



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Integração de parâmetros geomorfológicos e biológicos no desenvolvimento do Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL)

Chayonn Marinho¹ & João Luiz Nicolodi²

¹Programa de Pós-Graduação em Oceanologia, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande. Av. Itália, Km 8, CEP 96203-900, Rio Grande, RS, Brasil (chayonn@hotmail.com). ²Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande. Av. Itália, Km 8, CEP 96203-900, Rio Grande, RS, Brasil (joaluiznicolodi@gmail.com)

Artigo recebido em 24/01/2019 e aceito em 23/10/2019

RESUMO

No contexto da indústria petrolífera e suas relações com os ecossistemas enquadram-se os instrumentos de políticas públicas, desenvolvidos a fim de prevenir e minimizar os efeitos de acidentes com óleo e derivados, como as Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Cartas SAO). Dentre as principais informações contidas nas Cartas SAO está o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL). Este índice mede a sensibilidade dos diferentes ambientes costeiros ao contato com óleo de acordo com as características geomorfológicas da região: exposição às forçantes hidrodinâmicas, tipo de substrato e declividade do litoral. Nesse estudo foi desenvolvida uma metodologia específica que integrou dados geomorfológicos e biológicos no desenvolvimento de um Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL). Tal metodologia desenvolveu previamente dois índices distintos, o Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) e o Índice Biológico de Sensibilidade (IB), os quais tiveram suas variáveis bem definidas permitindo a integração para desenvolvimento do IISL. Três regiões da Bacia de Pelotas, sul do Brasil, foram escolhidas para a aplicação dessa metodologia. Os resultados indicaram alteração nos valores de sensibilidade ao óleo em seis trechos de linha de costa analisados, apurando o mapeamento destas áreas. Assim, o presente estudo buscou apresentar elementos que venham subsidiar o aprimoramento metodológico de mapeamento de sensibilidade ao óleo no país, contribuindo na gestão de incidentes e no gerenciamento costeiro.

Palavras-chave: Derramamento de óleo, Cartas SAO, sensibilidade costeira, dados biológicos e geomorfológicos.

Integration of geomorphological and biological parameters to develop a Coastal Integrated Sensitivity Index (CISI)

ABSTRACT

In the context of oil industry and its relations with ecosystems the instruments of public policy are framed, which are developed to prevent and minimize the effects accidents involving oil and its derivatives, such as the Environmental Sensibility to Oil (ESO charts). The main information in the ESO charts is the Coastal Integrated Sensitivity Index (CISI), which measures the sensitivity of different coastal environments to contact with oil according to geomorphological characteristics, such as exposure to hydrodynamic forces, substrate type and coastal slope. The concept of sensibility used for the characterization of the coastline does not include in its methodological scope biological information, therefore, a new specific methodology was developed, which integrated geomorphological and biological data to develop a Coastal Integrated Sensitivity Index (CISI). This methodology previously developed two different indexes, the Geomorphological Sensitivity Index (GSI) and Biological Sensitivity Index (BSI), which had their well-defined variables allowing the integration of CISI. Three regions of the Pelotas Basin, south of Brazil, were chosen to test this methodology. The results indicated a change in sensibility values in six coastline segments analyzed, improving the mapping of these areas. 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.

Keyword: Oil spill, ESO charts, coastal sensitivity, biological and geomorphological data.

Introdução

O aumento da exploração do petróleo tem sido um recurso energético gerador de divisas para a economia de países e nações devido ao seu alto potencial energético, mas também difusor de impactos ambientais negativos resultantes de sua exploração e produção industrial, sendo capaz de causar morte de seres vivos e comprometer a qualidade de solos e água (Martins et al., 2015).

Desta forma, o planejamento de estratégias e ações de contingência a incidentes com óleo e derivados é essencial para a gestão ambiental e territorial das zonas costeiras. Nesse contexto estão a Lei federal nº 9.966 de 2000 (lei do óleo), que estabeleceu os princípios básicos a serem obedecidos na movimentação dos mesmos e o Decreto nº 8.127 de 2013, o qual institui o plano nacional de contingência para incidentes de poluição por óleo, que fixou responsabilidades e estabeleceu a estrutura organizacional, diretrizes, procedimentos e ações para ampliar a capacidade de resposta em incidentes de poluição por óleo, minimizando danos ambientais e prejuízos para a saúde pública (Giacomitti et al., 2015).

Na conjuntura exposta acima se enquadram as Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Cartas SAO), cujas principais informações fornecidas são as características biológicas, socioeconômicas e geomorfológicas dos ecossistemas costeiros, sendo esta última incorporada em um índice de sensibilidade do litoral (ISL), principal informação contida na carta.

O ISL é um índice de base geomorfológica que mede, basicamente, a capacidade de limpeza do ambiente em função das variáveis que o classifica: grau de exposição às forçantes ondas e marés (hidrodinâmica), declividade do litoral e tipo de substrato, o qual varia de 1 a 10 em uma escala crescente de sensibilidade. Para sua definição adota-se a metodologia proposta pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), a qual foi adaptada ao Brasil por Araújo et al. (2002) e adotada pelo Ministério do Meio Ambiente (2007). De uma maneira geral, os costões rochosos são classificados em sensibilidade 1 a 2, as praias arenosas em sensibilidade 3 a 6, e planícies de maré arenosa ou lamosa e margens vegetadas classificadas entre 7 e 10, de acordo com características específicas.

Entretanto, observa-se a necessidade do desenvolvimento de um índice que integre estes fatores geomorfológicos e hidrodinâmicos a

fatores biológicos em sua composição, o qual expresse de maneira integrada a sensibilidade de determinada região, levando em conta suas características abióticas e bióticas.

Para o presente trabalho define-se sensibilidade como o grau de dificuldade que o meio tem para responder a uma alteração ocorrida, como no caso a presença de petróleo oriunda de um derramamento. A mesma pode ser medida utilizando alguns indicadores relacionados às características físicas, biológicas e socioeconômicas das áreas (Beneditti, 2015).

Diversos são os trabalhos que questionam esta representação apenas geomorfológica do ISL, com destaque para Campo (2017), Castanedo et al. (2009) e IPIECA-IOGP (2016). A abordagem de índice integrado, tal qual proposto neste artigo, onde as tradicionais variáveis geomorfológicas e hidrodinâmicas são relacionadas às variáveis biológicas, começou a ser colocada em prática na zona costeira de alguns países como Indonésia, no trabalho de Hernawan e Risdianto (2017), Nigéria, em Lawal e Oyegun (2017), Índia, no trabalho de Kankara et al. (2016), Estados Unidos, em Nelson et al. (2015), China, em Cai et al. (2015) e França, em Fattal et al. (2010).

Porém, no Brasil, são incipientes os trabalhos que buscam aprimorar ou desenvolver novos métodos que venham a suprir essa necessidade. Vasconcelos et al. (2010) exemplificam a temática em tela da seguinte forma: 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.

Ainda, segundo (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.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um método específico que integra parâmetros geomorfológicos e biológicos na determinação da sensibilidade costeira ao óleo, utilizando como estudo de caso algumas regiões específicas da Bacia Marítima de Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul.

Cabe ressaltar que o presente trabalho está inserido no âmbito do projeto “Mapeamento da

Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Pelotas (CNPq-MMA)”¹, desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo em questão (Figura 1) contempla a bacia sedimentar marítima de Pelotas (BMPEL) mais especificamente Lagoa dos Patos e o litoral do Rio Grande do Sul.

A BMPEL situa-se na margem continental sul brasileira, oeste do oceano Atlântico, entre as latitudes 28°S e 34°S, limitada ao norte pela bacia de Santos, Alto de Florianópolis e ao sul com a bacia de Punta del Leste pelo Alto do Polônio. A área da bacia compreende cerca de 250.000 km², 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 (Petró, 2018)

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. Tal fato é corroborado no trabalho de Casagrande (2018), onde dados de vento entre os anos de 2003 e 2014 mostraram uma predominância de ventos do quadrante E-NE em 49% dos dados e quadrante W-SW em 24% dos dados.

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. Dentre essas Unidades de Conservação está o Parque Estadual de Itapuã que contempla a

área de estudo do presente trabalho, juntamente com uma região específica do estuário da Lagoa dos Patos (região das Areias Gordas) e a Laguna de Tramandaí (Figura 2).

Embora a pesquisa tenha sido desenvolvida em diversos pontos da Bacia de Pelotas, estas três áreas foram selecionadas para a análise por sua diversidade de características geomorfológicas e hidrodinâmicas de seus ambientes e ainda, por serem áreas de destacada produtividade biológica e importância ecológica.

Na região do Lago Guaíba encontra-se o Parque Estadual de Itapuã, uma Unidade de Conservação Estadual de Proteção Integral, localizada nas proximidades da metrópole Porto Alegre, que apresenta praias abrigadas, semi-abrigadas e expostas, de granulometria grosseira, média e fina. Mais ao norte do estado encontra-se a Laguna de Tramandaí, um corpo hídrico, com ligação permanente com o oceano e atividade de armazenamento e transporte de petróleo. Por fim, ao sul, o Estuário da Lagoa dos Patos, que apresenta grande importância e diversidade biológica, além de ser rota permanente de navegação de produtos derivados do petróleo. O estuário caracteriza-se por 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 (MMA, 2016).

¹ www.saopelotas.furg.br

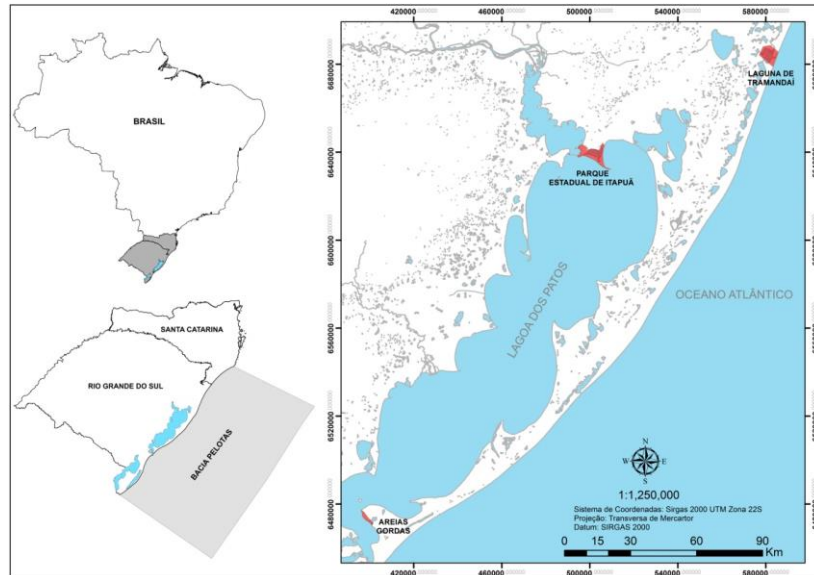


Figura 1. Localização da área de estudo.

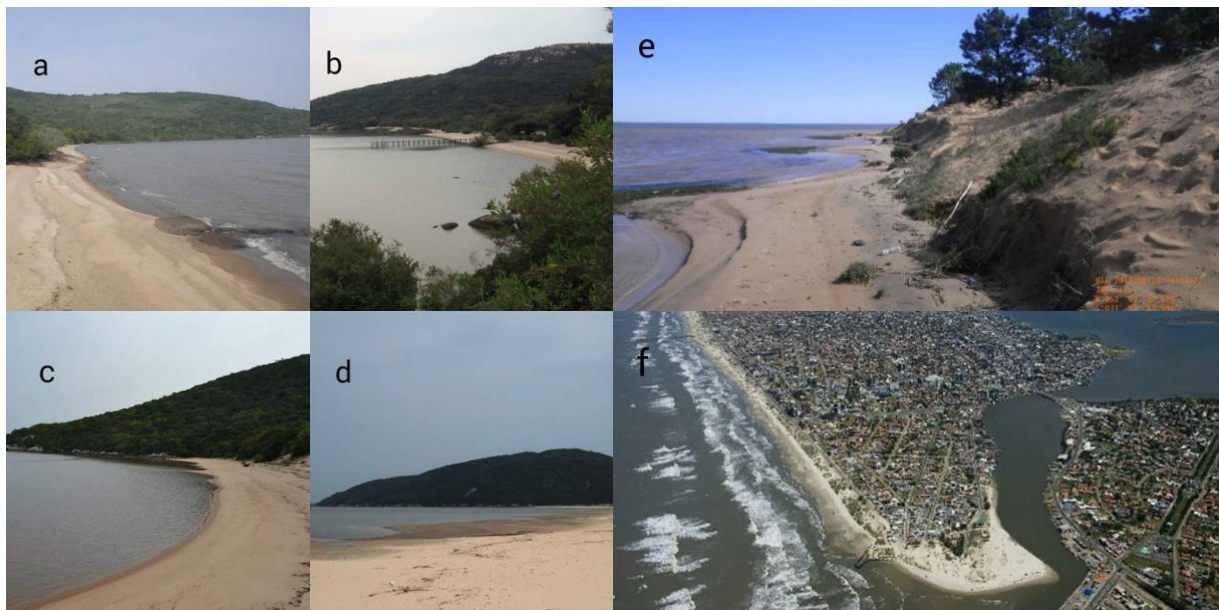


Figura 2. Regiões de estudo. A) praia das Pombas. B) praia da Pedreira. C) praia do Tigre. D) praia de Fora. E) praia das Areias Gordas. F) desembocadura da Lagoa de Tramandaí.

Com relação à sensibilidade ambiental ao contato com óleo, essas regiões são classificadas segundo a metodologia oficial do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007) em graus de sensibilidade, o qual varia de 1 a 10 em uma escala crescente de sensibilidade. Assim, são classificadas segundo a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação das regiões de estudo de acordo com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) oficial proposto pelo MMA.

Local	ISL (MMA)
Praia das Pombas	5
Praia da Pedreira	4

Praia do Tigre	4
Praia de Fora	3
Areias Gordas	3
Desembocadura Lagoa de Tramandaí (margem oeste)	3
Desembocadura Lagoa de Tramandaí (margem leste)	1

Desenvolvimento do Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL)

Para o desenvolvimento do Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL) com base nas variáveis geomorfológicas e biológicas foi considerado e desenvolvido dos índices intermediários distintos: o Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG) e o Índice Biológico de Sensibilidade (IB).

A aquisição dos dados geomorfológicos foi dada através da observação e medição em campo. Foram coletadas doze amostras sedimentares, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e levadas para o laboratório para serem processadas a partir do método de peneiração (Marques e Nicolodi, 2015). Tais amostras foram colocadas em seus respectivos recipientes e lavadas para a retirada do sal presente. Após a lavagem, 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 está sendo construída no Laboratório de Sedimentologia da Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

A declividade da face da praia foi medida a partir de clinômetro, enquanto que a largura estimada da praia medida através de uma fita métrica. A altura da onda foi estimada visualmente, de acordo com Sobral et al. (2018), medindo-se a diferença em altura entre a crista e a cava da onda no momento anterior à sua quebra sendo que em algumas regiões abrigadas não foram identificadas arrebentação de onda. Os dados biológicos foram adquiridos a partir de consulta bibliográfica e identificação em campo.

No total foram realizadas três saídas de campo, duas a bordo da lancha *Larus*, da FURG, a

qual contemplou o mapeamento das margens oeste e leste da Lagoa dos Patos, e um trabalho de campo realizado por terra, sendo mapeado todo o trecho do litoral do Rio Grande do Sul, de Torres ao Chuí.

Índice Geomorfológico de Sensibilidade (IG)

As variáveis geomorfológicas escolhidas foram baseadas no método de definição do ISL proposto pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007). Assim, ficou definido que o tipo de substrato, declividade do litoral e a exposição às forçantes de ondas e marés (hidrodinâmica) 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” (FAA). 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 entre marés como influenciando no grau de estresse.

Devido à abrangência da área de estudo do presente trabalho, constituída tanto por regiões lagunares quanto oceânicas, tornou-se necessária a definição dos ambientes quanto a sua energia (Bulhões e Fernandez, 2016). 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 foram avaliadas.

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 (Souza et al., 2015). 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.

A classificação dos ambientes quanto à exposição hidrodinâmica (Tabela 2) 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.

As variáveis “tipo de substrato” e “exposição às forçantes hidrodinâmicas” foram integradas a partir da utilização de uma matriz na qual é considerada a relação destas variáveis com a sensibilidade ao derrame de óleo (Tabela 3). Já o Fator de Área Atingida (FAA) foi estabelecido a partir da variável declividade do litoral (Tabela 4).

Tabela 2. Classificação dos ambientes quanto à exposição hidrodinâmica.

Grau de exposição	Ondulação
Protegido	> 0,20m
Semi-protegido	Entre 0,20m e 0,40m
Exposto	> 0,40m

Tabela 3. Relação do tipo de substrato com a exposição às forçantes hidrodinâmica (Relação S/E) na sensibilidade ao contato com óleo.

Substrato	Protegido	Semi-protegido	Exposto
	Rocha	2	1
	Areia fina	3	2
	Areia média	3	2
	Areia grossa	4	3
	Lama/vegetação	5	4

O valor da variável Fator de Área Atingida (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.

Tabela 4. Classificação da declividade de praia.

Declividade	Fator de área atingida
Alta (>30°)	1
Moderada (entre 30° e 5°)	2
Baixa (>5°)	3

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

$$IG = FAA \times \text{Relação tipo substrato/exposição hidrodinâmica (Relação S/E)}.$$

Índice Biológico de Sensibilidade (IB)

As variáveis biológicas foram selecionadas com base no método proposto por Ihaksi *et al.* (2011), o qual desenvolveu um índice para avaliação de populações ameaçadas por uma mancha de óleo flutuante, facilitando a tomada de decisões sobre procedimentos a serem empregados com a mancha. Este leva em consideração quatro fatores, são eles: grau de exposição e mortalidade devido a um derramamento de óleo, potencial de recuperação após o acidente, relativo valor de conservação em comparação com outras espécies ou populações e, possibilidade técnica de salvação da biota.

Assim, as quatro variáveis biológicas que constituirão o Índice Biológico de Sensibilidade (IB) (Tabela 5) são: “Espécies sensíveis ao contato com óleo”, “espécies que possuem valor de conservação”, “espécies dependentes da costa” e “espécies com localização prevista”. Além disto, espécies criticamente ameaçadas de extinção, espécies em extinção e espécies endêmicas são incluídas no índice, pois, devido suas peculiaridades um único derramamento de óleo pode ter um efeito de devastação sobre toda comunidade.

De acordo com Alencar *et al.*, (2016) os derrames de petróleo são fontes potenciais para a entrada de hidrocarbonetos nos ambientes, causando diversos efeitos negativos afetando seu equilíbrio. Os hidrocarbonetos podem causar distúrbios na reprodução e respiração dos organismos, provocando efeitos adversos no metabolismo e fisiologia, além de possuírem capacidade carcinogênica e mutagênica. A

mobilidade de moluscos, crustáceos, peixes, répteis, anfíbios, aves e mamíferos fica comprometida, assim como é reduzida a tolerância a predadores, infecções e outros estresses.

Tal informação foi obtida na bibliografia disponível, definindo assim, se a espécie é sensível ou não ao contato com o óleo.

Foi adotada a definição de “espécies com valor de conservação” para aquelas 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 (FZB, 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 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.

Tabela 5. Modelo conceitual do Índice Biológico de Sensibilidade (IB).

Índice Biológico de Sensibilidade (IB)	Es - Espécie sensível ao contato com óleo
	Vc - Espécie com valor de conservação; n=1 para endêmicas ou extinção; n=2 para endêmicas e extinção
	Ec – Espécie dependente da costa
	Lp – Espécie com localização prevista

Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL)

Com o exposto anteriormente, a integração do Índice Geomorfológico de

Sensibilidade (IG) e do Índice Biológico de Sensibilidade (IB), permite a geração do Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL) e sua lógica de construção pode ser observada na Figura 3.

De acordo com a metodologia proposta, 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, enquanto que o Índice Biológico de Sensibilidade (IB) pode chegar ao valor 5. Dessa maneira, o Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL) varia de 1 a 20 de acordo com a pontuação das variáveis.

Cada região de estudo teve uma representação gráfica (Figura 4) onde se encontram os resultados referentes à sensibilidade geomorfológica e biológica, mostrando a presença ou a ausência de cada variável que compõe o Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL). 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 5. A paleta de cores foi determinada através de rotina própria do software *IDRISI*.

Para a comparação estrita do IISL com a classificação de sensibilidade proposta pelo MMA foi desenvolvida a compilação e reclassificação a partir das 20 classes propostas na presente metodologia para 10 classes como preconiza a metodologia do MMA. Tal procedimento tem o intuito de testar a capacidade do método em alterar o valor de sensibilidade de acordo com a presença ou ausência de variáveis biológicas, mantendo a mesma tendência de sensibilidade geomorfológica encontrada no ISL oficial brasileiro, onde costões rochosos são classificados em sensibilidade 1 ou 2, praias arenosas entre sensibilidade 3 e 6, e ambientes lamosos, terraços de marés e margens vegetadas entre as sensibilidades 6 e 10. Essa compilação e reclassificação pode ser observada na figura 6.

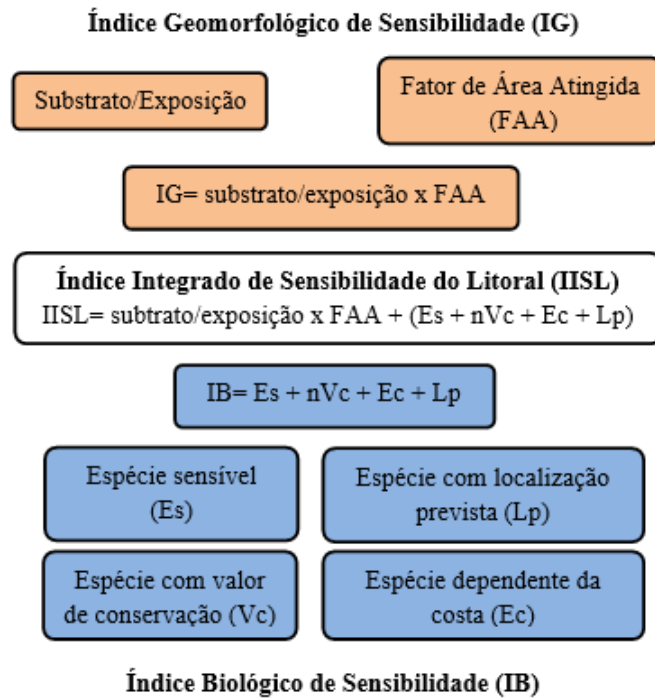


Figura 3. Esquema conceitual do Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL).

IISL	IG	Relação S/E	FAA
	IB	Es	Lp
		Vc	Ec

Figura 4. Representação gráfica da composição do Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL) proposto.

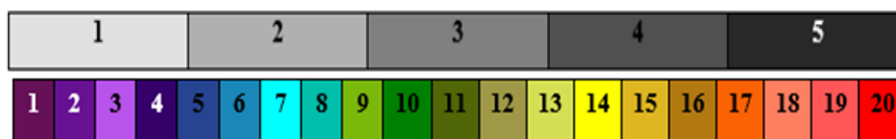


Figura 5. Tons de cinza e paleta de cores para os Índices Integrados de Sensibilidade do Litoral (IISL).



Figura 6. Compilação e reclassificação do IISL proposto para o mesmo número de classes do ISL.

Resultados

Após o desenvolvimento do Índice Integrado de Sensibilidade (IISL), o mesmo foi aplicado em diferentes localidades: quatro praias

do Parque Estadual de Itapuã, sendo, praia das Pombas, praia da Pedreira, praia do Tigre e praia de Fora, uma praia específica localizada no estuário da Lagoa dos Patos, denominada Areias Gordas e na desembocadura oeste e leste da Laguna de Tramandaí.

Parque Estadual de Itapuã

Quatro praias foram analisadas no Parque Estadual de Itapuã: Praia das Pombas, Praia da Pedreira, Praia do Tigre e Praia de Fora.

A praia das Pombas 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. Esta praia tem por característica ser constituída de areia grossa pobremente selecionada com aproximadamente 76% de areia e 24% de cascalho. A declividade da praia medida foi de 7°, portanto, praia de moderada declividade com valor de $FAA = 2$. A arrebentação observada foi menor do que 0,20 metros e assim, a praia das Pombas foi enquadrada como ambiente protegido, de baixa energia.

Quanto aos recursos biológicos, esta praia não apresentou nenhuma variável proposta na metodologia para determinação do Índice Biológico de Sensibilidade (IB).

Terceira praia do Parque Estadual de Itapuã, de norte para sul e de fácil acesso, encontra-se a Praia da Pedreira, 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. 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, *Trachemys dorbigni*, sendo por isso, uma possível área de nidificação. Assim,

a variável “espécie dependente da costa - Ec” e “espécie sensível - Es” 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.

Acessível somente através de trilha guiada a partir da Praia de Fora se encontra a Praia do Tigre, que 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 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, 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)*, 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 $n = 1$, 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 - Es” também está presente na constituição do IB.

A última praia do Parque Estadual de Itapuã, localizada de norte para sul, é a Praia de Fora, 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 classificá-la como um ambiente exposto, de alta energia.

Nicolodi e 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 características sedimentares ser constituída de areia de granulometria fina e muito bem selecionada, sendo composta 100% de areia. 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 e Toldo, 2003), 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.

Dentre as praias estudadas no Parque Estadual de Itapuã a 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, somado ao fato de que 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 MMA, conforme a tabela 1, a classifica em ISL 4, devido somente à sua granulometria média, desprezando as

características biológicas do local. Assim sendo, possui menor sensibilidade do que a praia das Pombas, a qual é 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 a essa praia. A metodologia oficial do Ministério do Meio Ambiente a 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.

A figura 7 apresenta o Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL) para as quatro praias analisadas acima.

Praia das Pombas			
IISL=8	IG=8	4	2
	IB=0	.	.
		.	.

Praia da Pedreira			
IISL=9	IG=6	3	2
	IB=3	1	1
		.	1

Praia do Tigre			
IISL=12	IG=9	3	3
	IB=3	.	1
		1	1

Praia de Fora			
IISL=6	IG=6	2	3
	IB=0	.	.
		.	.

Figura 7: Quadro esquemático do Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL) para as quatro praias analisadas no Parque Estadual de Itapuã, RS.

Estuário da Lagoa dos Patos

Um ponto específico localizado no estuário da Lagoa dos Patos, conhecido como praia das Areias Gordas, foi utilizado para o desenvolvimento do método proposto e posterior classificação da sensibilidade ao contato com óleo.

Tal ponto de coleta sedimentar é representativo de todo o trecho praial em função da ausência de variação lateral nas características sedimentares dessa região. Constituído 100% de areia fina muito bem selecionada e medido 15° de declividade da face da praia, essa região foi classificada em moderada declividade, com valor 2 da variável Fator de Área Atingida (FAA). 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. Dessa maneira a relação S/E torna-se 2.

Quanto aos recursos biológicos, algumas espécies migratórias podem ser observadas, tornando-se uma região importante para estadia de algumas espécies. Também, é possível observar ao longo de toda sua extensão fragmentos ou extensas manchas de tapetes microbianos, comunidades bentônicas de microrganismos que

colonizam a região intertidal, associados ou não a plantas superiores enraizadas (Guimarães, 2015).

O estuário da Lagoa dos Patos abriga espécies ameaçadas de extinção como a gaivota-de-rabo-preto, *Larus atlanticus*, e o sanã-cinza, *Porzana spiloptera*. Também atua como sítio de congregação de *T. subruficollis*. Por esses motivos, o estuário foi designado como “Área Importante para a Conservação das Aves” (Bencke et al., 2006). Devido essas características, as variáveis de caráter biológico, “espécie com valor de conservação”, com espécie ameaçada de extinção, “espécie sensível” e “espécie com localização prevista” constituem o Índice Biológico de Sensibilidade (IB). A variável “espécie dependente da costa” não será incluída no IB devido a não identificação em campo de tais espécies.

A praia estuarina das Areias Gordas foi classificada em IISL 8, segundo a metodologia desenvolvida no presente estudo (Figura 8). 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, a metodologia oficial tende a subestimar a real sensibilidade do local, à medida que fora

identificada a presença de espécies sensíveis e ameaçadas de extinção.

Ao aplicar o método desenvolvido nesse trabalho, a região das Areias Gordas mostrou-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.

Praia das Areias Gordas			
IISL=8	IG=4	2	2
		1	1
	IB=4	2	-

Figura 8. Quadro esquemático do Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL) para a praia das Areias Gordas, Lagoa dos Patos, RS.

Laguna de Tramandaí

O ponto utilizado em Tramandaí localiza-se na margem oeste da desembocadura da laguna, sendo 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.

Já, na margem leste da desembocadura encontra-se uma região caracterizada pela presença de um muro de contenção, onde se localiza o Terminal de Transporte 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.

Quanto aos recursos biológicos, a região da Laguna de Tramandaí 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.

Identificou-se na desembocadura da laguna a presença do boto *Tursiops truncatus*. 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 (Giacomo e Ott, 2016).

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 está contida no Índice Biológico de Sensibilidade (IB). 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.

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 à 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.

De acordo com a metodologia 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, medindo a sensibilidade do substrato, ausentando a relação substrato-biota, crucial para a medição da real sensibilidade.

Desembocadura oeste				Desembocadura leste			
IISL=7	IG=4	2	2	IISL=4	IG=1	1	1
	IB=3	1	-		IB=3	1	-
		1	1			1	1

Figura 9: Quadro esquemático do Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL) para a desembocadura da Laguna de Tramandaí, RS.

Análise da metodologia desenvolvida

Como apresentado nos itens acima, a metodologia proposta no presente estudo propiciou o aumento da sensibilidade em regiões onde a presença de variáveis de importância biológica se fez presente e, ao mesmo tempo, manteve a tendência do intervalo de classificação dos diferentes tipos de segmentos costeiros apresentados na metodologia oficial do MMA. Como observado na tabela 6, a Praia das Pombas teve uma leve diminuição em sua sensibilidade devido à ausência de variáveis biológicas em seu segmento, onde a sensibilidade foi determinada apenas pelas variáveis geomorfológicas. A praia de Fora, a qual também não apresentou características biológicas em sua constituição manteve o mesmo valor de sensibilidade quando comparado o IISL proposto sintetizado com o ISL

oficial no MMA. Tal fato corrobora com a manutenção da tendência dos índices de sensibilidade oficial, onde praias são classificadas entre 3 e 6.

Percebe-se que a metodologia do MMA classifica a praia de Fora e a praia das Areais Gordas em sensibilidade 3, devido às características granulométricas das mesmas. Entretanto, as peculiaridades biológicas da praia das Areais Gordas, quando aplicadas ao IISL proposto, aumentam sua sensibilidade, o que comprova a eficácia da metodologia em agregar as variáveis biológicas e permitir que os índices de sensibilidade ao contato com óleo tenham um caráter multifocal e mais realístico.

Em síntese, a metodologia proposta no presente estudo foi preponderante em determinar aumento e diminuição de sensibilidade mantendo a tendência geral do índice, sendo notada pelo

valor de sensibilidade da praia do Tigre, a qual representa a região mais sensível devido suas peculiaridades biológicas, sendo classificada no IISL sintetizado em 6.

Tabela 6. Síntese dos resultados.

Regiões	IISL	IISL sintetizado	ISL MMA
Praia das Pombas	8	4	5
Praia da Pedreira	9	5	4
Praia do Tigre	12	6	4
Praia de Fora	6	3	3
Praia das Areias Gordas	8	4	3
Desembocadura oeste	7	4	3
Desembocadura leste	4	2	1

Conclusões

Embora expedita e pragmática, a metodologia oficial do Ministério do Meio Ambiente (MMA) para elaboração de Índices de Sensibilidade ao óleo 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).

A necessidade de maior atenção e proteção de ambientes que abriguem espécies sensíveis, que dependam da região costeira para seu ciclo de vida, 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 na alteração da

sensibilidade das regiões de estudo, quando comparadas a classificação proposta pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).

O critério utilizado na escolha das regiões buscou distribuir 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 7 aplicações diferentes, sendo que o maior Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral (IISL) encontrado foi o valor 12 representado pela praia do Tigre no Parque Estadual de Itapuã.

Para a comparação estrita do IISL com a classificação de sensibilidade proposta pelo MMA foi desenvolvida a compilação e reclassificação a partir das 20 classes propostas na presente metodologia para 10 classes como preconiza a metodologia do MMA. Sua aplicação indicou o aumento de sensibilidade ao óleo em cinco dos sete trechos de costa mapeados, redução de sensibilidade em um segmento e manutenção do mesmo valor em uma localidade.

O fato de tal mapeamento ter como finalidade a utilização para a resposta a incidentes com hidrocarbonetos, bem como para o

planejamento estratégico, releva a necessidade de uma representação cartográfica clara e concisa, de relativamente fácil interpretação por não especialistas. Com a aplicação dessa metodologia é possível identificar separadamente o valor de cada variável geomorfológica e biológica, a sensibilidade geomorfológica e biológica de cada trecho e por fim o Índice Integrado de Sensibilidade (IISL).

Algumas dificuldades foram encontradas no desenvolvimento da proposta do IISL. Cabe destaque a identificação das espécies nas regiões de estudo, uma vez que existem diversas lacunas de informações em regiões inóspitas e de difícil acesso. A observação em campo das variáveis biológicas pressupõe profissionais especializados em cada grupo de espécies, o que nem sempre é possível.

Em que pese às dificuldades supracitadas, o desenvolvimento de metodologia alternativa ao mapeamento de sensibilidade ao óleo por meio do Índice Integrado de Sensibilidade do Litoral

(IISL) teve como objetivo contribuir ao aprimoramento científico aplicado e ao diálogo de cunho metodológico no que se refere ao assunto em tela.

É imperioso que as ações de resposta à incidentes com óleo e derivados sejam estabelecidas em rigorosa base científica e com estratégia articulada e eficaz. Tal demanda, invariavelmente, pressupõe que esta base científica seja ao mesmo tempo consistente e pragmática. Se por um lado, não se podem tomar decisões urgentes e complexas em bases científicas inconsistentes, é impossível esperar resultados expeditos e eficientes por parte dos gestores ambientais e demais tomadores de decisão se estas mesmas bases forem extremamente complexas e de difícil execução. É a essa delicada equação que a metodologia proposta neste trabalho busca contribuir: propiciar aperfeiçoamento no método usualmente aplicado, sem com isso engessar ou inviabilizar essa importante ferramenta de gestão.

Referências

- Alencar, T.S., Oliveira, V.P.S., Oliveira, M.M., Saraiva, V.V., 2016. Contaminação por metais pesados e hidrocarbonetos de petróleo: uma ameaça para os manguezais. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campo dos Goytacazes/RJ* 10(2), 7-24.
- Araujo, S.I., Silva, G.H., Muehe, D.C.E.H., 2002. Manual básico para elaboração de mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo no sistema Petrobras: ambientes costeiros e estuarinos. CENPES/Petrobrás, Rio de Janeiro.
- Beneditti, C.A., 2015. Vulnerabilidade ambiental ao óleo em ambiente fluvial: estudo de caso rio Tietê/Reservatório de Barra Bonita-SP. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Rio Claro, Universidade Estadual Paulista – UNESP.
- Bencke, G.A., Maurício, G.N., 2006. Áreas Importantes para a Conservação das Aves nos Estados do Domínio da Mata Atlântica – Síntese dos Resultados, in: Bencke, G.A., Maurício, G.N., Develey, P.F., Goerck, J.M., Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil. Parte I: Estados do Domínio da Mata Atlântica, Editora SAVE Brasil, São Paulo, pp. 91-99.
- BRASIL, 2000. Lei Federal nº 9.966 de 28 de abril de 2000.
- BRASIL, 2013. Decreto nº 8.127, de 22 de outubro de 2013.
- Bulhões, M.R.B., Fernandez, G.B., 2016. Aspectos morfodinâmicos em praias de enseada: estudo de caso em Armação dos Búzios, RJ. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 2(16), 253-271.
- Cai, L., Yan, L., Ni, J., Wang, C., 2015. Assessment of Ecological Vulnerability under oil spill stress. *Sustainability*. (7), 13073-13084.
- Campo, A.G., 2017. Mapping environmental sensitivity: A systematic online approach to support environmental assessment and planning. *Environmental Impact Assessment Review* (66), 86-98.
- Casagrande, A.I., Aguiar, D.F., Nicolodi, J.L., Damião, A.A., 2018. Tendências de variação da linha de costa de Cidreira (RS) e suas relações com parâmetros oceanográficos e meteorológicos. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*. (31), 35-62.
- Castanedo, S., Juanes, J.A., Medina, R., Puente, A., Fernandez, F., Olabarrieta, M., Pombo, C., 2009. Oil spill vulnerability assessment integration physical, biological and socio-economical aspects: Application to the Cantabrian coast (Bay of Biscay, Spain). *Journal of Environmental Management*. 91(1), 149-159.

- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2007. Ambientes costeiros contaminados por óleo: procedimentos de limpeza. São Paulo.
- 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). *Journal of Coastal Research*. 26(5), 879-887.
- FZB. Fundação Zoobotânica Do Rio Grande Do Sul, 2014. Lista Final de Avaliação do Estado de Conservação de Espécies da Fauna e Flora. Porto Alegre.
- Giacomitti, R.B., Isaguirre-torres, K.R., 2015. Instrumentos Públicos e Privados para a reparação do dano ambiental causado por derramamento de óleo no mar sem origem definida: as manchas órfãs. *Revista de Direito Internacional*, Brasília, 12 (1), 200-215.
- Giacomo, A.B., Ott, P.H., 2016. Long-term site fidelity and residency patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Tramandaí Estuary, Southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*. 11(1-2), 155-161.
- Guimarães, P.S., 2015. Tapetes Microbianos da Lagoa dos Patos (RS-Brasil): Ocorrência, Fatores Meteorológicos relacionados e Fixação de Nitrogênio. Tese (Doutorado em Oceanografia Física, Química e Geológica). Rio Grande, Universidade Federal do Rio Grande – FURG.
- Ihaksi, T., Kokkonen, 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*. 47(5), 802 – 813.
- IPIECA-IMO-OGP. The global oil and gas industry Association for environmental and social issues - International Maritime Organization - International Association of Oil & Gas Producers, 2016. Sensitivity mapping for oil spill response. IOGP Report Number 477. Londres.
- Lawal, O., Oyegun, C.U., 2017. Geographic information systems-based expert system modelling for shoreline sensitivity to oil spill disaster in Rivers State, Nigeria.
- Kankara, R. S., Arockiaraj, S., Prabhu, K., 2016. Environmental sensitivity mapping and risk assessment for oil spill along the Chennai Coast in India. *Marine Pollution Bulletin*. 106(1-2), 95-103.
- Marques, V.C., Nicolodi, J.L., 2015. Análise sedimentológica na definição de sensibilidade ao óleo na Lagoa dos Patos e Lago Guaíba, RS.
- Martins, S.S.S., Silva, M.P., Azevedo, M.O., Silva, V.P., 2015. Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. *Holos* 31(6), 54-76.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2016. Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Pelotas. Brasília.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2007. Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo. Brasília.
- Nelson, J.R., Grubestic, T.H., Sim, L., Rose, K., Graham, J., 2015. Approach for Assessing Coastal Vulnerability to Oil Spills for Prevention and Readiness Using GIS and the Blowout and Spill Occurrence Model. *Ocean and Coastal Management*. (11), 1-11.
- Nicolodi, J.L., Toldo, E.E., 2003. Beach morphodynamics: a tool for coastal habitat managers. A case study: Praia de Fora, Itapuã State Park, RS. *Natureza & Conservação*, 1(2), 66-75.
- Petró, S.M., 2018. Dissolução de foraminíferos quaternários do Atlântico Sul: da perda de CaCO₃ ao ganho de informação paleoceanográfica Tese (Doutorado em Geociências). Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.
- Hernawan, U., Risdianto, R.K., 2017. Coastal protection of southern part of The Bintuni Bay from oil spill: -An Environmental Sensitivity Index Approach. *Bulletin of Marine Geology*, 32(2), 77-88.
- Sobral, H.T.A.S., Barreto, T.M.R.R., Carminatto, A.A., Silva, F.S.P., 2018. Estado morfodinâmico de praias arenosas do litoral aracajuano, Sergipe, Brasil. Encontro Nacional de Pós-Graduação, Santos.
- Souza, T.A.S., Bulhões, E., Amorim, I.B.S., 2015. Ondas de tempestade na costa Norte Fluminense. *Quaternary and Environmental Geosciences* 6(2), 10-17.
- 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. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, Recife.

