

Universidade Federal do Rio Grande  
Instituto de Oceanologia - IO  
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica  
Laboratório de Oceanografia Geológica - LOG

**Integração de parâmetros geomorfológicos e biológicos no  
desenvolvimento de uma proposta de Índice de Sensibilidade do  
Litoral (ISL).**

Chayonn Marinho  
Rio Grande, 2015.



Universidade Federal do Rio Grande

Instituto de Oceanologia - IO

Programa de Pós-graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica

Laboratório de Oceanografia Geológica - LOG

**Integração de parâmetros geomorfológicos e biológicos no desenvolvimento de uma proposta de Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Nicolodi

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente ao meu orientador Prof. Dr. João Luiz Nicolodi, pela oportunidade e grande acompanhamento durante todo o trabalho, com bastante tempo dedicado durante todos os passos até a conclusão dessa dissertação. Também, gostaria de agradecer a Dra. Maria Isabel Machado e ao prof. Griep, a Petrobrás e ao Programa de Recursos Humanos da Petrobrás – PRH-27 pela disponibilidade da bolsa de mestrado, cursos oferecidos pelo programa, ajuda financeira e incentivo na participação de congressos relacionados ao tema de estudo.

Não teria como deixar de agradecer meu grande amigo Lelo, por todo tempo disponibilizado na confecção dos mapas e grandes momentos de trabalho, saídas de campo e, principalmente, muitas risadas. Também, agradeço a Vanessa pela disponibilização dos dados sedimentológicos, de fundamental importância e contribuição para o presente trabalho.

Por fim, a todos meus amigos por esses 7 anos de cassino.



## Sumário

<b>Resumo.....</b>	<b>i</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>ii</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>iii</b>
<b>Lista de tabelas.....</b>	<b>vi</b>
<b>Capítulo 1. Revisão bibliográfica, objetivos e motivação.....</b>	<b>1</b>
1.1 Introdução.....	1
1.1.1 Políticas públicas no Brasil e Cartas SAO.....	2
1.1.2 Índice de Sensibilidade do Litoral.....	5
1.1.3 Críticas e problemáticas da metodologia oficial.....	7
1.1.4 Proposições de novas metodologias.....	8
1.2 Objetivos.....	11
1.3 Motivação.....	12
<b>Capítulo 2. Desenvolvimento da metodologia.....</b>	<b>13</b>
2.1 Metodologia.....	13
2.1.1 Definição das variáveis geomorfológicas.....	13
2.1.2 Definição das variáveis biológicas.....	14
2.1.3 Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG).....	15
2.1.3.1 Definição quanto à exposição dos ambientes.....	17
2.1.4 Índice Biológico de Sensibilidade (IB).....	18
2.1.5 Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) proposto.....	19
2.1.6 Mapeamento das regiões da Bacia de Pelotas.....	20
<b>Capítulo 3. Área de Estudo.....</b>	<b>22</b>
3.1 Lagoa dos Patos.....	24
3.2 Estuário da Lagoa dos Patos.....	25
3.3 Parque Estadual de Itapuã.....	26
3.4 Parque Nacional da Lagoa do Peixe.....	28
3.5 Parque Estadual do Camaquã.....	29
3.6 Sistema Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias.....	30
<b>Capítulo 4. Resultados e discussões.....</b>	<b>32</b>

4.1	Areias Gordas .....	32
4.2	Parque Estadual de Itapuã.....	37
4.3	Parque Nacional da Lagoa do Peixe.....	53
4.4	Parque Estadual do Camaquã.....	63
4.5	Sistema Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias.....	71
4.6	Condensação dos índices propostos.....	88
<b>Capítulo 5.</b>	<b>Conclusão e considerações finais.....</b>	<b>92</b>
5.1	Conclusão.....	92
5.2	Considerações finais.....	94
	<b>Referências.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO I</b>	Tabela RGB de cores e tons de cinza.....	102
<b>ANEXO II</b>	Amostras sedimentares processadas.....	103

## Resumo

O aumento mundial do consumo de petróleo e seus derivados incentivaram a descoberta e exploração de novos campos petrolíferos, sendo os mesmos responsáveis pelo aumento da produção e transporte marítimo dos produtos, elevando também o risco de acidentes com óleo. Neste contexto enquadram-se os instrumentos de políticas públicas, desenvolvidos a fim de prevenir e minimizar os efeitos destes acidentes, como as Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Cartas SAO). Estas fornecem informações biológicas, socioeconômicas e geomorfológicas sobre os ecossistemas costeiros. A informação mais relevante deste instrumento é o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), definido a partir da declividade do litoral, tipo de substrato e ação hidrodinâmica de ondas e marés, segundo a metodologia oficial do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007). Esse índice varia de 1 a 10 em uma escala crescente de sensibilidade, sendo 1 os ambientes menos sensíveis ao contato com o óleo, por exemplo, costões rochosos expostos, e 10 os ambientes mais sensíveis, como os manguezais e marismas. O conceito de sensibilidade utilizado para a caracterização da linha de costa não agrega informações biológicas, dessa maneira, foi desenvolvida uma metodologia específica a qual integrou os dados geomorfológicos e biológicos, a fim do desenvolvimento de um Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) integrado. Tal metodologia gerou um Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) e um Índice Biológico de Sensibilidade (IB), os quais determinam a sensibilidade costeira. Cinco regiões da Bacia de Pelotas foram escolhidas para a aplicação dessa metodologia: região estuarina das Areias Gordas, Parque Estadual de Itapuã, Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Parque Estadual do Camaquã e sistema Laguna de Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias. Dezenove trechos foram classificados segundo suas sensibilidades ao derramamento de óleo, dentre eles, os segmentos que obtiveram maior sensibilidade foram o Delta do rio Camaquã e Lagoa do Peixe, devido às características de margens vegetadas e ambientes abrigados que acomodam espécies em extinção. Já o trecho de menor sensibilidade foi a região da desembocadura leste da Laguna de Tramandaí, especificamente nos muros de contenção do terminal da Transpetro, em função das características de substrato inconsolidado, exposto à energia de ondas e marés e ausência de espécies de importância biológica que sejam endêmicas ou que estejam em extinção/ameaçadas de extinção. Como a metodologia do MMA é composta por 10 níveis de sensibilidade e o presente estudo alcançou um intervalo de 21 níveis de sensibilidade, foi realizada a condensação dos 21 valores possíveis para o intervalo de apenas 10 índices. Assim, quando comparados os índices propostos pelo MMA com os índices condensados, 11 trechos tiveram seus valores de sensibilidade aumentados em função da presença de variáveis de importância biológica no ISL, 6 tiveram seus índices diminuídos e 2 trechos mantiveram o mesmo valor de sensibilidade. Dessa maneira, o presente estudo contribuiu de forma eficaz no aprimoramento metodológico de mapeamento de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo, contribuindo na gestão de incidentes envolvendo óleo e no gerenciamento costeiro.

## Abstract

The global rise on the petroleum and its derivatives consumption have encouraged the discovery and exploration of new petroleum fields, which by the way are responsible for the rise of the production and marine transportation of its products, therefore contributing to rise the risk of oil spills and disasters. On this context, the instruments of public policy are framed, which are developed in order to prevent and minimize the effects of these accidents, such as the Environmental Sensibility to Oil (ESO charts). These charts provide biological, socioeconomical and geomorphological information about the coastal ecosystems. The most relevant information of this instrument is the Environmental Sensitivity Index (ESI), defined from the shore slope, type of substrate and hydrodynamic action of waves and tides, according to the official methodology by the Ministry of the Environment (MMA). This index varies from 1 to 10 on an increasing scale of sensibility, being 1 correspondent to the less sensible environments to oil spills, such as exposed rocky shores, and 10 to the more sensible, such as salt marshes and mangroves. The concept of sensibility used for the characterization of the coastline does not include biological information, therefore, a new specific methodology was developed, which integrated the geomorphological and biological data, in order to develop a new integrated ESI. Such methodology generated a geomorphological index (IG) and a biological index (IB), both of which determine the coastal sensibility. Five regions of the Pelotas Basin were chosen to test this methodology: the estuarine region of Areias Gordas, the Itapuã State Park, the National Park of the Fish Lagoon, the State Park of Camaquã and the lagoon system of Tramandaí-Armazém and the Custódias Lagoon. Nineteen of the sections were classified according to its sensibility to oil spill, among them, the sections with greater sensibility were the Camaquã river delta and the Fish Lagoon, due to the shore characteristics and sheltered environments, which are home to species in extinction. On the other hand, the less sensible section was the region of the east mouth of the Tramandaí Lagoon, specifically on the walls of contention from the Transpetro terminal, due to the characteristics of in consolidated substrate, exposed to the energy of waves and tides, and the absence of species with biological relevance that are endemical, or in, risk of extinction. Because the MMA methodology is composed of 10 sensibility levels and the present study reached a 21 levels interval, the condensation to the 21 levels was done in order to reduce it to only 10 levels. Therefore, when the condensed index are compared to the index proposed by the MMA, 11 sections had their sensibility values risen because of the presence of variables of biological relevance on the ESI, 6 had their index diminished and 2 kept the same sensibility value. This way, the present study effectively contributed to upgrade the methodology for mapping the sensibility to oil spills, also contributing on the management of accidents involving oil and on coastal management.

## Lista de figuras

Figura 1.	Instrumentos Estratégicos, Práticos e Operacionais para Prevenção, Preparo e Resposta aos Incidentes com Óleo. Fonte: Seifert Jr, 2013.....	3
Figura 2.	Classificação quanto à sensibilidade a partir do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para ambientes costeiros e estuarinos. Fonte: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2007.....	6
Figura 3.	Índice de Sensibilidade desenvolvido para a costa do Quênia. Sub-linha 1= tipo de costa, sub-linha 2= recursos biológicos, sub-linha 3= recursos socioeconômicos. Fonte: Tychsen, 2006.....	8
Figura 4.	Método utilizado para a seleção das espécies segundo Ihaksi <i>et al.</i> , 2011. Fonte: Adaptado de Ihaksi <i>et al.</i> , 2011.....	15
Figura 5.	Relação do tipo de substrato e exposição hidrodinâmica. Fonte: Adaptado de Stjernholm et al., 2011.....	16
Figura 6.	Quadro da sensibilidade de cada fator que compõe o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL).....	21
Figura 7.	Tons de cinza para a classificação dos pesos das variáveis e paleta cores para os índices de sensibilidade.....	21
Figura 8.	Em vermelho as áreas de estudo do presente trabalho.....	23
Figura 9.	Fisiografia e principais estruturas da Bacia de Pelotas e área continental adjacente. Fonte: Urien & Martins, 1978.....	24
Figura 10.	A Lagoa dos Patos com suas principais unidades fisiográficas. Fonte: Asmus, 1998.....	25
Figura 11.	Em vermelho as delimitações do estuário da Lagoa dos Patos e em roxo a região das Areias Gordas. Fonte: Griep, 2001.....	26
Figura 12.	Vista da Pedra da Visão no Parque Estadual de Itapuã, município de Viamão - RS. Fonte: SEMA-RS.....	27
Figura 13.	Imagem aérea mostrando parte da Lagoa do Peixe e região costeira do Parque Nacional da Lagoa do Peixe. Fonte: EIA_Bacia de Pelotas.....	28
Figura 14.	Desembocadura do Delta do rio Camaquã - Parque Estadual do Delta do Camaquã. Fonte: SEMA-RS.....	29
Figura 15.	Imagem aérea mostrando a desembocadura da Laguna de Tramandaí, Lagoa do Armazém e das Custódias ao fundo. Fonte: Prefeitura de Tramandaí-RS.....	31
Figura 16.	Praia estuarina das Areias Gordas.....	33
Figura 17.	Duas espécies ameaçadas de extinção encontradas no estuário da Lagoa dos Patos. Gaivota-de-rabo-preto, <i>Larus atlanticus</i> e Sanã-cinza, <i>Porzana spiloptera</i> .....	33
Figura 18.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a praia estuarina das Areias Gordas.....	34
Figura 19.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a região das Areias Gordas....	36
Figura 20.	Praia das Pombas – Parque Estadual de Itapuã, Viamão – RS.....	36
Figura 21.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia das Pombas.....	38
Figura 22.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia das Pombas.....	39
Figura 23.	Praia da Pedreira – Parque Estadual de Itapuã, Viamão – RS.....	40

Figura 24.	Tartaruga tigre d'água, <i>Trachemys dorbigni</i> , espécie cuja postura de ovos ocorre na Praia da Pedreira.....	41
Figura 25.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia da Pedreira.....	41
Figura 26.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia da Pedreira.....	42
Figura 27.	Praia do Tigre – Parque Estadual de Itapuã, Viamão – RS.....	44
Figura 28.	Efedra, <i>Ephedra tweediana</i> , espécie vegetal de endemismo regional, ocorre nas dunas da Praia do Tigre.....	44
Figura 29.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia do Tigre.....	45
Figura 30.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia do Tigre.....	46
Figura 31.	Praia de Fora – Parque Estadual de Itapuã, Viamão – RS.....	47
Figura 32.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia de Fora.....	48
Figura 33.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia de Fora.....	49
Figura 34.	Desembocadura da Lagoa do Peixe – Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS.....	54
Figura 35.	Capororocas, <i>Coscoroba coscoroba</i> , espécie ameaçada de extinção encontrada no Parque Nacional da Lagoa do Peixe.....	54
Figura 36.	Jacaré-do-papo-amarelo, <i>Caiman latirostris</i> , espécie ameaçada de extinção encontrada no Parque Nacional da Lagoa do Peixe.....	54
Figura 37.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a região costeira do Parque Nacional da Lagoa do Peixe.....	55
Figura 38.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a região costeira do Parque Nacional da Lagoa do Peixe.....	56
Figura 39.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a desembocadura da Lagoa do Peixe.....	57
Figura 40.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a desembocadura da Lagoa do Peixe.....	58
Figura 41.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Lagoa do Peixe.....	60
Figura 42.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) da Lagoa do Peixe.....	61
Figura 43.	Dois braços principais do Delta do Camaquã – Parque Estadual do Camaquã.....	65
Figura 44.	Boininha, <i>Spartonoica maluroides</i> e Galito, <i>Alectrurus tricolor</i> , respectivamente, ambas espécies ameaçadas de extinção encontradas no Parque Estadual do Camaquã, RS.....	65
Figura 45.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para o Pontal do Delta do rio Camaquã.....	66
Figura 46.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a região ao sul do Delta do rio Camaquã.....	66

Figura 47.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a região do pontal e ao sul do delta do Camaquã.....	67
Figura 48.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para o Delta do rio Camaquã.....	68
Figura 49.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para o Delta do rio Camaquã.....	69
Figura 50.	Desembocadura da Laguna de Tramandaí. Margem oeste de característica arenosa e margem leste representada pelo muro da Transpetro.....	74
Figura 51.	Golfinho nariz-de-garrafa, <i>Tursiops truncatus</i> . Espécie classificada como de Baixo Risco pela IUCN, 2010.....	74
Figura 52.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a desembocadura da Laguna de Tramandaí (praia) - margem oeste.	75
Figura 53.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a desembocadura da Laguna de Tramandaí (Transpetro) - margem leste.....	75
Figura 54.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a margem oeste da desembocadura da Laguna de Tramandaí.....	76
Figura 55.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a margem leste da Laguna de Tramandaí.....	77
Figura 56.	Praia arenosa da Lenha Seca – Laguna de Tramandaí, RS.....	78
Figura 57.	Praia arenosa do Pontal dos Freitas – Laguna de Tramandaí, RS.....	78
Figura 58.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Lenha Seca – Laguna de Tramandaí.....	79
Figura 59.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para o Pontal dos Freitas – Laguna de Tramandaí.....	79
Figura 60.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para as praias da Lenha Seca e Pontal dos Freitas – Laguna de Tramandaí.....	80
Figura 61.	Praia arenosa na Lagoa das Custódias, RS.....	81
Figura 62.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a praia na Lagoa da Custódias.....	82
Figura 63.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a praia na Lagoa das Custódias.....	82
Figura 64.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Laguna de Tramandaí.....	83
Figura 65.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Lagoa do Armazém.....	84
Figura 66.	Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Lagoa das Custódias.....	84
Figura 67.	Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para o sistema Tramandaí-Armazém e Custódias.....	85
Figura 68.	Compactação dos índices propostos no presente estudo.....	88

## Lista de Tabelas

Tabela 1.	Índice básico de residência do óleo baseado na combinação do tipo de substrato da linha de costa e da classe de exposição.....	9
Tabela 2.	Classificação dos ambientes quanto à exposição a ondas e ventos.....	17
Tabela 3.	Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas da praia estuarina das Areias Gordas.....	35
Tabela 4.	Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas das quatro praias do Parque Estadual de Itapuã.....	50
Tabela 5.	Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas para as regiões do Parque Nacional da Lagoa do Peixe.....	62
Tabela 6.	Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas para as regiões do Parque Estadual do Camaquã.....	70
Tabela 7.	Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas para as regiões do Sistema Tramandaí-Armazém.....	86
Tabela 8.	Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas para as regiões do sistema Tramandaí-Armazém e Custódias.....	87
Tabela 9.	Síntese da classificação proposta pelo MMA, de todos os Índices de Sensibilidade do Litoral (ISL) definidos nas áreas de estudo e dos índices compactados.....	89 e 90

## 1.1 Introdução

A grande dependência energética do petróleo acompanhada do crescimento de seu consumo, tem como suporte o aumento da produção marinha, do transporte marítimo e da transferência e estocagem em zonas costeiras (BROEDEL, 2004). Esse aumento acarreta o desenvolvimento de novas tecnologias e descobertas de novos campos petrolíferos (CETESB, 2007). Visto que a localização dos campos petrolíferos não é, necessariamente, próximas das áreas de maior consumo, torna-se necessário seu transporte através de embarcações, caminhões ou tubulações (oleodutos) e pelos modais rodoviários (MARTINS et al., 2014) Tais operações são responsáveis pelo aumento dos riscos de acidentes tanto com navios petroleiros quanto decorrentes de falhas operacionais durante as atividades rotineiras de transferência de óleo nos portos e terminais, além de acidentes envolvendo diretamente as plataformas marítimas na Exploração e Produção\_E&P de Petróleo (LIMA et al., 2008).

O incidente com óleo é definido como qualquer forma de liberação de óleo para o ambiente, decorrente de fato ou ação intencional ou acidental que ocasione risco potencial, dano ao meio ambiente e à saúde humana (Lei nº 9966/00). Dentre os piores vazamentos ocorridos nas últimas décadas podemos citar o encalhe do navio Torrey Canyon em 1968, derramando 120.000 toneladas de óleo na zona costeira da Inglaterra e França, o acidente do navio petroleiro Exxon Valdez em 1989, afetando praticamente toda fauna da região do Alaska, o acidente na Baía de Guanabara em 2000 e uma explosão na plataforma da *British Petroleum Deepwater Horizon* no Golfo do México em 2010.

Derramamentos de óleo ocorrem ao redor do mundo e geram grande comoção e repercussão social, especialmente pelos prejuízos ambientais e socioeconômicos (Lopes et al., 2006). Destaca-se o derramamento do petroleiro Exxon Valdez, que foi o mais intenso estudo de caso de uma grande entrada de óleo cru, em um só momento, em um ecossistema relativamente intocado, auxiliando no incremento do aprendizado acerca dos efeitos e da recuperação ambiental (INCARDONA et al., 2010).

Apesar dos inúmeros prejuízos, foram através desses eventos que se tornou possível a elaboração de uma série de estudos e conceitos na área da identificação e avaliação dos riscos (AWAZU et al., 2007). Ainda, de acordo com Calixto (2004) foram precisos grandes desastres para que se firmassem importantes convenções nacionais.

Após o acidente com o navio Torrey Canyon, foi realizada, em Bruxelas, a Civil Liability Convention - CLC-69 – Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo, tendo por objetivo estabelecer os limites da responsabilidade civil por danos causados a terceiros, aplicada aos casos de poluição por óleo causada por navio petroleiros dos países signatários dessa convenção (MARINHO, 2012). A aplicação dessa

convenção no Brasil foi regulamentada apenas 10 anos depois, tornando-se signatário a partir do Decreto 83.540/79. A Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios – MARPOL, também impulsionada pelo Torrey Canyon, foi estabelecida em 1973 como um marco legal a ser usado por décadas pela comunidade internacional e indústria naval quando se trata da fonte de poluição por navios (CALIXTO, 2004). No entanto o Brasil tornou-se signatário da MARPOL apenas em 1998 no Decreto 2.508/98.

Com semelhante relevância, o incidente com o Exxon Valdez teve papel importante na instituição do Oil Pollution Act de 1990 – OPA 90, o qual firmou os aspectos de limpeza, resposta, compensação, responsabilidade e prevenção da poluição por óleo nos EUA (KIM, 2002). Apesar de ter sido estabelecida apenas nos EUA, tornou-se providencial para a elaboração de outras normas em todo o mundo no que se refere a este tema como, por exemplo, a consagração do princípio do poluidor- pagador<sup>1</sup> no Brasil (CALIXTO, 2004).

Apesar de tudo, destaca-se que o número de grandes derramamentos, de fato, vem diminuindo ao longo do tempo. Tal queda está associada ao maior desenvolvimento da prevenção de acidentes nos diversos segmentos da indústria petrolífera, sendo, E&P, transporte, transferência, armazenamento e processo (LOPES *et al.*, 2006).

### 1.1.1 Políticas Públicas no Brasil e Cartas SAO

No Brasil o grande evento responsável por firmar as normativas no espaço da legislação brasileira foi o vazamento de 1,3 milhões de litros de óleo na Baía de Guanabara em 2000. Dentre essas normativas podemos citar a Resolução CONAMA Nº 265/00 (DOU, 2000b) que, logo após o acidente, considerou a necessidade de colher lições a respeito do grave derramamento de óleo, determinando em seu Art. 1º a avaliação das ações de controle e prevenção e do processo de licenciamento ambiental, desencadeando uma ampla sequência normativa (SEIFERT Jr, 2013).

Apesar desse incidente não ter sido o maior registrado no Brasil, foi um marco para a o estabelecimento da Lei 9966/00, Lei do Óleo, a qual estruturou a política pública ambiental sobre a prevenção e controle de incidentes com óleo. Para cumprimento de seus objetivos, a Lei do Óleo estabelece quais são os órgãos, suas competências na execução das ações e os instrumentos correlatos necessários (fig. 1). Assim sendo, determina que, o Órgão Ambiental

---

<sup>1</sup> Princípio do poluidor-pagador: Inserido no artigo 225, parágrafo 3º, da Constituição Federal de 1988, que recepcionou o artigo 14, parágrafo 1º da Lei 6.938/81, o qual determina: “Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal por danos causados ao meio ambiente”.

Federal ‘‘Ministério do Meio Ambiente’’, ouvida a Autoridade Marítima ‘‘Marinha do Brasil’’ deve definir Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo – Cartas SAO.

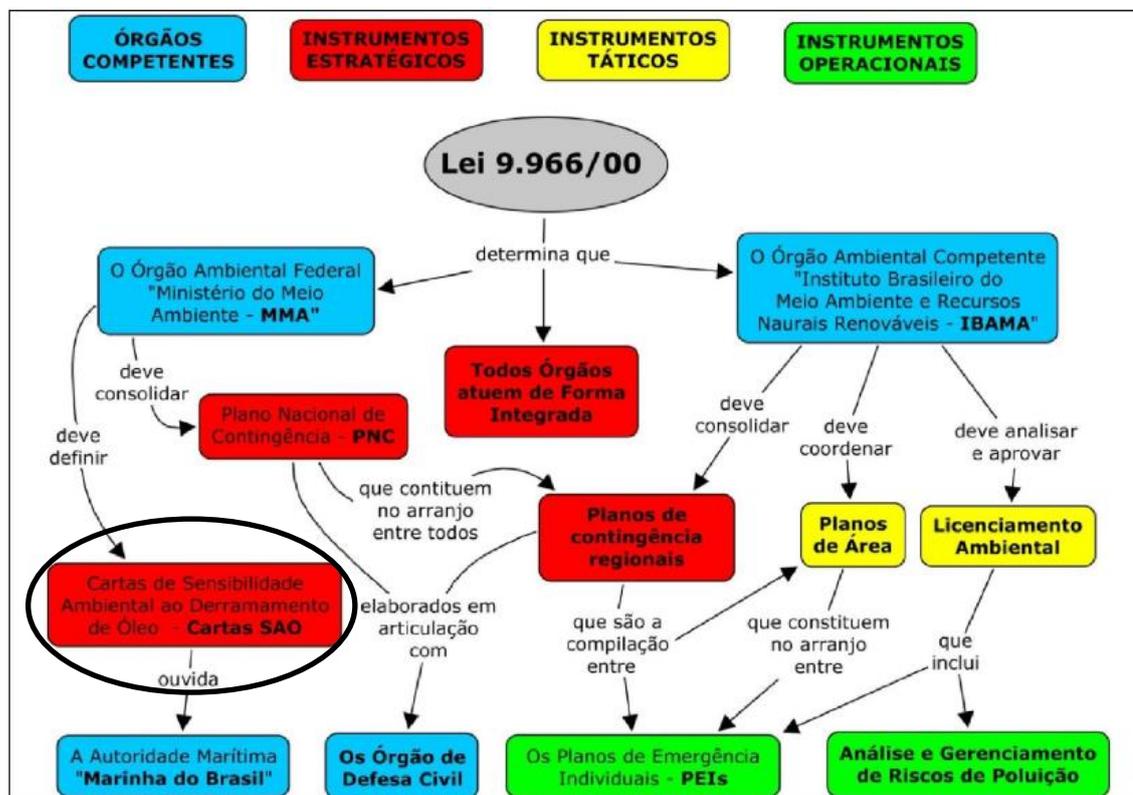


Figura 1: Instrumentos Estratégicos, Práticos e Operacionais para Prevenção, Preparo e Resposta aos Incidentes com Óleo.

Fonte: Seifert Jr, 2013.

As Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo – Cartas SAO – começaram a ser elaboradas na década de 70 no Golfo do México e desde então são elaboradas em diversos países, obedecendo a diferentes metodologias. Especificamente no Brasil a confecção dessas Cartas começou somente a partir da década de 90, que, apesar de não possuírem regulamentação jurídica específica, são reguladas pelas ‘‘Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo’’, documento elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente, que teve sua confecção adotada a partir da NOAA, ‘‘National Oceanic and Atmospheric Administration’’, e em conjunto com IBAMA, ANP e Petrobrás (SEIFERT Jr, 2013).

No Brasil, as Cartas SAO são elaboradas por Bacias Sedimentares Marítimas, sendo o conjunto das Cartas elaborados na forma de um Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo. Tal requerimento está totalmente inserido nos instrumentos que o Brasil dispõe para gestão da sua zona costeira e marinha. Dentre todas as Bacias Sedimentares Marítimas Brasileiras (9 unidades) quatro estão em processo de elaboração, são elas: Bacia de Pelotas, Campos, Pará-

Barreirinhas e Foz do Amazonas. As cinco bacias sedimentares restantes já foram mapeadas e possuem seus respectivos Atlas de Sensibilidade Ambiental. Assim, como forma de mapear essas quatro bacias, o CNPq em parceria com o Ministério do Meio Ambiente publicou o edital 22/2011, no qual a Universidade Federal do Rio Grande (FURG), por meio do Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG/IO/FURG) ficou responsável pelo projeto de Mapeamento da Bacia de Pelotas<sup>2</sup>, tendo como parceiros o Laboratório de Gerenciamento Costeiro da FURG e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Esse instrumento deve atender a todos os níveis de derramamento de óleo, que consolidados de acordo com um plano cartográfico, definem as prioridades de mapeamento (MMA, 2007). Desse modo, abrange as escalas estratégicas, táticas e operacionais, mostrando-se como um componente importante na tomada de decisão de procedimentos de emergência, nos aspectos de subsídio ao planejamento e licenciamento ambiental (SEIFERT Jr, 2013).

O mapeamento das Cartas SAO define as áreas ecologicamente sensíveis<sup>3</sup> ao óleo e áreas vistas como zonas de deflexão em caso de contaminação inevitável. Assim, os impactos de um derramamento de óleo podem ser minimizados se os locais mais sensíveis puderem ser protegidos. As principais informações fornecidas pelas Cartas SAO são as características biológicas, socioeconômicas e geomorfológicas dos ecossistemas costeiros. De maneira específica os recursos biológicos e socioeconômicos são expressos na forma de ícones, indicando a existência de espécies e atividades que possam ser impactadas em caso de incidente com óleo. Já, as características geomorfológicas estão incorporadas em um Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), sendo este a principal informação contida na Carta (MARINHO, 2012).

Apesar de suas limitações, esse instrumento tem sido intensamente utilizado como ferramenta de gestão. Diversas são as discussões, em meio acadêmico e na gestão pública, acerca da definição dos critérios adotados para a definição da sensibilidade costeira. Em uma entrevista dada no trabalho de Seifert Jr (2013) o entrevistado deixa claro que:

---

<sup>2</sup> [www.saopelotas.furg.br](http://www.saopelotas.furg.br)

<sup>3</sup> Áreas ecologicamente sensíveis: “regiões de águas marítimas ou interiores, definidas por ato do Poder Público, onde a prevenção, o controle da poluição e a manutenção do equilíbrio ecológico exigem medidas especiais para proteção e preservação do meio ambiente”.

**ENTREVISTADO:** *A Carta de Sensibilidade, (...) é um instrumento também, sem dúvida ele é, mas não está completamente integrado, ou não teve sua serventia ainda completamente estabelecida na prática. Ele tem uma metodologia que é interessante, mas que também recebe crítica por ser basicamente fundamentada na sua própria metodologia. O fato de ser um **Índice de base geomorfológica, que avalia basicamente a capacidade de limpeza** de um ecossistema é questionado várias vezes quando a gestão pública vai às ruas (...).*

Tendo em vista essa afirmação, as problemáticas citadas nos itens anteriores e conhecimentos adquiridos nos trabalhos de campo e workshops do projeto de Mapeamento da Sensibilidade Ambiental a Óleo da Bacia Marítima de Pelotas, desenvolvimento de um trabalho de conclusão de curso de mesma abordagem, o presente trabalho visa contribuir da melhor forma para que esse Índice de base geomorfológica, o qual avalia basicamente a capacidade de limpeza, torne-se mais abrangente ao inserir variáveis de caráter biológico em sua constituição.

### 1.1.2 Índice de Sensibilidade do Litoral

Assim como dito anteriormente, o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) é a informação mais relevante dentre os conteúdos das Cartas SAO, caracterizando e classificando os contornos costeiros de acordo com suas sensibilidades ao óleo. Para sua definição adota-se a metodologia proposta pela NOAA, a qual foi adaptada ao Brasil por Araújo *et al* (2004), que segue no documento *“Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo”*.

A classificação da sensibilidade costeira ao derramamento de óleo é determinada apenas pelas características geomorfológicas da região, considerando o grau de exposição às fortes ondas e marés (hidrodinâmica), declividade do litoral e tipo de substrato. Dessa maneira, o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) classifica-se em uma escala crescente de sensibilidade que varia de 1 a 10, sendo 1 os ambientes menos sensíveis e 10 os ambientes mais sensíveis, cada qual representado por uma cor (fig. 2).

O primeiro critério, grau de exposição à energia de ondas e marés, é responsável por determinar o tempo de permanência do óleo na costa, que tende a ser menor em regiões de maior hidrodinâmica (maior energia) quando comparados às regiões abrigadas, de baixa energia. Níveis mais elevados de incidência de ondas, juntamente com as correntes próximas a costa, podem limpar naturalmente o ambiente e afastar o óleo, minimizando seus efeitos. Já, as marés tornam-se importantes na determinação do potencial de impacto sobre os habitats costeiros, influenciando na largura da zona entre marés, que é a superfície mais sujeita ao contato com o óleo em caso de derrame (MARINHO, 2012).

A declividade do litoral pode ser classificada em alta (>30°), moderada (entre 30° e 5°) e baixa (<5°) e tem relação parecida com a descrita acima para marés, pois, ambientes com maiores declividades terão menores áreas de contato com o óleo quando comparados a ambientes de baixa declividade, os quais apresentam maior superfície de contato.

Por fim, o tipo de substrato estabelece uma correlação direta com a infiltração do óleo no sedimento e, portanto, com a permanência e dificuldade de limpeza. Em substratos inconsolidados, como praias arenosas, quanto maior o diâmetro do grão maior será o espaço intersticial entre os grãos e, por conseguinte, maior a penetração. Em praias de cascalho a penetração de óleo pesado pode chegar até 1 metro (MMA, 2007). Para os substratos consolidados, como os costões rochosos, não ocorre penetração e, portanto, o óleo pode ser retirado mais facilmente, com as devidas técnicas de limpeza.

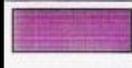
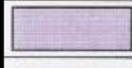
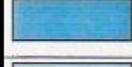
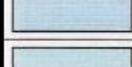
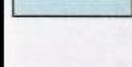
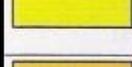
COR	ÍNDICE	CÓDIGO			TIPOS DE COSTA
		R	G	B	
	ISL 1	119	38	105	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costões rochosos lisos.</li> <li>• Falésias em rochas sedimentares.</li> <li>• Estruturas artificiais lisas.</li> </ul>
	ISL 2	174	153	191	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terraço, plataforma de abrasão ou terraço arenítico exumado, de declividade média, exposto.</li> </ul>
	ISL 3	0	151	212	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praias dissipativas, de areia fina a média, expostas.</li> <li>• Praias de areia fina a média, abrigadas.</li> <li>• Restingas – faixa contígua à praia, ainda sujeita à ação de ressacas.</li> </ul>
	ISL 4	146	209	241	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praias de areia grossa.</li> <li>• Praias intermediárias, de areia média a fina, expostas.</li> </ul>
	ISL 5	152	206	201	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praias mistas de cascalho e areia, areia e conchas, ou areia e corais.</li> <li>• Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou coberto de vegetação.</li> </ul>
	ISL 6	0	149	32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praias de cascalho (seixos e calhaus).</li> <li>• Depósito de tálus.</li> <li>• Enrocamentos ("rip-rap", quebra-mar) expostos.</li> <li>• Plataforma ou terraço recoberto por concreções lateríticas ou bioconstrucionais.</li> </ul>
	ISL 7	214	186	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planície de maré arenosa exposta.</li> <li>• Terraço de baixa-mar.</li> </ul>
	ISL 8	225	232	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escarpa / encosta de rocha lisa abrigada.</li> <li>• Escarpa / encosta de rocha não-lisa abrigada.</li> <li>• Enrocamentos abrigados.</li> </ul>
	ISL 9	248	163	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planícies de maré arenosa / lamosa abrigada.</li> <li>• Terraço de baixa-mar lamoso abrigado.</li> </ul>
	ISL 10	214	0	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terrenos alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas.</li> <li>• Marismas.</li> <li>• Mangues e pântanos costeiros.</li> </ul>

Figura 2: Classificação quanto à sensibilidade a partir do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para ambientes costeiros e estuarinos.

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

Como evidenciado acima, o ISL é um índice de base geomorfológica que mede, basicamente, a capacidade de limpeza do ambiente, em função das variáveis que o classifica.

Entretanto, observa-se a necessidade do desenvolvimento de um índice que integre fatores geomorfológicos e biológicos em sua composição, que expresse de maneira integrada a sensibilidade de determinada região, levando em conta suas características abióticas e bióticas.

### 1.1.3 Críticas e problemáticas da metodologia oficial

Diversos são os trabalhos que questionam sobre o caráter apenas geomorfológico do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), sustentando-se com aplicações em regiões de grande importância biológica. Porém, no Brasil, em nenhum trabalho foram apresentadas maneiras de solucionar ou até de desenvolvimento de metodologias que possam suprir essa necessidade.

Milanelli (2012) define sensibilidade como o indicador do nível de resposta (estresse) gerado por um determinado tensor antrópico, no caso a poluição por óleo, podendo estar associada às características da comunidade como diversidade e composição de espécies, complexidade trófica, ciclos reprodutivos, migração, ciclo de vida e alimentação. Através dessa definição, entende-se que o ISL pode resumir e sinalizar apenas parte do quadro, necessitando a complementação com informações sobre os recursos biológicos.

Também, de acordo com Vasconcelos *et al* (2010) um costão rochoso exposto, que segundo a metodologia oficial é classificado como ISL 2, pode abrigar uma colônia de aves marinhas de alta sensibilidade e, uma praia de areia fina, classificada como ISL 3, pode ter uma elevada importância para desova de tartarugas marinhas, apresentando diferentes sensibilidades de acordo com o conceito descrito acima. Segundo Linden *et al* (2004) as tartarugas são vulneráveis especialmente durante o período de nidificação, afinal, depositam seus ovos em praias arenosas, sendo expostas aos riscos de um derramamento de óleo ou até durante os procedimentos de limpeza, o que fortalece a necessidade de maior cuidado e atenção com esses ambientes.

Ainda, Cardoso (2006) ao estudar a macrofauna bêntica de praias do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, obteve resultados mostrando que praias de características físicas semelhantes podem apresentar composição faunística distinta, o que intensifica a necessidade de aprimoramento dos índices.

De acordo com a CETESB (2007), o grau de impacto do petróleo derramado em um ambiente também vai depender do tipo de comunidade ali presente, sendo que os ambientes mais estáveis, como costões rochosos abrigados, são mais ricos em espécies sensíveis e tendem a sofrer grande impacto.

Essa abordagem de índice integrado começou a ser colocada em prática na zona costeira de alguns países como França, Fattal *et al.* (2010), Groelândia, Stjernholm *et al.* (2011), e Quênia, Tychsen (2006) a partir de 2005.

### 1.1.4 Proposições de novas metodologias

Reconhecendo os riscos representados pela contaminação por óleo, o governo do Quênia e as empresas petrolíferas decidiram desenvolver um Plano de Contingência Nacional para Derramamentos de Óleo com proposta de efetivas e rápidas respostas em caso de incidente com petróleo. Um elemento fundamental desse Plano seria o mapeamento dos recursos costeiros, a fim de desenvolver um Atlas de Sensibilidade Ambiental. Dessa maneira, um Índice de Sensibilidade, “chamado Sensitivity Index”, foi desenvolvido (fig. 3), cuja metodologia integrou diversas informações como: propriedades geológicas, exposição às ondas, diversidade e produtividade biológica, comportamento do óleo, facilidade de limpeza, uso humano e bens culturais. Assim, o Índice de Sensibilidade foi determinado pelo tipo de costa (sub-linha 1), recursos biológicos (sub-linha 2) e recursos socioeconômicos (sub-linha 3), em uma somatória simples entre esses três critérios. Os índices variaram entre valores 2 até mais de 20, sendo cada sub-linha classifica em um intervalo de 1 a 5 de sensibilidade, sendo 1 e 5 baixas e altas sensibilidades, respectivamente.

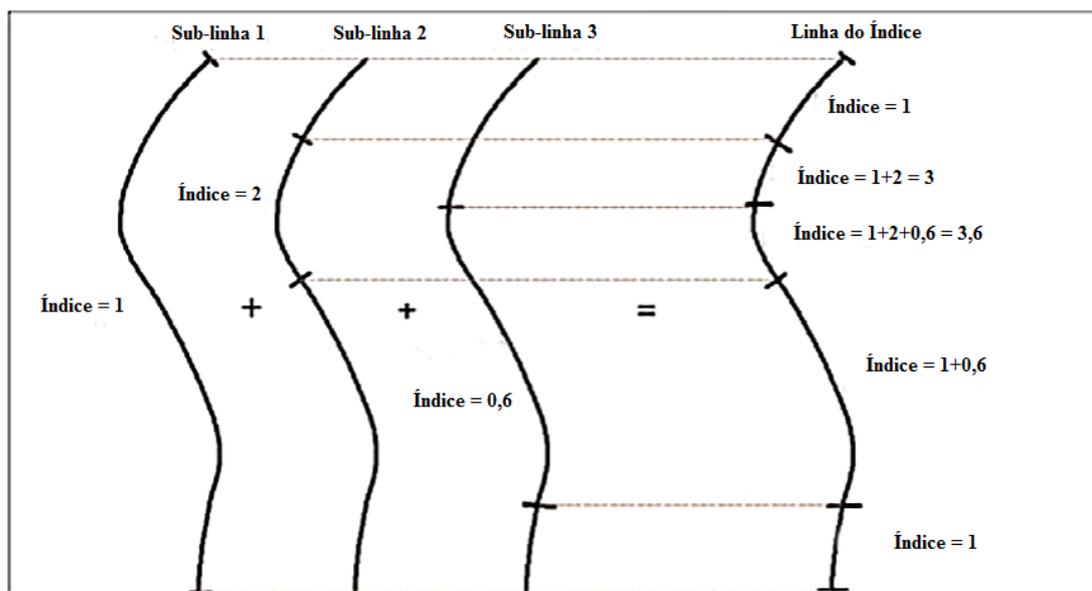


Figura 3: Índice de Sensibilidade desenvolvido para a costa do Quênia. Sub-linha 1 = tipo de costa; Sub-linha 2 = recursos biológicos; Sub-linha 3 = recursos socioeconômicos.

Fonte: Adaptado de Tychsen, 2006.

Assim como o governo do Quênia atentou-se para a questão da proteção ambiental, o governo da Dinamarca desenvolveu o Atlas de Sensibilidade Ambiental para a zona costeira da Groelândia. Seu elemento principal também foi um Índice de Sensibilidade definido pela ocorrência de recursos biológicos, uso socioeconômicos e características físicas ambientais. Este

variou de 1 a 4 sendo: 1= baixa sensibilidade, 2 = moderada sensibilidade, 3= alta sensibilidade, 4 = extrema sensibilidade. Outra inovação dessa metodologia foi o desenvolvimento de um ``Offshore Sensitivity Ranking`` e de um ``Oil Residence Index Classification`` - ORI. O ORI foi definido através da combinação do tipo de costa e sua exposição (tabela 1).

Tabela 1: Índice básico de residência do óleo baseado na combinação do tipo de substrato da linha de costa e da classe de exposição.

Substrato/classe de exposição	Protegido	Semi-protegido	Semi-exposto	Exposto
Sedimento grosseiro	4	3	1	1
Sedimento fino	4	3	1	1
Gelo	1	1	1	1
Não classificado	4	3	2	1
Rochoso	4	3	1	1
Rochoso e sedimento grosseiro	5	4	2	1
Rochoso e sedimento fino	5	4	2	1

Fonte: Adaptado de Stjernholm *et al.*, 2011.

Ambos os trabalhos acima desenvolvidos trataram de sensibilidade ambiental ao óleo, entretanto, a Universidade de Nantes na França desenvolveu um Mapa de Vulnerabilidade Ambiental para a Ilha de Noirmoutier. Foi desenvolvido um Índice Global de Vulnerabilidade muito conciso e que expressou de maneira coerente a realidade ambiental, sendo descrito brevemente.

Esse Índice Global de Vulnerabilidade, proposto por Fattal *et al* (2010) foi composto pela vulnerabilidade ambiental e socioeconômica, separadamente. Os critérios que compuseram a vulnerabilidade ambiental foram a morfologia e exposição da costa, índice de sensibilidade biológica, características de ondas e vento e intensidade de poluição. Ressalta-se que o valor do índice de sensibilidade biológica foi determinado através da metodologia proposta por Cauvin *et al* (1987). A vulnerabilidade socioeconômica foi determinada a partir de fatores como presença de infraestruturas, atividade de pesca, turismo, industriais e agrícolas, entre outros.

Um mapa final de vulnerabilidade foi proposto para a região. Ao dividir a ilha em 20 setores de mesmas características, chamados setores morfocardiniais, foi plotado, em cada um, suas respectivas vulnerabilidades, apresentando também a vulnerabilidade de cada critério utilizado, o ambiental e a socioeconômico.

A análise das metodologias propostas acima torna-se fundamental para o desenvolvimento do presente trabalho, o qual encontra-se no mesmo quadro de aprimoramento metodológico da sensibilidade costeira ao óleo no Brasil. É preciso ressaltar que o presente trabalho não abordará a questão da vulnerabilidade ambiental, apenas sensibilidade ambiental, para isso os conceitos de suscetibilidade, sensibilidade e vulnerabilidade serão esclarecidos abaixo:

- Suscetibilidade ambiental: trata somente das condições físicas do meio, ou seja, da intensidade ou probabilidade de um determinado ambiente sofrer impacto devido a um perigo natural, tendo como fatores as características físicas, sendo independente da presença humana (SILVA *et al.*, 2004).
- Sensibilidade ambiental: está relacionada ao nível de resposta de um ambiente gerado por um determinado tensor antrópico, no caso, vazamento de óleo (SILVA *et al.*, 2004).
- Vulnerabilidade ambiental: consequência da interação do homem com o meio. É função da condição pré-existente relacionada à exposição ao perigo (suscetibilidade) e também da capacidade adaptativa do sistema/comunidade (SILVA *et al.*, 2004).

## 1.2 Objetivos

### Objetivo Geral

Desenvolver um método que integre parâmetros geomorfológicos e biológicos na determinação da sensibilidade costeira ao óleo.

### Objetivos específicos

- Desenvolver a metodologia do ISL específico para a Bacia de Pelotas.
- Mapear regiões costeiras e lagunares da Bacia de Pelotas.
- Subsidiar o processo metodológico para determinação da sensibilidade costeira a derramamentos de óleo.

### **1.3 Motivação**

A motivação deste trabalho se deu a partir das falhas e lacunas encontradas na determinação da sensibilidade costeira e no processo de mapeamento da costa no trabalho de conclusão de curso desenvolvido como requisito para formação em Oceanologia, em 2012. Também, os trabalhos de campo realizados ao longo de 2013 e 2014 pelo projeto de Mapeamento da Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia de Pelotas – Cartas SAO\_Bacia de Pelotas trouxeram grandes discussões, inclusive com a realização de dois workshops<sup>4</sup> que foram cruciais para colocar a ideia em prática.

Também, a falta de metodologias que integrem fatores bióticos e abióticos na determinação da sensibilidade costeira e a pouca disponibilidade de artigos inovadores que tratam do tema foram os grandes incentivadores para o presente trabalho.

Além disso, a maneira com que os recursos biológicos são expostos nas Cartas SAO, apenas na forma de ícones que indicam a presença de determinado grupo de animais, balizou a necessidade do desenvolvimento de um índice mais abrangente, o qual seja conciso, prático e que expresse de maneira mais real a sensibilidade costeira.

Diversas dificuldades durante os trabalhos de campo puderam ser observadas, como a dificuldade de enquadramento de algumas regiões na escala de sensibilidade do ISL proposto pelo Ministério do Meio Ambiente, pois esta apresenta um padrão estático, o qual não se adapta ao dinamismo natural dos ambientes. De acordo com a estação do ano em que o trabalho de campo é realizado diferentes características das margens mapeadas são encontradas, como por exemplo, de acordo com o nível médio da Lagoa dos Patos pode-se encontrar margens arenosas, com a presença de praias, ou margens vegetadas, para o caso de níveis mais elevados, em que a região arenosa é sobreposta pela coluna d'água.

---

<sup>4</sup> Detalhes dos workshops, bem como do projeto como um todo, podem ser observados em [www.saopelotas.furg.br](http://www.saopelotas.furg.br)

## 2.1 Metodologia

Para que um Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) integrado entre variáveis geomorfológicas e biológicas possa ser desenvolvido, primeiramente será apresentado o processo utilizado para a escolha das variáveis de cada caráter, que será descrito detalhadamente. Após a definição das variáveis será apresentado o processo de desenvolvimento do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) integrado, sendo, posteriormente, identificados os critérios utilizados para a escolha das regiões da Baía de Pelotas que serão mapeadas de acordo com a sensibilidade ao óleo.

A aquisição dos dados geomorfológicos foi dada através da observação e medição em campo. As doze amostras sedimentares foram coletadas aleatoriamente, colocadas em um saco plástico devidamente identificado e levadas para o laboratório para serem processadas a partir do método de peneiração proposto por Suguio (1973). No ANEXO II apresenta-se uma tabela com todos os resultados das análises granulométricas do presente trabalho. A declividade da face da praia foi medida a partir do método de clinômetro, enquanto que a largura estimada da praia medida através de uma fita métrica. A arrebentação de onda foi estimada visualmente, sendo que em algumas regiões abrigadas não foram identificadas arrebentação de onda.

Os dados biológicos foram adquiridos a partir de consulta bibliográfica, identificação em campo e experiência de profissionais da área.

No total foram realizadas quatro grandes saídas de campo, duas a bordo da lancha *Larus*, da Universidade Federal do Rio Grande, a qual contemplou o mapeamento das margens oeste e leste da Lagoa dos Patos, da Lagoa do Casamento e do Lago Guaíba, e duas saídas realizadas na caminhonete do Laboratório de Oceanografia Geológica – Log/FURG, sendo mapeado todo o trecho do litoral do Rio Grande do Sul, Torres ao Chuí, e trechos da margem oeste da Lagoa dos Patos que não puderam ser feitos a bordo da lancha. Essas saídas de campo foram realizadas durante todos os períodos do ano, sendo que todas as regiões mapeadas foram visitadas apenas uma vez.

### 2.1.1 Definição das variáveis geomorfológicas

As variáveis geomorfológicas escolhidas, que fazem parte do Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG), foram baseadas no método de definição do ISL proposto pelo Ministério do Meio Ambiente (2007). Assim, ficou definido que o tipo de substrato, declividade do litoral e a exposição às forçantes ondas e marés determinam a sensibilidade geomorfológica da região. Tal escolha foi sustentada pelo fato de que essas características são fundamentais para a determinação do grau de impacto e permanência do óleo derramado, assim como, em muitos casos, para os tipos de procedimento de limpeza passíveis de serem empregados. A variável

declividade do litoral foi utilizada separadamente, como um fator de multiplicação no IG, denominado ‘Fator de Área Atingida’.

### 2.1.2 Definição das variáveis biológicas

As variáveis biológicas foram selecionadas com base no método proposto por Ihaksi *et al* (2011). Nesse trabalho o autor selecionou as espécies importantes para seu estudo a partir de quatro suposições, são elas (fig. 4):

1. As espécies são vulneráveis ao derramamento de óleo?
2. Possuem valor de conservação?
3. São dependentes do habitat costeiro?
4. Possuem localização prevista em caso de incidente com óleo?

Como observa-se o autor utilizou espécies vulneráveis ao derramamento de óleo, entretanto, para o presente trabalho serão utilizadas espécies sensíveis ao derramamento de óleo, de acordo com o conceito exposto no item 1.1.4

Assim, as quatro variáveis biológicas que constituirão o Índice Biológico de Sensibilidade (IB) são: espécies sensíveis, espécies com valor de conservação, espécies dependentes da costa e espécies com localização prevista. Ainda, espécies que estejam criticamente ameaçadas de extinção, espécies em extinção e espécies endêmicas sempre serão incluídas no Índice, pois, são espécies tão raras que um único derramamento de óleo poderia ter um efeito de devastação sobre toda comunidade.

De acordo com Chapman (1989) determinadas espécies podem ser sensíveis a certos tipos de poluição, no caso derramamento de petróleo, e apresentar sinais de estresse que podem ser atribuídos a um contaminante específico. Dessa maneira, como o objetivo do presente trabalho não é realizar testes de sensibilidade de espécies ao contato com o óleo, tal informação será retirada da bibliografia disponível, podendo assim, definir se a espécie é sensível ou não ao contato com o óleo.

Para o presente trabalho, baseado em Ihaksi (2011), adotaremos a definição de espécies com valor de conservação para as espécies que estiverem criticamente em perigo e/ou em perigo, segundo a Lista Final de Avaliação do Estado de Conservação de Espécies da Fauna e Flora, da Fundação Zoobotânica do RS, 2014.

A definição para a variável espécie dependente da costa incluirá também como dependência a região costeira de ambientes lagunares e estuarinos, não se limitando apenas às regiões costeiras oceânicas.

A variável espécie com localização prevista estará presente somente nos casos em que tal espécie, ou grupo de espécie, possua uma localização determinada, ou seja, organismos sésseis, os quais sempre habitarão o mesmo local, ou espécies ou grupo de espécies que possuam localização conhecida em algum período do ciclo de vida, como no caso das tartarugas, que colocam os ovos sempre na mesma praia.

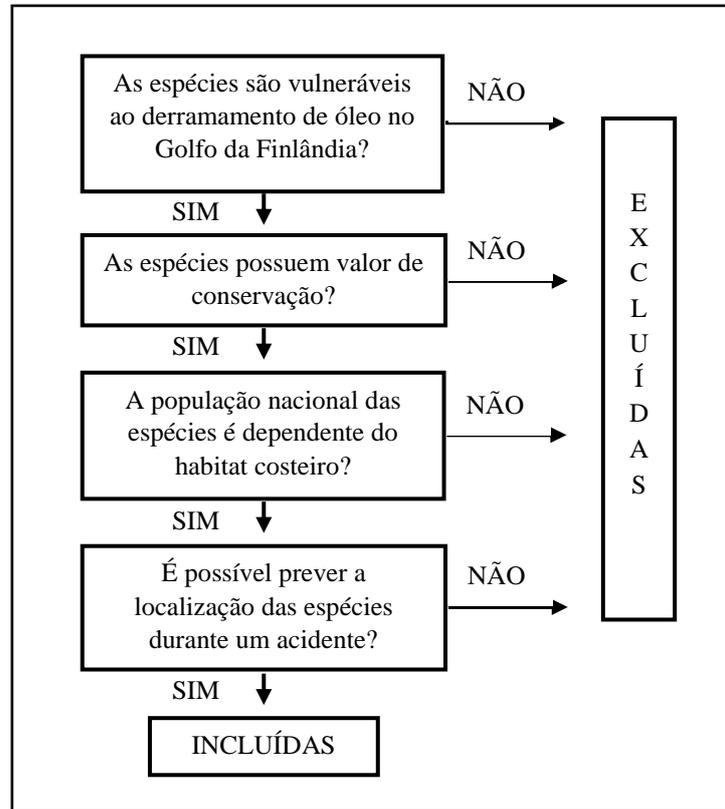


Figura 4: Método utilizado para a seleção das espécies segundo Ihaksi *et al.*, 2011.

Fonte: Adaptado de Ihaksi *et al.*, 2011.

### 2.1.3 Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG)

Para alcançar um Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) primeiramente foi desenvolvida a integração baseada nas características do substrato e exposição às forças hidrodinâmicas, a partir da utilização de uma matriz que foi pontuada de acordo com a relação de sensibilidade ao derrame de óleo baseada na proposição do MMA (2007) e no trabalho de Stjernholm *et al* (2011), observado na figura 5.

O fator de multiplicação para o Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG), Fator de Área Atingida (FAA), é estabelecido a partir da variável declividade do litoral e pode ser definido como:

FAA = 1: Alta declividade (>30°)

FAA = 2: Moderada declividade (entre 5° e 30°)

FAA = 3: Baixa declividade (<5°)

Para costões rochosos e praias a declividade é um fator determinante na estruturação da comunidade e sua complexidade trófica, não apenas aumentando a área disponível para colonização entremarés como influenciando no grau de estresse.

O valor da variável FAA para regiões costeiras de alta declividade é menor quando comparado às regiões de baixa declividade, pois a área atingida pelo óleo em regiões de alta declividade é menor. Assim, o FAA torna-se fator importante e condicionante do IG.

Para o caso de margens vegetadas, será atribuído o valor 3, devido à dificuldade de limpeza, quando comparada aos substratos arenosos e a rápida dispersão do óleo entre a vegetação, o que condiciona a maior sensibilidade do ambiente.

Assim, o Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) foi determinado por:

IG= relação substrato/exposição x FAA

		Protegido	Semi-protegido/ Semi-exposto	Exposto
<b>SUBSTRATO</b>	Rochoso	2	1	1
	Arenoso fino	3	2	2
	Arenoso médio	3	3	2
	Arenoso grosseiro	4	3	3
	Lamoso/vegetado	5	5	4

Figura 5: Relação do tipo de substrato e exposição hidrodinâmica.

Fonte: Adaptado de Stjernholm *et al.*, 2011.

Para a determinação da granulometria do sedimento, as amostras foram identificadas, colocadas em seus respectivos recipientes, para então, serem lavadas para a retirada do sal presente. Após a lavagem, as amostras foram colocadas em uma estufa a 100°C para secarem e então, peneiradas. Utilizou-se uma alíquota de aproximadamente 30g e 25 peneiras com graduação  $\frac{1}{4} \phi$ . Após o processamento, as amostras foram reservadas para compor uma litoteca, a qual será construída no Laboratório de Oceanografia Geológica da Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

### 2.1.3.1 Definição quanto à exposição dos ambientes

Devido a abrangência da área de estudo do presente trabalho, constituída tanto por regiões lagunares quanto oceânicas, torna-se necessária a definição dos ambientes quanto a sua energia.

A classificação destes não é bem definida na literatura devido às diversas similaridades nos processos físicos que controlam os ambientes de alta, moderada e baixa energia. Assim, algumas pequenas particularidades de cada região devem ser avaliadas. Para a presente classificação, os principais fatores a serem considerados é a proteção relativa do ambiente à exposição de ondas e ventos (BULHÕES, 2011).

A altura das ondas geradas pelos ventos é determinada pela velocidade, duração e tamanho da pista de ação do vento (fetch), e pelas dimensões da bacia como a largura, comprimento e profundidade local. Em ambientes abrigados normalmente o fetch de vento é limitado, enquanto essa limitação de espaço para a ação do vento não acontece em ambientes expostos, onde a pista de vento é grande (MARTINS, 2013). Dessa maneira, a altura de onda é o principal fator que determina a energia incidente em um ambiente, já que a energia é proporcional à sua altura.

De acordo com Nicolodi (2007) as maiores ondas incidentes no Lago Guaíba atingem 0,55 m em alguns pontos do Lago em condições de ventos do quadrante S e SE. Jackson *et al* (2002) classificam as praias lagunares de baixa energia com altura de onda menor que 0,25 m durante condições normais. No outro extremo temos as praias localizadas em costas abertas, que segundo Wright & Short (1985) são consideradas de alta energia quando atingirem altura acima de 1,0 m.

Assim como Martins (2013) utilizou em seu trabalho, realizado na mesma região deste, a classificação dos ambientes quanto ao grau de exposição foi feita a partir de modelos morfodinâmicos tridimensionais que compreendem parâmetros quantitativos como altura de quebra de onda, velocidade de sedimentação, período da onda e declive da praia, entre outros.

Assim fica determinado na tabela 2 que:

Tabela 2: Classificação dos ambientes quanto à exposição a ondas e ventos.

<b>Ambientes</b>	Protegido (Baixa energia)	Semi-exposto (Moderada energia)	Exposto (Alta energia)
<b>Ondulação</b>	Ondulação < 0,2 m	Ondulação entre 0,2 e 0,4 m	Ondulação > 0,4 m

Fonte: Martins, 2013.

Ambientes de baixa energia são localizados em baías, golfos, mares, estreitos, lagos, estuários, lagunas e represas, ou seja, em regiões abrigadas, que normalmente tem um fetch de vento limitado com capacidade apenas de gerar ondas pequenas (GOODFELLOW & STEPHENSON, 2005). Entretanto, no presente estudo algumas regiões localizadas na Lagoa

dos Patos, devido à sua dimensão, em determinadas épocas do ano apresentam características de ambiente exposto, de alta energia, como é o caso da Praia de Fora, localizada no Parque Estadual de Itapuã, Viamão – RS.

#### **2.1.4 Índice Biológico de Sensibilidade (IB)**

O Índice Biológico de Sensibilidade (IB) é determinado pelas quatro variáveis de importância biológica estabelecidas acima.

Assim, fica estabelecido o IB como:

$$IB = Ev + nVc + Ec + Lp$$

Sendo:

Es= Espécie sensível

Vc= Espécie com valor de conservação;

n= 1 para espécie com valor de conservação somente

n= 2 para espécie com valor de conservação e endêmica ou extinção

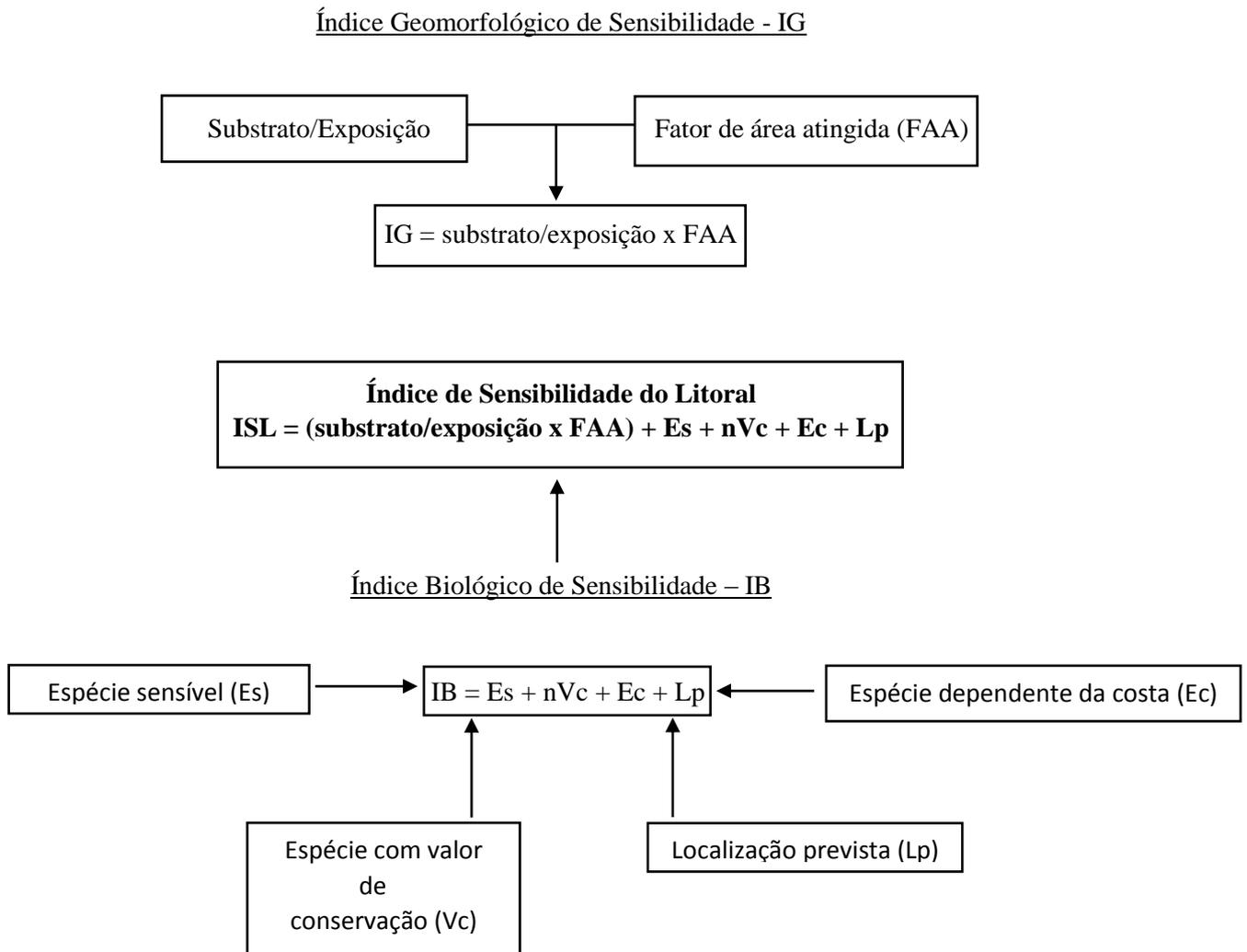
n= 3 para espécie com valor de conservação, endêmica e em extinção

Ec= Espécie dependente da costa

Lp= Espécie com localização prevista.

### 2.1.5 Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) proposto

Com o exposto acima, a integração do Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) e do Índice Biológico de Sensibilidade (IB), permite a geração do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) proposto, o qual fica determinado por:



De acordo com a metodologia desenvolvida no presente trabalho, o Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) pode alcançar valor máximo de 15, no caso da ocorrência dos valores máximos para as variáveis que o compõe, relação substrato/exposição e Fator de Área Atingida. Para o Índice Biológico de Sensibilidade (IB) o valor máximo é de 6, quando todas as variáveis que compõe o índice também estiverem presentes, de maneira com que a variável espécie com valor de conservação, que varia de 1 a 3, alcance o valor 3, nos casos de espécies que sejam endêmicas e também em extinção. Dessa forma, o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) proposto pode alcançar valor máximo de 21.

### 2.1.6 Mapeamento das regiões da Bacia de Pelotas

As áreas pertencentes a Bacia de Pelotas escolhidas para o mapeamento foram: praias arenosas do Parque Estadual de Itapuã, o sistema lagunar Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias, o Parque Estadual do Delta do Rio Camaquã, o Parque Nacional da Lagoa do Peixe e uma região específica do Estuário da Lagoa dos Patos. Para cada região foi determinado o valor do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) a partir do método desenvolvido acima e também foi proposto o mapeamento baseado no trabalho de Fattal *et al* (2010).

Tais áreas foram escolhidas devido a dois critérios, primeiramente pela diversidade das características geomorfológicas e hidrodinâmicas dos ambientes escolhidos e posteriormente por serem áreas de destacada produtividade biológica e importância ecológica. Na região do Guaíba tem-se o Parque Estadual de Itapuã, uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, localizada nas proximidades da metrópole Porto Alegre, que apresenta praias abrigadas, semi-expostas e expostas, de granulometria grosseira, média e fina. Na porção sul da margem oeste da Lagoa dos Patos localiza-se o Parque Estadual do Camaquã, considerado zona de refúgio, alimentação, descanso e reprodução, enquanto que na porção sul da margem leste tem-se o Parque Nacional da Lagoa do Peixe, outra Unidade de Conservação de Proteção Integral. Com ligação permanente com o oceano e atividade de armazenamento e transporte de petróleo tem-se a Laguna de Tramandai. E por fim, o Estuário da Lagoa dos Patos, de grande importância e diversidade biológica, além de rota de navegação de produtos derivados do petróleo e de suas áreas de marismas de baixa hidrodinâmica, os quais apresentam grande dificuldade de limpeza em caso de incidente envolvendo óleo. Ou seja, buscou-se contemplar diversas situações diferenciadas para a aplicação da metodologia proposta no presente estudo.

Para cada região descrita acima será apresentada uma representação gráfica (fig. 6) onde se encontrarão os resultados referentes a sensibilidade geomorfológica e biológica, mostrando a presença ou a ausência de cada variável que compõe o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL). Os valores referentes às variáveis que compõe os índices foram classificados através de 5 tons de cinza e para os índices serão atribuídas cores, de acordo com a figura 7. A paleta de cores foi determinada através da ferramenta IDRISI versão selva a partir do manual para usuários do IDRISI proposto por Eastman (1997). Os mapas finais foram desenvolvidos através do software ArcGis versão 10.

ÍNDICE DE SENSIBILIDADE DO LITORAL (ISL)	Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG)	Substrato/ Exposição	Fator de Área Atingida (FAA)
	Índice Biológico de Sensibilidade (IB)	Espécie Sensível	Localização Prevista
		Espécie com Valor de Conservação	Espécie dependente da costa

Figura 6: Quadro da sensibilidade de cada fator que compõe o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL).

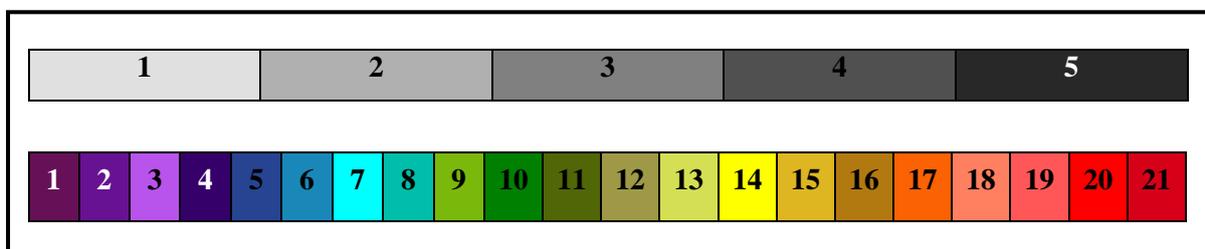


Figura 7: Tons de cinza para a classificação dos pesos das variáveis e paleta de cores para os índices de sensibilidade.

### 3. Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho (fig. 8) contempla a Bacia Sedimentar de Pelotas (fig. 9), mais especificamente Lagoa dos Patos e o litoral do Rio Grande do Sul.

A Bacia de Pelotas situa-se no extremo sul da margem continental brasileira, limitando-se a norte com a Bacia de Santos, pela plataforma de Florianópolis, e a sul com as bacias da margem continental do Uruguai. A área da Bacia compreende cerca de 250.000 km<sup>2</sup>, até a profundidade de 3.000 metros, sendo que 20% da totalidade da Bacia está situada em região de embasamento raso na região emersa e na plataforma continental (CPRM, 2003).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010, o trecho do litoral da Bacia de Pelotas é banhado pelo oceano Atlântico e possui duas das maiores lagoas do Brasil, a Lagoa Mirim e Lagoa Mangueira. Esse trecho possui também uma das maiores lagunas costeiras do mundo, a Lagoa dos Patos (IBGE, 2010).

Com relação ao clima, a região de estudo está localizada na faixa de clima subtropical, com atuação sazonal das massas de ar oriundas dos sistemas anticiclônicos do Atlântico Sul e Polar. A alternância entre esses sistemas determina um regime de ventos para a costa sul do Brasil, com predominância de ventos do quadrante NE nos meses de primavera e verão, e de ventos de quadrante W e SW nos meses de inverno (TOMAZELLI, 1993). Os ventos são os grandes responsáveis pela dinâmica costeira, pois além de serem a causa das ondas e correntes litorâneas que modelam a zona costeira, têm influência direta no regime de enchentes e vazantes do estuário.

A costa do Rio Grande do Sul é retilínea, com cerca de 620 km de extensão, constituídos por costões rochosos, praias arenosas, restingas, baías e lagoas costeiras. Todos esses ecossistemas são importantes do ponto de vista ecológico e socioeconômico, dessa maneira, várias unidades de conservação foram estabelecidas neste litoral, ajudando na preservação da biodiversidade marinha (EIA\_Bacia de Pelotas). Dentre essas Unidades de Conservação, três contemplam as áreas de estudo do presente trabalho: Parque Estadual de Itapuã, Parque Estadual do Camaquã e Parque Nacional da Lagoa do Peixe, que serão descritos detalhadamente. O estuário da Lagoa dos Patos e a Laguna de Tramandaí serão descritos detalhadamente, pois também contemplam as áreas de estudo deste trabalho.

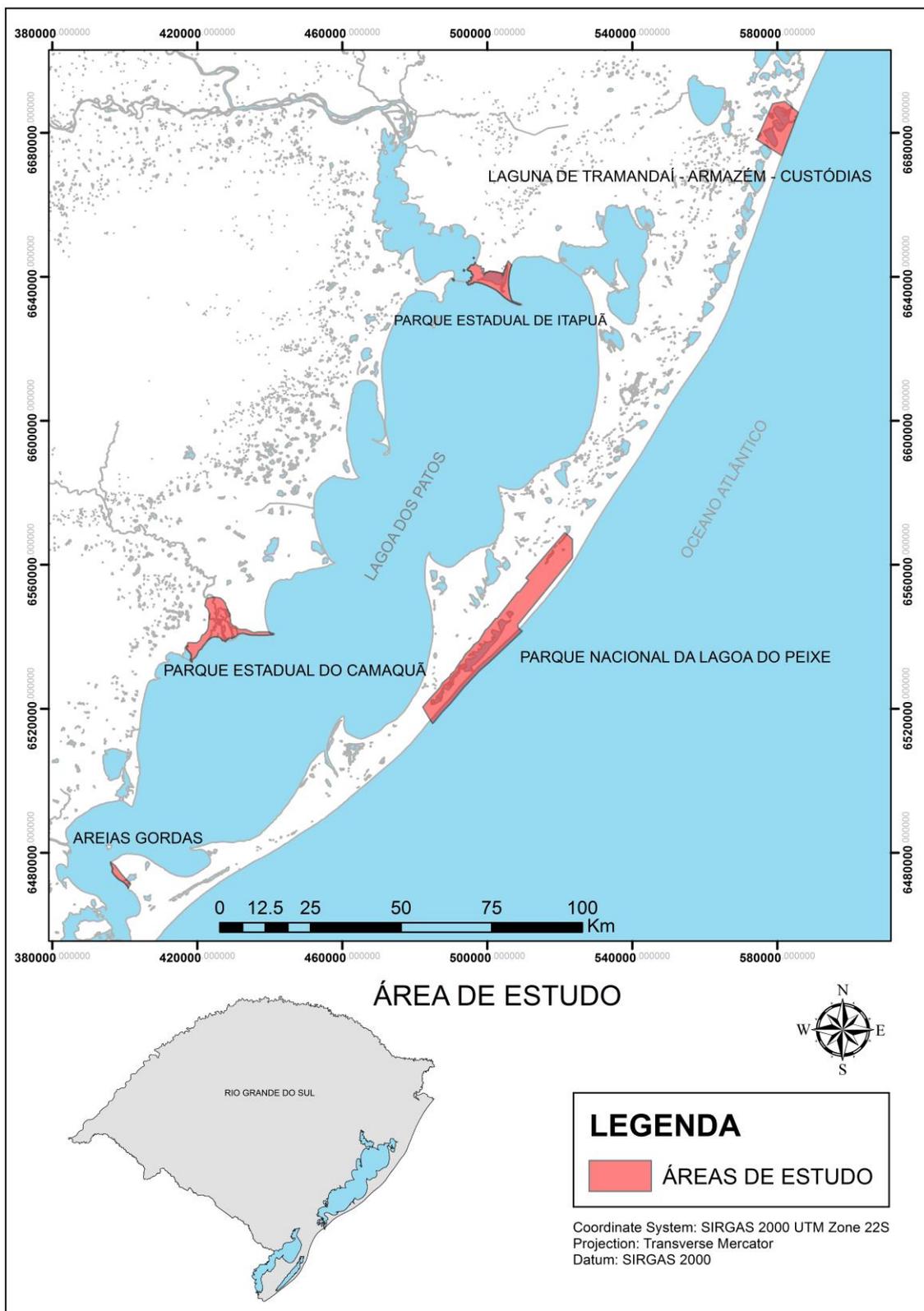


Figura 8: Em vermelho as áreas de estudo do presente trabalho.

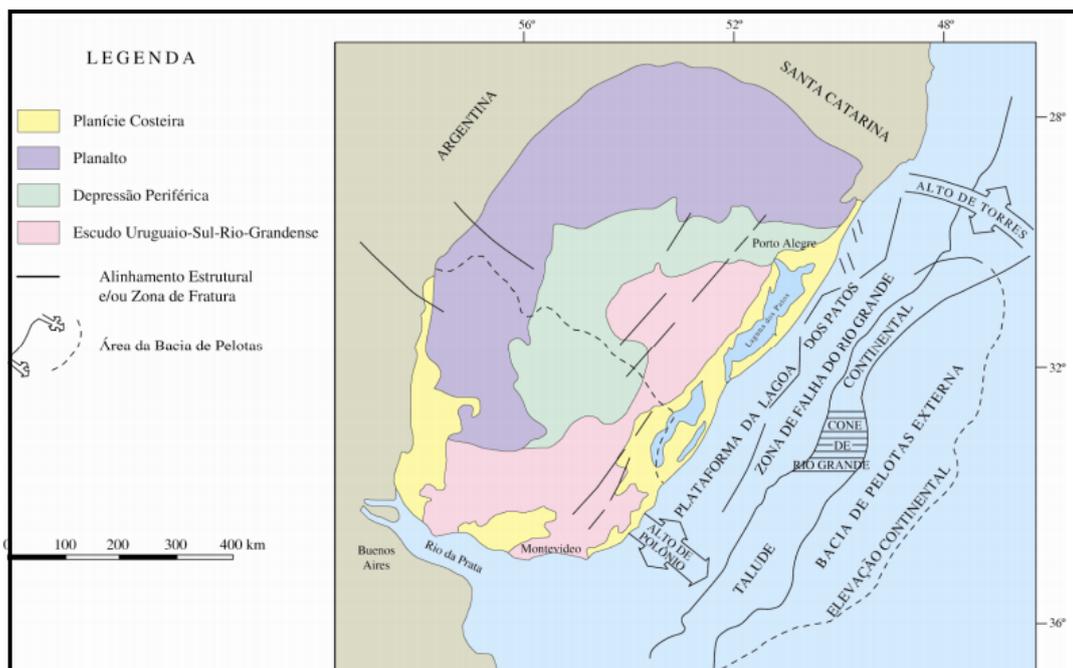


Figura 9: Fisiografia e principais estruturas da Bacia de Pelotas e área continental adjacente.  
Fonte: Urien & Martins, 1978.

### 3.1 Lagoa dos Patos

A chamada Lagoa dos Patos é a maior laguna costeira estrangulada do mundo, com área de aproximadamente 10.000 Km<sup>2</sup>, que se estende na direção NE-SW entre as latitudes 30°30' e 32°12' S e entre as longitudes 050°30' e 052°32' W (KJERVE, 1986).

A laguna recebe o aporte de água doce dos rios da parte norte da planície costeira do Rio Grande do Sul e dos rios afluentes da Lagoa Mirim, representando assim um escoadouro natural da bacia hidrográfica para o oceano, conectando-se a este através de um único canal estreito na cidade do Rio Grande. A entrada de água salgada do mar para o interior da laguna forma uma área estuarina com limite médio até a região da Ponta da Feitoria, apesar de poder se estender até a parte norte da laguna, ou ficar restrita à desembocadura na Barra do Rio Grande.

A sua grande dimensão e conexão com o mar fazem da Lagoa dos Patos um recurso hídrico considerável que, além de ser um local de refúgio e reprodução de diversas espécies animais, tem sido utilizada para navegação, irrigação, turismo, lazer e outras atividades.

A Lagoa dos Patos pode ser dividida em cinco unidades fisiográficas (fig.10):

- Rio Guaíba, maior tributário de água doce ao sistema.
- Enseada de Tapes e Lagoa do Casamento, corpos de água semi-abertos com características hidrodinâmicas distintas.
- Corpo central lagunar, composto por quatro célula elípticas que representam aproximadamente 80% da área lagunar.

- Área estuarina, aproximadamente 10% da laguna.

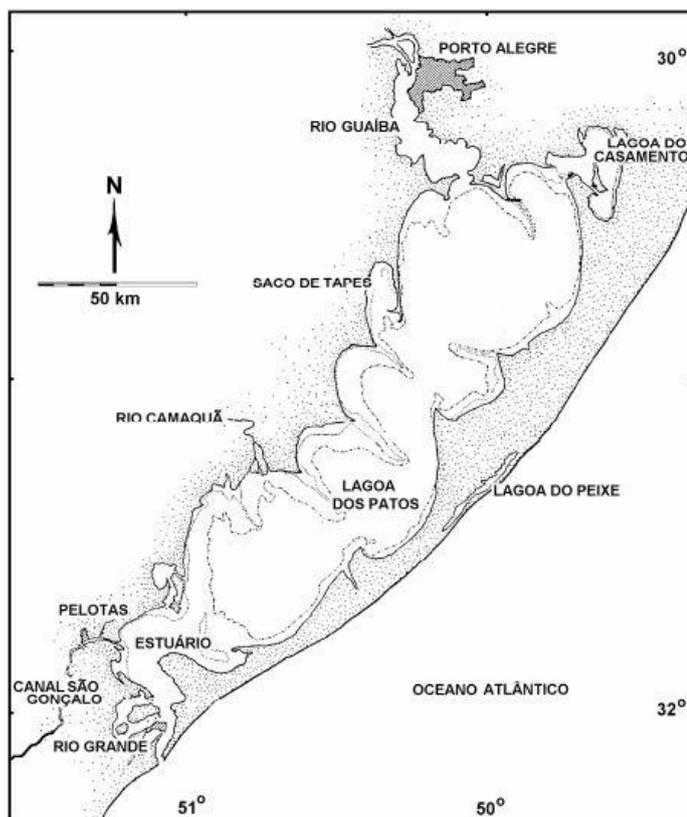


Figura 10: A Lagoa dos Patos com suas principais unidades fisiográficas.

Fonte: Asmus, 1998.

### 3.2 Estuário da Lagoa dos Patos

O estuário da Lagoa dos Patos (fig. 11) possui uma área de cerca de 900 Km<sup>2</sup>, localizado entre as coordenadas de latitude 31°41' e 32°12' S e longitude 51°49' e 52°15' W, tendo como referências a Ilha da Feitoria a norte e a Barra do Rio Grande a sul, marcados pelos pontos vermelhos na figura abaixo. Conecta-se a Lagoa com o Oceano através de um canal de 20 Km de comprimento e de 1 a 2 Km de largura (Canal do Rio Grande), o qual é permanentemente aberto devido à presença de dois molhes, o molhe Leste, na cidade de São José do Norte e o molhe oeste, em Rio Grande.

Com relação à geomorfologia e dinâmica sedimentar, no estuário da Lagoa dos Patos predominam grandes bancos de pouca profundidade e esporões arenosos recurvados, típicos de enseadas rasas das margens (CALLIARI, 1980; TOLDO, 1991). A presença de margens arenosas, pontais, esporões, bancos submersos e ilhas com baixa expressão topográfica apontam para processos ondulatórios, originados pelos ventos predominantes de nordeste, sudeste e sudoeste, atuando como os principais agentes modeladores na região (CALLIARI *et al.*, 2010).

A área do estuário engloba baías costeiras rasas, o corpo central do estuário, ilhas arenosas e terrenos baixos. As baías, chamadas localmente de “sacos”, segundo Calliari (1998) exibem profundidade inferior a 5 metros e fundos geralmente arenosos, na qual de acordo com Seeliger (1998) extensas pradarias de *Ruppia marítima*, *L. Ruppiaceae* e massas flutuantes de algas crescem nesse ambiente. Os bancos e margens areno-lamosas são ricos em invertebrados, os quais são expostos na maré baixa (BEMVENUTI, 1998). As praias arenosas podem ser encontradas em diversos setores, além de dunas, campos inundáveis, matas de restinga e áreas agrícolas

Especificamente, uma das áreas de estudo do presente trabalho localiza-se na margem leste do estuário, próximo ao seu limite, nas chamadas Areias Gordas (ponto roxo do mapa).



Figura 11: Em vermelho as delimitações do Estuário da Lagoa dos Patos e em roxo a região das Areias Gordas.

Fonte: Griep, 2001.

### 3.3 Parque Estadual de Itapuã

Localizado na margem leste do Lago Guaíba, no município de Viamão a 60 Km de Porto Alegre, frente ao encontro das águas da Lagoa dos Patos e do Guaíba encontra-se o Parque Estadual de Itapuã (PEI) (fig. 12). A partir do Decreto nº 33.886 de 1991 criou-se o PEI,

com uma superfície aproximada de 5.560 hectares que se inicia no Porto das Pombas, no Guaíba coordenadas 30°20'6" S e 51°03'12" W.

Os parques sejam eles nacionais, estaduais ou municipais, constituem-se em um importante segmento das Unidades de Conservação, tendo por objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação e turismo ecológico (ANTUNES, 2010).

Sua área protege remanescentes dos ecossistemas naturais de toda a região, o que lhe confere grande importância ecológica, científica e social. Devido à presença de morros graníticos e planícies arenosas, o PEI apresenta uma grande variedade de ambientes e paisagens como praias, lagoas, dunas, banhados, campos, costões e afloramentos rochosos, onde crescem variadas formações vegetais, incluindo remanescentes de Mata Atlântica e fauna igualmente rica (IRGANG, 2003).

Especificamente, o Parque Estadual de Itapuã possui 8 praias arenosas, seis voltadas para o Lago Guaíba, são elas: praia das Pombas, da Onça, da Pedreira, do Araçá, do Sítio e Prainha. A praia do Tigre e a praia de Fora são as únicas voltadas para a Lagoa dos Patos, sendo esta última a maior praia do Parque.

Quatro destas praias serão descritas detalhadamente quanto as características geomorfológicas, sedimentares e composição biológica, para então serem atribuídos seus devidos Índices de Sensibilidade do Litoral (ISL) e posterior mapeamento.



Figura 12: Vista da Pedra da Visão no Parque Estadual de Itapuã, município de Viamão - RS.  
Fonte: SEMA – RS.

### 3.4 Parque Nacional da Lagoa do Peixe

O Parque Nacional da Lagoa do Peixe (fig. 13) foi criado em 6 de novembro de 1986 a partir do Decreto nº 93.546 com objetivo de proteger amostra dos ecossistemas litorâneos da Lagoa do Peixe e, particularmente, as espécies de aves migratórias que dependem dessa região para seu ciclo vital. A criação do parque também teve como objetivo a preservação das Áreas Úmidas.

O Parque localiza-se no litoral do Rio Grande do Sul, abrangendo terras dos municípios de Mostardas e Tavares, com área total de 36.721,71 hectares. Os ecossistemas componentes desta estreita faixa de terra entre a Lagoa dos Patos e o oceano Atlântico, onde está o Parque, apresentam peculiaridades e atributos que lhes conferem grande importância em nível mundial, sendo incluído na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, em 1992.

O nome “Parque Nacional da Lagoa do Peixe” originou-se da importância da Lagoa do Peixe dentro deste ecossistema, uma vez que ela é a maior laguna existente dentro da área do parque. Essa laguna é o local preferencialmente procurado pelas aves para alimentação, devido sua pequena profundidade.

A Lagoa do Peixe constitui-se em uma das áreas mais ricas em aves aquáticas da América do Sul, contanto com uma grande diversidade de espécies residentes nidificantes, invernantes de zonas mais meridionais, e limnícolas do Neártico, em trânsito e invernantes (ANTAS *ET AL.*, 1986 apud TAGLIANI, 1995).

A região costeira do Parque está constituída em sua totalidade por praias arenosas expostas, com declive suave e granulometria fina. Esta faixa é bem representativa do litoral do Rio Grande do Sul.



Figura 13: Imagem aérea mostrando parte da Lagoa do Peixe e região costeira do Parque Nacional da Lagoa do Peixe.  
Fonte: EIA\_Bacia de Pelotas.

### 3.5 Parque Estadual do Camaquã

O Parque Estadual do Camaquã (fig. 14) localiza-se na margem oeste da Lagoa dos Patos, cuja área abrange aproximadamente 7.990 ha, compreendendo parte dos municípios de Camaquã e São Lourenço do Sul. Foi decretado em 12 de março de 1975, a partir do Decreto nº 23.798, o qual cria Parques Estaduais e Reservas Biológicas, entretanto, por não ter sido implementado, o parque sofre frequentes agressões, como desmatamento, drenagem e caça predatória. Está situado em área limítrofe entre os Biomas Pampa e Mata Atlântica, sendo que a maior parte de sua área está inserida no segundo Bioma. Essa Unidade de Conservação foi criada com o objetivo de proteger as áreas úmidas do delta lagunar do rio Camaquã, incluindo o Banhado do Caipira, o Rincão do Escuro e inúmeras ilhas.

Nesta área, que compreende o Delta do Camaquã e adjacências, são encontrados extensos remanescentes de mata de restinga e mata ripária, juntamente com várzeas de rio periodicamente inundadas, braços de rio, ilhas e banhados com diferentes características. Esta diversidade de ambientes resulta em uma grande riqueza de espécies, uma vez que proporciona uma variedade de habitats para a flora e, como consequência, oferece locais de abrigo, reprodução e alimentação para a fauna. Todavia, este sistema vem perdendo suas características naturais, devido às alterações provocadas pela ocupação humana, como o desmatamento e a retirada da vegetação herbácea e arbustiva das margens do rio Camaquã e seus braços, provocando erosão violenta nas margens.

O Parque ainda não possui um Plano de Manejo, e sua visitação ainda não foi implementada, o que corrobora ainda mais com a necessidade de medidas de proteção desta área.

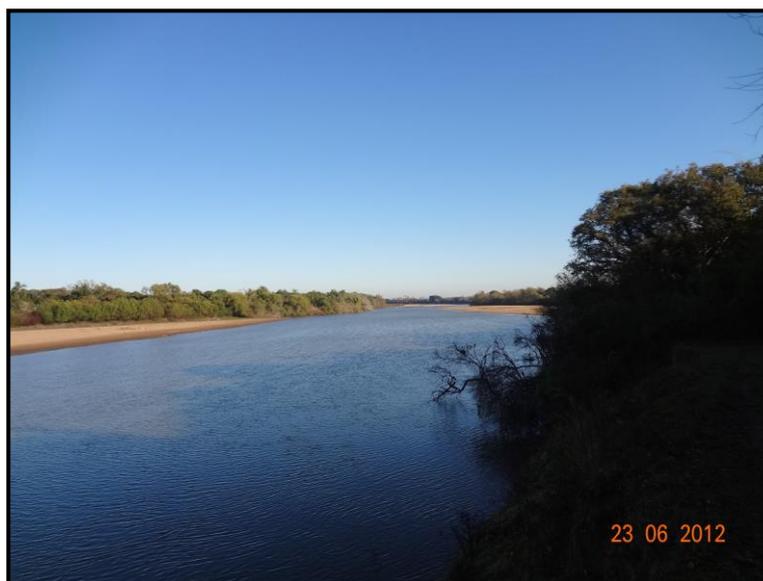


Figura 14: Desembocadura do Delta do rio Camaquã no Parque Estadual do Camaquã  
Fonte: SEMA- RS

### 3.6 Sistema Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias

A Laguna de Tramandaí (fig. 15) está localizada na planície costeira do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas 30°00'56" e 29°55'49" de latitude sul e 50°06'21" e 56°11'20" de longitude oeste, onde situam-se as cidades balneárias de Tramandaí e Imbé (ARTIOLI, 2012). Possui uma área de aproximadamente 18,8 km<sup>2</sup>, incluindo o seu canal de ligação permanente com o oceano, o qual possui 1,5 km de extensão e 100 metros de largura, e que atualmente escoas as águas de todo o sistema de drenagem desta região.

Esta laguna tem por característica apresentar baixa profundidade, com média de cerca de 1 a 1,4 metros nas zonas centrais, com máxima entre 2,5 e 5 metros associadas ao canal de comunicação com o mar (SILVA, 1982; TABAJARA *et al.*, 1997). Segundo Tomazelli (1990) a Laguna de Tramandaí recebe o aporte de água e de sedimentos finos (silte e argila), provenientes de rios e lagos localizados ao norte, através do rio Tramandaí, cuja deposição é acelerada pela entrada da cunha salina e pelas correntes de maré no interior da laguna. Tal fato propicia o assoreamento do local e diminui a velocidade de circulação das correntes. De acordo com Tabajara & Dillenburg (1997) os sedimentos mais grossos, como areia fina e muito fina, localizam-se nas áreas marginais e rasas (inferiores a 1 metros), já os finos encontram-se nas áreas abrigadas ou mais profundas.

As lagunas de Tramandaí e do Armazém encontram-se parcialmente separadas por um pontal arenoso, o qual cresce na direção NW-SE, formado por ondas e correntes produzidas principalmente pelos ventos predominantes na região, do quadrante NE (TOMAZELLI, 1990). Essa região é um ecossistema de grande importância econômica e ecológica para a população local, devido à pesca artesanal e as atividades do turismo, sendo que, nas áreas adjacentes ocorrem atividades de descarregamento, transporte e armazenamento de petróleo bruto, nafta e diesel, tornando-as vulneráveis a derramamentos (SCHWARZBOLD & WURDIG, 1992).

A Lagoa das Custódias também faz parte do sistema lagunar Tramandaí-Armazém, sendo conectada através de um pequeno canal. Tem por característica ser uma lagoa rasa, com 1,10 metros de profundidade média e alongada no sentido noroeste-sudeste, ocupando uma superfície de 9,58 km<sup>2</sup> (FIALHO *et al.*, 1998). Esta lagoa apresenta um grande potencial econômico, atualmente explorado pela pesca e pelo turismo, além das características ecológicas únicas (OZORIO, 1993).



Figura 15: Imagem aérea mostrando a desembocadura da Laguna de Tramandaí, Lagoa do Armazém e Lagoa das Custódias ao fundo.

Fonte: Prefeitura de Tramandaí - RS.

## 4. Resultados e discussões

### 4.1 Areias gordas

Para o desenvolvimento dos resultados e discussões referentes à área das Areias Gordas (fig. 16), um ponto de coleta foi utilizado, cuja coordenada UTM é 399466 647242 (amostra 1). Essa amostra será representativa de todo o trecho praiado das Areias Gordas em função da ausência de variação lateral nas características sedimentares dessa região.

Esse ponto é constituído 100% de areia fina muito bem selecionada. Nesse ponto de amostragem, a praia estuarina apresentou 5 metros de largura e declividade de 15°, sendo então, caracterizada em moderada declividade, com valor 2 da variável Fator de Área Atingida (FAA). Esta praia possui por volta de 6 km de extensão, sendo toda segmentada devido à presença de vegetação na beira da água. Devido sua localização, esta região torna-se exposta aos ventos de quadrante S/SW com uma pista de vento de aproximadamente 30 km e abrigada dos ventos de quadrante N/NE. Assim, esse local é classificado como região semi-exposta, de moderada energia. Os outros dois pontos de amostragem apresentaram as mesmas características geomorfológicas do descrito acima.

Como o valor referente da variável “substrato/exposição” é 2, conforme a tabela exposta no item 2.1.3, o Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) torna-se 4.

Quanto aos recursos biológicos, algumas espécies migratórias podem ser observadas. A região é importante sítio de estadia para o batuiruçu, *Pluvialis dominica*, maçarico-acanelado, *Tryngites subruficollis*, maçarico-de-perna-amarelada, *Tringa flavipes*, maçarico-de-sobre-branco, *Calidris fuscicollis*, maçarico-de-colete, *Calidris melanotos*, trinta-réis-boreal, *Sterna hirundo*, e andorinha-de-bando, *Hirundo rustica* (VALENTE *et al.*, 2011)

Especialmente nos meses de verão é possível observar ao longo de toda sua extensão fragmentos ou extensas manchas de tapetes microbianos, comunidades bentônicas de microorganismos que colonizam a região intertidal, associados ou não a plantas superiores enraizadas. Estas comunidades são especialmente formadas e dominadas por cianobactérias filamentosas (*Anabaena* sp., *Cylindrospermum* sp., *Oscillatoria* sp. e *Limnothrix* sp.) e diatomáceas penadas (*Pinnularia* sp. e *Nitzschia* sp.), que pela produção de metabólitos secundários aumentam a resistência do sedimento à erosão. Depois de colonizado, o sedimento passa abrigar espécies procariontes e eucariontes de grande diversidade morfofuncional. Tais comunidades são frequentemente relatadas pela sua importância na estabilização de sedimentos, nos ciclos geoquímicos do nitrogênio e enxofre e biorremediação de ambientes (GUIMARÃES, 2015).

Também, o estuário da Lagoa dos Patos abriga espécies ameaçadas de extinção (fig. 17) como a gaivota-de-rabo-preto, *Larus atlanticus*, e o sanã-cinza, *Porzana spiloptera*. Também,

atua como sítio de congregação de *T. subruficollis* (BENCKE *et al.*, 2006). Por esses motivos, o estuário foi designado como “Área Importante para a Conservação das Aves” (BENCKE *et al.*, 2006).

Devido as essas características, as variáveis de caráter biológico, “espécie com valor de conservação”, com espécie ameaçada de extinção, e “espécie sensível” constituem o Índice Biológico de Sensibilidade (IB).

A variável “espécie com localização prevista” também será incluída no IB devido à presença dos tapetes microbianos, os quais ocorrem em determinadas áreas da região, as quais foram identificadas.

A variável “espécie dependente da costa” não será incluída no IB devido a não identificação em campo de tais espécies.

A figura 18 contempla o valor dos índices geomorfológico e biológico de sensibilidade da praia estuarina das areias gordas e o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) da região.



Figura 16: Praia estuarina das Areias Gordas.



Figura 17: Duas espécies de aves ameaçadas de extinção encontradas no estuário da Lagoa dos Patos. Gaivota-de-rabo-preto, *Larus atlanticus* (esquerda) e Sanã-cinza, *Porzana spiloptera*, (direita).

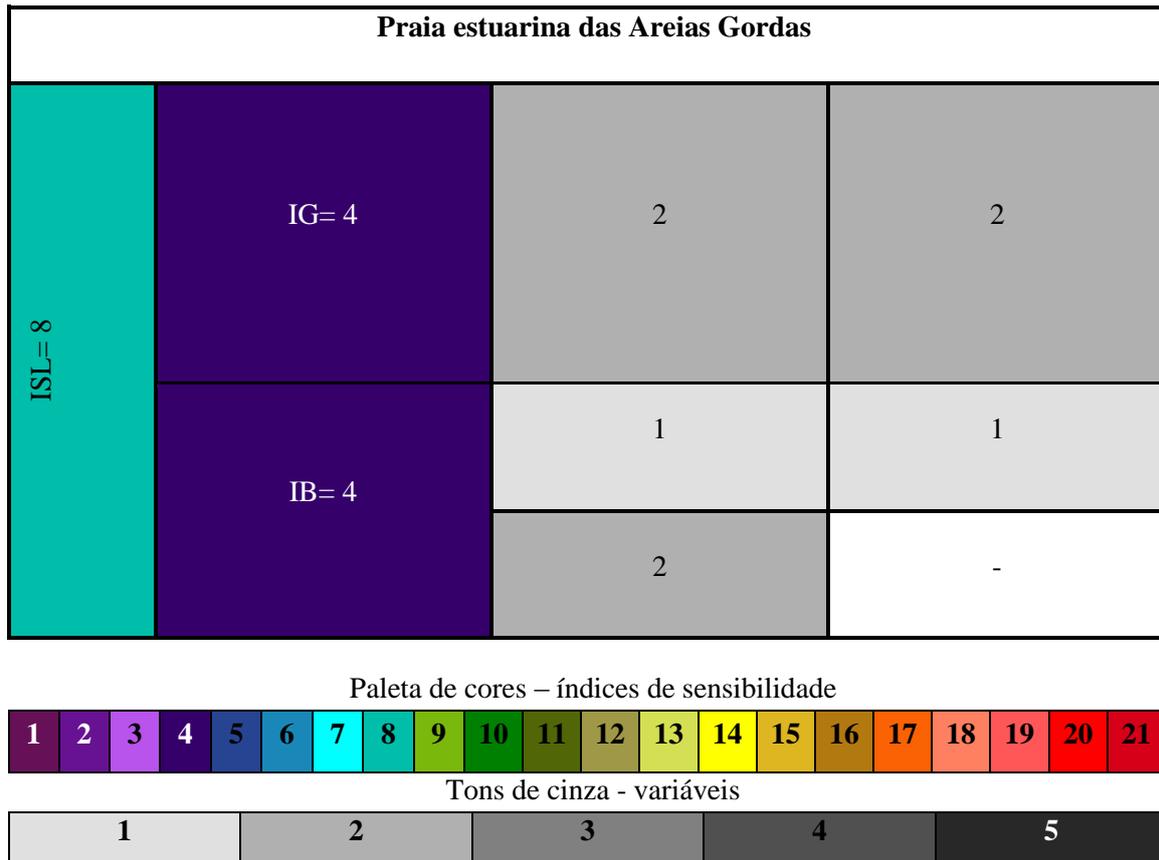


Figura 18: Índice de Sensibilidade do Litoral para a praia estuarina das Areias Gordas.

Como pode ser visto na figura 18, a praia estuarina das Areias Gordas foi classificada em ISL 8, segundo a metodologia desenvolvida no presente estudo. Tal fato se deu em função de suas características geomorfológicas, areia fina, semi-exposta, e de moderada declividade. Além de suas características biológicas, com a presença de espécies sensíveis e ameaçadas de extinção, que possuem valor de conservação.

A metodologia oficial proposta pelo Ministério do Meio Ambiente classifica margens de rio ou lagoas como ISL 10. Assim, a princípio toda a Lagoa dos Patos e seu estuário seriam classificados dessa maneira, independente dos diferentes tipos de ambientes encontrados, como é o caso dessa praia estuarina de grande extensão. Para o caso das praias de areia fina, o MMA classifica em ISL 3, de baixa sensibilidade. Dessa forma, essa metodologia subestima a real sensibilidade do local, à medida que fora identificada à presença de espécies sensíveis e ameaçadas de extinção.

Ao aplicar o método desenvolvido nesse trabalho, a região das Areias Gordas torna-se mais sensível quando comparada a uma praia de mesmas características geomorfológicas, devido à inclusão dos aspectos biológicos na sensibilidade ao contato com o óleo.

Na tabela 3 segue um quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas que constituíram o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) dessa região. O mapeamento realizado nessa região de estudo se apresenta na figura 19.

Tabela 3: Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas da praia estuarina das Areias Gordas.

<b>Características</b>	<b>Praia estuarina das Areias Gordas</b>
Granulometria	Areia fina
Exposição	Semi-exposta
Declividade	Moderada
Substrato/Exposição	2
Fator de Área Atingida	2
Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG)	4
Espécie sensível	Presente
Espécie com localização prevista	Presente
Espécie dependente da costa	Ausente
Espécie com valor de conservação	Presente e ameaçada de extinção
Índice Biológico de Sensibilidade (IB)	4
ISL	8
ISL metodologia MMA	3

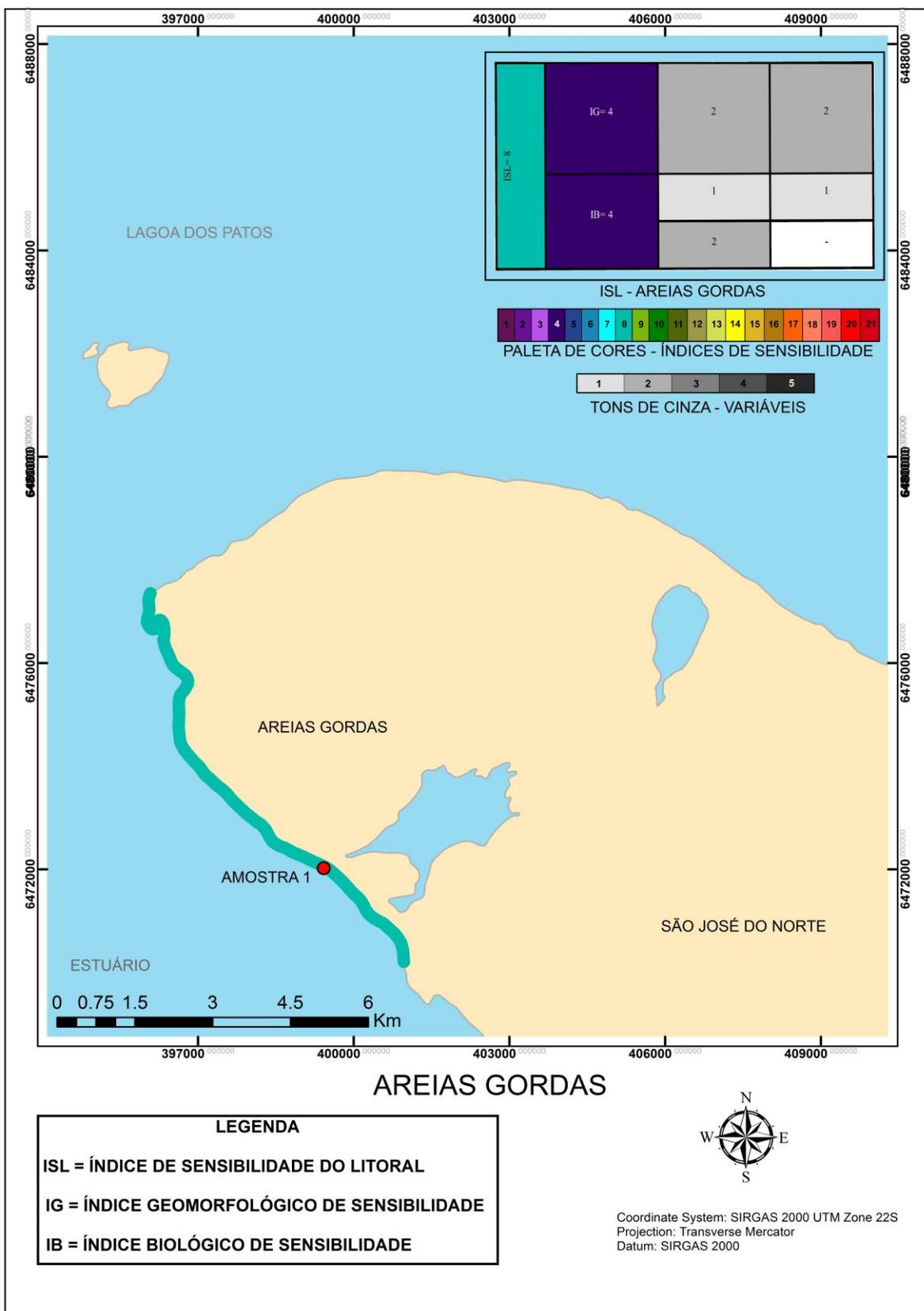


Figura 19: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a região das Areias Gordas.

## 4.2 Parque Estadual de Itapuã

### Praia das Pombas

A praia das Pombas (fig. 20) é a primeira praia, de norte para sul, do Parque Estadual de Itapuã, a qual possui aproximadamente 800 metros de extensão e 15 metros de largura. Devido a sua posição no interior de uma pequena enseada voltada para noroeste, esta praia está protegida dos ventos fortes de quadrante sudoeste, cuja pista de vento torna-se muito limitada, de aproximadamente 1 km.

A praia das Pombas tem por característica ser constituída de areia grossa pobremente selecionada com aproximadamente 76% de areia e 24% de cascalho, UTM 495157 6642646 (amostra 2). A declividade da praia medida foi de 7°, portanto, praia de moderada declividade com valor de FAA= 2 de acordo com o item 2.3.1. A arrebentação observada foi menor do que 0,20 metros e assim, a praia das Pombas foi enquadrada como ambiente protegido, de baixa energia, segundo a classificação proposta na tabela 2.

Quanto aos recursos biológicos, esta praia não apresentou nenhuma variável proposta na metodologia para determinação do Índice Biológico de Sensibilidade (IB). Não foi identificada nenhuma espécie sensível a derramamento de óleo, que seja endêmica ou em extinção, que possua localização prevista ou que dependa da costa para sua sobrevivência.

Assim, ficou determinado na figura 21 o ISL da praia das Pombas como:



Figura 20: Praia das Pombas – Parque Estadual de Itapuã, Viamão - RS.

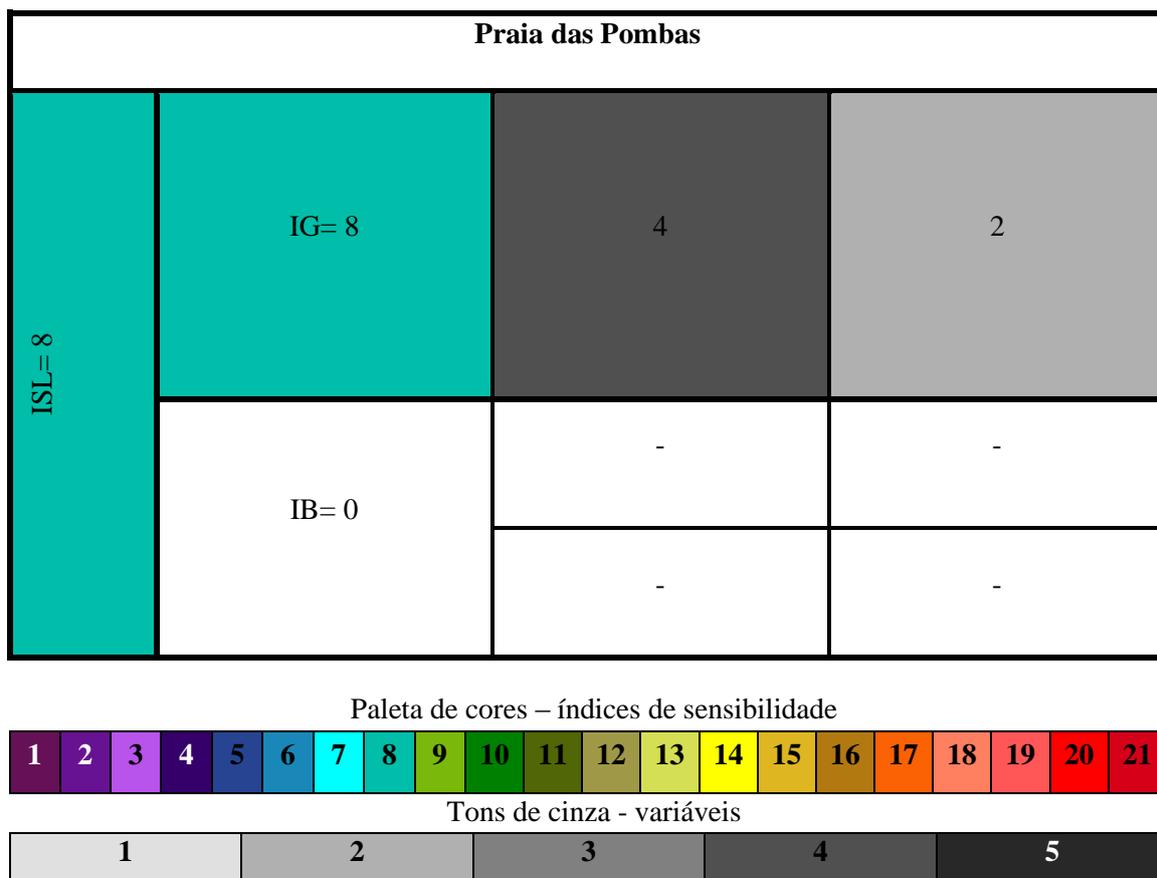


Figura 21: Índice de Sensibilidade do Litoral para a Praia das Pombas.

O mapeamento da praia das Pombas, com seu respectivo Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), é apresentado na figura 22.



Figura 22: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia das Pombas.

### Praia da Pedreira

Terceira praia do Parque Estadual de Itapuã, de norte para sul e de fácil acesso, encontra-se a Praia da Pedreira (fig. 23), cuja extensão aproximada é de 600 metros e largura de 25 metros. Tem por característica ser uma praia arenosa encaixada por rochas, com a presença de pontais. Orientada para o Lago Guaíba, cuja direção é de noroeste – sudeste, torna-se muito abrigada dos ventos predominantes na região. Esta praia é composta por areia média moderadamente selecionada, sendo constituída por aproximadamente 8% de cascalho e 92% de areia, UTM 495543 6641441 (amostra 3). A declividade medida em campo foi de 7°, sendo então, classificada como praia de moderada declividade, com valor de FAA= 2. A arrebentação medida em campo foi menor do que 0,20 metros, o que permitiu ser classificada como praia de baixa energia, protegida.

Na praia da Pedreira ocorre a desova da tartaruga tigre d'água (fig. 24), *Trachemys dorbigni*, sendo por isso, uma possível área de nidificação. Assim, a variável “espécie dependente da costa - Ec”, “espécie sensível - Es” e “espécie com valor de conservação - Vc” estão presentes na constituição do Índice Biológico de Sensibilidade (IB). A variável “espécie com localização prevista - Lp” também está presente no índice pois, a desova sempre ocorre na mesma região desta praia.

Na figura 25 o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a praia da Pedreira e na figura 26 seu respectivo mapeamento.



Figura 23: Praia da Pedreira – Parque Estadual de Itapuã, Viamão - RS.



Figura 24: Tartaruga tigre d'água, *Trachemys dorbigni*, espécie cuja postura dos ovos ocorre na Praia da Pedreira.

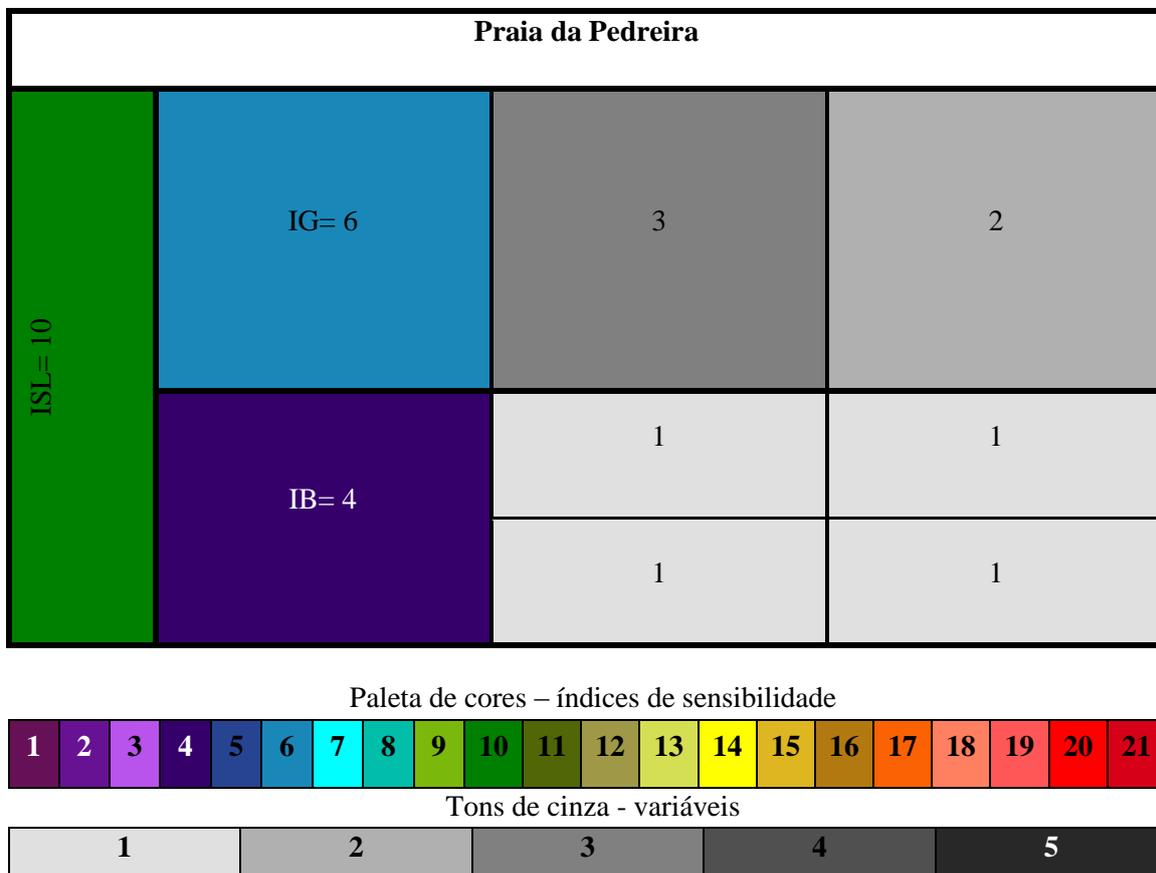


Figura 25: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia da Pedreira.

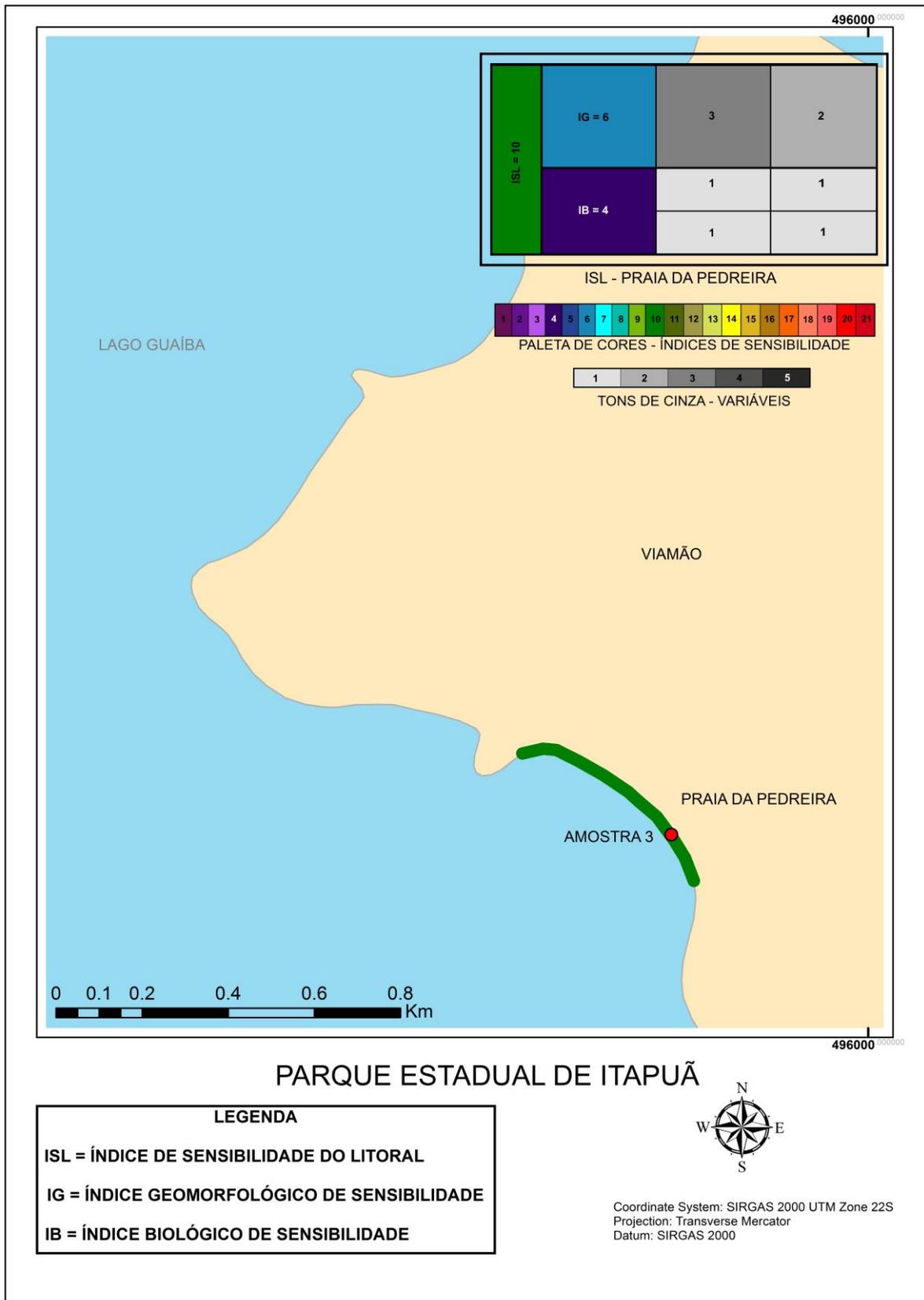


Figura 26: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia da Pedreira.

### **Praia do Tigre**

Acessível somente através de trilha guiada a partir da Praia de Fora encontra-se a Praia do Tigre (fig. 27), a qual possui aproximadamente 300 metros de extensão e 20 metros de largura. Esta praia está voltada para a Lagoa dos Patos, no sentido leste-oeste, estando assim protegida dos ventos de quadrante norte e nordeste. Tal fato não ocorre para os ventos de quadrante sul, mais intensos e energéticos, e sudeste, tornando-a exposta a uma pista de vento de aproximadamente 60 quilômetros.

A praia do Tigre é composta de areia grossa pobremente selecionada com aproximadamente 19% de cascalho e 81% de areia, UTM 495786 6638165 (amostra 4), muito semelhante à praia das Pombas. A declividade medida em campo foi de 4°, o que a classifica em baixa declividade, com FAA=3. A arrebentação observada em campo foi menor do que 0,20 metros, o que a enquadraria em praia de baixa energia, entretanto, a questão da alternância dos ventos predominantes na região é suficientemente forte para enquadrá-la em praia de moderada energia, semi-protegida.

Quanto aos recursos biológicos, a Praia do Tigre abriga em suas dunas frontais a espécie Efedra (*Ephedra tweediana*) (fig. 28), endêmica da região e característica das matas de restinga, um dos ecossistemas mais ameaçados do Rio Grande do Sul. Dessa maneira, o Índice Biológico de Sensibilidade (IB) para esta praia fica composto pela variável “espécie com valor de conservação - Vc”, com  $n = 2$ , devido a Efedra ser endêmica da região, o que aumenta a necessidade de conservação e proteção da Praia do Tigre. Por ser uma espécie vegetal sésil, que não possui movimentação, também há a presença da variável “localização prevista - Lp”. Por ser dependente da região costeira, a variável “espécie dependente da costa - Ec” também está presente na composição do IB. Por fim, a última variável biológica “espécie sensível - Ev” também está presente na constituição do IB.

Na figura 29 estão os resultados sintetizados no esquema proposto para a classificação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) referente à Praia do Tigre e na figura 30 o seu mapeamento.



Figura 27: Praia do Tigre – Parque Estadual de Itapuã, Viamão - RS.



Figura 28: Efedra, *Ephedra tweediana*, espécie vegetal de endemismo regional, ocorre nas dunas da Praia do Tigre.

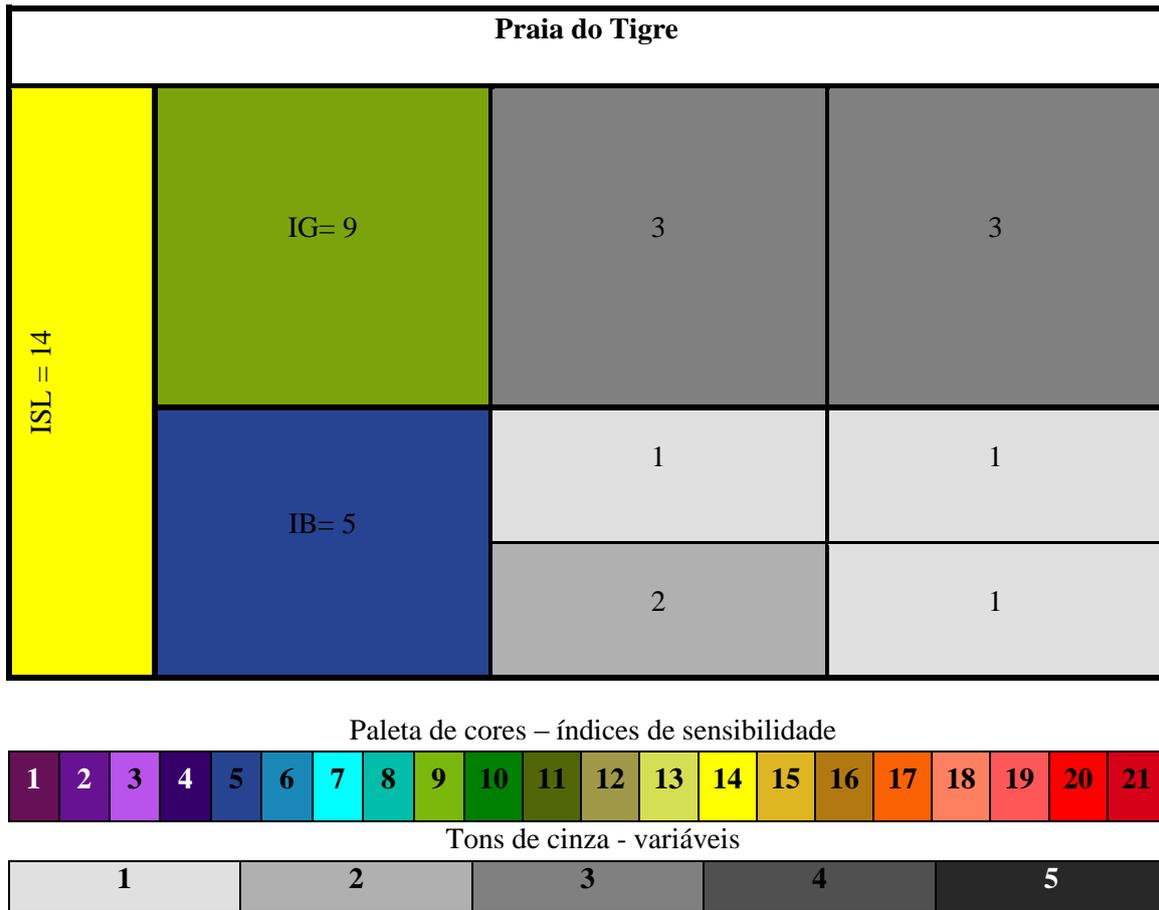


Figura 29: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia do Tigre.

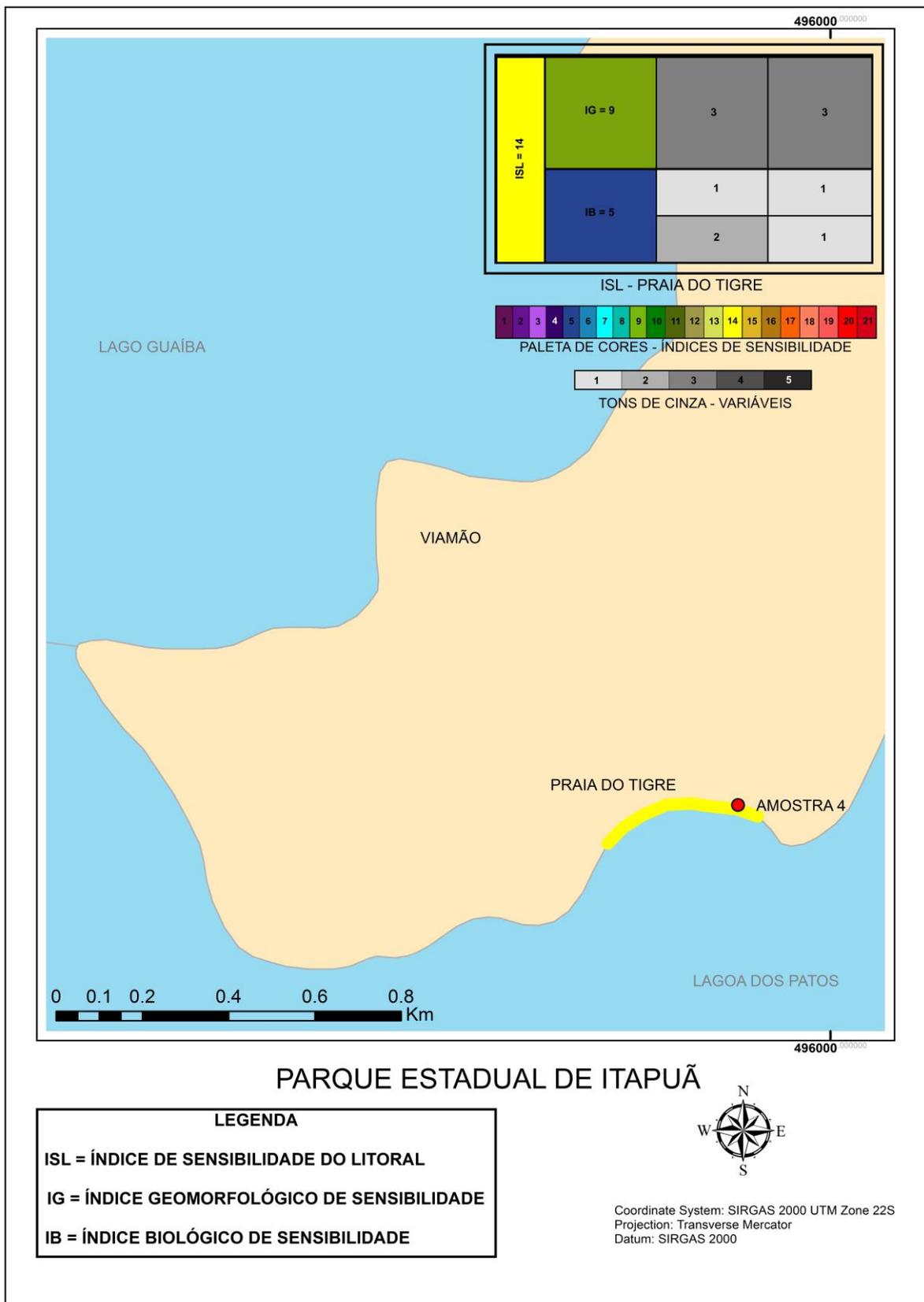


Figura 30: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia do Tigre.

### **Praia de Fora**

A última praia do Parque Estadual de Itapuã, localizada de norte para sul, é a Praia de Fora (fig. 31), cuja largura é de 25 metros e extensão é de aproximadamente 17 Km, tendo como limite na porção sul o Pontal das Desertas. Orientada para a Lagoa dos Patos, no sentido noroeste – sudeste, possui uma pista de vento que pode chegar a até 200 km para ventos de quadrante sul, gerando ondas suficientemente energéticas para alterar seu perfil, tornando-se um exemplo ideal para classifica-la como um ambiente exposto, de alta energia.

Nicolodi & Toldo (2003) mostraram que esta praia oscila entre os estágios dissipativos e refletivos, o que corrobora com as extremas variações na hidrodinâmica local, favorecida pela direção predominante dos ventos (nordeste e sudeste), que é perpendicular à orientação da praia.

Tem por característica sedimentares ser constituída de areia de granulometria fina e muito bem selecionada, sendo composta 100% de areia, UTM 498215 6638230 (amostra 5). A declividade medida em campo foi de 4°, o que a classifica em baixa declividade, tendo como valor de  $FAA=3$ . A arrebentação medida em campo foi menor do que 0,25 m, entretanto, através dos estudos nessa região, dimensões e exposição aos ventos, sabe-se que é uma praia de alta energia, sendo assim, classificada em praia exposta. Segundo Nicolodi (2002), a arrebentação da praia de Fora pode atingir mais de 1m em caso de tempestades na presença do vento sul.

Para o Índice Biológico de Sensibilidade (IB) não foi identificada nenhuma espécie dependente da costa, que seja sensível ao derramamento de óleo, que tenha valor de conservação por ser endêmica ou em extinção e espécie que tenha localização prevista em caso de incidente com óleo.

Na figura 32 estão os resultados compilados da Praia de Fora e na figura 33 o seu mapeamento.



Figura 31: Praia de Fora – Parque Estadual de Itapuã, Viamão - RS.

Praia de Fora			
ISL= 6	IG= 6	2	3
	IB= 0	-	-
		-	-

Paleta de cores – índices de sensibilidade



Tons de cinza - variáveis



Figura 32: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia de Fora.

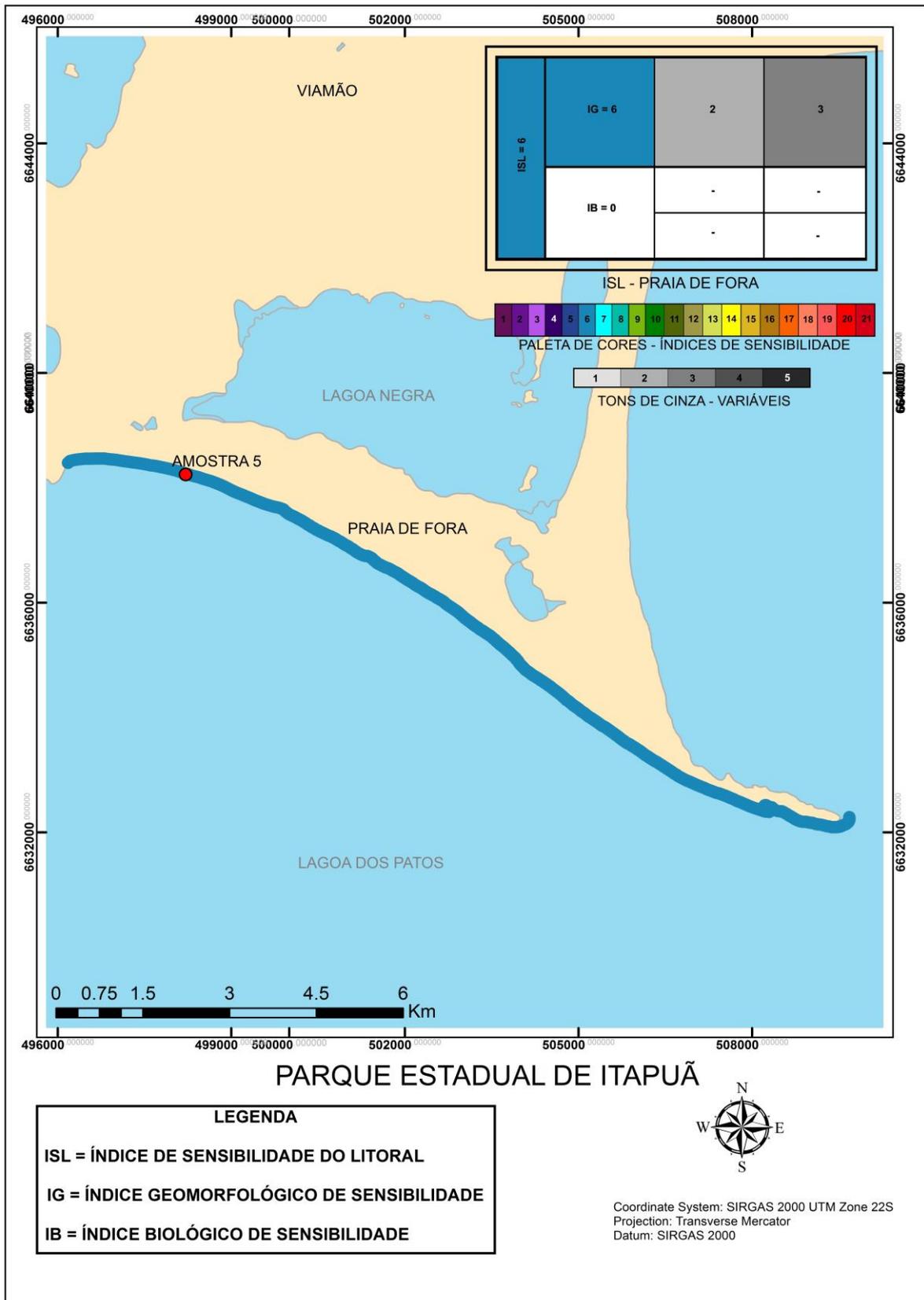


Figura 33: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Praia de Fora.

Para melhor visualização dos dados e discussão foi desenvolvida uma tabela esquemática (tabela 4) reunindo todas as informações geomorfológicas e biológicas das praias estudadas e classificadas segundo a sensibilidade ao óleo do Parque Estadual de Itapuã.

Tabela 4: Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas das quatro praias do Parque Estadual de Itapuã.

	<b>PRAIAS</b>			
<b>Características</b>	Praia das Pombas	Praia da Pedreira	Praia do Tigre	Praia de Fora
Granulometria	Areia grossa	Areia média	Areia grossa	Areia fina
Exposição	Protegido	Protegido	Semi-protegido	Exposto
Declividade	Moderada	Moderada	Baixa	Baixa
Substrato/ Exposição	4	3	3	2
Fator de Área Atingida (FAA)	2	2	3	3
Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG)	8	6	9	6
Espécie vulnerável	Ausente	Presente	Presente	Ausente
Espécie com localização prevista	Ausente	Presente	Presente	Ausente
Espécie dependente da costa	Ausente	Presente	Presente	Ausente
Espécie com valor de conservação	Ausente	Presente	Presente e endêmica da região	Ausente
Índice Biológico de Sensibilidade (IB)	0	4	5	0

ISL	8	10	14	6
ISL metodologia MMA	5	4	4	3

Como observado na tabela 4, a praia que obteve maior classificação quanto à sensibilidade ao derramamento de óleo foi a praia do Tigre, devido à presença de uma espécie vegetal sensível, costeira, que possui localização prevista e necessidade de conservação devido ao seu endemismo. Tal fato lhe possibilitou gerar o maior valor do Índice Biológico de Sensibilidade (IB), quando comparado às outras três praias. O valor do Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) também foi o maior observado pois, é constituída por areia média, a qual permite maior penetração do óleo em relação à areia fina, e a praia do Tigre tem baixa declividade, o que gera uma maior área de contato do óleo com o sedimento e, conseqüentemente, uma maior área contaminada.

Para esta mesma praia, a metodologia proposta pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) a classifica em ISL 4, devido somente à sua granulometria média, desprezando as características biológicas do local. Assim sendo, torna-se menos sensível do que a praia das Pombas, a qual foi classificada como ISL 5 devido a granulometria grosseira, mesmo não sendo identificada nenhuma espécie que possa ser atingida em caso de incidente envolvendo óleo.

A segunda praia mais sensível foi a praia da Pedreira, o seu valor de Índice Biológico de Sensibilidade (IB) foi menor quando comparado à praia do Tigre pois não apresentou o mesmo endemismo, como no caso da Efedra. A tartaruga tigre d'água também é encontrada em outras regiões do Lago Guaíba e Lagoa dos Patos, não estando restrita somente à praia da Pedreira. A metodologia oficial do Ministério do Meio Ambiente classifica a praia da Pedreira em ISL 4, semelhante à praia do Tigre, pois ambas apresentam areia média em sua constituição, entretanto, tal diferenciação de sensibilidade a partir do método proposto tornou-se presente devido ao endemismo regional da Efedra.

Comparando os Índices Geomorfológicos de Sensibilidade da praia da Pedreira com a praia das Pombas, o valor para a segunda praia é maior devido somente à diferença de granulometria, pois ambas são praias abrigadas e de moderada declividade. No caso da praia das Pombas, o seu substrato grosseiro permite maior infiltração do óleo do que praias constituídas de areia média ou fina. Entretanto, o fator que ponderou a praia da Pedreira como mais sensível do que a praia das Pombas foi a presença das variáveis biológicas e do Índice Biológico de Sensibilidade.

Por fim tem-se a praia de Fora, classificada como a menos sensível dentre todas, gerou juntamente com a praia da Pedreira o menor valor de Índice Geomorfológico de Sensibilidade devido à sua constituição de areia fina, que permite a menor infiltração do óleo no sedimento. Também, por ser uma praia exposta à dinâmica local de ventos e ação de ondas, torna-se a menos sensível pela maior facilidade de remoção natural em caso de acidente com óleo. Assim como a praia das Pombas, não foi identificada nenhuma espécie que pudesse ser incluída nos fatores constituintes do Índice Biológico de Sensibilidade.

Na classificação proposta pelo Ministério do Meio Ambiente a praia mais sensível é a praia das Pombas, seguida da praia da Pedreira e Tigre e por último a praia de Fora. Na metodologia desenvolvida no presente trabalho a praia do Tigre passa a ser a mais sensível, seguida da praia da Pedreira, Pombas e por fim praia de Fora.

### 4.3 Parque Nacional da Lagoa do Peixe

Para o desenvolvimento dos resultados e discussões da região costeira do Parque Nacional da Lagoa do Peixe (fig. 34), foi utilizado um ponto de amostragem no litoral do Rio Grande do Sul, nas proximidades do Farol de Mostardas, o qual localiza-se a aproximadamente 17 km da desembocadura intermitente da Lagoa do Peixe e está contido na área do Parque. Nesse local de amostragem, a praia apresentou uma largura de aproximadamente 30 metros, com a declividade do litoral, medida através do método de clinômetro, de 5°, sendo enquadrada como praia de média declividade, o que lhe confere valor 2 de Fator de Área Atingida (FAA). Os resultados do processamento da amostra granulométrica definiram esse trecho como praia de areia fina muito bem selecionada, sendo constituída 100% por areia, UTM 509048 6542770 (amostra 6). A arrebentação foi caracterizada como deslizante, com ondulação entre 0,5 e 1 metro. Devido à grande exposição dessa porção do litoral do Rio Grande do Sul aos ventos de quadrante NE e S/SE, e a altura da arrebentação, essa região foi classificada como ambiente exposto, de alta energia, sendo a classificação proposta na tabela 2.

Com relação aos recursos biológicos, Harrington *et al* (1986) e Resende (1988) consideram a Lagoa do Peixe como área crítica para várias espécies de maçaricos e batuíras, que usam a região como ponto de parada na sua rota migratória. Também, estima-se que 30% da população mundial de *Limosa haemastica*, espécie altamente vulnerável, encontra-se na Lagoa do Peixe entre outubro e abril, sendo um dos poucos lugares do mundo onde se pode observá-la rotineiramente em grande número.

O local é também importante área de reprodução e desasagem (muda das penas de voo) de cisnes-de-pescoço-negro, *Cygnus melanoryphus* e capororocas, *Coscoroba coscoroba* (fig. 35), ambas espécies ameaçadas de extinção, segundo a Lista da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Além dessas espécies de aves têm-se também quatro outras que estão ameaçadas, segundo a Lista de Espécies Ameaçadas protegidas pelo Parque, dentre elas estão o gavião cinza, *Circus cinereus*, gaivota-de-rabo-preto, *Larus atlanticus*, sanã-cinza, *Porzana spiloptera* e trinta-réis-real, *Thalasseus maximus*.

O único mamífero estudado na região da Lagoa do Peixe foi a lontra, *Lutra longicaudis*, que juntamente com o jacaré-do-papo-amarelo, *Caiman latirostris* (fig. 36), são espécies ameaçadas de extinção segundo a relação fornecida pela Divisão de Fauna Silvestre do IBAMA do Rio Grande do Sul. Dentre os principais motivos da ameaça à distribuição e abundância das lontras estão a poluição e a destruição dos habitats.

Com essas características geomorfológicas, sedimentares e biológicas, o quadro esquemático do ISL proposto para essa região costeira do Parque Nacional da Lagoa do peixe fica exposto na figura 37 e o mapeamento final com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) na figura 38.



Figura 34: Desembocadura da Lagoa do Peixe – Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS.



Figura 35 Capororocas, *Coscoroba coscoroba*. Espécie ameaçada de extinção encontrada no Parque Nacional da Lagoa do Peixe.



Figura 36: Jacaré-do-papo-amarelo, *Caiman latirostris*. Espécie ameaçada de extinção encontrada no Parque Nacional da Lagoa do Peixe.

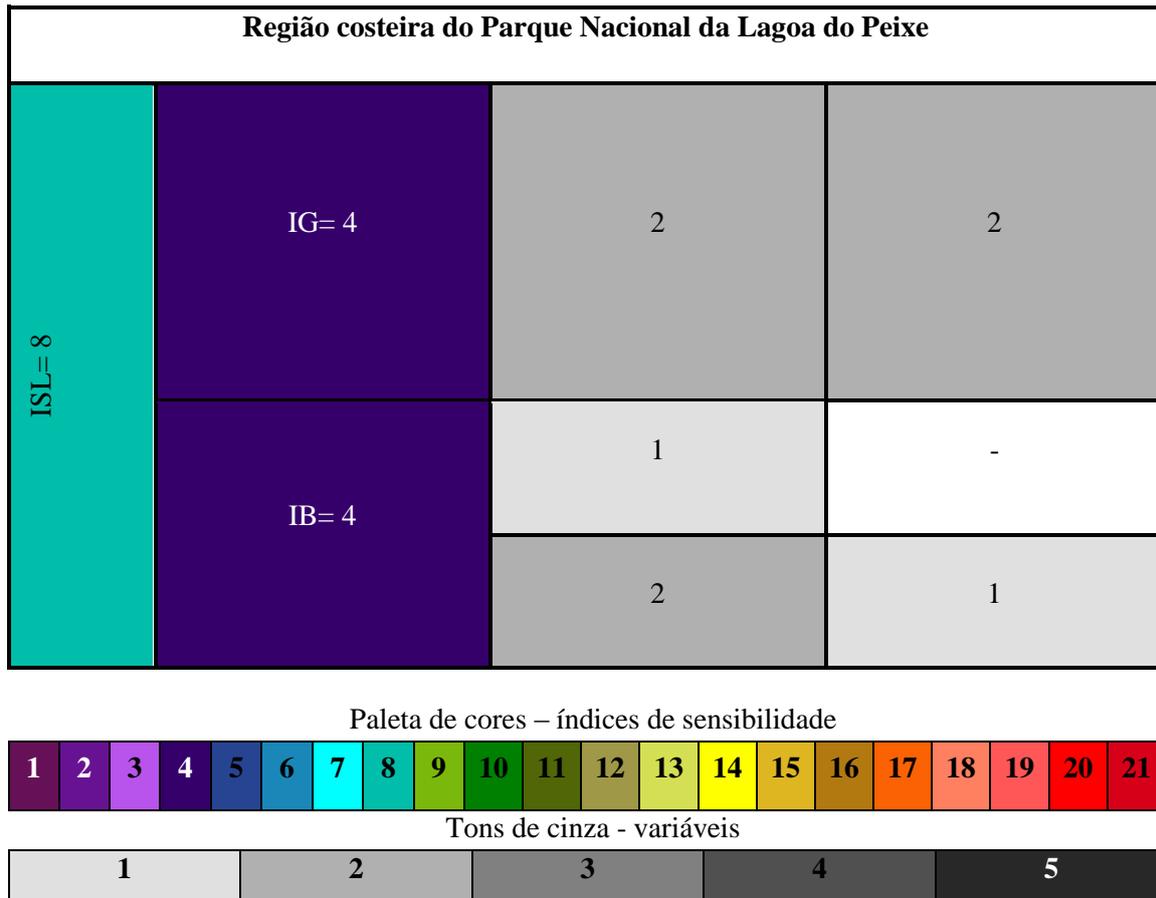


Figura 37: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a região costeira do Parque Nacional da Lagoa do Peixe.

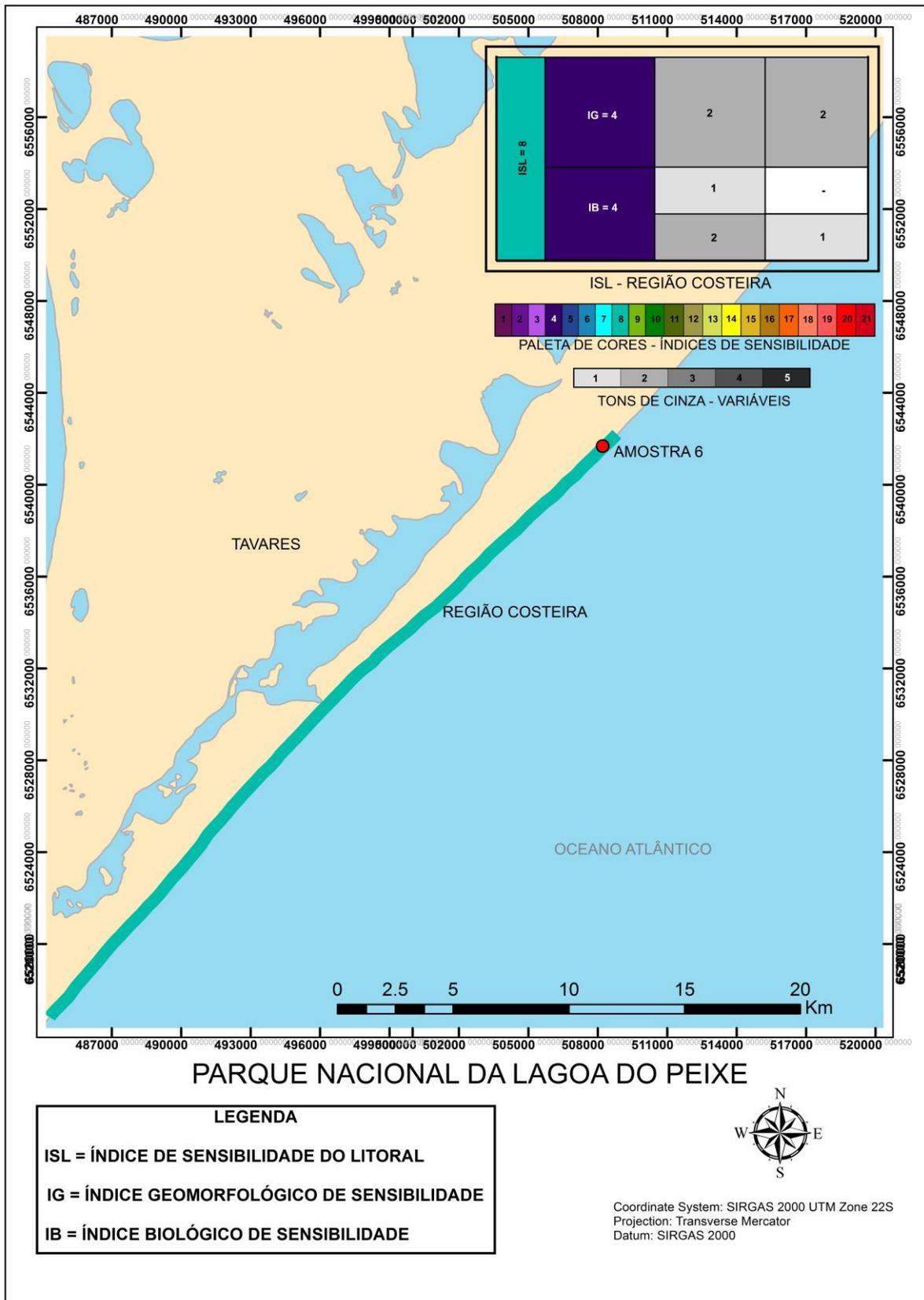


Figura 38: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a região costeira do Parque Nacional da Lagoa do Peixe.

Após a aplicação do novo método para determinação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) da região costeira do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, observa-se que o Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) ficou determinado como 4 e o Índice Biológico de Sensibilidade (IB) como 4, chegando ao valor 8 referente ao ISL final. Para a metodologia oficial do Ministério do Meio Ambiente, essa região seria enquadrada em ISL 3, devido ao substrato de areia fina e exposto à ação hidrodinâmica de ondas e marés. É evidente que o maior valor de sensibilidade, atribuído com a aplicação do novo método, é devido à diversidade biológica e importância ecológica do Parque Nacional.

Com o fato da metodologia MMA não integrar as variáveis de importância biológica, tal classificação seria indevida e com valor muito baixo de sensibilidade para essa importantíssima área, o que subestimaria a real sensibilidade local.

A presença de espécies ameaçadas de extinção, espécies em extinção e que utilizam essa área para reprodução e alimentação é suficientemente forte para agregar um valor na sensibilidade local, tendo em vista que a classificação somente a partir de variáveis geomorfológicas torna-se muito superficial.

A região da desembocadura da Lagoa do Peixe apresenta uma barra arenosa, de mesmas características da praia oceânica descrita acima, enquadrando-se também em ISL 8, como observado na figura 39. O mapeamento do proposto índice é observado na figura 40.

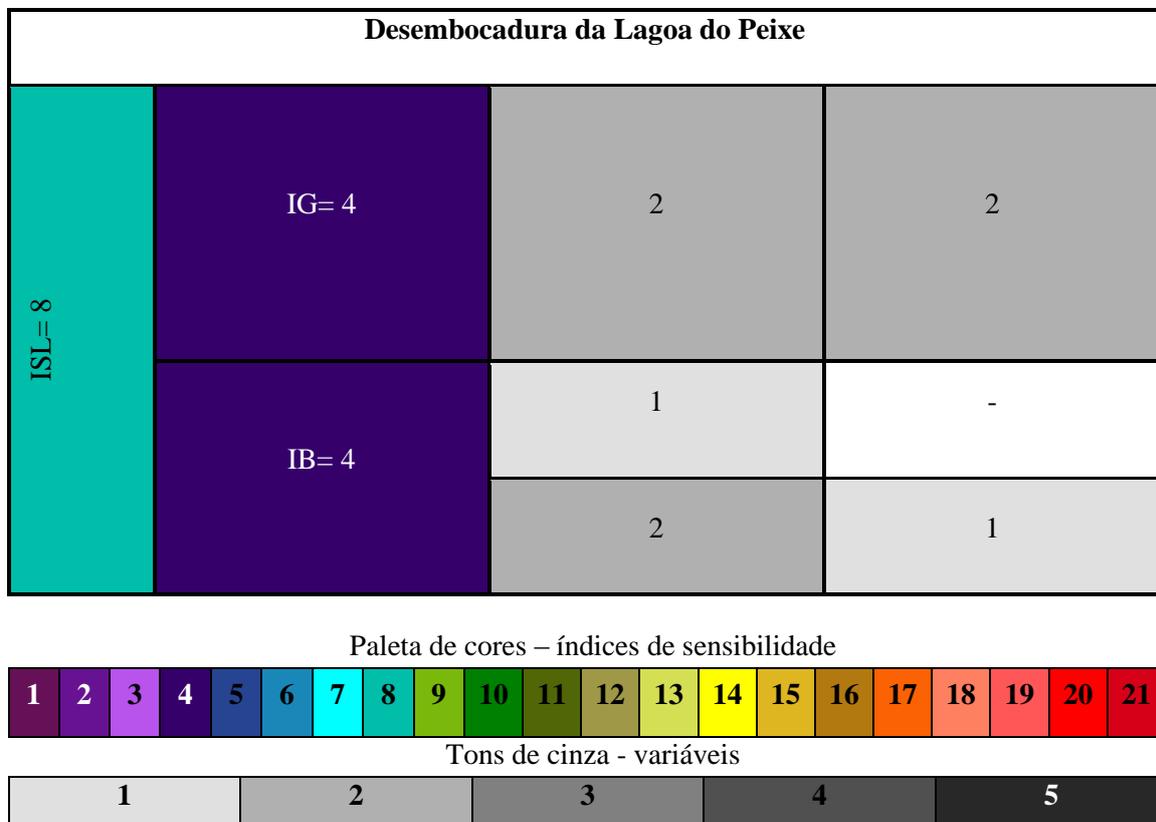


Figura 39: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a desembocadura da Lagoa do Peixe.

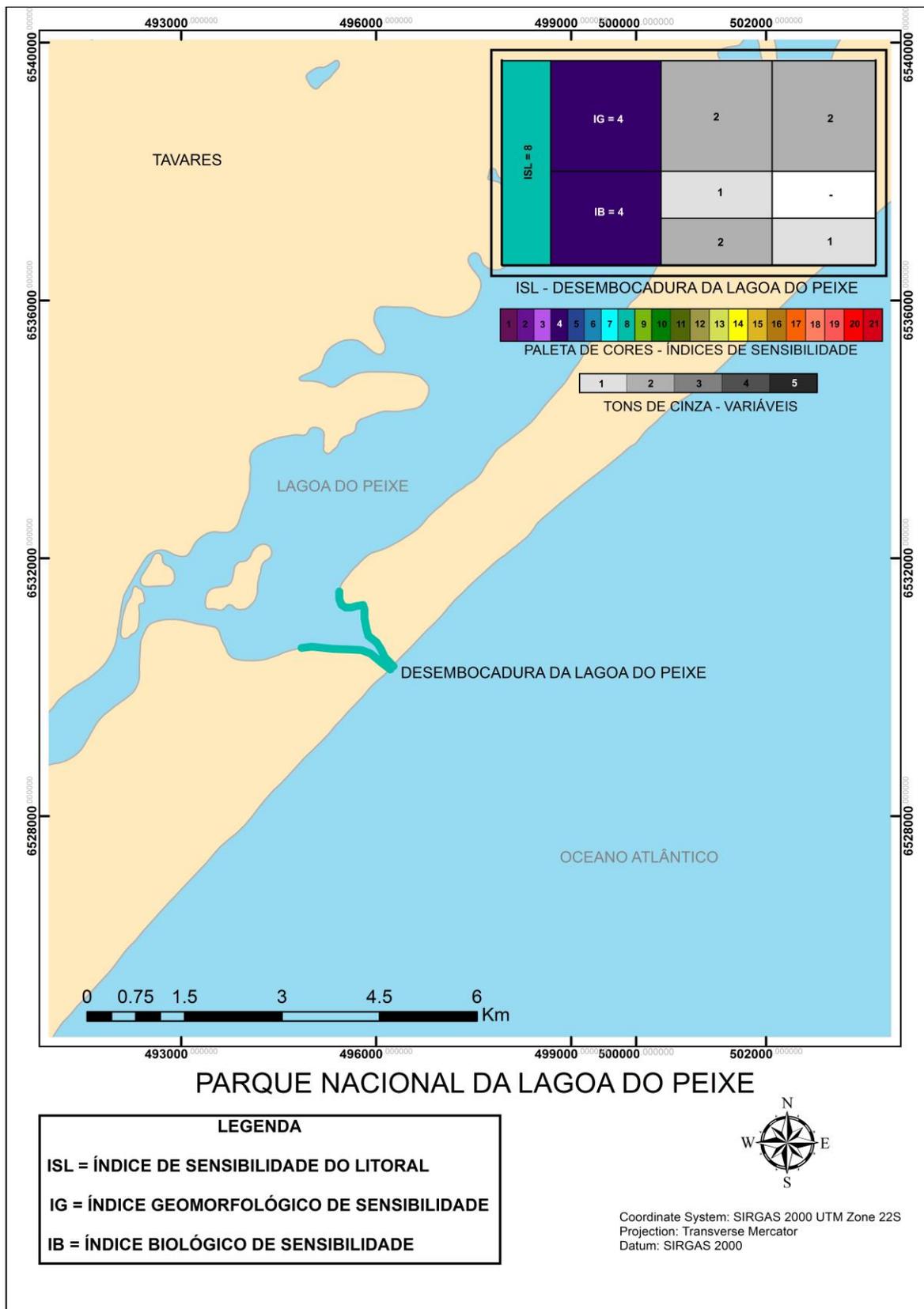


Figura 40: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a desembocadura da Lagoa do Peixe.

Para a identificação das características geomorfológicas da Lagoa do Peixe, foi utilizada bibliografia e imagens do Google Earth, pois, no trabalho de campo, não houve navegação e mapeamento da totalidade da Lagoa.

As margens internas da Lagoa do Peixe são compostas em sua totalidade por vegetação. De acordo com a metodologia para a determinação da relação tipo de substrato/exposição, um dos fatores que compõe o Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG), os substratos vegetados abrigados são classificados com o valor 5. Para o caso de margens vegetadas, a variável Fator de Área Atingida (FAA), a qual leva em conta a declividade do litoral, será definida como o máximo valor, 3, uma vez que a presença de vegetação torna a atividade de limpeza muito mais complicada quando comparada às regiões que possuem substrato arenoso e, a rápida dispersão do óleo entre a vegetação. Assim, o valor referente ao IG é 15.

Como as espécies descritas acima habitam toda a região do Parque, o Índice Biológico de Sensibilidade (IB) também é definido como 4, valor dado em função da presença de espécies sensíveis, dependentes da costa, que possuem valor de conservação e são ameaçadas de extinção ou estão em extinção. A variável de importância biológica “espécie com localização prevista” não está presente, pois todas elas possuem grande movimentação, dificultando a localização exata das mesmas.

Dessa forma, a Lagoa do Peixe foi classificada com ISL final 19, sendo o máximo valor possível ISL 21. Tal fato é explicado pela característica de suas margens, pelas características do ambiente quanto à exposição e devido à grande importância biológica. Segundo a metodologia oficial proposta pelo MMA, a Lagoa do Peixe enquadra-se em ISL10, que abrange todas as margens de rios ou lagoas, não diferenciando as características específicas de cada setor da margem, seja ele arenoso, rochoso, lamoso ou vegetado. Para o caso da Lagoa do Peixe, essa diferenciação não ocorrerá, pois, toda sua extensão é composta de vegetação, entretanto, caso fosse identificadas regiões de distinta classificação, como por exemplo, praias arenosas ou regiões rochosas, tal método seria capaz de distinguir e diferenciar cada setor quanto à sensibilidade ao contato com o óleo, sendo atribuídos diferentes valores de sensibilidade, fato que não ocorre para a metodologia oficial.

Assim, a figura 41 mostra a composição do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Lagoa do Peixe e a figura 42 o mapeamento proposto para essa região.

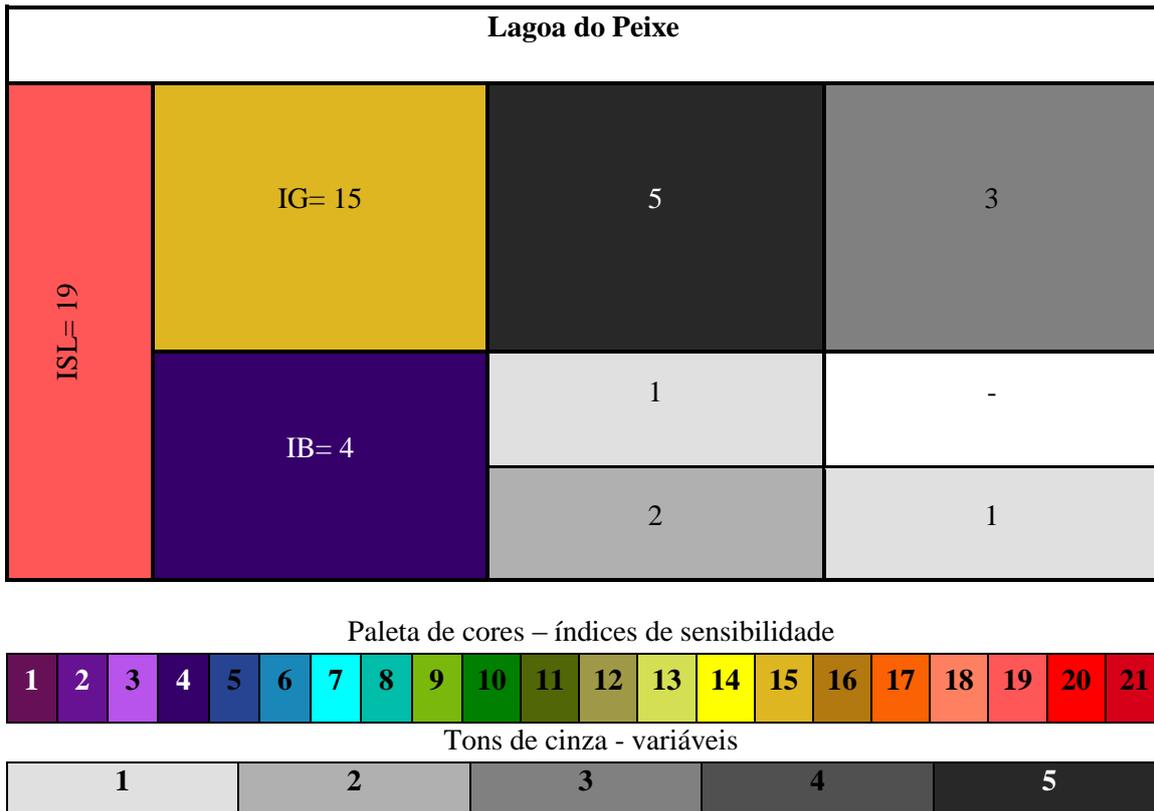


Figura 41: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Lagoa do Peixe.

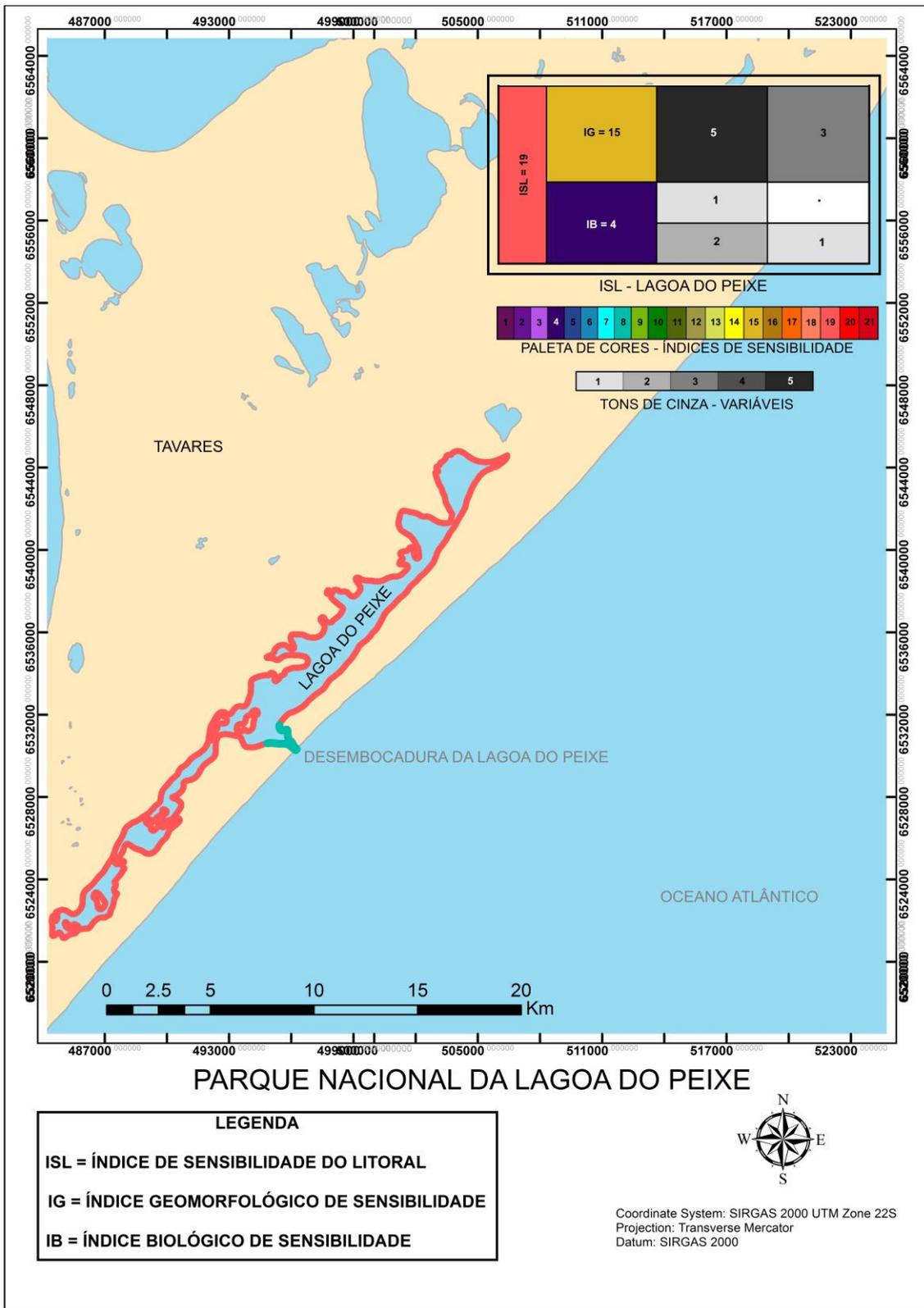


Figura 42: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) da Lagoa do Peixe.

Na tabela 5 segue uma síntese detalhada das regiões com suas respectivas características e seus valores de sensibilidade.

Tabela 5: Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas para as regiões do Parque Nacional da Lagoa do Peixe.

Características	Regiões do Parque Nacional da Lagoa do Peixe		
	Região costeira	Desembocadura	Lagoa do Peixe
Granulometria	Areia fina	Areia fina	Substrato vegetado
Exposição	Exposto	Exposto	Protegido
Declividade	Moderada	Moderada	-
Substrato/Exposição	2	2	5
Fator de Área Atingida (FAA)	2	2	3
Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG)	4	4	15
Espécie vulnerável	Presente	Presente	Presente
Espécie com localização prevista	Ausente	Ausente	Ausente
Espécie dependente da costa	Presente	Presente	Presente
Espécie com valor de conservação	Presente e ameaçada de extinção	Presente e ameaçada de extinção	Presente e ameaçada de extinção
Índice Biológico de Sensibilidade (IB)	4	4	4
ISL	8	8	19
ISL metodologia MMA	3	3	10

#### 4.4 Parque Estadual do Camaquã

Para o desenvolvimento dos resultados e discussões da região do Parque Estadual do Camaquã (fig. 43) foram utilizados dois pontos de amostragem de sedimentos e características da região, os quais localizam-se nas coordenadas UTM 428880 6538267 (amostra 7) e UTM 425464 6539821 (amostra 8), ambos os pontos podem ser localizados no mapa.

Devido à dificuldade de navegação no delta do rio Camaquã, em função das regiões de baixo, ampla dimensão e questões logísticas, foi utilizado o auxílio da ferramenta Google Earth para a caracterização geomorfológica do local de estudo. Assim, observa-se que toda a região interna do delta se caracteriza pela presença de margens vegetadas, não sendo observado locais de diferentes características geomorfológicas, como a presença margens rochosas ou arenosas.

A amostra 7 está localizada no pontal arenoso do delta do rio Camaquã, o qual tem por características sedimentares ser composto por areia grossa moderadamente selecionada, com aproximadamente 96% de areia e 4% de cascalho. Nesse ponto de amostragem, a praia apresentou largura por volta de 10 metros e declividade, medida através do método de clinômetro, de 10°, tal fato é suficiente para enquadrá-la em uma praia com média declividade, cujo valor referente a variável Fator de Área Atingida – FAA é determinado como 2. A arrebentação observada foi classificada como deslizante e com altura significativa estimada em menor do que 0,25 metros. Apesar dessa região estar localizada em uma lagoa costeira, cujas dimensões são suficientemente grandes para receber uma grande pista de ventos e ondulação, este ambiente foi classificado como semi-exposto, de moderada energia. Essa classificação é dependente da direção do vento, à medida que está mais protegida dos ventos de quadrante N e NE e mais exposta aos ventos de quadrante S e SE, que pode chegar a uma pista de vento de aproximadamente 50 km.

Já, a amostra 8 está localizada mais ao sul do delta, apresentando características semelhantes ao outro ponto de coleta. Tem por características sedimentares ser composto por areia grossa, mas diferente do ponto anterior, pobremente selecionada, com a presença de um pouco mais de cascalho em sua constituição, chegando a valores próximos de 89% de areia e 11% de cascalho. Nesse local de observação e amostragem, a praia apresentou também a mesma largura aproximada de 10 metros, entretanto, sua declividade medida aumentou para 16°, tal fato lhe conferiu a classificação de praia de média declividade, com valor 2 para a variável Fator de Área Atingida. As amostras sedimentares 7 e 8 são representativas de todo trecho praias da região, devido à ausência de variação lateral das características sedimentares.

Para a questão da exposição do ambiente, as mesmas características do ponto anterior foram mantidas, devido à proximidade e semelhança entre eles. Assim, com arrebentação observada como deslizante e altura significativa estimada em menor que 0,25 metros, tal praia foi classificada em semi-exposta, de moderada energia, a qual varia de acordo com a direção do

vento. Uma diferença com relação ao ponto anterior é que este está mais abrigado dos ventos de quadrante N e NE, possuindo também maior fetch quando a predominância do S e SE, podendo chegar a uma pista de ventos de 70 km para o vento sul.

Com relação aos recursos biológicos, de acordo com o trabalho de Burguer (2010), na divisão por Unidades Físico-Ambientais realizada pela autora, a região do delta do rio Camaquã apresenta uma megafauna terrestre quase que totalmente extinta, podendo ser encontrado ainda o jacaré-de-papo-amarelo, *Caiman latirostris*, raro e ameaçado de extinção. Atenta-se também para a preservação de dois passeriformes ameaçados, que na zona costeira ocorrem quase que exclusivamente nesse setor, que vai da praia do Cassino, percorrendo a margem oeste da Lagoa dos Patos até a Ponta da Formiga, no limite da Lagoa com o Lago Guaíba. São eles, a boininha, *Spartonoica maluroides* e o galito, *Alectrurus tricolor* (fig. 44). Outras aves como a cancorosa, *Iodina rhombifolia* e o gravatá, *Eryngium divaricatum*, ocorrem neste setor, não havendo informações sobre sua distribuição, principalmente da primeira, citada como em perigo no Rio Grande do Sul (GUADAGNIN e LAYDNER, 1999).

Também, há a presença de duas espécies que possuem concentrações invernais na região, são elas, galinha-d'água, *Gallinula chloropus* e *Fulica spp.*

Após a aplicação do novo método para a determinação da sensibilidade costeira ao derramamento de óleo, o qual integra características geomorfológicas e sedimentares, agrupadas em um Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG), e características biológicas, contidas no Índice Biológico de Sensibilidade (IB), observa-se que os índices foram semelhantes para as regiões do pontal e mais ao sul do Delta.

O Índice Geomorfológico de Sensibilidade ficou estabelecido como valor 6, devido a constituição por areia grossa, ambiente semi-exposto e moderada declividade. Já, a sensibilidade biológica, estabelecida pelo valor de IB= 4, deu-se em função da presença de espécies raras e ameaçadas de extinção, espécies que são dependentes da região costeira e que são sensíveis às pressões antrópicas, especificamente ao contato com o óleo. A variável que determina a localização prevista das espécies não foi encontrada, à medida que ambas as espécies possuem grande movimentação e difícil determinação da localização em caso de incidente envolvendo o óleo. Também, não foi encontrada nenhuma espécie que seja endêmica da região.

Assim, a região arenosa do pontal do Delta do rio Camaquã e a região localizada ao sul do Delta foram classificadas em ISL 10 (fig. 45 e 46, respectivamente) referentes à somatória do IG=6 e IB=4. Considerando a metodologia oficial do Ministério do Meio Ambiente, estes trechos seriam enquadrados como ISL 4, devido a característica de ambiente praiado composto de areia grossa. Entretanto, esta região sendo uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, com espécies raras, ameaçadas e que dependem da região em algum estágio de sua vida, não pode ter sua sensibilidade baseada apenas na característica sedimentar, colocando em risco toda a fauna e riqueza biológica local, que segundo o Ministério do Meio Ambiente, esse ambiente

classifica-se apenas em 4 de uma escala que varia de 1 a 10, sendo considerados de baixa a moderada sensibilidade.

O mapeamento proposto para as duas regiões descritas acima encontra-se na figura 47.



Figura 43: Dois braços principais do Delta do rio Camaquã – Parque Estadual do Camaquã, RS.



Figura 44: Boininha, *Spartonoica maluroides* e Galito, *Alectrurus tricolor*, respectivamente, ambas espécies ameaçadas de extinção encontradas no Parque Estadual do Camaquã, RS.

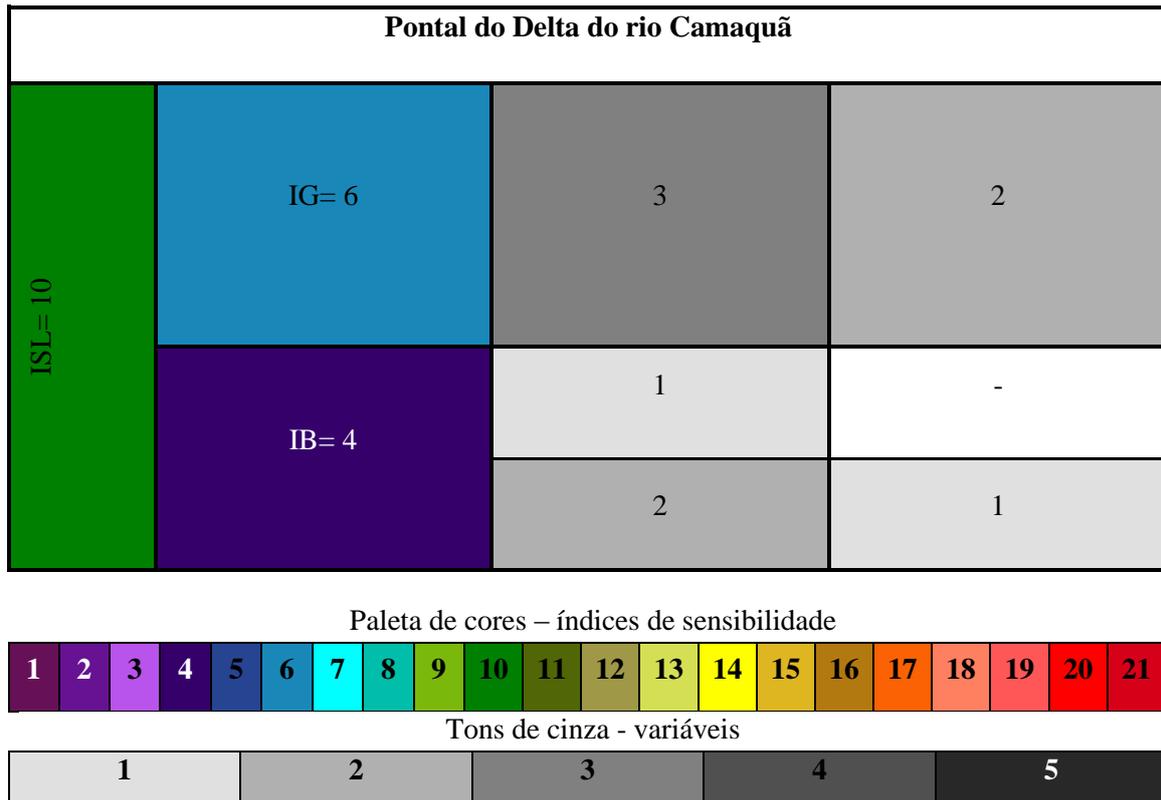


Figura 45: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para o Pontal do Delta do rio Camaquã.

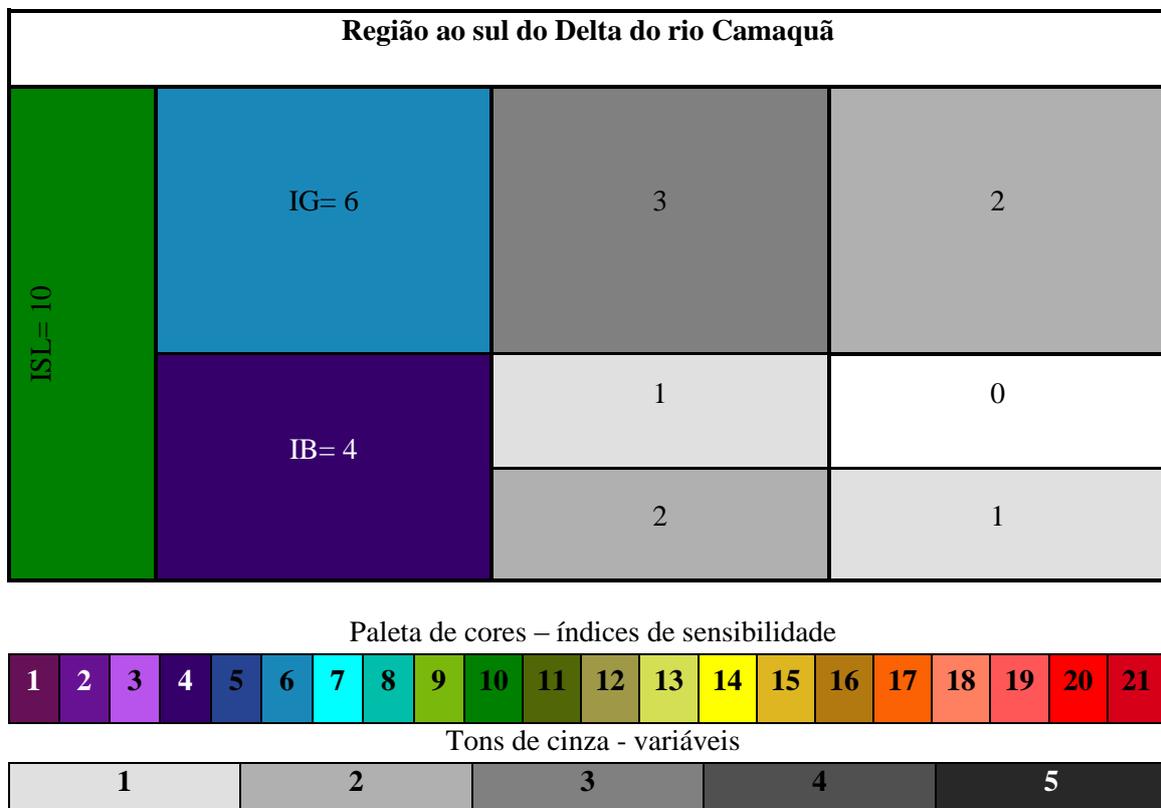


Figura 46: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a região ao sul do Delta do rio Camaquã.

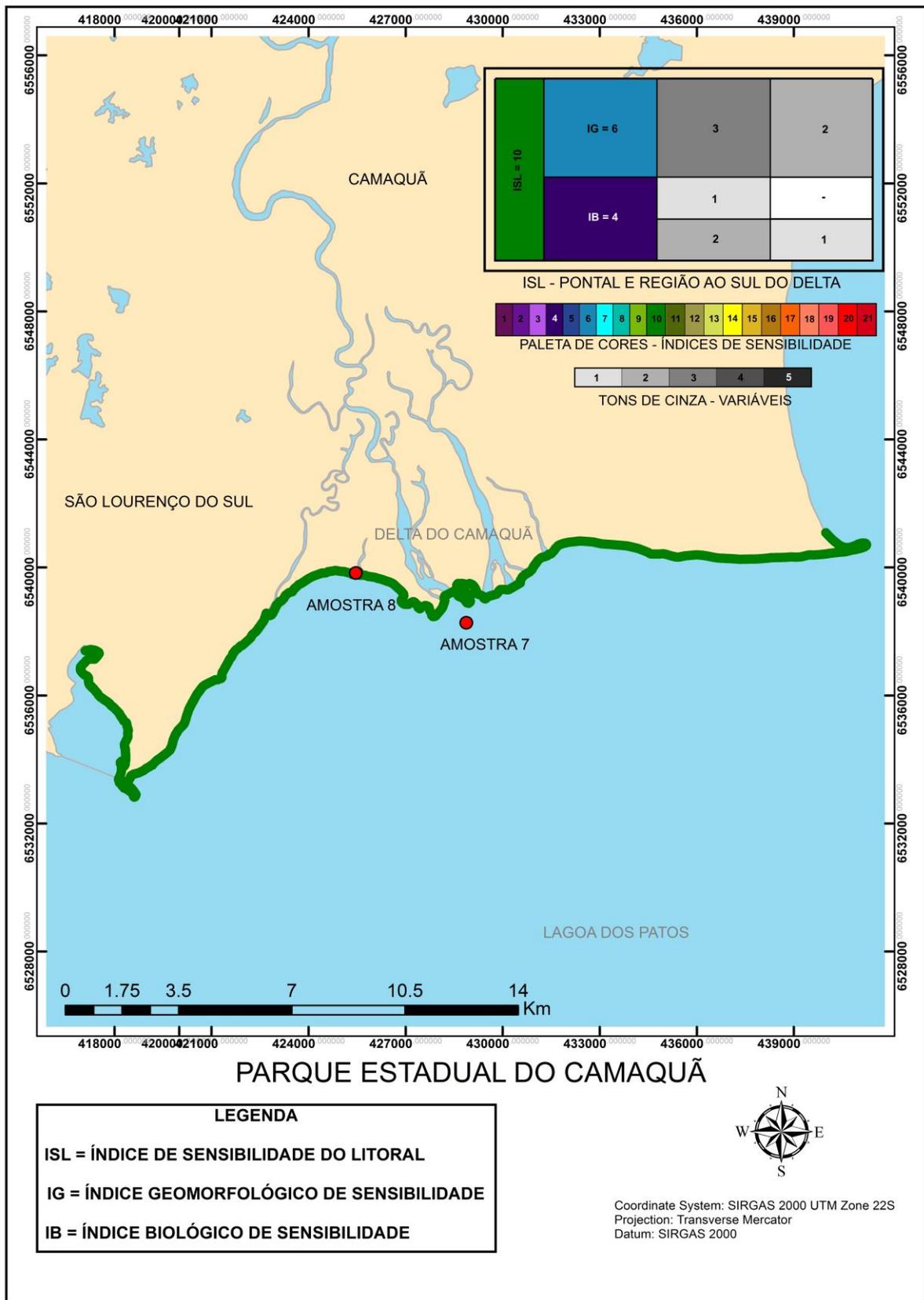


Figura 47: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a região do pontal e ao sul do delta do Camaquã.

De acordo com a metodologia para a determinação da relação tipo de substrato/exposição, um dos fatores que compõe o Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG), os substratos vegetados abrigados são classificados com o valor 5. A determinação da variável Fator de Área Atingida – FAA não será levada em conta a declividade do litoral, como acontece nos casos de ambientes rochosos, arenosos ou lamosos. Dessa forma, de uma maneira diferente, como feito para a região da Lagoa do Peixe, a variável será definida com o máximo valor, 3, uma vez que a presença de vegetação torna a atividade de limpeza muito mais complicada quando comparada às regiões que possuem substrato arenoso e, a rápida dispersão do óleo entre a vegetação. Com isso, o valor referente ao IG torna-se 15.

O Índice Biológico de Sensibilidade (IB) é o mesmo dos pontos descritos acima, pois na bibliografia disponível não há diferenciação quanto a localização de cada espécie importante para o índice, levando em conta a capacidade de movimentação de ambas. Assim o IB também é definido como 4, o que gera um valor de ISL=19 para o Delta do rio Camaquã (fig. 48). O mapeamento proposto encontra-se na figura 49.

A metodologia oficial enquadraria as margens de rios e deltas como ISL máximo 10, independentemente das características de cada setor da margem, seja ele arenoso, rochoso, lamoso ou vegetado. Dessa maneira, torna-se difícil a tomada de decisão em caso de acidente com óleo, sabendo-se que esses ambientes não apresentam homogeneidade quanto suas características.

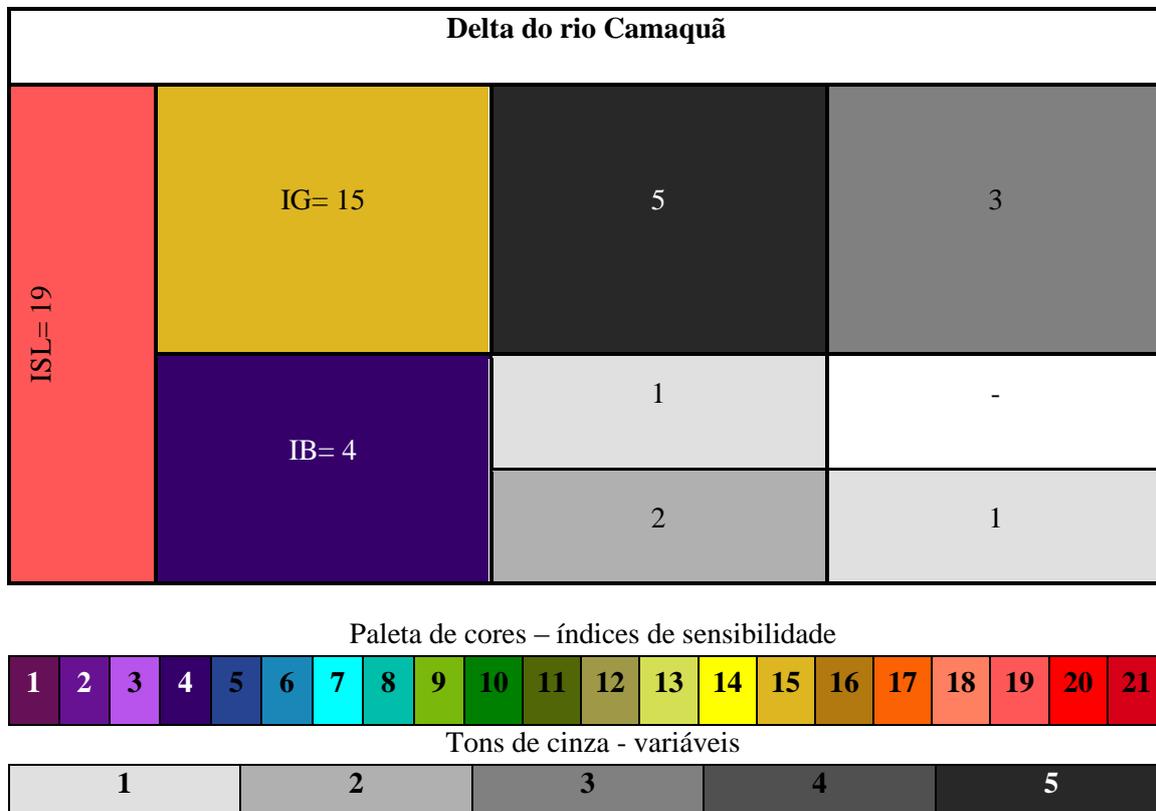


Figura 48: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para o Delta do rio Camaquã.

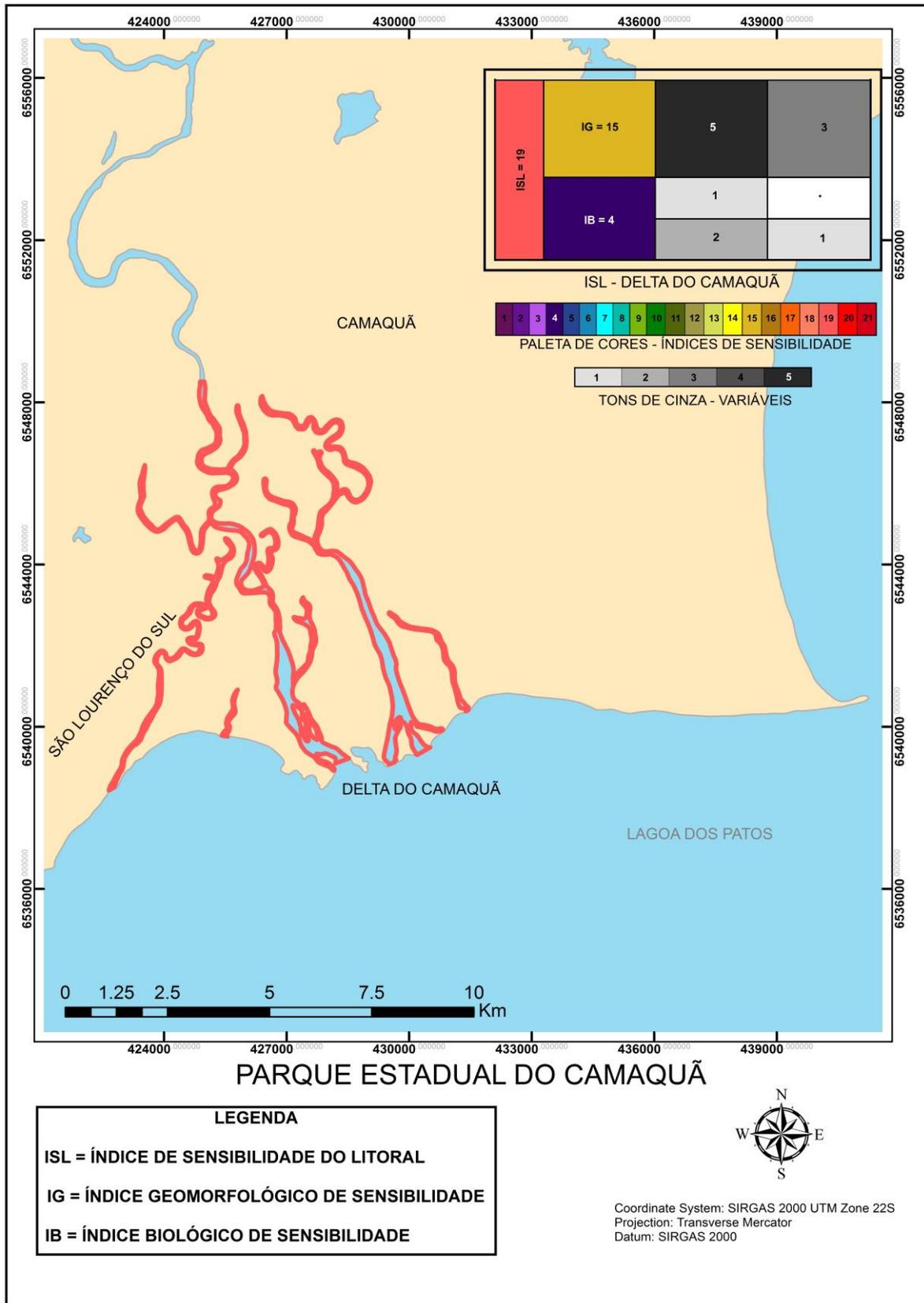


Figura 49: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para o delta do Camaquã.

Por fim, para melhor integração dos dados e comparação das características referentes à cada região descrita, apresenta-se na tabela 6 as informações importantes na aplicação do método e determinação final da sensibilidade integrada.

Tabela 6: Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas para as regiões do Parque Estadual do Camaquã.

<b>Características</b>	<b>Regiões do Parque Estadual do Camaquã</b>		
	Pontal arenoso	Sul do Delta	Interior do Delta
Granulometria	Areia grossa	Areia grossa	Substrato vegetado
Exposição	Semi-exposto	Semi-exposto	Protegido
Declividade	Moderada	Moderada	-
Substrato/Exposição	3	3	5
Fator de Área Atingida (FAA)	2	2	3
Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG)	6	6	15
Espécie vulnerável	Presente	Presente	Presente
Espécie com localização prevista	Ausente	Ausente	Ausente
Espécie dependente da costa	Presente	Presente	Presente
Espécie com valor de conservação	Presente e ameaçada de extinção	Presente e ameaçada de extinção	Presente e ameaçada de extinção
Índice Biológico de Sensibilidade (IB)	4	4	4
ISL	10	10	19
ISL metodologia MMA	4	4	10

#### 4.5 Sistema Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias

Para o desenvolvimento dos resultados e discussões do sistema Laguna de Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias, quatro pontos de coleta de sedimentos e observação das características do local foram utilizados. Tais pontos localizam-se nas coordenadas UTM 584801 6683480 (amostra 9), 579179 6685578 (amostra 10), 581138 6682870 (amostra 11) e 584801 6683480 (amostra 12). Além desses pontos, será descrita e mapeada as Lagoas das Custódias e do Armazém.

A amostra 9 se localiza na Laguna de Tramandaí, especificamente próximo à sua desembocadura na margem oeste. Esse local é constituído por areia de granulometria fina muito bem selecionada, composto 100% de areia. A largura da praia medida nesse local foi de 30 metros, com 8° de declividade, medida pelo método de clinômetro, o que a classifica em moderada declividade, com valor 2 da variável Fator de Área Atingida (FAA). Essa região apresenta relevante atividade hidrodinâmica, altamente energética, sendo caracterizada como uma região exposta. Dessa maneira, o valor da relação tipo de substrato/exposição torna-se 2.

Também, próximo à desembocadura, mas na margem leste da Laguna, encontra-se uma região caracterizada pela presença de um muro de contenção, onde se localiza o terminal da Petrobras - Transpetro. Para esse local será utilizado o menor valor de Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG), pois, o muro apresenta característica impermeável e homogênea, no qual o óleo não consegue penetrar, ficando retido apenas na sua superfície. Também, encontra-se em uma região exposta às forçantes de vento e ondas (alta energia), assim, o valor da variável “substrato/exposição” torna-se 1. A variável Fator de Área Atingida (FAA) também recebe o menor valor, 1, pois, o muro possui inclinação de 90°, o que corrobora para uma mínima superfície atingida.

A amostra 10, localizada na Laguna de Tramandaí, cuja denominação local é “Lenha Seca”, tem por características ser composta por areia de granulometria média muito bem selecionada, sendo constituída 100% por areia. Nesse ponto de amostragem a praia apresentou 3 metros de largura, com declividade medida em 12°, o que a classifica em praia de moderada declividade, assim, valor 2 da variável Fator de Área Atingida (FAA). Nesse ponto não foi observada arrebentação e altura significativa de onda. Dessa maneira, o valor da relação tipo de substrato/exposição é 3.

A amostra 11, também localizada na Laguna de Tramandaí, cuja denominação local é “Pontal dos Freitas”, é constituída de areia média muito bem selecionada, com predomínio 100% de areia. Neste local a praia apresentou largura de aproximadamente 5 metros, com declividade medida de 9°, tendo assim valor 2 da variável Fator de Área Atingida (FAA). Também não foi observada arrebentação e altura significativa de onda, devido a característica

de ambiente altamente protegido, de baixa energia. Assim, o valor da relação tipo de substrato/exposição é 3.

Por fim, a amostra 12, localizada na Lagoa das Custódias, tem por características sedimentares ser uma praia, composta de areia média pobremente selecionada, com aproximadamente 87% de areia e 13% de cascalho. Nesse ponto de amostragem, a praia apresentou largura de 5 metros, cuja declividade medida através do método de clinômetro foi de 10°, suficiente para enquadrá-la em praia de moderada declividade, sendo 2 o valor referente à variável Fator de Área Atingida (FAA). Não foi observada arrebentação no momento da amostragem, devido à calmaria presente no dia, por consequência, não foi estabelecida altura significativa estimada de onda. O valor da variável “substrato/exposição” é 3, devido ao ambiente protegido, de baixa energia e areia média. Tendo em vista que a Lagoa das Custódias se apresenta como um ambiente de baixa energia, sendo quase sua totalidade composta por margens vegetadas, torna-se um ambiente propício para a retenção de óleo e alta dificuldade em caso de necessidade de limpeza. De acordo com Wurdig (1987) essa lagoa apresenta uma extensa cobertura vegetal, predominando macrófitas submergentes ancoradas, que devem atuar como uma malha retendo o material do fundo e amenizando a ação do vento.

Quanto aos recursos biológicos, a região do sistema lagunar Tramandaí-Armazém e Custódias apresenta-se com grande diversidade de ambientes estuarinos, incluindo banco de fanerógamas, marismas e fundos moles. Além de áreas de reprodução e criação de espécies de importância ecológica e econômica e fundamental para as espécies dependentes do estuário. De acordo com o relatório técnico da Brasil Rounds\_Licitações de Petróleo e Gás – ANP, esse local enquadra-se como região de muito alta importância biológica.

Pouco são os estudos sobre as aves costeiras no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, o que indica uma lacuna de informações sobre avifauna dessa região (MULLER & BARROS 2013). As informações sobre a diversidade biológica na Lagoa das Custódias e Lagoa do Armazém são muito escassas. Alguns estudos contemplam a respeito da distribuição de aves na planície costeira do Rio Grande do Sul, entretanto, nenhum deles especificam a localização referente a cada espécie, tornando-se muito difícil sua delimitação por região. Assim, a identificação das espécies ou grupo de espécies na região da Lagoa das Custódias e Lagoa do Armazém torna-se muito complicada.

Há alguns registros dispersos na região de Tramandaí, como a do maçarico-de-bico-virado, *Limosa haemastica*, e maçarico-pintado, *Actitis macularius* (BELTON, 1994). Entretanto, Belton (1994) os identificou apenas 4 vezes, sendo uma vez na praia de Tramandaí. Outro registro foi o do maçarico-de-costas-brancas, *Limnodromus griseus*, que promoveu a primeira documentação para o gênero no Rio Grande do Sul, confirmando a presença dessa espécie no estado, que fora considerada provável por Bencke (2001).

Identifica-se na desembocadura da Laguna de Tramandaí (fig. 50) a presença do boto *Tursiops truncatus* (fig. 51), o qual possui ampla distribuição em regiões tropicais e temperadas de todo o mundo. Na região sul do Brasil, esta espécie pode ser frequentemente avistada em águas costeiras, penetrando na foz de rios e lagunas. Em vários estuários, essa espécie possui uma forte associação com pescadores artesanais, especialmente, durante a pesca da tainha, como acontece na foz da Laguna de Tramandaí.

Atualmente, o *T. truncatus* está classificado como “Baixo Risco” pela União Mundial pela Conservação da Natureza (IUCN, 2010). Segundo Giacomo (2010), a população residente do boto conta com 9 indivíduos presentes ao longo do ano, sendo as principais ameaças a poluição por hidrocarbonetos, metais pesados, agroquímicos, pesca incidental, além do tráfego de embarcações. Dessa maneira, esses indivíduos tornam-se vulneráveis às pressões antrópicas.

Devido à intensa capacidade de movimentação, não se pode prever sua localização em caso de incidente envolvendo óleo, assim, a variável “espécie com localização prevista” não estará contida no Índice Biológico de Sensibilidade (IB) para a desembocadura da Laguna de Tramandaí. Devido à grande dependência da região costeira para o seu ciclo de vida, a necessidade de conservação dessa espécie e sua sensibilidade, as variáveis “espécie dependente da costa”, “espécie com valor de conservação” e “espécie sensível” são contempladas no IB local.

Na figura 52 se observa um quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas da região praial da desembocadura da Laguna de Tramandaí (margem oeste) e na figura 53 da região do muro da Transpetro (margem leste). Assim como a composição e valor do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para esses dois trechos. O mapeamento referente a essas duas regiões encontra-se nas figuras 54 e 55, respectivamente.

Observa-se que a região praial da desembocadura apresentou um maior valor associado à sensibilidade ao contato com óleo quando comparada à região da Transpetro. Tal fato se deu em função da diferença de substrato e declividade de ambos. A margem oeste, a qual apresentou areia fina em sua constituição e moderada declividade, torna-se mais sensível pela penetração do óleo no substrato e pela maior superfície disponível à contaminação, recebendo valor 4 para o Índice Geomorfológico de Sensibilidade, enquanto que a margem leste apresentou valor 1 para a sensibilidade geomorfológica. Esse baixo valor de IG está associado a impermeabilidade do substrato, devido ao muro de contenção, e pela baixa área passível de contato com o óleo. A sensibilidade biológica apresentou-se semelhante para ambos os casos, obtendo valor 3 para o Índice Biológico de Sensibilidade, com a presença das variáveis “espécie sensível”, “espécie com valor de conservação” e “espécie dependente da costa”. Assim, o ISL final para a margem oeste torna-se 7, enquanto que para a margem leste o ISL final é 4.

De acordo com a metodologia oficial para a determinação da sensibilidade ao óleo, do Ministério do Meio Ambiente, a referida praia seria enquadrada em ISL 3 e o muro da

Transpetro em ISL 1. Apesar da metodologia utilizada no presente trabalho também classificar a praia como mais sensível do que a região da Transpetro, a falta de integração de parâmetros de importância biológica na metodologia do MMA confere ao índice um caráter apenas geomorfológico, ou seja, mede a sensibilidade do substrato, ausentando a relação substrato-biota, crucial para a medição da real sensibilidade.



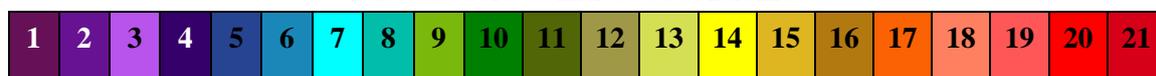
Figura 50: Desembocadura da Laguna de Tramandaí. Margem oeste de característica arenosa e margem leste representada pelo muro da Transpetro.



Figura 51: Golfinho nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus*. Espécie classificada como de Baixo Risco pela IUCN, 2010.

Desembocadura Laguna de Tramandaí (praia) – margem oeste			
ISL= 7	IG= 4	2	2
	IB= 3	1	-
		1	1

Paleta de cores – índices de sensibilidade



Tons de cinza - variáveis



Figura 52: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a desembocadura da Laguna de Tramandaí (praia) – margem oeste.

Desembocadura Laguna de Tramandaí (Transpetro) – margem leste			
ISL= 4	IG= 1	1	1
	IB= 3	1	0
		1	1

Paleta de cores – índices de sensibilidade



Tons de cinza - variáveis



Figura 53: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a desembocadura da Laguna de Tramandaí (Transpetro) – margem leste.

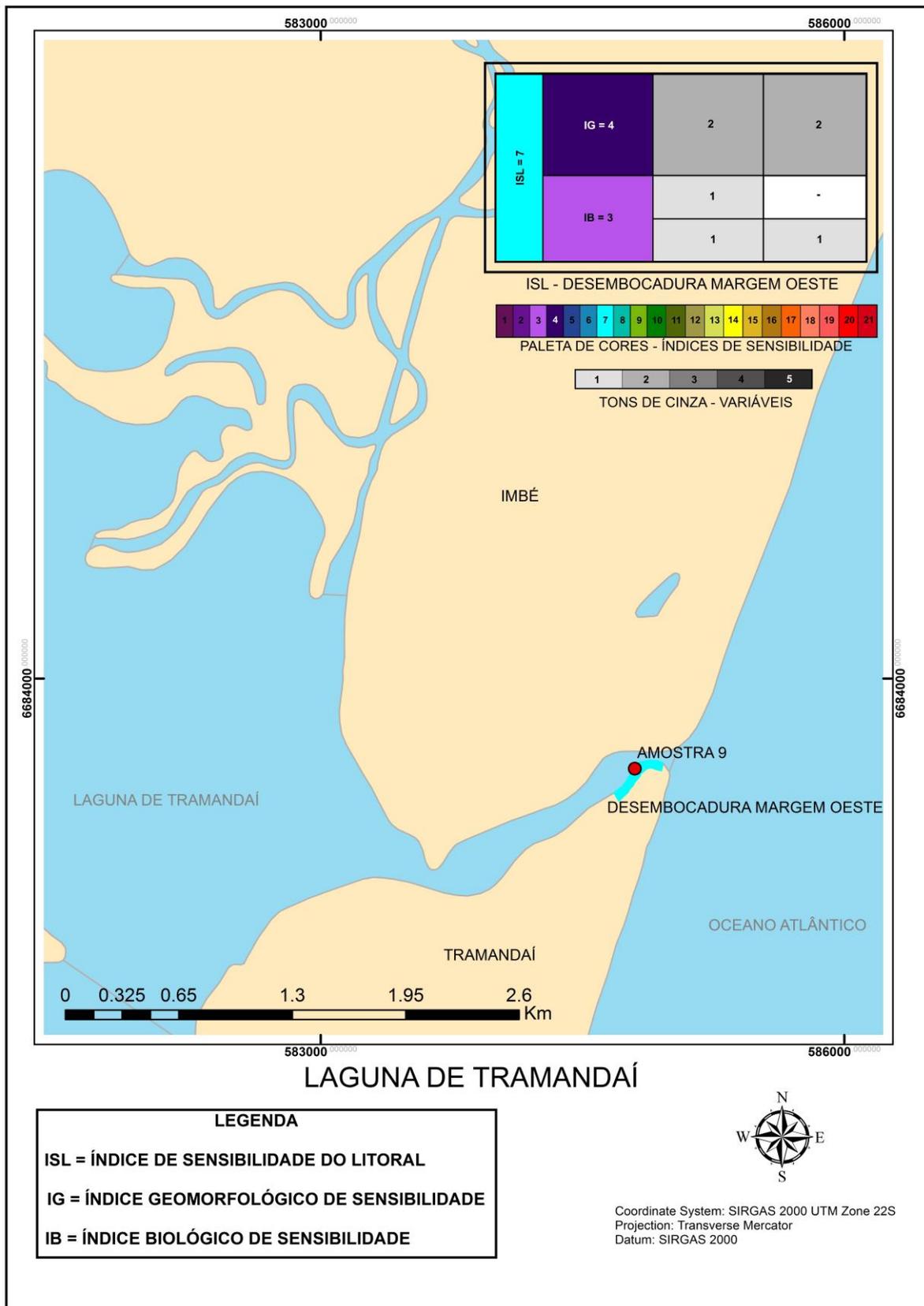


Figura 54: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a margem oeste da desembocadura da Laguna de Tramandaí.

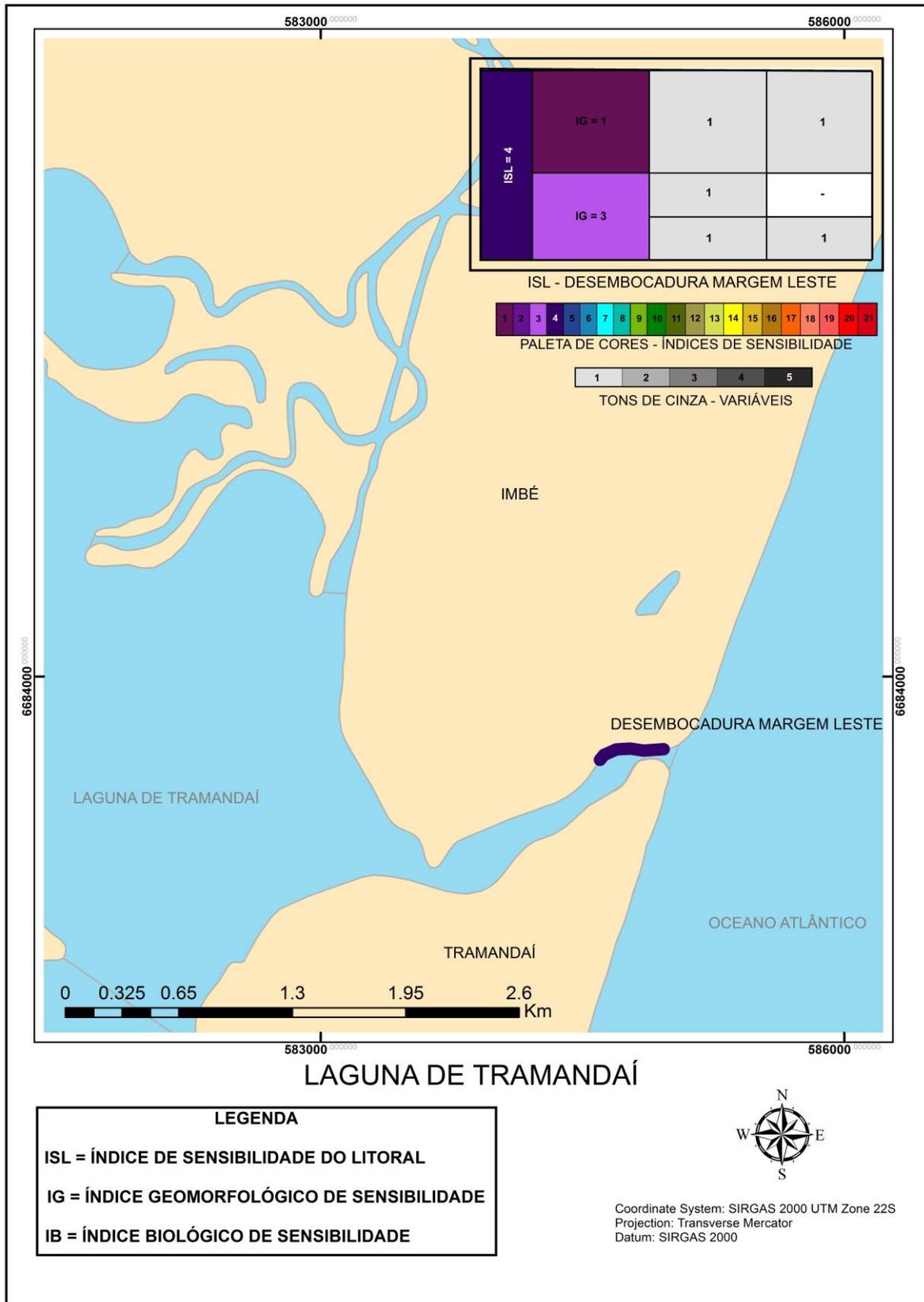


Figura 55: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a margem leste da Laguna de Tramandaí.

O Índice Biológico de Sensibilidade (IB), para os seguintes trechos, será contemplado pelas variáveis “espécie com valor de conservação” e “espécie dependente da costa”. Já, as variáveis “espécie com localização prevista” e “espécie sensível” não serão incluídas no IB dos trechos a seguir, pois, não há referências bibliográficas suficientes que sustentem a vulnerabilidade e a previsão da localização das referidas espécies.

A região da amostra 10 - Lenha Seca (fig. 56), e amostra 11 - Pontal dos Freitas (fig. 57), ambas na Laguna de Tramandaí, são ambientes altamente protegidos, compostos por sedimentos arenosos de granulometria média e moderada declividade. Devido a essas características apresentaram valor 6 de IG. Ao aplicar o método para a classificação da sensibilidade local, incluindo o valor 2 para o Índice Biológico de Sensibilidade (IB), ambos trechos apresentam valor 8 de ISL, como observado nas figuras 58 e 59. Também, o mapeamento referente a essas duas praias encontra-se na figura 60.

Para a metodologia oficial do MMA, as praias da Lenha Seca e Pontal dos Freitas seriam classificadas em ISL 3, que em sua determinação insere praias de areia média abrigadas.



Figura 56: Praia arenosa da Lenha Seca – Laguna de Tramandaí, RS.



Figura 57: Praia arenosa do Pontal dos Freitas – Laguna de Tramandaí, RS.

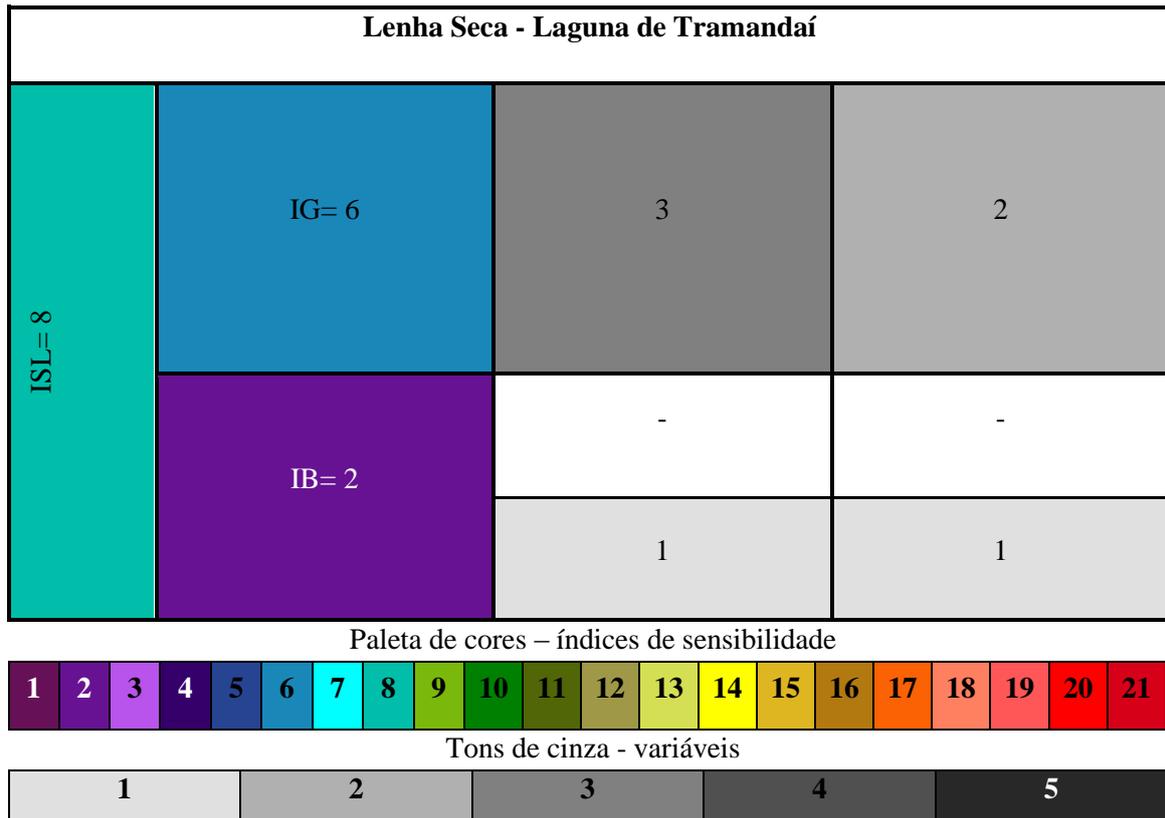


Figura 58: Índice de Sensibilidade do Litoral para a Lenha Seca – Laguna de Tramandaí.

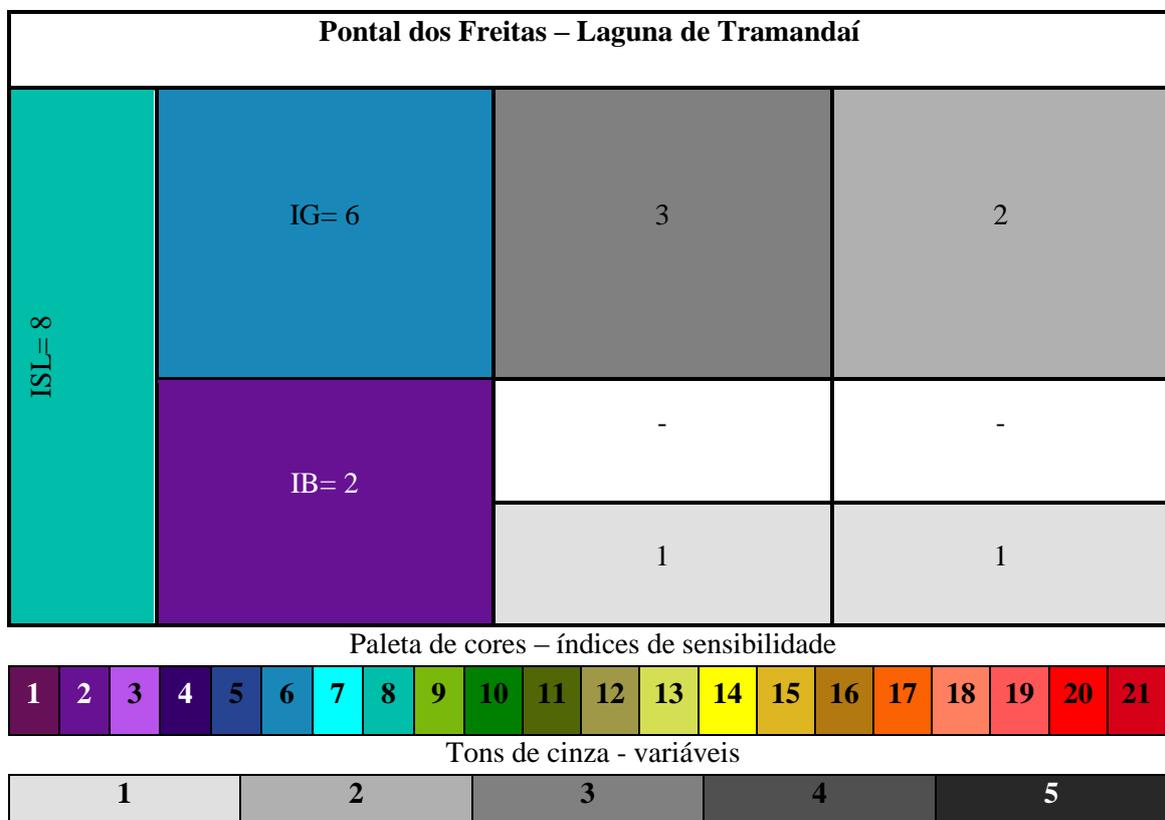


Figura 59: Índice de Sensibilidade do Litoral para o Pontal dos Freitas – Laguna de Tramandaí.

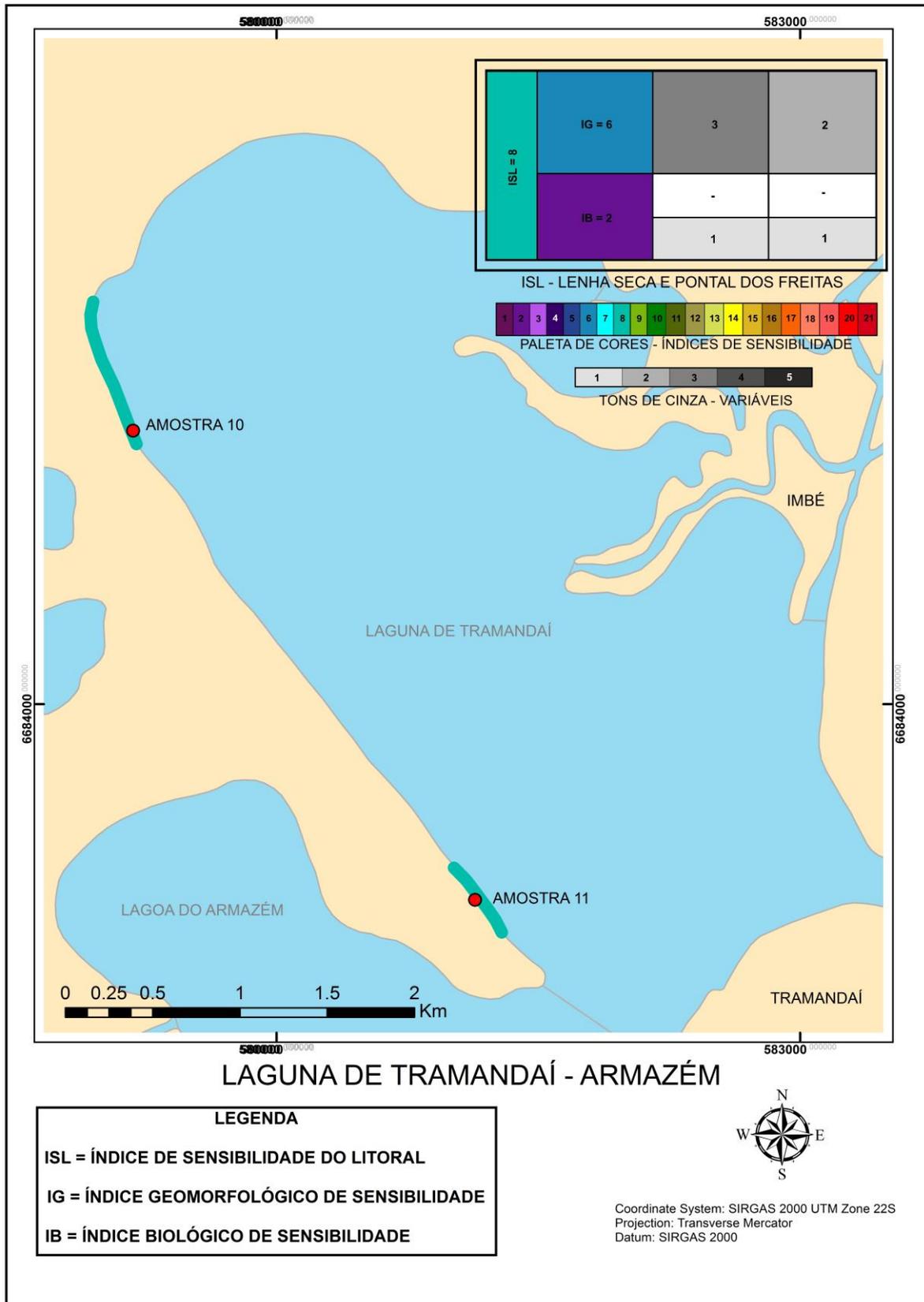


Figura 60: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para as praias da Lenha Seca (amostra 10) e Pontal dos Freitas (amostra 11) – Laguna de Tramandaí.

Com relação à praia na Lagoa das Custódias (fig. 61), esta também obteve como Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) o valor 6, o qual é referente às características de areia de granulometria média, moderada declividade do litoral e ambiente abrigado, de baixa energia. Para o IB foi referido o valor 2, devido à presença das duas variáveis de importância biológica presentes expostas acima. Assim, o ISL final para a região foi classificado em 8. O quadro esquemático representativo dessa praia encontra-se na figura 62 e o seu mapeamento na figura 63.



Figura 61: Praia arenosa na Lagoa das Custódias, RS.

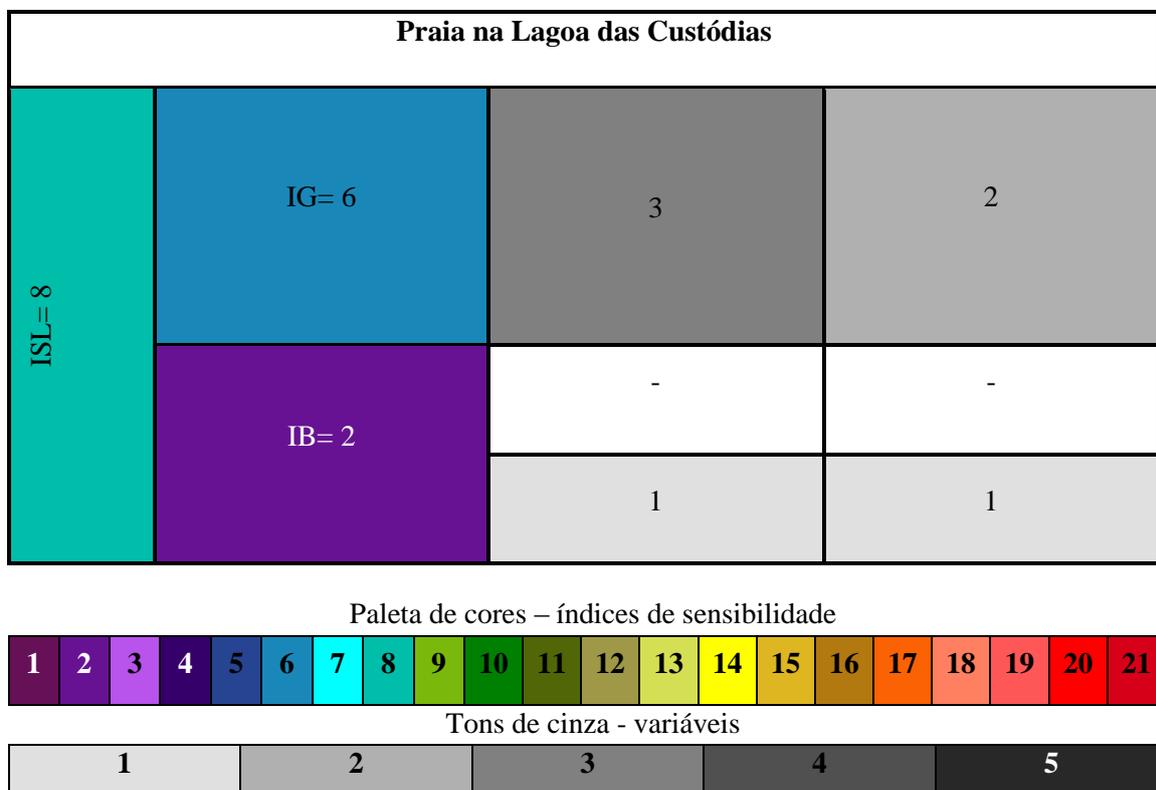


Figura 62: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a praia na Lagoa das Custódias.

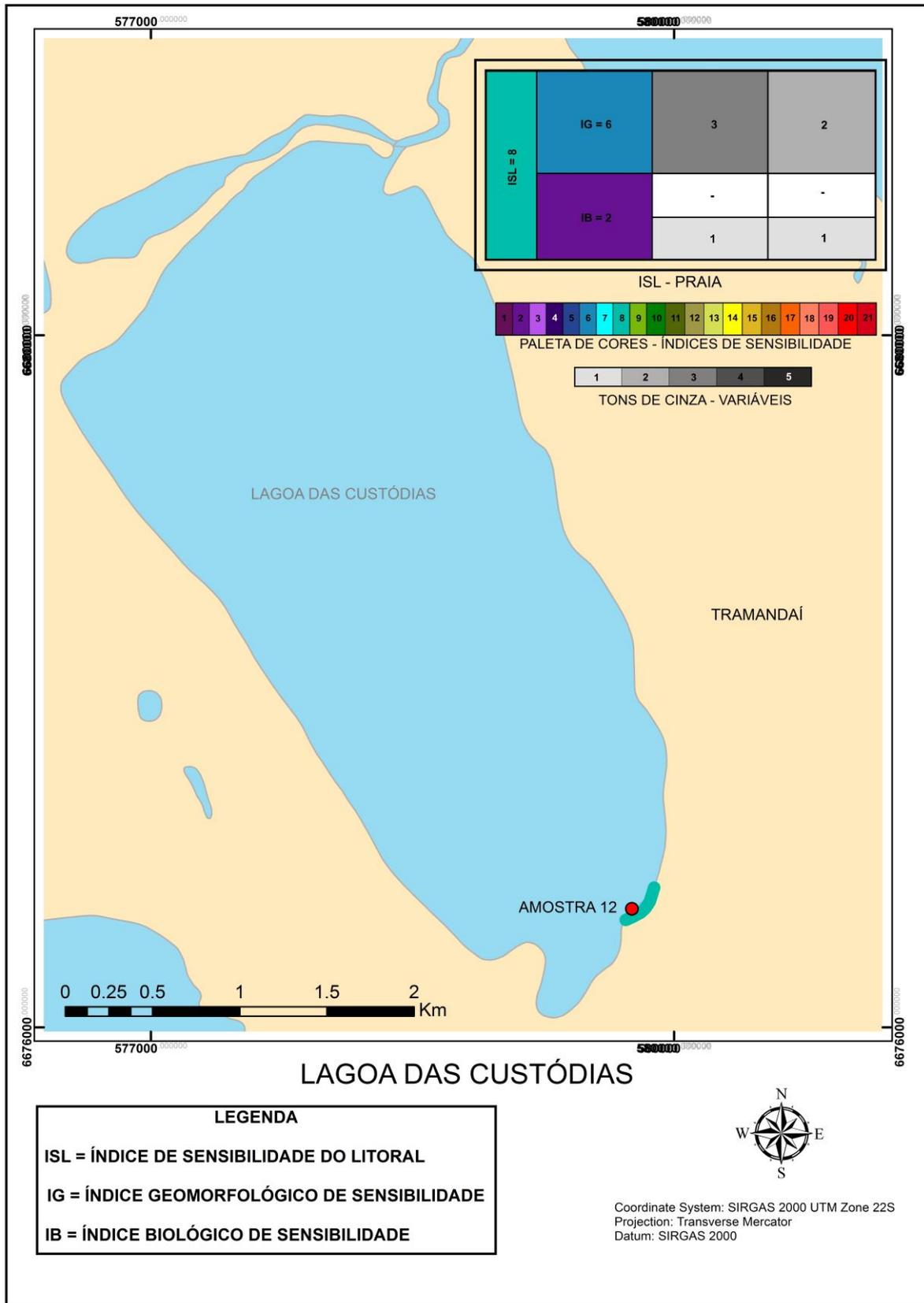


Figura 63: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a praia na Lagoa das Custódias.

Por fim, tem-se a classificação dos índices geomorfológico e biológico de sensibilidade para as margens da Laguna de Tramandaí, Armazém e Custódias. O restante da área dessas regiões, além dos descritos acima, é todo representado por margens vegetadas protegidas. Dessa forma, o valor da variável “tipo de substrato/exposição” é 5 e, como foi admitido o valor 3 referente a variável “Fator de Área Atingida” (FAA) para margens vegetadas, o Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) torna-se 15. Já, para o Índice Biológico de Sensibilidade (IB) é referido o valor 2, totalizando como ISL final o valor 17.

Os quadros esquemáticos das características das três regiões citadas encontram-se nas figuras 64, 65 e 66. Já, o mapeamento referente encontra-se na figura 67.

Seguindo a metodologia oficial do MMA, ambos os trechos seriam mapeados como ISL 10, de máxima sensibilidade, o qual insere margens de rios, lagoas e marismas em sua composição. A metodologia do presente trabalho não permitiu que essas regiões alcançassem o valor máximo de sensibilidade, que seria o ISL 21. Tal fato foi decorrente pois ao levar em considerações as variáveis de importância biológica na constituição do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) a simples ausência de espécies endêmicas e/ou ameaçadas de extinção ou em extinção torna-se suficiente para que a sensibilidade não alcance seu máximo valor.

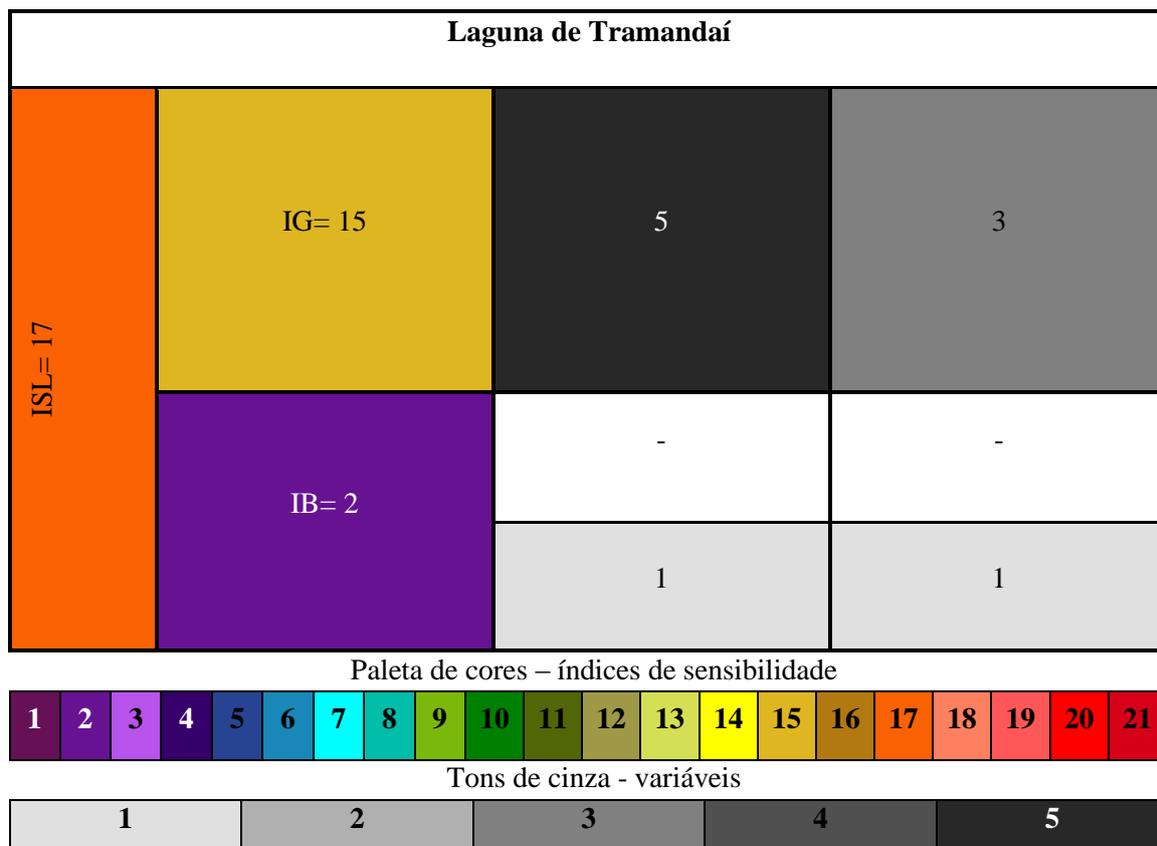


Figura 64: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Laguna de Tramandaí.

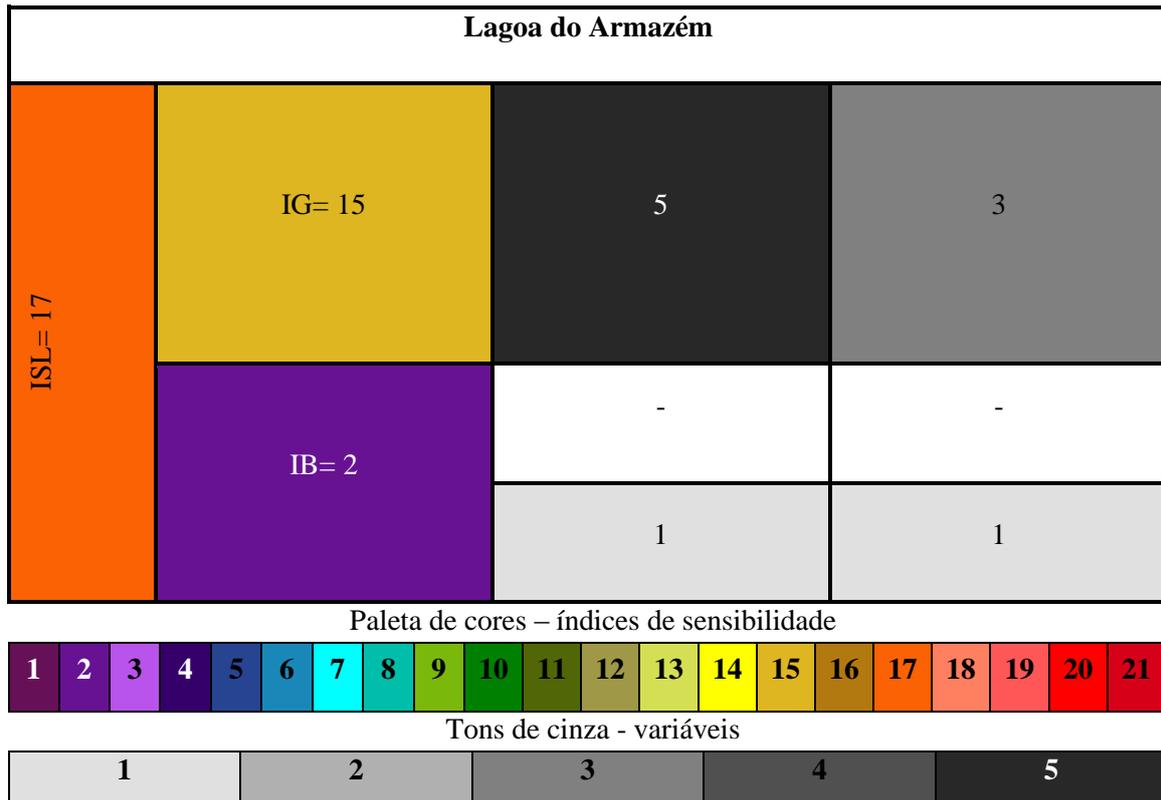


Figura 65: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Lagoa do Armazém.

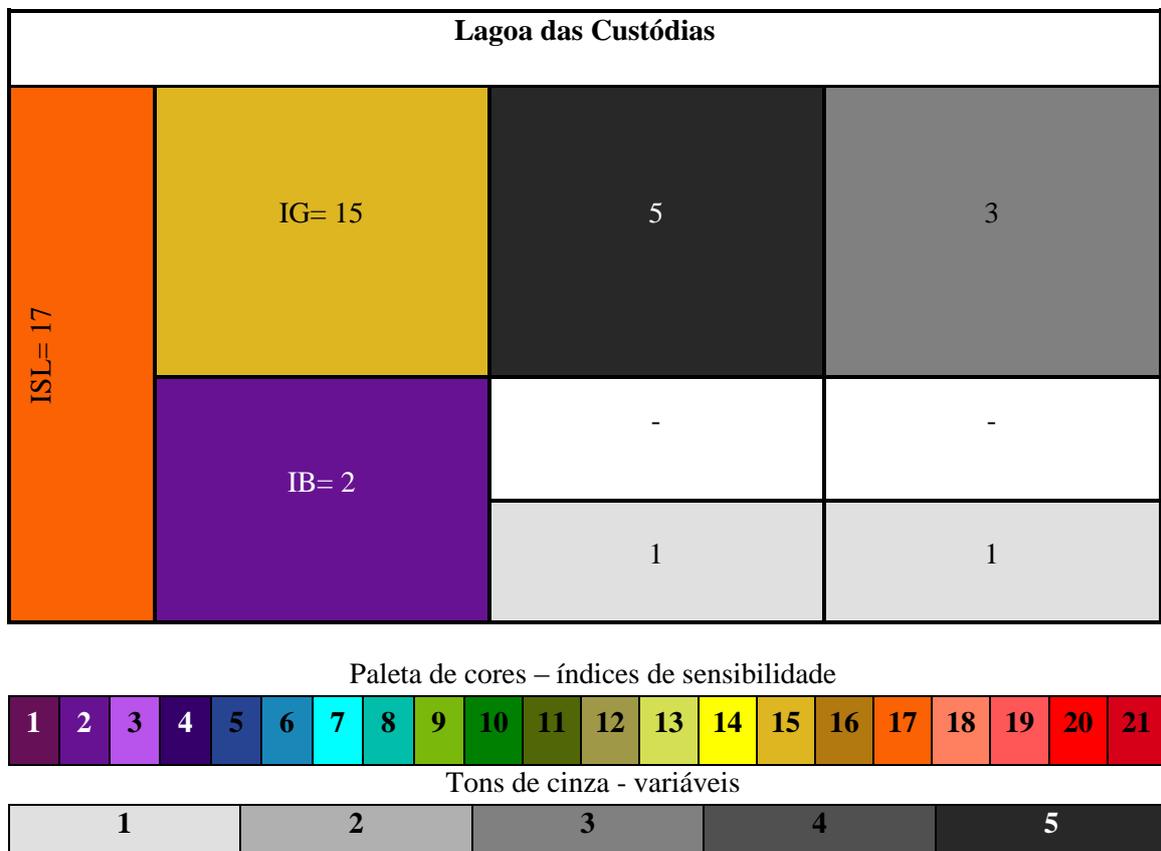


Figura 66: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para a Lagoa das Custódias.

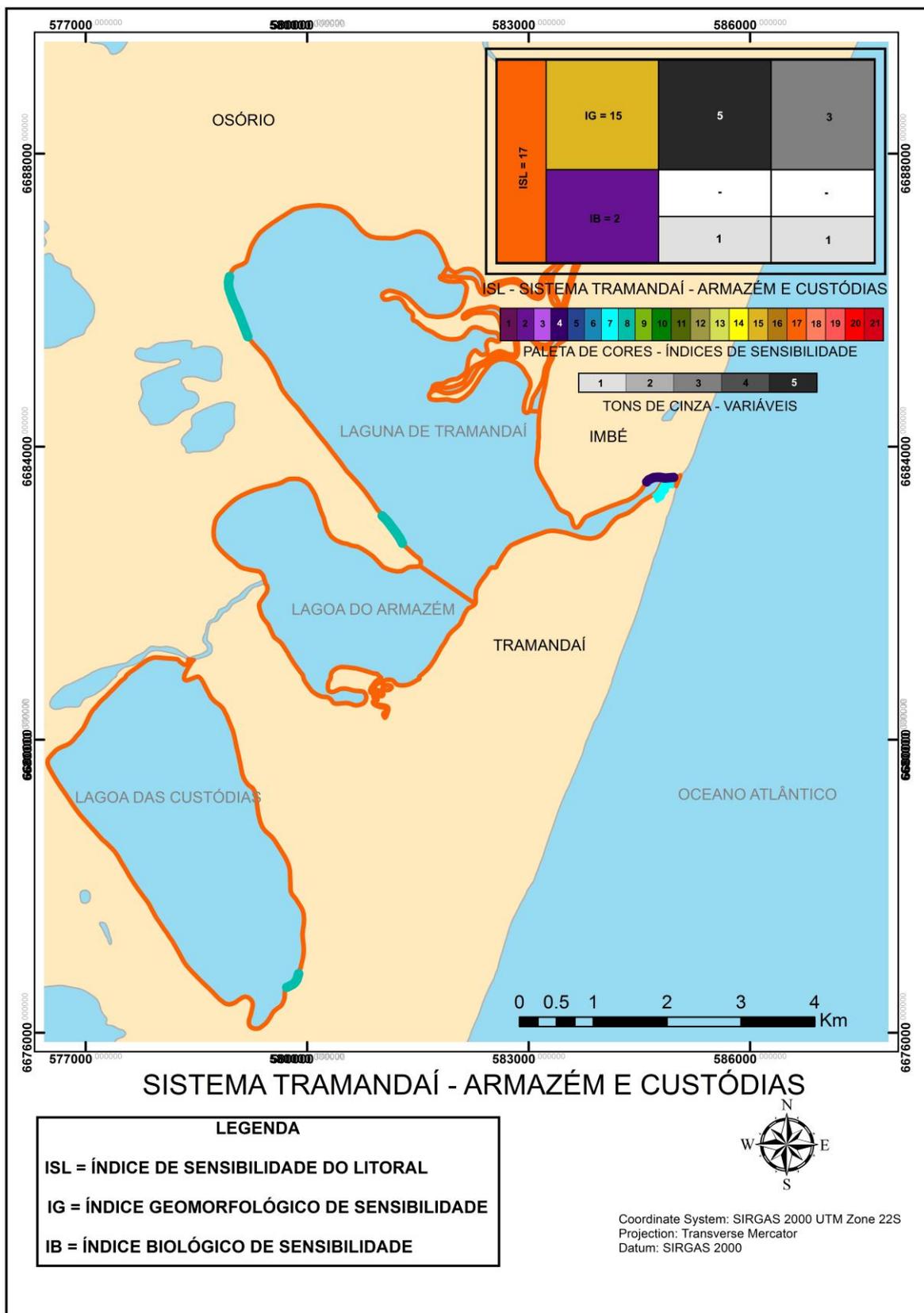


Figura 67: Mapeamento com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) para o sistema Tramandaí-Armazém e Custódias.

Para facilitar e sintetizar a integração dos dados fornecidos para o complexo Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias seguem as tabelas 7 e 8.

Tabela 7: Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas para as regiões do Sistema Tramandaí-Armazém.

<b>Características</b>	<b>Regiões do sistema Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias</b>			
	Desembocadura Tramandaí - oeste	Desembocadura Tramandaí - leste	Lenha Seca - Tramandaí	Pontal dos Freitas - Tramandaí
Granulometria	Areia fina	Muro de contenção	Areia média	Areia média
Exposição	Exposto	Exposto	Protegido	Protegido
Declividade	Moderada	Alta	Moderada	Moderada
Substrato/Exposição	2	1	3	3
Fator de Área Atingida (FAA)	2	1	2	2
Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG)	4	1	6	6
Espécie vulnerável	Presente	Presente	Ausente	Ausente
Espécie com localização prevista	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Espécie dependente da costa	Presente	Presente	Presente	Presente
Espécie com valor de conservação	Presente	Presente	Presente	Presente
Índice Biológico de Sensibilidade (IB)	3	3	2	2
ISL	7	4	8	8
ISL metodologia MMA	3	1	3	3

Tabela 8: Quadro esquemático das características geomorfológicas e biológicas para as regiões do sistema Tramandaí-Armazém e Custódias.

<b>Regiões do sistema Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias</b>				
<b>Características</b>	Praia – Lagoa das Custódias	Laguna de Tramandaí	Lagoa do Armazém	Lagoa das Custódias
Granulometria	Areia média	Substrato vegetado	Substrato vegetado	Substrato vegetado
Exposição	Protegido	Protegido	Protegido	Protegido
Declividade	Moderada	-	-	-
Substrato/Exposição	3	5	5	5
Fator de Área Atingida (FAA)	2	3	3	3
Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG)	6	15	15	15
Espécie vulnerável	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Espécie com localização prevista	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Espécie dependente da costa	Presente	Presente	Presente	Presente
Espécie com valor de conservação	Presente	Presente	Presente	Presente
Índice Biológico de Sensibilidade (IB)	2	2	2	2
ISL	8	17	17	17
ISL metodologia MMA	3	10	10	10

#### 4.6 Condensação dos índices propostos

A fim de uma comparação mais estrita que normalizasse as mesmas classes de Índices de Sensibilidade do Litoral (ISL), entre o presente estudo e o proposto pela metodologia oficial do Ministério do Meio Ambiente (MMA), foi realizado um agrupamento a partir dos 21 índices possíveis, desenvolvidos nesse estudo, para 10 índices, como apresentado pela metodologia do MMA. Para tal operação, os índices foram compactados da seguinte maneira (fig.68), buscando uma harmonia entre as classes, principalmente em relação ao comportamento do óleo

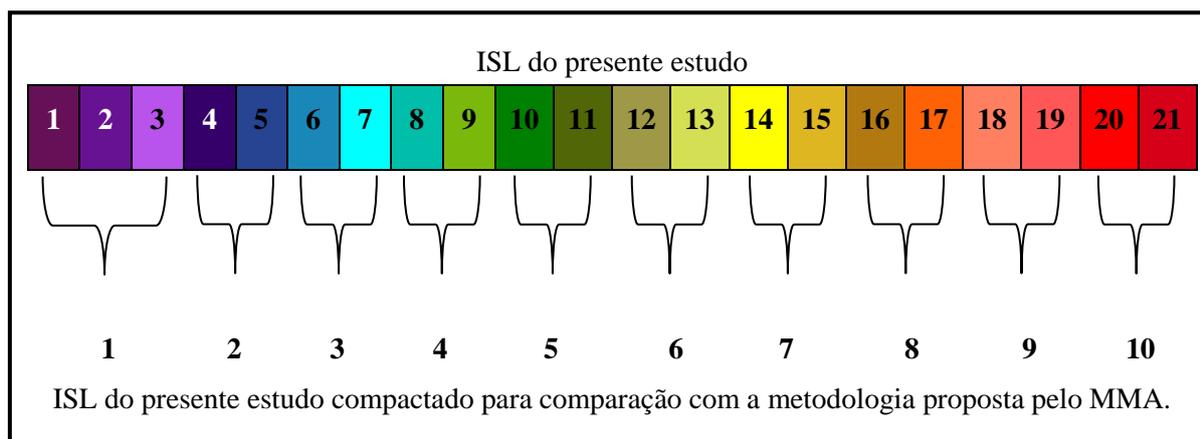


Figura 68: Compactação dos índices propostos no presente estudo.

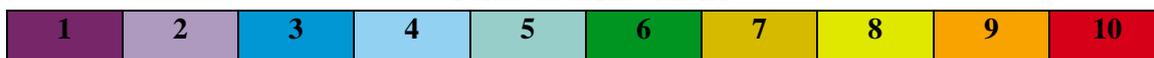
Segue na tabela 9 uma síntese de todos os Índices de Sensibilidade do Litoral (ISL) desenvolvidos no presente estudo, bem como os ISL's compactados, como mostrado na figura 68, e a classificação oficial proposta pelo Ministério do Meio Ambiente. Ressalta-se que tal procedimento deu-se apenas para fins comparativos.

Tabela 9: Síntese da classificação proposta pelo MMA, de todos os Índices de Sensibilidade do Litoral (ISL) definidos nas áreas de estudo e dos índices compactados.

		ISL MMA	ISL presente estudo	ISL presente estudo compactado
<b>Estuário</b>	Areias gordas	3	8	4
<b>Parque Estadual de Itapuã</b>	Praia das Pombas	5	8	4
	Praia da Pedreira	4	10	5
	Praia do Tigre	4	14	7
	Praia de Fora	3	6	3
<b>Parque Nacional da Lagoa do Peixe</b>	Região costeira	3	8	4
	Desembocadura	3	8	4
	Lagoa do Peixe	10	19	9
<b>Parque Estadual do Camaquã</b>	Pontal do delta do Camaquã	4	10	5
	Região ao sul do delta	4	10	5

	Delta do Camaquã	10	19	9
Sistema Tramandaí-Armazém e Custódias	Desembocadura Laguna de Tramandaí-praia	3	7	3
	Desembocadura Laguna de Tramandaí-Transpetro	1	4	2
	Lenha Seca-Laguna de Tramandaí	3	8	4
	Pontal dos Freitas- Laguna de Tramandaí	3	8	4
	Praia – Lagoa das Custódias	3	8	4
	Laguna de Tramandaí	10	17	8
	Lagoa do Armazém	10	17	8
	Lagoa das Custódias	10	17	8

Paleta de cores - MMA



Paleta de cores – presente estudo



Como observa-se na tabela 9, dos 19 índices desenvolvidos no presente trabalho, 11 regiões tiveram seus ISL aumentados, quando compilados em apenas 10 intervalos de sensibilidade, 6 tiveram seus ISL's diminuídos e 2 mantiveram o mesmo valor da metodologia

proposta pelo Ministério do Meio Ambiente. Dentre esses 11, todos os pontos analisados tiveram sua classificação de sensibilidade elevada em função da presença de variáveis biológicas em sua constituição. Com relação às regiões que foram reduzidas quanto à sensibilidade ao derramamento de óleo, 5 das 6 representam áreas constituídas por margens vegetadas, são elas: Lagoa do Peixe, Delta do rio Camaquã, Laguna de Tramandaí, Lagoa do Armazém e Lagoa das Custódias. Tal diferenciação deu-se em função da simples ausência de espécie endêmica somada a espécies em extinção, limitando o valor da sensibilidade proposta para o valor máximo=19, enquadrando-se, portanto, em ISL=9 quando compilados. A Lagoa do Peixe e o Delta do rio Camaquã foram classificados em 17 no valor de sensibilidade, significando ISL=8, quando compactado, e as outras três lagoas citadas foram classificadas no valor 19, representando ISL=9 na compactação. Entretanto, apesar de não alcançado o máximo valor de sensibilidade, como na metodologia do MMA, a Laguna de Tramandaí, Lagoa do Armazém e Lagoa das Custódias apresentaram a maior sensibilidade dentre todas as regiões mapeadas no presente estudo. A outra região que obteve sua sensibilidade diminuída foi a Praia das Pombas, tal resultado deu-se em função da ausência de variáveis biológicas na praia em questão, sendo o valor referente ao Índice Biológico de Sensibilidade, IB=0. Dessa maneira o índice compactado foi ISL=4, enquanto que para o MMA praias de areia grossa são classificadas em ISL=5.

Por fim, a Praia de Fora e a praia localizada na margem oeste da desembocadura da Laguna de Tramandaí tiveram seus ISL's semelhantes ao valor proposto pelo MMA devido à ausência de variáveis biológicas e moderada sensibilidade biológica, insuficiente para elevar a sensibilidade local, respectivamente. Para o caso da Praia de Fora vê-se claramente que a ausência da variável biológica gera ao índice um caráter estritamente geomorfológico, seguindo a mesma classificação da metodologia oficial brasileira (MMA).

## 5.1 Conclusão

Tendo em vista toda descrição e apresentação do presente trabalho, algumas conclusões puderam ser desenvolvidas.

Primeiramente, nota-se que a metodologia oficial do Ministério do Meio Ambiente (MMA) não atende completamente o conceito de sensibilidade pela falta de integração entre as variáveis de importância biológica na constituição do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL).

As variáveis geomorfológicas e biológicas escolhidas para contemplarem os índices geomorfológico (IG) e biológico (IB) de sensibilidade, adequaram-se bem ao objetivo do trabalho: Integrar tanto parâmetros de características ambientais (geomorfológicas) quanto da biota ali presente (biológicas), de maneira que as variáveis possam representar além do comportamento do óleo em possível contato com o substrato, a diversidade e abundância dos recursos biológicos.

A necessidade de maior atenção e proteção de ambientes que abriguem espécies vulneráveis, espécies que dependam da região costeira para seu ciclo de vida, espécies que possuam localização prevista em caso de incidente envolvendo óleo e até espécies endêmicas, ameaçadas de extinção ou em extinção é fator preponderante na criação de um Índice Biológico de Sensibilidade (IB), o qual teve participação ativa no aumento da sensibilidade das regiões de estudo, quando comparadas a classificação proposta pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).

O critério utilizado na escolha das regiões conseguiu distribuir muito bem as localidades dentro da Bacia de Pelotas, contribuindo para uma ampla diversidade de ambientes e condições.

Os ambientes designados para a aplicação da nova metodologia somaram um número total de 19 aplicações diferentes, sendo a região do sistema Laguna de Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias com o maior número de ambientes, totalizando 8 aplicações. Com 4 praias estudadas, o Parque Estadual de Itapuã foi o segundo em maior número de testes da metodologia, seguido do Parque Nacional da Lagoa do Peixe e Parque Estadual do Camaquã cada um com 3 regiões mapeadas segundo a nova proposta de sensibilidade costeira, e por fim a região estuarina das Areia Gordas, com uma praia analisada.

O maior Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) encontrado foi o valor 19, representado pelo Delta do rio Camaquã e pela Lagoa do Peixe. A Laguna de Tramandaí-Armazém e Lagoa das Custódias receberam o valor 17 de sensibilidade.

Com relação as praias analisadas, a que obteve maior sensibilidade ao derramamento do óleo foi a Praia do Tigre com ISL=14, seguida da Praia da Pedreira e das duas regiões arenosas no Parque Estadual do Camaquã (PEC), ambas com ISL=10.

Por fim, a região de menor sensibilidade dentre todas as analisadas é a da margem leste da desembocadura da Laguna de Tramandaí. Devido à presença do muro de contenção da Transpetro/Petrobrás.

Para a comparação estrita com a classificação de sensibilidade proposta pelo MMA foi desenvolvida a compilação a partir dos 21 índices possíveis na presente metodologia para 10 índices, assim como a metodologia do MMA. Esse processo obteve resultados muito fiéis, à medida que, dos 19 trechos mapeados, 11 tiveram seus índices de sensibilidade aumentados em função da presença de variáveis de importância biológica, 6 tiveram seus índices de sensibilidade diminuídos com a agregação da sensibilidade biológica no ISL e 2 mantiveram os mesmos valores.

A explicação para a diminuição da sensibilidade ao derramamento de óleo em 5 dos 6 trechos exemplificados acima é devido a metodologia oficial do MMA enquadrar margens de lagoas na sensibilidade máxima  $ISL=10$ . Esses 5 trechos também são margens de lagoas, entretanto, a simples ausência de espécie em extinção somada à espécie endêmica é suficientemente forte para limitar o índice proposto no presente trabalho para apenas 19, dos 21 possíveis. O último trecho que apresentou diminuição quanto a sensibilidade foi o trecho da Praia das Pombas, que se deu em função da ausência de variáveis biológicas.

Por fim, os dois trechos que mantiveram suas sensibilidades iguais entre a metodologia do presente estudo e a metodologia do MMA foram os trechos arenosos da Praia de Fora, de sensibilidade biológica nula, e praia da margem oeste da desembocadura da Laguna de Tramandaí, de moderada sensibilidade biológica, que em função do método de compilação manteve igual sua sensibilidade, quando comparada ao método do MMA.

## **5.2 Considerações finais**

Após o exposto, consideram-se que as variáveis escolhidas, o método de determinação do Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) e Índice Biológico de Sensibilidade (IB), o método de construção do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), as regiões de estudo determinadas e o mapeamento quanto a sensibilidade ao derramamento de óleo atenderam plenamente às expectativas e pôde-se definir claramente o papel da importância biológica na sensibilidade ambiental costeira, de modo que variações nos valores de sensibilidade foram notadas com a presença da biota na constituição do ISL.

Também, a maneira com que os resultados foram expostos, através dos quadrados coloridos esquemáticos, apresentou-se bem conciso e didático, permitindo também identificar separadamente o valor de cada variável geomorfológica e biológica, a sensibilidade geomorfológica e biológica de cada trecho e por fim a sensibilidade final.

Algumas dificuldades foram encontradas no desenvolvimento do presente trabalho. Como o descrito na metodologia, as variáveis biológicas obtiveram o mesmo peso relativo entre elas, de maneira com que essas influenciem igualmente na sensibilidade costeira. Tal fato foi devido à dificuldade em atribuir diferentes pesos e na valoração de variáveis dessas características, ou seja, na dificuldade do julgamento de importâncias.

Também, outra dificuldade encontrada para a composição do Índice Biológico de Sensibilidade (IB) foi a identificação das espécies nas regiões de estudo, pois, ainda são encontradas diversas lacunas de dados em regiões mais inóspitas e de difícil acesso, além da extrema dificuldade na observação em campo, necessitando de profissionais especializados em cada grupo de espécies e também da dependência das condições locais no exato momento do trabalho de campo.

Entretanto, o presente estudo aportou contribuições diretas à qualificação do processo de Mapeamento de sensibilidade ao óleo, o qual faz parte da estratégia nacional do setor ambiental brasileiro. Destaca-se a contribuição ao desenvolvimento de uma nova metodologia para a determinação da sensibilidade do litoral ao derramamento de óleo, subsidiando o aprimoramento científico aplicado, podendo ainda a mesma ser relacionada com a metodologia oficial brasileira.

## Referências bibliográficas

ANTUNES, P. B. 2010. **Direito ambiental**. Editora Lumen Juris, 12<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro. 957 p.

ARAÚJO, S.I.; SILVA, G.H.; MUEHE, D. 2004. **Minuta do Manual Básico para Elaboração de Cartas de Sensibilidade no Sistema, PETROBRAS**. 170 pag.

ARTIOLI, L. G. S. 2012. **As assembleias de peixes da zona litoral de lagoas costeiras subtropicais do sistema rio Tramandaí – RS: aspectos amostrais, variações espaciais e temporais de descritores ecológicos e suas relações com a variabilidade ambiental**. Tese de doutorado em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 96 pag.

ASMUS, M. L. 1998. **A Planície Costeira e a Lagoa dos Patos. In: Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil**. U. Seeliger, C. Odebrecht e J.P. Castello (Eds), pag. 9-12. Editora Ecoscientia, Rio Grande - RS.

AWAZU, L. A. M; AWAZU, R. M.; MEICHES, L. A. M.; AWAZU, L. A. F. 2007. **Mitigação dos Riscos na Exploração e Produção de Petróleo e Gás na Bacia de Santos**. Artigo do Livro: GONÇALVES, A.; RODRIGUES, G. M. A. Direito do Petróleo e Gás: Aspectos ambientais e Internacionais. Unisantos. 236 pag.

BELTON, W. 1994. **Aves do Rio Grande do Sul: distribuição e biologia**. São Leopoldo: UNISINOS.

BENCKE, G. A. 2001. **Lista de referência das aves do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 102 pag.

BENCKE, G. A.; MAURÍCIO, G. N.; DEVELEY, P. F.; GOERCK, J. M. 2006. **Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil. Parte I – Estados do Domínio da Mata Atlântica**. SAVE Brasil, São Paulo. 494 pag.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. In: Vade Mecum. Colaboração de Luiz Roberto Curia, Livia Céspedes e Juliana Nicoletti. 13<sup>o</sup> Ed. Atual e ampl. São Paulo: Ed. Saraiva, 2012.

BRASIL. Decreto-Lei nº 23.798 de 1975, **que cria Parques Estaduais e Reservas Biológicas, e dá outras providências**.

BRASIL. Decreto-Lei nº 93.546 de 1986, **que cria o Parque Nacional da Lagoa do Peixe**.

BRASIL. Decreto-Lei nº 33.886 de 1991, **que cria o Parque Estadual de Itapuã, no município de Viamão, e dá outras providências.**

BRASIL. Lei Federal nº 9966/00, que **“dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo outras substâncias nocivas e perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências”.**

BROEDEL, H. A. 2004. **Análise Experimental dos Efeitos do Petróleo sobre os Macroinvertebrados Bentônicos de uma Marisma do estuário da Lagoa dos Patos – RS.** Trabalho de graduação em Oceanologia – FURG.

BULHÕES, E. 2011. **Exposição de Praias, Clima de Ondas e Processos Físicos em Praias de Enseada: Exemplos e Aplicações em Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha. Universidade Federal Fluminense: 230p.

BURGUER, M. I. 2010. **Situação e ações prioritárias para a conservação de banhados e áreas úmidas da zona costeira.** Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. 60 pag.

CALIXTO, J. R. 2004. **Incidentes marítimos: história, direito marítimo e perspectivas num mundo em reforma da ordem internacional.** São Paulo: Aduaneiras, 327 pag.

CALLIARI, L. J. 1980. **Aspectos sedimentológicos e ambientais na região estuarial da Lagoa dos Patos.** Dissertação de mestrado em Geociências na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 189 pag.

CALLIARI, L. J.; CUNHA, R. P.; ANTIQUEIRA, J. A. F. 2010. **Geomorfologia e dinâmica sedimentar. In: O estuário da Lagoa dos Patos – um século de transformações.** U. Seeliger & C. Odebrecht (eds). 180 pag.

CARDOSO, C. D. P. C. 2006. **Estudo da macrofauna bêntica de praias do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, como subsídio a elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental a derrames de petróleo.** Trabalho de Graduação em ecologia - UNESP.

CAUVIN, C.; REYMOND, H., SERRADJ, A. 1987. **Discre´tisation et repr´esentation cartographique.** Collection Reclus mode d’emploi, GIP Reclus, 116 pag.

CETESB. 2007. **Ambientes costeiros contaminados por óleo.** Manual de orientação da Companhia de Tecnologia de Saneamento ambiental. 120 pag.

Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)

CHAPMAN, D. V. 1989. **Concepts and strategies for biological monitoring**. Londres, GMES Monitoring and Assessment Research Center

CPRM. 2003. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira**. Brasília. Pag. 151-165.

DOU. 2000b – **Resolução CONAMA Nº 265, de 7 de janeiro de 2000** – Determina a avaliação das ações de controle e prevenção dos processos de licenciamento ambiental das instalações industriais de petróleo e derivados localizadas no território nacional. Publicada no Diário Oficial da União de 08.02.2000, Brasília, DF, Brasil.

EASTMAN, J. R. 1997. **Idrisi for Windows, User's Guide**. Worcester, Clark University.

FATTAL, P.; MAANAN, M.; TILLIER, I.; ROLLO, N.; ROBIN, M.; POTTIER, P. 2010. **Coastal Vulnerability to Oil Spill Pollution: the Case of Noirmoutier Island (France)**. Source: Journal of Coastal Research, Vol. 26, No 5.

FIALHO, C. B.; SCHIFINO, L. C.; VERANI, J. R. 1998. **Biologia reprodutiva de *Oligosarcus jenynsii* (Gunter) da Lagoa das Custódias, Tramandai, Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Zoologia, Curitiba, volume 3, pag. 775-782.

GIACOMO, A. B. D. 2010. **Análise do padrão de ocupação dos botos, *Tursiops truncatus*, no estuário de Tramandaí, sul do Brasil, a partir do estudo de foto identificação**. Trabalho de conclusão de curso para obtenção de Bacharelado em Ciências Biológicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 32 pag.

GOODFELLOW, B. W.; STEPHENSON, W. J. 2005. **Beach morphodynamics in a strong-wind bay: a low-energy environment?** Marine Geology, 214(1): p.101-116.

GRIEP, G. 2001. **Mapa de Sensibilidade Ambiental para Derramamento de Óleo e seus derivados na porção estuarina da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul-Brasil**. Projeto desenvolvido pelo Laboratório de Oceanográfica Geológica da Universidade Federal de Rio Grande –FURG. Rio Grande -RS.

GUADAGNIN, D. L.; LAIDNER, C. 1999. **Diagnóstico da Situação e Ações Prioritárias para a Conservação da Zona Costeira da Região Sul - Rio Grande do sul e Santa Catarina**. Pronabio, Funbio. Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha.

- GUIMARÃES, P. S. 2015. **Tapetes Microbianos da Lagoa dos Patos (RS-Brasil): Ocorrência, Fatores Meteorológicos relacionados e Fixação de Nitrogênio.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande – FURG.
- HARRINGTON, B. A.; ANTAS, P. T. Z.; SILVA, F. 1986. **Observations of common terns in Southern Brazil.** Journal of field Ornithology, pag. 222-224.
- IHAKSI, T.; KOKKOKEN, T.; HELLE, I.; JOLMA, A.; LECKLIN, T.; KUIKKA, S. 2011. **Combining Conservation Value, Vulnerability and Effectiveness of Mitigation Actions in Spatial Conservation Decisions: An application to coastal oil spill combating.** Environmental Management. 12 pag.
- IBAMA. 1999. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Lagoa do Peixe – Fase 2.** 465 pag.
- ICMBIO. **Lista da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.**
- INCARDONA, J. P.; COLLIER, T. K.; SCHOLZ, N. L. 2010. **Oil spills and fish health: exposing the heart of the matter.** Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology. Advanced Online Publication.
- IRGANG, G. V. 2003. **Análise espacial e temporal do estado da conservação ambiental do Parque Estadual de Itapuã - RS e sua zona de amortecimento.** Dissertação de mestrado em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 110 pag.
- IUCN. 2010. **International Union for Conservation of Nature.**
- JACKSON, N. L.; NORDSTROM, K. F.; ELIOT, I.; MASSELINK, G. 2002. **Low energy Sandy beaches in marine and estuarine environments: a review.** Geomorphology 48:147-162.
- KIM, I. 2002. **Ten years after the enactment of Oil Pollution Act of 1990: a success or a failure.** Marine Policy 26, pag. 197-207.
- KJERVE, B. 1986. **Comparative oceanography of coastal laggons.** In: Wolfe DA (ed.) **Estuarine variability.** Academic Press, New York. Pag. 63-81.
- LIMA, M. V.; BRITO, D. D.; MILANELLI, J. C. C. 2008. **Mapeamento da Sensibilidade Ambiental a derrames de Óleo em Ihabela, São Paulo.** Revista Brasileira de Cartografia No. 60/02.
- LINDEN, O.; JERNELOV, A.; EGERUP, J. 2004. **The Environmental Impacts of the Gulf War 1991.** International Institute for Applied System Analysis – IIASA. Interim Report IR-04-019. Laxenburg, Austria.

- LOPES, C. F.; MILANELLI, J. C. C.; POFFO, I. R. F. 2006. **Ambientes Costeiros Contaminados por Óleo – Procedimentos de Limpeza – Manual de Orientação**. São Paulo: CETESB. v. 1. 120 pag.
- MARINHO, C. 2012. **Avaliação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) no âmbito das Cartas SAO: Identificação de lacunas e proposição de variáveis biológicas em sua composição**. Trabalho de Conclusão de Curso de Oceanologia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG. 82 pag.
- MARTINS, K. A. 2013. **Definição de ambientes quanto ao grau de exposição à energia hidrodinâmica no Lago Guaíba e Lagoa dos Patos no contexto do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL)**. Trabalho de Conclusão de Curso de Oceanologia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG. 51 pag.
- MARTINS, P. T. A.; RIEDEL, P. S.; MILANELLI, J. C. C.; STURARO, J. R. 2014. **Carta de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo em Rodovias: Aplicação piloto na Estrada dos Tamoios (sp-099), Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Cartografia, 1(66/1).
- MILANELLI, J. C. C. 2012. **Curso de Vazamento de óleo no mar – aspectos ecológicos e ações de combate**. Realizado na FURG.
- MMA. 2007. **Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. 107 pag.
- MULLER, A.; BARROS, M. P. 2013. **Diversidade e abundância de aves costeiras do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil**. Biotemas, 26 (3): pag. 163- 175.
- NICOLODI, J. L. 2002. **A Morfodinâmica Praial como Subsídio ao Gerenciamento Costeiro. O Caso da Praia de Fora Parque Estadual de Itapuã, RS**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 140 pag.
- NICOLODI, J. L. 2007. **O padrão de ondas no Lago Guaíba e sua influência nos processos de sedimentação**. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. 178 pag.
- OZORIO, C. P. 1993. **Estrutura espacial e sazonal da macrofauna bentônica da lagoa das Custódias, Tramandai (RS), Brasil: situações de verão e inverno**. Dissertação de mestrado em Ecologia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre. 167 pag.

RESENDE, S. 1988. **Nobreeding strategies of migratory birds of Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brazil.** Masters Thesis. Ithaca, New York: Cornell University, 150 pag.

SAATY, T. L. 1996. **The analytic hierarch process.** RWS Publications.

SCHWARZBOLD, A.; WURDIG, N. L. 1992. **Lagoas costeiras do Rio Grande do Sul. In: Diagnóstico Ambiental Oceânico e Costeiro das Regiões Sul e Sudeste do Brasil.** Vol. 1. Rio de Janeiro, PETROBRAS. Pag. 94-97.

SEMA. **Secretaria do Meio Ambiente – RS.** Acesso em 2015

Disponível em: [www.sema.rs.gov.br](http://www.sema.rs.gov.br)

SEMA. 1996. **Plano de Manejo do Parque Estadual de Itapuã.** 162 pag.

SEIFERT Jr, C. A. 2013. **A Governança Ambiental da Preservação e Controle de Incidentes com Óleo nas Atividades Marítimas de Petróleo no Brasil.** Dissertação de mestrado em Gerenciamento Costeiro, Universidade Federal do Rio Grande – FURG. 277 pag.

SILVA, C. P. 1982. **Ocorrência, distribuição e abundância de peixes na região estuarina de Tramandaí.** Atlântica, Rio Grande. 5: pag. 49-66.

SILVA, G. H.; ARAUJO, S. I. 2004. **Gerenciamento de derrames de petróleo: Sensibilidade ambiental x Suscetibilidade ambiental x Vulnerabilidade ambiental.** In: II Ecogercer, Salvador, Brasil: Agência Brasileira de Gerenciamento Costeiro.

STJERNHOLM, M.; BORTTMANN, D.; MOSBECH, A.; NYMAND, J.; MERKEL, F.; MYRUP, M.; SIEGSTAD, H.; CLAUSEN, D.; POTTER, S. 2011. **Environmental Oil Spill Sensitivity Atlas for the Northern West Greenland (72°-75° n) Coastal Zone.** NERI Technical Report no. 828. 210 pag.

SUGUIO, K. 1973. **Introdução a sedimentologia.** São Paulo. Ed. Edgard Blucher. EDUSP. 317 pag.

TABAJARA, L. L. C. A.; DILLENBURG, S. 1997. **Batimetria e sedimentos de fundo da Laguna de Tramandaí – RS.** CECO/IG/UFRGS, notas técnicas, 10: pag.21-33.

TAGLIANI, P. R. A. 1995. **Estratégia de planificação ambiental para o sistema ecológico da Restinga da Lagoa dos Patos – Planície Costeira do Rio Grande do Sul.** Tese de Doutorado, Universidade de São Carlos, São Carlos.

TOLDO, E. E. 1991. **Morfodinâmica da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul.** Pesquisas, Porto Alegre. 18(1): pag. 58-63.

TOMAZELLI, L. J. 1990. **Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos no nordeste da Planície Costeira do Rio Grande do Sul – com ênfase no sistema eólico.** Tese de doutorado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 270 pag.

TOMAZELLI, L. J. 1993. **O regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil.** Pesquisas, 20 (1): pag. 18-26.

TYCHSEN, J. 2006. **KenSea: Environmental Sensitivity Atlas for Coastal Area of Kenya.** Copenhagen, Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS); ISBN 87-7871-191-6. 76 pag.

URIEN, C. M.; MARTINS, L. R. 1978. **Structural and physiographic map eastern South America and western South Atlantic.** Série Mapas, CECO/UFRGS, vol. 3.

VASCONCELOS, T. L.; BARBOSA, C. C. A.; VALDEVINO, D. S.; SÁ, L. A. C. M. 2010. **Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo e sua distribuição no Brasil.** III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, Recife, PE.

VALENTE, R. M.; SILVA, J. M. C.; STRAUBE, F. C.; NASCIMENTO, J. L. X. 2001. **Conservação de Aves Migratórias Neárticas do Brasil.** Conservação Internacional, Belém – PA, 88 pag.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D.; GREEN, M. O. 1985. **Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: An empirical predictive model.** Marine Geology 62:339-364.

WURDIG, N. L. 1987. **Alguns dados físicos e químicos do sistema lagunar de Tramandaí.** RGS Pesquisas. Porto Alegre. nº 20, pag. 49-74.

## ANEXO I

Tabela RGB de cores e tons de cinza

<b>Cores</b>	<b>R</b>	<b>G</b>	<b>B</b>	<b>Tons de cinza</b>	<b>R</b>	<b>G</b>	<b>B</b>
1	102	17	87	1	224	224	224
2	103	18	146	2	176	176	176
3	184	83	235	3	128	128	128
4	53	0	106	4	80	80	80
5	39	68	146	5	40	40	40
6	25	136	185				
7	0	255	255				
8	0	190	169				
9	123	184	12				
10	0	128	0				
11	81	102	6				
12	159	153	71				
13	213	223	83				
14	255	255	0				
15	222	182	34				
16	179	121	17				
17	255	98	4				
18	255	127	97				
19	255	87	87				
20	255	0	0				
21	214	0	24				

**ANEXO II****Amostras sedimentares processadas**

<b>Área de estudo</b>	<b>Coordenada UTM</b>	<b>Classificação sedimentológica</b>	<b>Nome da amostra</b>
Areias Gordas	399466 647242	Areia fina	Amostra 1
Praia das Pombas – Estuário da Lagoa dos Patos	495157 6642646	Areia grossa	Amostra 2
Praia da Pedreira – Parque Estadual de Itapuã	495543 6641441	Areia média	Amostra 3
Praia do Tigre - Parque Estadual de Itapuã	495786 6638165	Areia grossa	Amostra 4
Praia de Fora - Parque Estadual de Itapuã	498215 6638230	Areia fina	Amostra 5
Região costeira e desembocadura do Parque Nacional da Lagoa do Peixe	509048 6542770	Areia fina	Amostra 6
Pontal arenoso do Parque Estadual do Camaquã	428880 6538267	Areia grossa	Amostra 7
Região ao sul do Delta do rio Camaquã	425464 6539821	Areia grossa	Amostra 8
Desembocadura oeste – Laguna de Tramandaí	584801 6683480	Areia fina	Amostra 9
Lenha Seca – Laguna de Tramandaí	579179 6685578	Areia média	Amostra 10
Pontal dos Freitas – Laguna de Tramandaí	581138 6682870	Areia média	Amostra 11
Praia na Lagoa das Custódias	584801 6683480	Areia média	Amostra 12