERY, K.O. **A simple method of measuring beach profile.** Limnol. Ocean. 6:90-93. 1961.

FELGUEIRAS, C. A. **Desenvolvimento de um sistema de modelagem digital de terreno para microcomputadores.** São José dos Campos: INPE, 1987. 243P.

Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1987.

FEMAR. **Catálogo de estações maregráficas brasileiras**. Fundação de Estudos do Mar. Rio de Janeiro. 2000.

FERREIRA, C. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais**. Viçosa: UVF. 158p. 1997.

FISHER, P. F.; LINDENBERG, R. **On distinctions among Cartography, Remote Sensing, and Geographic Information Systems**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 55 (10): p. 1431-1434. Reviews definitions of each of the three and shows how the disciplines are interrelated. 1989.

GUNDLACH, E. R.; HAYES, M. O.; GETTER, CH. D. **Sensitivity of coastal environments to oil spills**. In: SEMINÁRIO SOBRE A INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E O AMBIENTE EM NIGERIA, Warri, Nigéria, 1981, 82 – 88.

GOMES, L. F. A. M. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. São Paulo: Pioneira, 2004.

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

GONÇALVES, F.D.; SOUZA FILHO, P.W.M. Integração digital de imagens Radarsat-1 e Landsat-7 para o mapeamento dos índices de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo na Baía de Guajará (Belém-PA). In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, Brasil, abril, 2005.

GOMES, L. F. A. M. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. São Paulo: Pioneira, 2004.

IBGE. **Introdução ao processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro, 2001.

INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION. **Sensitivity mapping for oil spill response**. London, 1994.

JENSEN, R. J.; HALLS, N. J.; MICHEL, J. A System Approach To Environmental Sensitivity Index (ESI) Mapping For Oil Spill Contingency Planning And Response. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, p.1003-1014, Outubro 1998.

JENSEN, E. R. An alternative scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, 28, 317-332, 1984.

JESUS, H. C. **Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES**. Química Nova. v.27, n. 3, 378-386. 2004.

JOYEUX, J. –C.; FILHO, E. A. C; JESUS, H. C. Trace metal contamination in Estuarine Fishes from Vitória Bay, ES. Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n. 5, 765-774. 2004.

MARBLE, D. F.; PEUQUET, D. J. **Geographics information system and remote sensing: manual of remote sensing**. 2.ed. Falls Church: American Society of Photogrametry, p. 923-958. 1983.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. **As flutuações de nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de “deltas brasileiros”**. Boletim IG-USP. Publicação especial 15. São Paulo. USP. 186p. 1993.

MELO, E.; GONZÁLES, J.A. **Proceedings of the 4th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries – COPEDEC IV**, Rio de Janeiro, 1995.

MENDES, C. A. B. **Planejamento nacional de recursos hídricos baseado no uso de técnicas de geoprocessamento**. Porto Alegre: [s.n]. 9p. 1997.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo**. 2002.

MMA. **Macrodiagnóstico da zona costeira do Brasil: escala da união**. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente, 1996.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Ed. UFV. 2ª ed. Viçosa, MG, 2003.

MUEHE, D., Geomorfologia Costeira. In: **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 253-308, 1994.

MUEHE, D. **Geomorfologia Costeira**. In: Cunha, D. S. e Guerra, T. J. A. (Org)

Geomorfologia: Técnicas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, **Guidelines for Developing Digital Environmental Sensitivity Index**. 2002.

NIHOUL, J.C.J., 1993. **Applications of mathematical modelling to the marine environmental**. In: Zanetti P (ed) Environmental modelling, Vol I, Elsevier, pp 75 – 140.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed, Rio de Janeiro, IBGE. 1989.

NEWSCOMEX. **Revista Porto S.A**. Disponível em: < [http://www.newscomex.com.br/br/detalhe\\_porto.php?codigo=335](http://www.newscomex.com.br/br/detalhe_porto.php?codigo=335)>. Acesso em 16 jun. 2007.

NUNES, A. L. **Modelo histórico das alterações fisiográficas recentes da Baía de Vitória (ES) e áreas adjacentes, com o uso de sistema de informações geográficas**. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

PAIVA, D. S. **Mapa faciológico dos sedimentos de fundo do Canal da Passagem e trecho da Baía de Vitória – ES**. Monografia (Especialização em Ecologia e Recursos Naturais) - Curso de especialização “Latu Sensu” em Ecologia e Recursos Naturais do Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 1999.

NOERNBERG, M. A.; LANA, C. P. A Sensibilidade de manguezais e marismas a impactos por óleo? Uma ferramenta para a avaliação da vulnerabilidade de sistemas costeiros a derrames de óleo. **Geografres**, Vitória, n 3, 109-122, 2000.

PARENT, P.; CHURCH, R. **Evolution of geographical information systems as decision making tools**. Proceedings, GIS, 87. p. 63-71, ASPRS/ACSM, Falls. 1987.

POPULUS, J.; MOREAU, F.; COQUELET, D.; XAVIER, J. P. An assessment of environmental sensitivity to marine pollutions: solutions with remote sensing and Geographical Information Systems (GIS). **Journal Remote Sensing**, v.16, n.1, p. 3-15, 1995.

RIGO, D. **Análise do escoamento em regiões estuarinas com manguezais – medições e modelagem na Baía de Vitória, ES**. Tese (Doutorado em Ciências em engenharia oceânica) – Programas de Pós- Graduação de engenharia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

ROCHA, A.B. **Avaliação correlativa entre hidrodinâmica e qualidade de água para Baía do Espírito Santo**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.

ROGÉRIO, A.P.C. **Caracterização geológica e geomorfológica do município de Areia Branca / RN, com vistas à elaboração de mapas de sensibilidade ao derramamento de óleo**. 2004. 117p. Relatório (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Quinta edição. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

ROSOT, A. **Análise da vulnerabilidade do manguezal do Itacobi a ações antrópicas utilizando imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento**. COBRAC 2000, UFSC. Florianópolis. Congresso brasileiro e cadastro técnico multifinalitário. 15 a 19 de outubro de 2000. Disponível em: <<http://geodesia.ufsc.br/geodesia-online/arquivo/cob2000.htm>>

SAATY, T. L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n 3, p. 234-281, 1977.

SALOMONS, W.; TURNER, R.K.; de LACERDA, L.D.; RAMACHANDRAN, S, 1999. **Prespectives on Integrated Coastal Zone Management**. Springer-Verlag.

SANTIAGO, D. I. **Aplicação de um Modelo Lagrangiano de Trajetória de Partículas para Modelagem da Dispersão em Águas Rasas e Simulação da Dispersão no Canal de Acesso ao Porto de Vitória, ES.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

SANTIAGO, D. I. & CHACALTANA, J. T. A. **Simulação numérica do padrão de escoamento no canal de acesso ao Porto de Vitória-ES, Brasil.** XXI Congresso Latino Americano de Hidráulica. São Paulo. 2004

SARMENTO, R. **Determinação do Tombo da Maré no Canal da Passagem.** Relatório Final, Laboratório de Hidráulica. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 1993.

SCHAEFFER-NOVALLI, Y.; CINTRON, G.; SOARES, M. L. G.; ROSA, T. **Brazilian Mangroves.** Aquatic Ecosystem Health and Management Society, v. 3, n. 4, p. 561-570, 200.

SOARES, S. B.; CHACALTANA, J. T. A. **Refração e difração de ondas na Baía do Espírito Santo.** In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Curitiba. 2003. p. 1-11.

STAR, J. L.; ESTES, J. E. **Geographic information systems: An introduction, Prentice Hall. A comprehensive text on GIS, with excellent treatment of raster systems.** 1990.

TAGLIANI, C. R.A. **Técnica Para Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de Ambientes Costeiros Utilizando um Sistema Geográfico de Informações.** In: XI SRSR. 2003, Belo Horizonte. Anais do XI SRSR,2001: Belo Horizonte, 2003.p 1657-1664.