

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO E METEOROLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

JULIANE COELHO LENHARD

**GESTÃO AMBIENTAL PORTUÁRIA COM BASE ECOSSISTÊMICA: PROPOSTA
PARA O PORTO DE PORTO ALEGRE, RS, BRASIL**

PORTO ALEGRE
2023

JULIANE COELHO LENHARD

**GESTÃO AMBIENTAL PORTUÁRIA COM BASE ECOSSISTÊMICA: PROPOSTA
PARA O PORTO DE PORTO ALEGRE, RS, BRASIL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

Orientador: Prof. Dra. Tatiana Silva da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Milton Lafourcade Asmus

PORTO ALEGRE

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Lenhard, Juliane Coelho
GESTÃO AMBIENTAL PORTUÁRIA COM BASE ECOSSISTÊMICA:
PROPOSTA PARA O PORTO DE PORTO ALEGRE, RS, BRASIL /
Juliane Coelho Lenhard. -- 2023.
107 f.
Orientadora: Tatiana Silva da Silva.

Coorientador: Milton Lafourcade Asmus.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Gestão Ambiental Portuária. 2. Base Eossistêmica. 3. Serviços Eossistêmicos. 4. Porto de Porto Alegre. 5. DPSIR. I. da Silva, Tatiana Silva, orient. II. Asmus, Milton Lafourcade, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, inteligência suprema, causa primária de todas as coisas.

Aos meus pais, por terem me dado a vida e todos os princípios que eu precisava para traçar o meu caminho.

As minhas irmãs que vieram antes e me ensinaram muito através do exemplo, eu vejo força e persistência em vocês.

A minha orientadora magnânima e meu co-orientador sistêmico, Tatiana da Silva e Milton Asmus, por acreditarem no meu potencial e me mostrarem a direção.

Aos colegas do Laboratório de Modelagem Ricardo Ayup Zoain por toda ajuda, todas as trocas e todos os cafés.

Ao Grupo Gestão Marinha e Costeira Ecosistêmica, por nossas conversas e debates, que me engrandece como pessoa e pesquisadora.

A equipe do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre, pela ajuda na construção desta pesquisa, em especial a Priscila Yamazaki.

A professora Carla Perez Souza, por ser uma grande incentivadora nesta etapa da minha vida acadêmica e por me mostrar a ciência sob um olhar diferente.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto que enriqueceram a minha formação profissional e pessoal.

Por fim, ao CNPq pelo financiamento deste estudo através da bolsa de mestrado.

RESUMO

A gestão ambiental portuária ocorre de maneira pouco consistente e fragmentada, originando inúmeros conflitos relacionados às atividades portuárias e trazendo pouco suporte ao gestor na solução de problemas. A gestão carece de maior efetividade na sua aplicação, onde as ações sejam incorporadas no âmbito da gestão ambiental, ordenadas por uma abordagem sistêmica e integradora. Nesse contexto, a Gestão Ambiental com Base Ecosistêmica apresenta-se como uma alternativa viável e essencial à gestão no Brasil e no mundo. O presente trabalho teve como objetivo elaborar uma metodologia de suporte à priorização de ações de curto, médio e longo prazo de gestão ambiental portuária com base ecosistêmica, utilizando como estudo de caso o Porto de Porto Alegre, RS, Brasil. Para isso, a partir da detecção de não conformidades, identificadas ao longo dos relatórios de atividades do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre, foram propostas e hierarquizadas recomendações de gestão. Para tal hierarquização, foram considerados os sistemas ambientais relacionados às não conformidades, bem como modelos, a fim de avaliar a oferta e o risco de perda de serviços ambientais. Foram utilizados os modelos Driving Forcers/Forças motrizes – Pressure/Pressão – State/Estado – Impact/Impacto – Response/Resposta (DPSIR) em conjunto com a Matriz de Ecossistemas e Serviços e o Modelo Habitat Risk Assessment (HRA) como ferramentas de análise uma vez que indicam as relações de causa e efeito das intervenções humanas sobre os ecossistemas e o risco de perda de seus serviços ambientais. Apresentam-se como ações prioritárias de gestão a implementação do sistema de alerta à navegação e a aquisição e utilização adequadas dos equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações, sendo os baixios os sistemas prioritários em termos de intervenção. A metodologia criada é uma ferramenta útil e aplicável, oferecendo suporte aos tomadores de decisão no âmbito da gestão ambiental portuária.

Palavras-chave: Gestão Ambiental Portuária. Serviços ecosistêmicos. Porto de Porto Alegre. DPSIR. Serviços ambientais.

ABSTRACT

The port environmental management occurs in a inconsistent and fragmented way, giving rise to numerous conflicts related to port activities and providing little support to the manager in solving problems. Management lacks greater effectiveness in its application, where actions are incorporated within the scope of environmental management, ordered by a systemic and integrative approach. In this context, Ecosystem-Based Environmental Management presents itself as a viable and essential alternative to management in Brazil and worldwide. The objective of this work was to develop a methodology to support the prioritization of short, medium and long-term actions for port environmental management based on ecosystems, using Porto Alegre, RS, Brazil as a case study. For this, based on the detection of non-conformities, identified throughout the activity reports of the Porto de Porto Alegre Environmental Management Program, management recommendations were proposed and hierarchized. For this ranking, environmental systems related to non-conformities were considered, as well as models, in order to assess the supply and risk of loss of environmental services. The Driving Forcers/Motive Forces – Pressure/Pressão – State/Estado – Impact/Impacto – Response/Response (DPSIR) models were used together with the Ecosystems and Services Matrix and the Habitat Risk Assessment Model (HRA) as analysis tools since they indicate the cause and effect relationships of human interventions on ecosystems and the risk of loss of their environmental services. Priority management actions include the implementation of the navigation alert system and the acquisition and proper use of isolation and signaling equipment for supplying vessels, with the shoals being the priority systems in terms of intervention. The methodology created is a useful and applicable tool, offering support to decision makers in the field of port environmental management.

Keywords: Port Environmental Management. Ecosystem services. Harbor from Porto Alegre. DPSIR. Environmental services.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Consequência versus exposição modelo HRA. Fonte: adaptado de Dawson <i>et al.</i> (2011).....	29
Figura 2 - Localização da área de estudo.....	31
Figura 3 - Mapa traçando a Poligonal do Porto Organizado.....	32
Figura 4 - Captação de água bruta dentro da Poligonal do Porto Organizado.....	33
Figura 5 - Mapa do Zoneamento Ecológico Econômico do Rio Grande do Sul.....	35
Figura 6 - Modelo DPSIR. Fonte: adaptado de Atkins et al (2011).....	40
Figura 7 - Meta Sistema Portuário.....	52
Figura 8 - Meta Sistema Adjacente.....	53
Figura 9 - Subsistema de transporte terrestre. Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.....	54
Figura 10 - Subsistema de carga e descarga. Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.....	55
Figura 11 - Subsistema de armazenamento aberto. Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.....	57
Figura 12 - Subsistema de armazenamento fechado.....	58
Figura 13 - Subsistema de caldeira.....	59
Figura 14 - Subsistema administrativo e de controle. Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.....	60
Figura 15 - Subsistema de uso geral. Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.....	61
Figura 16 - Subsistema aquaviário.....	62
Figura 17 - Subsistema bacia de evolução.....	63
Figura 18 - Subsistema de acostagem.....	64
Figura 19 - Sistema aquático adjacente.....	65
Figura 20 - Sistema urbano adjacente. Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.....	66
Figura 21 - Serviços ambientais do meta sistema portuário.....	67
Figura 22 - Serviços ambientais do meta sistema adjacente.....	68
Figura 23 - Classe de tamanho dos beneficiários.....	73

Figura 24 - Risco cumulativo para cada habitat.....	83
Figura 25 - Diagrama do resultado de risco (Consequência x Exposição) para os baixios deposicional(a), erosional (b) e transicional (c)	85
Figura 26 - Diagrama do resultado de risco (Consequência x Exposição) para quatro habitats.....	86
Figura 27 - Risco cumulativo global.....	87
Figura 28 - Quadro de aplicação estrutura DPSIR (parte 1).....	97
Figura 29- Quadro de aplicação estrutura DPSIR (parte 2).....	98
Figura 30 - Quadro de aplicação estrutura DPSIR (parte 3).....	99
Figura 31 - Quadro de aplicação estrutura DPSIR (parte 4).....	100
Figura 32 - Quadro de aplicação estrutura DPSIR (parte 5).....	101
Figura 33 - Quadro dos serviços ambientais.....	102
Figura 34 - Quadro da hierarquização das ações recomendadas (parte 1).....	103
Figura 35 - Quadro da hierarquização das ações recomendadas (parte 2).....	104
Figura 36 - Quadro da hierarquização das ações recomendadas (parte 3).....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos específicos relacionados a metodologia a ser utilizada.....	36
Quadro 2 - Componente “Estado” na aplicação do modelo DPSIR.....	43
Quadro 3 - Componente “Impacto” na aplicação do modelo DPSIR.....	43
Quadro 4 - Componente “Resposta” na aplicação do modelo DPSIR.....	44
Quadro 5 - DPSIR de Base Ecosistêmica aplicado a portos.....	45
Quadro 6 - Habitats e estressores utilizados no modelo HRA.....	47
Quadro 7 - Sistemas que compõem a poligonal do Porto Organizado e entorno.....	51
Quadro 8 - Hierarquização das ações recomendadas	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AJ	Área de Jurisdição
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
BELP	Baixo Estuário da Lagoa dos Patos
CB	Casa de bombas
CFPA	Capitania Fluvial de Porto Alegre
DEP	Departamento de Esgotos Pluviais
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgoto
DENAFE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DPSIR	Driving Forcers – Pressure – State – Impact – Response
EBAB	Estação de Bombeamento de Água Bruta
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
GAP	Gestão Ambiental Portuária
GBE	Gestão com Base Ecológica
GC	Gerenciamento Costeiro
HRA	Habitat Risk Assessment
IDA	Índice de Desempenho Ambiental
INVEST	Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs
LO	Licença de operação
MA	Millennium Ecosystem Assessment
MES	Matriz de Ecossistemas e Serviços
ONU	Organização das Nações Unidas
PDZ	Plano de Desenvolvimento e Zoneamento
PEI	Plano de emergência individual
PGA	Programa de Gestão Ambiental
PGA-POA	Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre
PGRS	Plano de gerenciamento de resíduos sólidos
RE	Regulamento de Exploração
RS	Rio Grande do Sul

SC	Santa Catarina
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SISC	Sistema Ilha de Santa Catarina
SE	Serviços Ecossistêmicos
SEP	Secretaria Especial dos Portos
SESS	Sistemas de esgotamento sanitário
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 DESENVOLVIMENTO	17
3.1 Referencial teórico	17
3.1.1 Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos	17
3.1.2 Gestão com Base Ecossistêmica	20
3.1.3 DPSIR Ecossistêmico	21
3.1.4 Mapeamento de Ecossistemas: Estruturas em Banco de Dados Geográficos Relacionados aos Serviços Ecossistêmicos	22
3.1.5 Gestão Ambiental Portuária	23
3.1.6 Porto de Porto Alegre	26
3.1.7 SIG Terrset	28
4 METODOLOGIA	30
4.1 Material	30
4.1.1 Caracterização da área de estudo	30
4.1.2 Definição da área de influência do Porto	32
4.1.3 Estrutura de Dados e Fontes de Informação	34
4.1.4 Software QGIS	35
4.1.5 Software Terrset	36
4.2 Métodos	36
4.2.1 Pesquisa Documental e Bibliográfica	37
4.2.2 Trabalhos de campo no Porto	37
4.2.3 Elaboração da Matriz de Ecossistemas e Serviços	38
4.2.4 Aplicação do Modelo DPSIR	39
4.2.5 Entrevistas semiestruturadas	45
4.2.6 Aplicação do Modelo Habitat Risk Assessment (HRA)	46
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
5.1 Base Ecossistêmica do Porto de Porto Alegre	50
5.1.1 Sistemas ambientais	50
5.1.1.1 Meta sistema atmosférico	53
5.1.1.2 Meta sistema aquático	53
5.1.1.3 Meta sistema portuário	54
5.1.1.4 Meta sistema adjacente	64
5.1.2 Serviços ambientais e beneficiários	66
5.2 Identificação das macroatividades presentes no porto, caracterização dos aspectos ambientais e análise dos impactos ambientais significativos	73

5.2.1 Atividades Portuárias - Drivers	73
5.2.2 Aspectos Ambientais - Pressão	74
5.2.3 Alterações na oferta dos serviços ambientais - Estado	75
5.2.4 Comprometimento da oferta do serviço ambiental - Impacto	77
5.2.5 Ações recomendadas - Resposta	77
5.3 Aplicação do Modelo Habitat Risk Assessment (HRA) como indicador de potencial de perda de serviços ambientais	83
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
APÊNDICE A Aplicação da estrutura DPSIR e Base Ecológica	
APÊNDICE B Serviços ambientais	
APÊNDICE C Hierarquização das ações recomendadas	

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, o transporte marítimo desempenha relevante papel na evolução da humanidade, seja pelas trocas culturais e econômicas, pela circulação de mercadorias e pessoas ou pela conquista de territórios. Tal fato fica evidente pelo desenvolvimento de diversas cidades ao redor de áreas portuárias, como Hamburgo, Tóquio, Nova Iorque e Rio de Janeiro (MMA,2006).

Neste contexto, os sistemas portuários, caracterizados de acordo com o ambiente e o contexto social que estão inseridos, constituem importantes elos nos processos produtivos em nível global, articulando os caminhos aquáticos com os terrestres, essenciais para a mobilidade humana (MMA, 2006). No setor produtivo, os portos operam como grandes nós logísticos nas redes de transportes e exercem significativa influência nas cidades, estimulando o desenvolvimento econômico e territorial (ASMUS et al, 2009).

Na visão sistêmica, a qual busca compreender os elementos de um sistema como um todo, os portos são sistemas integrados a outros sistemas maiores, como os naturais, urbanos, sociais, industriais, econômicos e, por isso, são considerados altamente complexos (KITZMANN, 2010). Devido essa integração de diferentes sistemas que interagem entre si com objetivos distintos e por ser potencial indutor de transformações territoriais, os portos exercem consideráveis pressões sobre a zona costeira (BARRAGÁN, 2014).

Há uma crescente demanda por áreas para expansão das macroestruturas portuárias (RODRIGUES & NOTTEBOOM, 2018) o que acarreta em modificações de larga escala no uso e ocupação do solo e originam tanto pressões, como impactos, aos ecossistemas costeiros e marinhos (CUNHA, 2006; PORTO & TEIXEIRA, 2002).

Uma vez que os portos brasileiros ocupam os ecossistemas mais valiosos do ponto de vista da oferta de serviços ecossistêmicos (SE) (ONETTI, 2017), impactos nesses ambientes podem refletir na perda total ou da qualidade desses serviços, definidos como “benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas” (MEA, 2005), os quais atendem e beneficiam não só o próprio setor portuário como as

comunidades adjacentes (VEIGA LIMA, 2018).

Tal fato reforça a necessidade da incorporação de esforços sobre a gestão costeira e a gestão ambiental portuária. Esta carece de uma maior efetividade na sua aplicação, tanto no sentido da determinação de aspectos chave para a mitigação de impactos socioambientais (KITZMANN, et al., 2014, CUNHA, 2006), como da implementação de políticas públicas em escala macro, em que as ações sejam incorporadas no âmbito da gestão costeira, ordenadas por uma abordagem sistêmica e integradora (KITZMANN & ASMUS, 2006; ONETTI, 2017). Neste contexto, a Gestão Ambiental com Base Ecosistêmica apresenta-se como uma abordagem útil à gestão no Brasil e no mundo.

A Gestão com Base Ecosistêmica (GBE) apresenta como ideia fundamental a integração do ecossistema como um todo, ou seja, busca identificar de forma integrada os aspectos naturais, sociais, políticos e econômicos, valorizando os serviços dos ecossistemas e seus benefícios para o bem-estar humano (SCHERER & ASMUS, 2016). Tal integração pode contribuir no desenvolvimento de estratégias de gestão, uma vez que se obtém melhor compreensão das interações humano-naturais e os benefícios dos ambientes passam a ser melhor gerenciados (COSTA, 2017).

Deste modo, para tornar compreensível as relações de causa e efeito das intervenções humanas sobre os ecossistemas e seus serviços ecossistêmicos, e integrar o conceito de base ecosistêmica portuária, o modelo DPSIR (Driving Forces/Força motriz – Pressure/Pressão – State/Estado – Impact/Impacto – Response/Resposta) pode ser utilizado como um modelo de análise, como desenvolvido por García Onetti (2017) e Andrade *et al.* (2018). Ele é uma ferramenta que trabalha com indicadores ambientais relacionando as informações da cadeia causal, que inclui as atividades humanas, seus impactos ambientais e as respostas da sociedade a estes impactos (EEA, 1999). Um de seus principais objetivos é facilitar a comunicação entre cientistas e tomadores de decisão (KELBLE et al., 2013).

A proposta do presente trabalho é fundamentada na necessidade da criação de uma metodologia que traga suporte ao gestor, indicando uma priorização de ações de gestão ambiental portuária com base ecosistêmica (ou seja, que seja

norteada pela manutenção dos serviços ecossistêmicos) capaz de ser utilizada como referência em outros sistemas portuários, desde que considere as condições sociais, ecológicas e econômicas locais. O estudo de caso selecionado para esse trabalho foi o Porto de Porto Alegre, localizado na capital do estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

O Porto de Porto Alegre, é um dos maiores portos flúvio-marítimos do país em extensão acostável, possuindo cerca de 4,7 km de instalações de acostagem. Apesar de não ser um porto localizado na zona costeira, empregou-se o uso do termo "zona costeira", pois designou-se neste trabalho a interface terra - água como tal, compreendendo este complexo sistema.

Atualmente, o Porto encontra-se na 28ª posição no ranking nacional IDA (Índice de Desempenho Ambiental), que visa monitorar o atendimento da legislação ambiental e dos impactos ambientais causados pelas operações portuárias, desenvolvido pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). Os cais Navegantes e Marcílio Dias transportam cargas gerais, granéis sólidos e granéis líquidos, sendo os fertilizantes a principal carga do porto, representando 81% da movimentação portuária, seguidos de sal e trigo (PDZ, 2019).

A administração portuária, atualmente Portos RS, conta com o Programa de Gestão Ambiental (PGA), que visa, além do atendimento das condicionantes da Licença de Operação (LO) e a melhoria do IDA, a proposição de novas práticas, técnicas e métodos integrados e de base sistêmica, com o intuito de fornecer indicativos para a melhoria da qualidade ambiental da área do Porto Organizado e entorno (Relatório de Andamento do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre – Volume II, 2022).

A partir do referencial teórico levantado, tendo em conta o contexto histórico de ocupação das zonas costeiras e da implementação da gestão ambiental portuária no Brasil e no mundo, espera-se que, a partir da proposição de critérios para elaboração da base ecossistêmica para portos, e da criação de uma metodologia de suporte à priorização de ações de gestão ambiental portuária, seja possível auxiliar os tomadores de decisão através de subsídios para a melhoria da qualidade ambiental do Porto Organizado e sistemas adjacentes.

Considerando a problemática exposta, este trabalho elaborou uma metodologia de suporte à priorização de ações de curto, médio e longo prazo de gestão ambiental portuária com base ecossistêmica para o Porto de Porto Alegre, que poderá ser aplicada em qualquer sistema portuário, desde que aplicadas as adequações pertinentes à realidade local.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver uma metodologia de suporte à priorização de ações de curto, médio e longo prazo de gestão ambiental portuária com base ecossistêmica, adotando como estudo de caso o Porto de Porto Alegre, RS.

2.2 Objetivos específicos

- I. Propor critérios de elaboração da base ecossistêmica para portos, usando como estudo de caso o Porto de Porto Alegre.

- II. Identificar as macroatividades presentes no porto e caracterizar os aspectos ambientais gerados por elas, bem como verificar e analisar os impactos ambientais significativos, integrando, para tal, o uso de modelos de serviços ecossistêmicos.

- III. Estabelecer critérios de priorização de ações de gestão, bem como mapear sistemas prioritários de intervenção.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Referencial teórico

3.1.1 Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos

A zona costeira é composta por diferentes ecossistemas ou sistemas ambientais, sendo as praias arenosas, estuários, manguezais, marismas, dunas, baías e lagoas os mais representativos dentre eles (ASMUS et al., 2015; SCHERER & ASMUS, 2016).

O ecologista britânico Tansley (1935) foi quem propôs pela primeira vez o termo ecossistema:

Mas me parece que a concepção fundamental, o sistema inteiro (no sentido da física), inclui não apenas o organismo complexo, mas também o complexo dos fatores físicos como um todo, constituindo o que chamamos de meio ambiente do bioma - os fatores do habitat no sentido amplo (Tansley, 1935, p.299).

O conceito estabelecido pela Millennium Ecosystem Assessment (MA) no documento *“Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment”* (MA, 2003), define ecossistema como um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microorganismos e do meio ambiente não-vivo interagindo como uma unidade funcional, sendo os humanos parte integral desse ecossistema.

No documento *“The Ecosystem Approach”* (CBD, 2004, p.32) é apresentada a seguinte definição: "Ecossistema significa um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microrganismos interagindo no ambiente como uma unidade funcional" e, no mesmo documento, se “reconhece que os seres humanos, com sua diversidade cultural, são um componente integrante de muitos ecossistemas”.

Ambas as definições, porém, enfatizam a liberdade de escala espacial de análise, ou seja, o tamanho dos ecossistemas pode variar muito, desde poças de água na cavidade de uma árvore a uma bacia oceânica, por exemplo (MA, 2003). Tal fato foi levado em consideração neste trabalho uma vez que há múltiplas interações

nos ecossistemas costeiros, os quais compõem o sistema portuário.

A partir do entendimento do conceito de ecossistema, é preciso compreender o conceito de funções ecossistêmicas. As funções são o resultado dos processos naturais dos ecossistemas. Estes processos são resultantes das interações complexas entre componentes bióticos (organismos vivos) e abióticos (químicos e físicos), através das forças motrizes universais de matéria e energia (De Groot et al., 2002).

De acordo com De Groot (1992), as funções ecossistêmicas são definidas como "a capacidade dos processos e componentes naturais dos ecossistemas de fornecer bens e serviços que satisfaçam as necessidades humanas, direta ou indiretamente". Segundo ele, para compreender a dinâmica e as relações nos ecossistemas é importante distinguir as funções das estruturas e processos, pois elas indicam, além das combinações entre estes aspectos, o potencial que os ecossistemas têm de oferecer serviços ecossistêmicos.

De acordo com Costa (2017), "uma função ecossistêmica passa a ser considerada um serviço quando ela apresenta a possibilidade e/ou potencial de ser utilizada para fins humanos".

As definições do conceito de Serviço Ecossistêmico (SE) evoluíram muito ao longo do tempo, tanto voltadas para uma base ecológica, quanto para utilização socioeconômica (COSTA, 2017).

De acordo com Daily (1997), os serviços ecossistêmicos são condições e processos através dos quais os ecossistemas naturais e as espécies sustentam e cumprem a vida humana. Para Constanza et al. (1997), SE são benefícios que as populações humanas obtêm, direta ou indiretamente, das funções de um ecossistema. Segundo De Groot et al. (2002), os serviços ecossistêmicos podem ser considerados como o resultado de processos naturais que ocorrem a partir de interações entre elementos bióticos e abióticos dos ecossistemas no decorrer dos fluxos de matéria e energia, e são classificados de acordo com seus múltiplos tipos e usos.

Dentre os diferentes conceitos, neste estudo optou-se por utilizar a definição estabelecida pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio, que define serviços

ecossistêmicos como “benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas” (MEA, 2005, pg. 9). De acordo com a Avaliação, os SE são divididos em quatro categorias básicas: provisão, regulação, suporte e culturais.

Os serviços de provisão incluem produtos com valor econômico obtidos diretamente da exploração ou manejo dos ecossistemas para utilização humana, como alimentos, água, fibras e madeira; os serviços de regulação estão relacionados às características regulatórias dos processos dos ecossistemas, como manutenção da qualidade da água, regulação climática, tratamento de resíduos, entre outros; os serviços de suporte fornecem a base de geração para os outros serviços, como formação do solo, produção primária e polinização; os serviços culturais são considerados benefícios não-materiais obtidos dos ecossistemas, associam-se aos valores e manifestações de comportamentos humanos, como valores espirituais, religiosos, turísticos, etc. (MEA, 2005)

Analisando os serviços ecossistêmicos, entende-se que a sociedade humana e suas atividades socioeconômicas dependem do espaço e dos recursos fornecidos pelo ambiente. Ao se perder uma função, seja pela degradação ambiental ou supressão do ecossistema, perde-se também a capacidade do ambiente de gerar tais SE (DE GROOT, 2002; ASMUS et al., 2015).

Por isso a importância de identificar e entender os processos, funções consequentes serviços ecossistêmicos (base ecossistêmica) que compõem o sistema portuário, os quais incluem diferentes componentes ecológicos, econômicos e sociais. Dessa forma, é possível auxiliar na tomada de decisão, adequando as atividades portuárias a fim de manter a capacidade dos ecossistemas de gerar serviços, bem como de preservar os recursos disponíveis.

De modo geral, a necessidade de percebermos, entendermos e, eventualmente, interferirmos nestes ecossistemas, tendo em conta suas características físicas e sociais, tem levado o gerenciamento costeiro a um contexto de gestão ecossistêmica (ASMUS, et al., 2018).

Frequentemente na literatura os serviços ecossistêmicos e serviços ambientais são tratados sob o mesmo conceito, entretanto, neste trabalho referimo-nos aos serviços ambientais, que são entendidos como benefícios ambientais resultantes das intervenções intencionais da sociedade na dinâmica dos

ecossistemas (MURADIAN et al., 2010). Este conceito é adotado em diversos estudos, como no projeto Zoneamento Ecológico-Econômico do Rio Grande do Sul (ZEE-RS), onde os serviços ambientais foram entendidos como os benefícios que o homem obtém dos ecossistemas (conforme o conceito da MEA, 2005) abrangendo serviços de provisão, serviços reguladores, serviços culturais e serviços de suporte (ZEE, 2018).

3.1.2 Gestão com Base Ecosistêmica

A partir do reconhecimento dos serviços ecossistêmicos prestados pelos ecossistemas ou sistemas ambientais, desenvolveu-se o início de uma gestão com base ecossistêmica – GBE (tradução livre do inglês *ecosystem-based management*) (SCHERER & ASMUS, 2016).

Essa abordagem surge como uma alternativa aos tradicionais modelos de Gerenciamento Costeiro (GC) e vem sendo proposta, ao longo dos últimos anos, na busca de uma estrutura de gestão que facilite os processos de integração da informação sobre a zona costeira que possibilitem efetivamente sua implementação (ASMUS, et al., 2018).

A Gestão com Base Ecosistêmica tem se constituído como uma tendência geral no GC em âmbito global, embora sem descartar as ações que envolvem as gestões setoriais e espaciais. Entretanto, os países que tentam adotá-la carecem, geralmente, da “base ecossistêmica” necessária ao suporte desse modo de gestão (ASMUS, et al., 2018).

A GBE apresenta como ideia fundamental a integração do todo, ou seja, ela identifica de forma integrada os aspectos naturais, sociais, políticos e econômicos, valorizando os serviços dos ecossistemas e seus benefícios para o bem-estar humano (SCHERER & ASMUS, 2016). De maneira geral, ela considera, na tomada de decisão, as atividades humanas que podem de alguma forma provocar alterações nos ecossistemas.

Carollo et al. (2009) defendem que a Gestão com Base Ecosistêmica representa uma ampla gestão integrada dos componentes de ecossistemas

interconectados que abranjam a gestão dos múltiplos usos do espaço marinho e costeiro. Segundo Clarke e Jupiter (2010), a GBE considera também complexas interações entre seres humanos e elementos vivos e não-vivos do ambiente sobre múltiplas escalas no espaço e tempo.

Nesse contexto, a integração dos serviços ecossistêmicos exerce um dos pilares básicos para a GBE, pois reflete os valores e benefícios que a sociedade obtém destes ambientes. Tal integração pode contribuir no desenvolvimento de estratégias de gestão, à medida em que se tem melhor compreensão das interações humano-naturais e que os benefícios dos ambientes passam a ser melhor gerenciados (COSTA, 2017).

Em suma, o que se busca a partir dessa abordagem ecossistêmica, que se apresenta com um enfoque amplo e integrado considerando a heterogeneidade e inter-relações humanas, é equilibrar os usos nos ecossistemas para a produção e a resiliência dos mesmos, para que haja fornecimento de serviços ecossistêmicos (LONG et al., 2015).

3.1.3 DPSIR Ecossistêmico

Para tornar compreensível as relações de causa e efeito das intervenções humanas sobre os ecossistemas e seus serviços ecossistêmicos, e integrar o conceito de base ecossistêmica portuária, o modelo DPSIR (*Driving Forcers/Forças motrizes – Pressure/Pressão – State/Estado – Impact/Impacto – Response/Resposta*) pode ser usado como um modelo de análise. É uma ferramenta que trabalha com indicadores ambientais relacionando as informações da cadeia causal, que inclui as atividades humanas, seus impactos ambientais e as respostas da sociedade a estes impactos (EEA, 1999). Um de seus principais objetivos é facilitar a comunicação entre cientistas e tomadores de decisão (KELBLE et al., 2013).

Sabe-se que a realidade dos ecossistemas é muito mais complexa que a representada em modelos. As relações entre os diferentes sistemas podem não ser bem compreendidas e/ou pode haver dificuldade em expressá-las em um único

modelo. Apesar disso, o Modelo DPSIR é um dos mais aceitos e utilizados pela comunidade acadêmica (COOPER, 2012).

Estruturado de forma integrada, o DPSIR sistematiza a informação já conhecida dos ecossistemas transformando-a numa linguagem de fácil acesso para os tomadores de decisão, o que torna possível que ele seja utilizado como um instrumento de gestão. As respostas geradas podem ser dirigidas a todos ou a qualquer elemento do modelo (EEA, 1999).

A estrutura dos indicadores do modelo é: Forças-Motrizas (*Driving forces*); influências das atividades humanas ao meio ambiente. / Pressões (*Pressure*); descrevem os aspectos das forças motrizes que podem causar problemas. / Estado (*State*); mudança na condição ambiental, causada pelas pressões. / Impactos (*Impact*); consequências das mudanças de estado do ambiente. / Resposta (*Response*); medidas (geralmente políticas) tomadas no esforço de mitigar ou reverter os impactos causados pelas atividades humanas.

Atkins et al (2011) consideram necessário a integração da prestação de serviços ecossistêmicos e os benefícios socioeconômicos gerados por eles à estrutura de análise DPSIR. A inserção da abordagem ecossistêmica visa atrelar as pressões oriundas das atividades humanas sobre a oferta e potencial perda de serviços para a sociedade, de modo a fornecer subsídios para a tomada de decisão no sistema ambiental portuário.

3.1.4 Mapeamento de Ecossistemas: Estruturas em Banco de Dados Geográficos Relacionados aos Serviços Ecossistêmicos

A geotecnologia é uma importante ferramenta para auxiliar nos estudos de análise ambiental, pois oferece muitas possibilidades para facilitar a sistematização de dados, modelagem de variáveis, mapeamento, espacialização de dados e as representações cartográficas (BURKHARD; MAES, 2017). Esta ferramenta fornece produtos que dão suporte para o desenvolvimento de materiais que permitem a visualização de alterações na paisagem, mudança de fluxos, entre outros, que são de fundamental importância para a análise de Serviços Ecossistêmicos

(BURKHARD; MAES, 2017).

Para entender a prestação de serviços em um contexto espacial, há necessidade de identificar onde os serviços são gerados e onde eles são usados. Para isso, diversos métodos foram desenvolvidos com o intuito de mapear tanto a oferta quanto a demanda desses SE. O resultado foi um número crescente de ferramentas e sistemas de apoio a tomadas de decisão que podem ser usados para mapear tais serviços (MAES; CROSSMAN; BURKHARD, 2016).

Mapas de SE são elaborados por vários objetivos, como por exemplo, apoio a tomadas de decisão, definição de áreas prioritárias para gestão ambiental e análise espacial, além de permitir indicar as áreas mais suscetíveis às pressões antrópicas e qual serviço será mais afetado. Para realização de um mapeamento consistente, os requisitos dependem da disponibilidade dos dados e das decisões que serão baseadas nele (JACOBS; VERHEYDEN; DENDOCKER, 2017).

Uma das bases mais utilizadas nos mapeamentos de serviços é o uso e a cobertura da terra, além de características como densidade da vegetação, produção de biomassa, condições de borda, conexão e forma de áreas também podem ser dados complementares para integrar o mapeamento e as análises destas produções cartográficas (BURKHARD; MAES, 2017). Uma importante informação para integrar os mapeamentos, é a delimitação de sistemas ambientais visto que através da caracterização destes sistemas, informações mais específicas são levantadas, permitindo distinguir espacialmente os serviços ecossistêmicos prestados por eles. Além disso, é possível identificar elementos que potencializam ou limitam o fornecimento dos SE.

Quanto maior a importância de um SE, como provisão de alimento, por exemplo, maior a necessidade de obter informações sobre ele (KRUSE; PETZ, 2017). De maneira geral, informações sobre a distribuição e a intensidade da oferta e demanda dos serviços são imprescindíveis para a elaboração de políticas e ações de gestão ambiental dos ecossistemas (MAES et al., 2012).

3.1.5 Gestão Ambiental Portuária

Segundo Lourenço e Asmus (2015), as atividades portuárias não se resumem apenas ao manuseio de carga que ocorre no cais e entorno, mas envolvem processos que geram consequências que podem ultrapassar os limites legais dos portos. Dentre estas consequências, estão os impactos ambientais que são frequentemente observados nos portos. Eles podem ser reais ou potenciais e possuir caráter positivo ou negativo, sendo que geralmente possuem grande dimensão envolvendo processos importantes devido a sua intensidade e localização em áreas costeiras de elevada importância ambiental (KITZMANN; ASMUS, 2006).

Alguns destes impactos envolvem a contaminação de corpos de água adjacentes pela falta de saneamento; modificação de hidrodinâmica e do leito marinho por atividades de dragagem; material contaminante e orgânico em suspensão; e a contaminação por meio de organismos exóticos provenientes da água de lastro de navios (BARRAGÁN, 2010).

Seguindo o exemplo de diversos países que programaram diretrizes de Gestão Ambiental Portuária (GAP), o Brasil definiu a Portaria nº 104 de 29/04/2009 da Secretaria dos Portos (SEP), quanto à necessidade de um sistema de gestão ambiental e de segurança e saúde no trabalho aplicado aos portos e terminais marítimos (ASMUS et al., 2015). De acordo com Kitzmann & Asmus (2006), gestão ambiental é um conjunto de programas e práticas administrativas e operacionais voltados à proteção do ambiente e à saúde e segurança de trabalhadores, usuários e comunidade.

Porto e Teixeira (2002), na década de 2000, apontam que ainda “há muito por fazer para incorporar a visão ambiental no dia a dia do porto”, realidade que se observa até os dias atuais. A falta de adequação de algumas políticas em nível nacional ocorre pelo fato de que a dimensão ambiental não foi contemplada de forma categórica na implementação das reformas do setor portuário brasileiro. Além disso, as estratégias de gestão ambiental sempre foram vistas como um custo adicional. Entretanto, essa realidade vem aos poucos se transformando e sendo substituída por um pensamento em que a preservação ambiental se apresenta como um fator de vantagem competitiva sustentável (KITZMANN & ASMUS, 2006).

Com a nova Lei dos Portos (Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013), consolidou-se um novo marco regulatório do setor. Alguns elementos ambientais

foram contemplados, mesmo que de forma restrita e sintética. Estes elementos não dão respaldo para ações estratégicas, mas apresentam conceitos gerais voltados para a gestão ambiental portuária. São eles: a) emissão, pelo órgão licenciador, do termo de referência para os estudos ambientais com vistas ao licenciamento como requisito para a instalação portuária, b) monitoramento ambiental como uma das atividades do Programa Nacional de Dragagem, e c) competência da administração portuária em zelar pela realização das atividades com respeito ao meio ambiente (LOURENÇO; ASMUS, 2015).

Os principais instrumentos e processos de cunho ambiental voltados ao desenvolvimento e operação portuária são:

- a) Licenciamento Ambiental - é um dos principais instrumentos de gestão ambiental, procedimento pelo qual o órgão ambiental licencia a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos ou atividades que utilizam recursos ambientais, consideradas efetiva e potencialmente poluidoras ou possivelmente causadoras de danos ambientais;
- b) Agenda Ambiental Portuária (AAP) - instituída em 1998 pela Resolução CIRM nº 6/1998 (CIRM, 1998b), define os procedimentos para a implementação da gestão ambiental nos portos brasileiros;
- c) Poluição por óleos e resíduos sólidos - a Lei do óleo, lei nº 9.966/2000 e o Decreto nº 8.127/2013 visam o estabelecimento das principais conformidades ambientais de prevenção e combate à poluição dos sistemas costeiros e marinhos, através do tratamento dos resíduos, Planos de Emergência Individuais (PEI), Manual de Procedimentos de Riscos à Poluição e Auditorias Ambientais;
- d) Poluição por óleo, dragagens e auditorias - instituição da resolução CONAMA nº 398/2008 sobre as diretrizes da elaboração dos Planos de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados. Em relação a dragagem, a Resolução CONAMA nº 454/2012, tem como objetivo estabelecer diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado. Sobre auditorias, destaca-se a resolução nº 306/2002, que cria um dispositivo para a realização de Auditorias ambientais nos Portos públicos;

- e) Boas práticas, regularização ambiental e SGA - por meio normativo, institucional e desenvolvimento de instrumentos técnicos para a adoção de boas práticas de gestão ambiental portuária, a SEP tem buscado a conformidade ambiental dos portos brasileiros. Em relação ao quesito legal, a Portaria SEP nº 104/2009 institui a necessidade da estruturação da Gestão Ambiental nos portos e criação de um sistema SGA, abrangendo a responsabilidade do licenciamento ambiental e execução dos programas ambientais;
- f) Índice de Desempenho Ambiental - instituído pela Resolução nº 2650/2012 (ANTAQ, 2012), tem como objetivo disciplinar os demais instrumentos de acompanhamento e controle de gestão ambiental nos portos, para avaliar, por meio de indicadores, a eficiência e a qualidade da gestão ambiental;
- g) Água de lastro - refere-se ao gerenciamento da água de lastro de embarcações através da NORMAM nº 20/2014 (MARINHA DO BRASIL, 2014). É uma normativa que age no combate a contaminação e intrusão de organismos exógenos aos ecossistemas marinhos e costeiros do Brasil.

3.1.6 Porto de Porto Alegre

O Porto de Porto Alegre teve sua implantação iniciada pelo Governo Federal, através da "Cia. Française", em outubro de 1911. A operação teve início em 1916, embora tenha sido oficialmente inaugurado somente em agosto de 1921. O mesmo tinha administração própria, subordinada à Secretaria da Fazenda do Estado do Rio Grande do Sul. A conclusão do projeto se deu em 1937, incluindo as docas. Por sua vez, as obras dos cais Navegantes e Marcílio Dias foram executadas nos anos de 1947-49 e 1951-56 (PDZ, 2019).

Ele é um dos maiores portos flúvio-marítimos do país, em extensão acostável, possuindo cerca de 4,7 km de instalações de acostagem, constituídas de cais linear retilíneo e de docas. Os cais Navegantes e Marcílio Dias transportam cargas gerais, granéis sólidos e granéis líquidos, sendo os fertilizantes a principal carga do porto, representando 81% da movimentação portuária, seguidos de sal e trigo. Esse porto é considerado essencialmente graneleiro, pois em 2012, 99,4% da sua

movimentação foram granéis sólidos com apenas 0,6% de cargas gerais (PDZ, 2019).

Entre os anos de 2013 e 2018, houve um aumento de 77% na movimentação de cargas do total transportado e há perspectiva de um crescimento de 61% do volume movimentado até 2060 (ANTAQ, 2018). Atualmente, o Porto se encontra na 28ª posição da classificação do IDA (Índice de Desempenho Ambiental), que é um instrumento de acompanhamento e controle de gestão ambiental em instalações portuárias (ANTAQ, 2023), portanto, busca-se condições ideais de gestão ambiental para prevenir e mitigar os potenciais impactos causados por esse incremento.

Os portos exercem relevante importância no desenvolvimento dos centros urbanos. No entanto, o Plano Diretor Municipal (2015), que é o mecanismo legal que visa orientar a ocupação do solo urbano, apesar de identificar parte da zona portuária e áreas adjacentes aos limites do porto, não especifica nenhum plano, programa, diretriz ou estratégia de promoção econômica, territorial e ou socioambiental, orientada explicitamente para a área operacional do porto de Porto Alegre.

Nesse caso, a área portuária operacional possui como regime especial o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ), que é o único e independente objeto de planejamento das atividades portuárias. Elaborado com base nas exigências da Portaria nº 03, de 7 de janeiro de 2014, da SEP, é um instrumento de planejamento do setor portuário com enfoque mais operacional para Autoridade Portuária, o qual compatibiliza as políticas de desenvolvimento urbano dos municípios, do estado e da região onde o porto se localiza (PDZ, 2019).

O Porto conta com o PGA, que é composto por quatro tipologias de programas e planos: (a) programas integrados, que visam proporcionar uma visão holística ao PGA e transversais a todas as atividades; (b) programas de gestão, que são programas continuados e de gestão de processos, os quais visam fornecer ferramentas de detecção e intervenção; (c) programas de monitoramento, que realizam o monitoramento contínuo de variáveis ambientais e visam fornecer dados básicos de status; e (d) planos setoriais, que são planos específicos e não-continuados que visam fornecer instrumentos de caráter setorial (Relatório de Andamento do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre – Volume II,

2022).

Os programas que compõem o PGA são: Programa Integrado de Supervisão Ambiental Programa Integrado de Informações Ambientais Portuárias, Programa Integrado de Educação Ambiental e Comunicação Social, Programa de Integração com Base Ecosistêmica, Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Programa de Gerenciamento de Efluentes Líquidos, Programa de Manejo da Vegetação, Programa de Manejo da Fauna Sinantrópica, Programa de Monitoramento Meteorológico, da Qualidade do Ar e Conforto Acústico, Programa de Monitoramento da Biota Aquática e da Qualidade Ambiental da Água e Sedimentos, Programa de Monitoramento e Modelagem Hidrossedimentológica e da Qualidade da Água e Plano de Gerenciamento de Risco (Relatório de Andamento do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre – Volume II, 2022).

3.1.7 SIG Terrset

O TerrSet é um software integrado de SIG, voltado principalmente para a modelagem e monitoramento geoespacial. Incorpora ferramentas de geoprocessamento e análise de imagem do IDRISI, associado a uma coleção de aplicações verticais. Desenvolvido pelo Clark Labs da Graduate School of Geography da Universidade de Clark, Massachusetts, EUA, no ano de 2015, o TerrSet é uma evolução dos softwares do projeto IDRISI inicialmente desenvolvido pelo professor J. Ronald Eastman no ano de 1987, em parceria com a Organização das Nações Unidas (ONU).

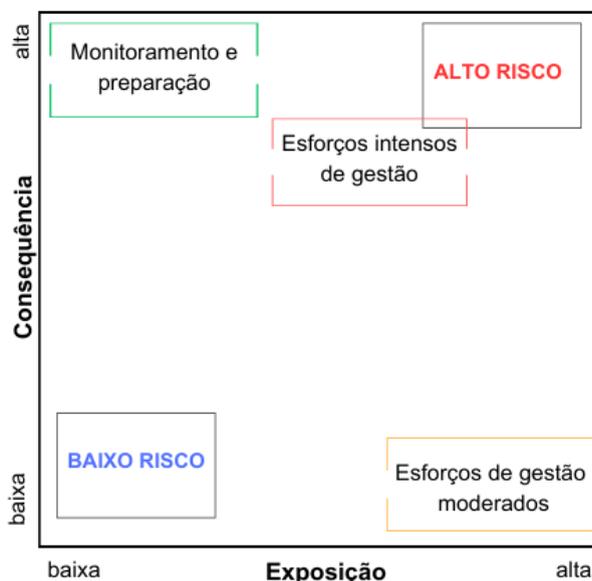
O TerrSet 2020, desenvolvido em cooperação com instituições líderes focadas no desenvolvimento sustentável e conservação ambiental, fornece ferramentas inovadoras para enfrentar grandes desafios relacionados às mudanças de habitat, incluindo mudanças que geram impactos nos serviços ecossistêmicos e na biodiversidade. Um dos módulos do Terrset é o Ecosystem Services Modeler (ESM), destinado ao estudo e monitoramento de ecossistemas. Ele é baseado e equivalente aos modelos ecossistêmicos do InVEST que, de acordo com Eastman (2016), apesar das pequenas diferenças, mantiveram a mesma estrutura e

algoritmos.

Dentro deste módulo, encontra-se o modelo *Habitat Risk Assessment (HRA)*, que utiliza uma estrutura de análise “exposição versus consequência” para avaliar a variação espacial do risco cumulativo das diferentes atividades humanas ao longo de uma paisagem. A “consequência” refere-se às características ambientais de resiliência, como a perda de ecossistemas e a capacidade de recuperação; enquanto a “exposição” se refere aos usos e atividades antrópicas (ARKEMA, et al., 2014).

As saídas do modelo incluem dois tipos de resultados, mapas e gráficos. Os mapas representam espacialmente o Potencial de Recuperação Global, o Risco Cumulativo Global e o Risco Cumulativo por habitat. Os gráficos, por sua vez, apresentam dados de Risco Cumulativo por Habitat e Global em relação aos critérios de Exposição e Consequência de cada atividade. Na figura 1 há indicações de como os resultados do modelo podem ser interpretados como base para a gestão.

Figura 1 - Consequência versus exposição modelo HRA.



Fonte: adaptado de Dawson *et al.* (2011).

De modo geral, ao relacionar a vulnerabilidade de cada sistema ambiental obtida através do modelo, com os serviços que são oferecidos por cada um destes sistemas, é possível estimar quais serviços correm mais risco de perda (perda total ou da qualidade), quais as atividades responsáveis por essa vulnerabilidade e,

consequentemente, quais os sistemas ambientais prioritários em termos de intervenção, podendo auxiliar desta forma os tomadores de decisão.

4 METODOLOGIA

O presente trabalho propõe uma metodologia adaptada àquela desenvolvida por Onetti (2017), aplicada nos portos de Rio Grande (RS) e Imbituba (SC). Ele incorporou os serviços ecossistêmicos e antrópicos (socioecológicos) no modelo DPSIR, tornando-o um modelo DAPSI(W)R(M) a fim de facilitar uma visualização mais prática e concisa das relações entre os sistemas naturais e as atividades humanas. Integrou também, como parte da análise, o próprio sistema de “Resposta” identificando e entendendo as fragilidades que sofrem as políticas públicas, que também aumentam o risco e a vulnerabilidade do sistema como um todo.

A partir da detecção de não-conformidades nas atividades portuárias, identificadas ao longo dos relatórios de atividades do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre, foram propostas, hierarquizadas e distribuídas ao longo do tempo recomendações de ações de gestão ambiental portuária.

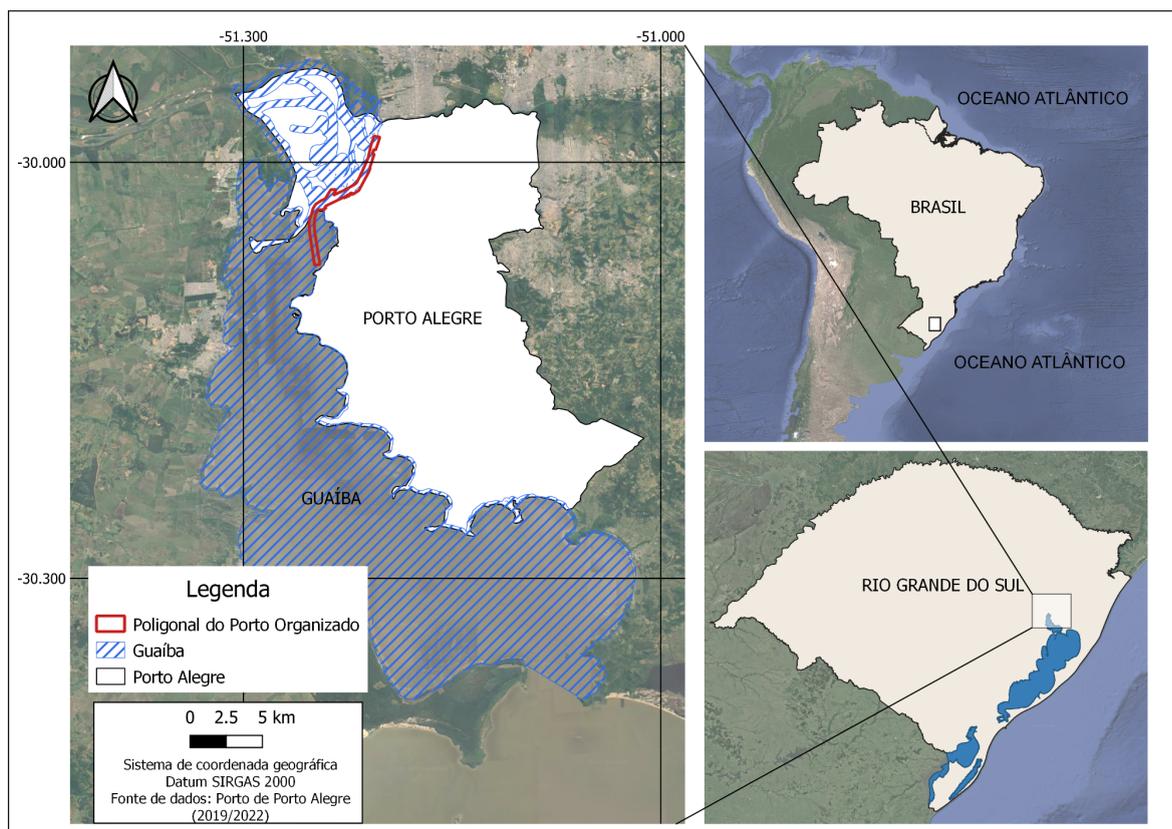
Para tal hierarquização, foram considerados os sistemas ambientais relacionados a cada uma das não-conformidades identificadas, bem como o uso de modelos que visam estabelecer as relações de causa e efeito das intervenções humanas sobre os ecossistemas e o risco de perda de seus serviços ambientais, descritos logo a seguir.

4.1 Material

4.1.1 Caracterização da área de estudo

O Porto de Porto Alegre está localizado na capital do Rio Grande do Sul, na região noroeste da cidade. Ele se desenvolve, aproximadamente, numa extensão de 8 km ao longo da margem esquerda do Guaíba, zona noroeste da cidade, ocupando uma área de aproximadamente 450.000 m² (figura 2), dividida nos Cais Mauá, Navegantes e Marcílio Dias (Regulamento de Exploração, 2018).

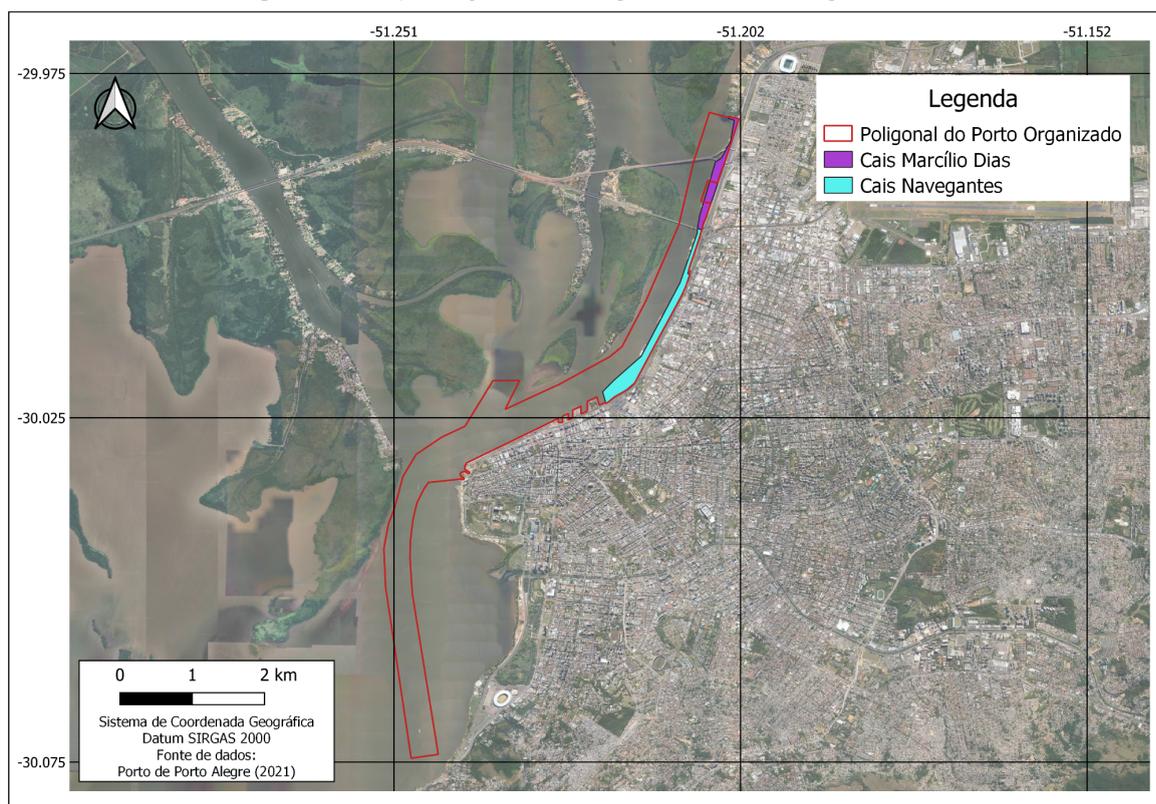
Figura 2 - Localização da área de estudo.



A área do Porto Organizado é definida pela Portaria nº155, de 20 de outubro de 2020, que entrou em vigor em 2 de novembro de 2020, a qual revoga o Decreto de 3 de junho de 2015 que, inicialmente, estabelecia a área do Porto Organizado. A atual área é definida por um polígono compreendendo as instalações portuárias e a infraestrutura de proteção e de acesso ao porto, que é um bem público, construído e aparelhado para atender às necessidades de navegação, movimentação de passageiros e movimentação e armazenagem de mercadorias, cujo tráfego e operações portuárias estão sob jurisdição da autoridade portuária (D.O.U 20/10/2020).

A atual poligonal do Porto Organizado compreende os Cais Navegantes e Marcílio Dias, como pode ser observado na figura 3.

Figura 3 - Mapa traçando a Poligonal do Porto Organizado.



4.1.2 Definição da área de influência do Porto

A área de influência do Porto foi definida conforme a Base Ecológica, através de opinião especializada (KRUEGER et al. 2012). A partir deste enfoque, os sistemas ambientais foram incluídos na análise considerando as relações e processos que existem entre Porto-Cidade, e Porto-Guaíba. Os sistemas ambientais que possuem funcionamento e estrutura particular, que podem ser relacionados a processos específicos das operações portuárias, foram divididos em subsistemas e definidos na escala de menor detalhe do projeto.

No caso da cidade, os critérios utilizados para definição da área de influência do Porto, foram aqueles relacionados ao abastecimento de água e esgoto sanitário. No município de Porto Alegre, a água bruta é captada integralmente no Guaíba (DMAE, 2017). O abastecimento urbano, realizado pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), possui seis sistemas de abastecimento de água bruta, sendo que dois destes (Moinhos de Vento e São João) captam água no Guaíba próximo ao cais onde ocorrem as operações portuárias, em uma única captação (figura 4), que passa dentro do Porto Organizado. No sistema Moinhos de Vento,

mais de dezessete bairros captam água do Porto e no sistema São João, vinte e oito bairros têm até 80% da sua captação no Porto (PMSB de Porto Alegre, 2015). Tais sistemas são responsáveis pelo fornecimento de água para uma população de 465 e 170 mil, respectivamente (Relatório de Andamento do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre – Volume II, 2022).

Figura 4 - Ponto de captação de água bruta dentro da Poligonal do Porto Organizado.



Da mesma maneira, a prestação de serviços de esgotamento sanitário compete ao DMAE. A cidade possui um total de dez sistemas de esgotamento sanitário (SES), divididos em subsistemas de acordo com as características das bacias hidrográficas do município. Todos os sistemas convergem para duas grandes bacias, a Bacia do Rio Gravataí e a do Guaíba. Nas áreas dos Sistemas Navegantes e Ponta da Cadeia, temos respectivamente, 47,27% e 30% de esgoto sanitário sendo lançado no pluvial, cujo lançamento final é efetuado no Saco do Cabral, no Delta do Jacuí (PMSB, 2015).

Em relação aos sistemas aquáticos do Guaíba, o critério utilizado foi o aspecto hidrossedimentológico. Nicolodi (2007), analisando parâmetros de ondas e correntes, confirmou um padrão de correntes com baixa intensidade e com direção

predominante NW–SE, corroborando resultados obtidos pelo antigo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DENAFE (1983). Embora apresentando variações significativas e em alguns casos isolados, uma tendência de inversão do fluxo devido a forte influência eólica que a água sofre no caso de ventos de quadrante Sul, o Guaíba possui fluxo predominantemente no sentido natural de escoamento (Guaíba – Lagoa dos Patos), ou seja, no sentido sul (NICOLODI, 2007).

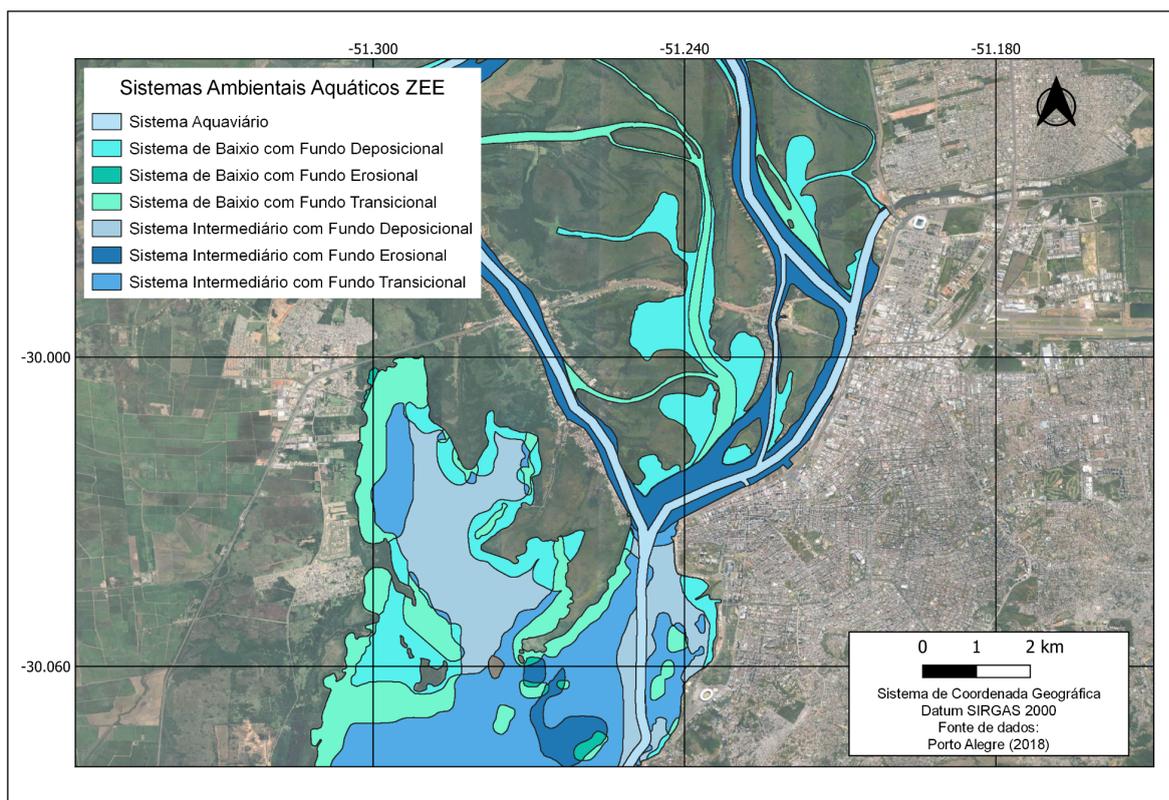
Estando o Guaíba sujeito às forças vento/onda e descarga líquida de forma coexistente, o comportamento do sedimento é influenciado por esses dois fatores de forma simultânea ou apenas por uma força, o que depende da taxa de descarga líquida dos rios tributários, da intensidade do vento e geração de ondas. As inversões, então, devem ocorrer apenas em condições de baixas descargas líquidas, quando a força ‘vento’ se torna superior ao movimento preferencial da corrente (SCOTTÁ, 2018). Por esse motivo, estabeleceu-se como critério de corte aquático no sentido Norte – Sul, os limites da poligonal do Porto Organizado, pois o fluxo predominante é em direção sul.

Partindo desta premissa, entende-se que a pressão antrópica decorrente das atividades portuárias tende a se concentrar, preferencialmente, nos sistemas mais próximos da poligonal do Porto organizado, limitando-se pelo aspecto hidrossedimentológico inerente a essa região.

4.1.3 Estrutura de Dados e Fontes de Informação

Para delimitação e zoneamento dos Sistemas Ambientais Aquáticos, que é composto pelo “Sistema Portuário Aquático” e “Sistema Aquático Adjacente”, foram utilizados, respectivamente, dados do Programa Integrado de Informações Ambientais Portuárias do PGA-POA e do Zoneamento Ecológico Econômico do Rio Grande do Sul (ZEE), com recorte para a área de estudo (figura 5).

Figura 5 - Mapa do Zoneamento Ecológico Econômico do Rio Grande do Sul.



Os sistemas ambientais terrestres foram divididos em “Sistema Portuário Construído” e “Sistema Urbano Adjacente”. Para sua delimitação, foram utilizados *shapefile* disponíveis no Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Porto Alegre (PDZ, 2019) e dados do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE). Os dados da poligonal do Porto de Porto Alegre são provenientes do site oficial do Porto de Porto Alegre, publicados no Diário Oficial da União na data de 20 de outubro de 2020.

Todos os dados vetoriais tiveram o sistema de referência geodésico convertidos para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) 2000 e o sistema coordenadas para Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 22 Sul.

4.1.4 Software QGIS

Desenvolvido pelo QGIS Development Team, é um *software* multiplataforma de SIG, livre e com código-fonte aberto. Ele permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados, bem como a composição de mapas a partir de

camadas raster e/ou vetoriais.

Este software foi utilizado no mapeamento dos sistemas e subsistemas ambientais identificados na área de estudo e geração dos produtos cartográficos finais, bem como na geração de outros produtos cartográficos, integrado com outros pacotes de SIG.

4.1.5 Software Terrset

No presente trabalho, foi aplicado o modelo *Habitat Risk Assessment* (HRA) como indicador de potencial perda de serviços ambientais nos diferentes subsistemas que compõem a área de estudo.

O modelo ecossistêmico foi aplicado no *software* TerrSet, o qual incorpora ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e de processamento de imagens de satélite. Através de uma via de análise de exposição versus consequência, o modelo é capaz de medir o risco da perda dos serviços ambientais.

4.2 Métodos

As etapas metodológicas aplicadas neste trabalho estão apresentadas no quadro 1, e a seguir são detalhadas.

Quadro 1 - Objetivos específicos relacionados a metodologia a ser utilizada.

Objetivos específicos	Metodologia
I. Propor critérios de elaboração da base ecossistêmica para portos, usando como estudo de caso o Porto de Porto Alegre.	<ul style="list-style-type: none"> - Pesquisa bibliográfica e documental - Trabalhos de campo no Porto - Elaboração da Matriz de Ecossistemas e Serviços
II. Identificar as macroatividades presentes no porto e caracterizar os aspectos ambientais gerados por elas, bem como verificar e analisar os impactos ambientais significativos.	<ul style="list-style-type: none"> - Pesquisa bibliográfica e documental - Trabalhos de campo no Porto - Análise da Matriz de Ecossistemas e Serviços - Aplicação do Modelo DPSIR

Objetivos específicos	Metodologia
III. Estabelecer critérios de priorização de ações de gestão, bem como mapear sistemas com potencial perda de serviços ambientais.	<ul style="list-style-type: none"> - Critério de facilidade de implementação da resposta - Entrevistas semi estruturadas - Aplicação do Modelo Habitat Risk Assessment (HRA)

4.2.1 Pesquisa Documental e Bibliográfica

Foram pesquisadas políticas implantadas pelo Zoneamento Ecológico Econômico do Rio Grande do Sul (ZEE), que é uma ferramenta de suporte ao planejamento e ordenamento territorial, na qual o Estado, a sociedade e os empreendedores tem como conhecer as peculiaridades, vulnerabilidades e potencialidades de cada local ou região do estado. O ZEE-RS compila dados georreferenciados e valida um dos maiores acervos de informações ambientais do estado, apresentando-se como um instrumento de subsídio a esta pesquisa.

Da mesma maneira, foram analisados o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Porto Alegre (PDZ), do ano de 2019, o atual Regulamento de Exploração do Porto Organizado de Porto Alegre (RE), publicado em 2018, e o Plano Diretor Municipal de Porto Alegre, de 2015.

4.2.2 Trabalhos de campo no Porto

Diversos trabalhos em campo foram realizados ao longo da pesquisa, além de participação em *workshops* do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre (PGA - POA). Inicialmente, os trabalhos em campo tiveram como objetivo o reconhecimento e identificação dos ecossistemas que compõem a área de estudo, o entendimento do funcionamento das operações portuárias, bem como das ações realizadas pelo PGA.

Na sequência, foram identificados os principais usos, pressões e impactos relacionados às atividades de operação portuária, como carga e descarga, por exemplo, compondo os dados para a elaboração da matriz de ecossistemas e serviços e aplicação do Modelo DPSIR.

4.2.3 Elaboração da Matriz de Ecossistemas e Serviços

Para este estudo, foi utilizada a rota metodológica da Matriz de Ecossistemas e Serviços voltada para a definição, caracterização e qualificação da base ecossistêmica em ambientes costeiros, proposta por Scherer e Asmus (2016). A matriz tem como propósito auxiliar nos processos de tomada de decisão, uma vez que integra aspectos ambientais e socioeconômicos, servindo como um instrumento à gestão.

A Matriz de Ecossistemas e Serviços (MES) apresenta uma estrutura simples e prática, sendo capaz de adaptar-se a múltiplas análises e aplicações de uso em ecossistemas marinhos e costeiros (SCHERER & ASMUS, 2016). Em sua estrutura básica, inclui, para cada ecossistema considerado, os principais serviços ecossistêmicos gerados por ele, os benefícios socioeconômicos desses serviços e os atores sociais beneficiados por tais serviços/benefícios.

A matriz vem sendo amplamente utilizada em diversos estudos, com destaque aqui para alguns sistemas costeiros como: Baixo Estuário da Lagoa dos Patos (BELP) (Brezolin *et al.*, 2014), Sistema Ilha de Santa Catarina (SISC) (SCHERER & ASMUS, 2016), Laguna de Rocha, Uruguai (CONDE *et al.*, 2015), Baixo estuário da Lagoa dos Patos (BELP) (COSTA & ASMUS, 2018), entre outros locais. Cabe ressaltar, também, que este estudo contribuirá para o uso da MES em outros ambientes e não somente para os sistemas costeiros propriamente ditos.

Para a elaboração da Base Ecossistêmica do Porto de Porto Alegre, foram identificados os principais sistemas ambientais presentes na área de estudo, os serviços ambientais prestados por eles e os beneficiários destes serviços.

A elaboração da matriz deu-se através de dados da revisão bibliográfica e documental e do procedimento conhecido como “conhecimento de especialista” (KRUEGER *et al.*, 2012). Nesse caso, a definição de especialista proposta pelo autor considera que, qualquer pessoa com experiência relevante ou em profundidade em relação a um tópico de interesse, é um perito. Para obter as informações e opiniões dos investigadores e gestores relacionados ao porto, foram realizados diversos trabalhos em campo, reuniões e *workshops*.

Na construção da matriz, os sistemas ambientais foram identificados por meio de trabalhos em campo no porto, análise de imagens de satélite e do procedimento “conhecimento de especialista”. Para compreender as relações de origem, causa e consequência dos problemas ambientais, entende-se que é preciso trabalhar contemplando pelo menos três dimensões geoespaciais de aplicação: 1) meta sistema, 2) sistema e 3) subsistema, considerados aqui como áreas homogêneas em termos de estrutura e função. As subdivisões se justificam pelo fato de que uma atividade portuária que ocorre na escala de subsistema pode colocar em risco não só os serviços ambientais do subsistema em si, como de um sistema ou meta sistema inteiros.

Em relação aos serviços ambientais, foram estabelecidos de acordo com a classificação proposta pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA, 2005) que os agrupa nas quatro diferentes categorias - provisão, regulação, suporte e culturais. Os beneficiários também foram definidos a partir de “Opinião especialista”, e classificados de acordo com o tamanho da população afetada pelas atividades portuárias.

4.2.4 Aplicação do Modelo DPSIR

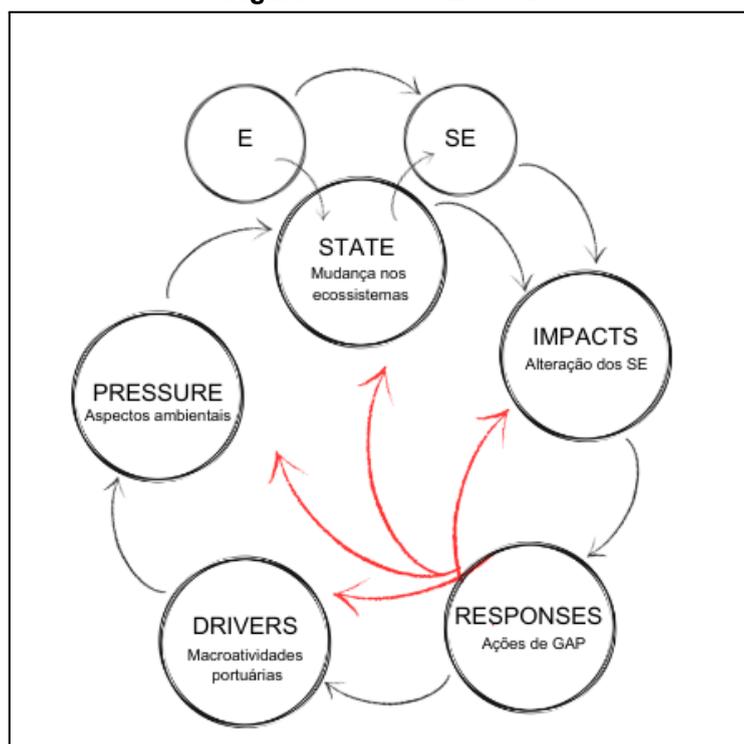
Tornando compreensível as relações de causa e efeito das intervenções humanas sobre os ecossistemas e seus serviços ecossistêmicos, e integrando o conceito de base ecossistêmica portuária, o modelo DPSIR foi utilizado. Ele é uma ferramenta que trabalha com indicadores ambientais relacionando as informações da cadeia causal, que inclui as atividades humanas, seus impactos ambientais e as respostas da sociedade a estes impactos (EEA, 1999). Um de seus principais objetivos é facilitar a comunicação entre cientistas e tomadores de decisão (KELBLE et al., 2013).

Sabe-se que a realidade dos ecossistemas é muito mais complexa que a representada em modelos. As relações entre os diferentes sistemas podem não ser bem compreendidas e/ou pode haver dificuldade em expressá-las em um único modelo. Apesar disso, o Modelo DPSIR é um dos mais aceitos e utilizados pela comunidade acadêmica (COOPER, 2012).

Estruturado de forma integrada, o modelo sistematiza a informação já conhecida dos ecossistemas transformando-a numa linguagem de fácil acesso para os tomadores de decisão, o que torna possível que ele seja utilizado como um instrumento de gestão. As respostas geradas podem ser dirigidas a todos ou a qualquer elemento do modelo (EEA, 1999).

Atkins et al. (2011) consideram necessária a integração da prestação de serviços ecossistêmicos e os benefícios socioeconômicos gerados por eles à estrutura de análise DPSIR. A inserção da abordagem ecossistêmica visa atrelar as pressões oriundas das atividades humanas sobre a oferta e potencial perda de serviços para a sociedade, de modo a fornecer subsídios para a tomada de decisão no sistema ambiental portuário, conforme apresentado na figura 6.

Figura 6 - Modelo DPSIR.



Fonte: adaptado de Atkins et al (2011).

O modelo DPSIR vem sendo utilizado em uma série de estudos, tanto sua estrutura "tradicional" como formas adaptadas, como o trabalho de Onetti (2017), nos portos de Rio Grande (RS) e Imbituba (SC), e Andrade (2018) para o Porto de São Francisco do Sul, em Santa Catarina.

Nesta pesquisa, os componentes do Modelo DPSIR foram definidos de acordo com o contexto da gestão ambiental portuária e da visão sistêmica que trabalha com elementos dominantes, entendendo o que é mais significativo de uma maneira global. Neste caso, a determinação dos elementos dominantes foi realizada através da percepção do pesquisador e dos atores sociais que estão envolvidos diretamente com as atividades do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre. Entende-se também que os elementos dominantes podem ser pontuais ou difusos, mas, independentemente disso, eles podem ser muito ou pouco significativos, sendo este critério levado em consideração em todo o desenvolvimento deste trabalho.

Em relação aos componentes do modelo, a "força motriz" são as principais forças que geram impacto no porto, ou seja, são as macroatividades associadas à operação e expansão do porto. Cada força motriz é responsável pela criação de "Pressões", entendidas como aspectos ambientais, conforme descrição das normas técnicas e ambientais da ISO 14.001 (ABNT, 2015). Estes aspectos originam impactos nos sistemas ambientais, sendo capazes de transformar as características dos mesmos como, por exemplo, contaminação da água, contaminação aérea e o excesso de ruído. Como resultado, há mudança no estado dos sistemas socioambientais (ATKINS, et al., 2011), podendo ser traduzido, no caso do estudo, como a perda total ou degradação dos serviços ambientais. Os impactos, neste processo, podem ter efeitos tanto positivos quanto negativos, como a perda da qualidade da água e a degradação de habitats costeiros, por exemplo. A Resposta, nesse caso, são recomendações de ações de gestão ambiental portuária para a manutenção dos serviços ambientais, de modo que ocorra a mitigação e redução de mudanças sobre os sistemas ambientais que compõem o Porto e seu entorno.

Com base no exposto acima, a aplicação do Modelo DPSIR no Porto de Porto Alegre deu-se por meio de: a) levantamento bibliográfico e documental; b) trabalhos

em campo para o reconhecimento das pressões; c) aplicação da Matriz de Ecossistemas e Serviços (SCHERER & ASMUS, 2016); e d) identificação das forças motrizes (atividades portuárias) através da opinião especialista (KRUEGER et al. 2012).

A aplicação do modelo nesta pesquisa ocorreu na sequência inversa do habitual, começando pela identificação do componente "pressão". Nesse caso, são as não-conformidades identificadas a partir dos relatórios de acompanhamento do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre, ou seja, são desvios daquilo que é estabelecido pela legislação que rege o sistema portuário.

A partir da aplicação adaptada do modelo e utilizando-o como uma estrutura de análise, foi estabelecida a sequência relacional:

- (1) Força: atividade portuária;
- (2) Pressão: não-conformidade;
- (3) Estado: alterações na oferta de serviços ambientais;
- (4) Impacto: comprometimento da oferta do serviço ambiental;
- (5) Resposta: hierarquização das ações recomendadas de gestão ambiental.

As diferentes atividades portuárias (1) são baseadas no trabalho de Onetti (2017), enquanto as pressões (2) são não-conformidades relacionadas às atividades portuárias detectadas nos relatórios do PGA-POA. O estado (3) são as alterações na oferta dos serviços ambientais, levando-se em consideração o sistema de origem, ou seja, onde ocorre a não-conformidade; o sistema afetado; os serviços ambientais afetados; a atividade afetada; e os beneficiários, sendo todas estas informações oriundas de conhecimento de especialista. Para este componente do modelo, foram estabelecidos os critérios de "Intensidade relativa da alteração" na oferta de serviço, variando numa escala de 1 a 5, de menor para maior intensidade, e "Tamanho da população de beneficiários-chave afetados", variando da mesma forma numa escala de 1 a 5, de menor para maior tamanho de população, ambos determinados por conhecimento de especialista.

No Quadro 2, é possível visualizar como se apresenta o componente "Estado" na aplicação da estrutura modelo DPSIR de base ecossistêmica.

Quadro 2 - Componente “Estado” na aplicação do modelo DPSIR.

Estado (alterações na oferta de serviços ambientais)							
Sistema de origem	Sistema afetado	Processo	Serviços ambientais afetados	Atividade afetada	Beneficiário	Intensidade relativa da alteração	Tamanho da população de beneficiários-chave afetados

O impacto (4) é o comprometimento da oferta do serviço ambiental, estipulado pela junção dos critérios de “Gravidade relativa do impacto” (quanto o beneficiário será prejudicado), “Índice Qualitativo de Gravidade do Impacto (IQGI)” (média entre intensidade relativa da alteração, tamanho da população e gravidade relativa do impacto), e “Índice Qualitativo de Gravidade do Desvio (IQGD)” (média do IQGI para cada não-conformidade), determinados também por conhecimento de especialista. Para corroborar no estabelecimento e análise deste componente do modelo, podem ser utilizados como métrica os resultados obtidos pela aplicação do modelo Habitat Risk Assessment. Os resultados do modelo indicam quais sistemas ambientais apresentam maior risco potencial de perda de serviços ambientais, indicando quais beneficiários tendem a ser mais prejudicados. No Quadro 3, é possível visualizar como se apresenta o componente “Impacto” na aplicação da estrutura modelo DPSIR de base ecossistêmica.

Quadro 3. Componente “Impacto” na aplicação do modelo DPSIR.

Impacto (comprometimento da oferta do serviço ambiental)		
Gravidade relativa do impacto	Índice Qualitativo de Gravidade do Impacto (IQGI)	Índice Qualitativo de Gravidade do Desvio (IQGD)

A resposta (5) é composta por: “Ação recomendada”; “Natureza da ação” classificadas em preventiva, mitigadora, remediadora ou compensatória; “Índice de facilidade de Implementação da Ação (IFIA)”, variando numa escala de 1 a 5, sendo quanto mais próximo de 5, mais fácil a implementação da ação recomendada, estabelecido pelo gestor do Porto e equipe do PGA-POA; “Críticidade da ação”, média entre o IQGD e IFIA; “Índice de Prioridade da Ação (IPA)”, que é uma redistribuição da criticidade da ação para uma escala de 1 a 5, quanto mais próximo

de 5, mais prioritária a ação recomendada em termos de intervenção; pela responsabilidade da ação, ou seja, do responsável pela execução de determinada ação; e, por último, do prazo de execução, que se divide em curto (1 a 2 anos), médio (3 a 5 anos) e longo (até 10 anos).

Excetuando-se o critério de "ação recomendada", que geralmente se apresenta no modelo DPSIR como sugestões de políticas públicas a serem implementadas, todos os outros critérios foram criados nesta versão adaptada do modelo. Para o cálculo do "Índice de Prioridade da Ação" (IPA), ações recomendadas que se repetem, aparecendo em mais de um subsistema afetado e, portanto, com um valor calculado diferente em cada subsistema, são feitas médias para chegar a um único valor de IPA. O Quadro 4 apresenta a estrutura da componente "Resposta" na aplicação do DPSIR.

Quadro 4 - Componente "Resposta" na aplicação do modelo DPSIR.

Resposta						
Ação recomendada	Natureza da ação	Índice de facilidade de implementação da ação (IDIA)	Criticidade da ação	Índice de Prioridade da Ação (IPA)	Responsabilidade de	Prazo

A partir da criação destes critérios, aplicação e cálculo dos mesmos para cada subsistema ambiental identificado, foi possível gerar, como produto final, uma hierarquização das recomendações de gestão ambiental portuária, com ordem de prioridade baseada na perda total ou da qualidade dos serviços ambientais.

A estrutura adaptada do Modelo DPSIR aplicado a portos pode ser visualizado no Quadro 5.

Quadro 5 - DPSIR de Base Eossistêmica aplicado a portos.

D	Força	Atividade portuária
P	Pressão	Não-conformidade
S	Estado	Sistema de origem Sistema afetado Processo Serviços ambientais afetados Atividade afetada Beneficiário Intensidade relativa da alteração Tamanho da população de beneficiários afetados
I	Impacto	Gravidade relativa do impacto Índice Qualitativo de Gravidade do Impacto Índice Qualitativo de Gravidade do Desvio
R	Resposta	Ação recomendada Natureza da ação Índice de facilidade de Implementação da Ação Criticidade da ação Índice de Prioridade da Ação Responsabilidade Prazo

4.2.5 Entrevistas semiestruturadas

Foram realizadas entrevistas do tipo semiestruturada com o gestor do Porto e membros da equipe do PGA-POA. Os mesmos foram interrogados sobre o nível de facilidade de implementação das ações recomendadas e sobre o provável prazo de execução destas ações. Através das entrevistas, foi possível estabelecer o critério “Índice de Facilidade de Implementação da Ação (IFIA)” para cada ação recomendada.

4.2.6 Aplicação do Modelo Habitat Risk Assessment (HRA)

A fim de identificar e mapear sistemas com potencial perda de serviços ambientais, foi utilizado o modelo Habitat Risk Assessment (HRA) do TerrSet, que é um modelo de avaliação da vulnerabilidade.

As entradas do modelo incluem dados espaciais e não espaciais, incluindo:

- (1) Mapas base de sistemas ambientais;
- (2) Extensão espacial das atividades humanas;
- (3) Informações sobre a natureza da interação entre os habitats e os estressores.

As informações sobre as interações entre “habitats” e “estressores” se apresentam na forma de múltiplos critérios que são sugeridos pelo modelo. Para cada um deles, é empregada uma pontuação de interação que varia de baixa à alta (1 a 3). Com base nos critérios de Exposição e Consequência, as informações são organizadas e calculadas em uma única tabela de classificação (SHARP *et al.*, 2015).

A exposição depende da extensão da sobreposição geográfica entre os sistemas ambientais e as atividades humanas (nesse caso das atividades portuárias); da intensidade e duração da atividade, ou seja, do período de ocorrência ao longo do ano, se ocorre todo o ano ou sazonalmente; da sobreposição com o sistema ambiental e do grau de efetividade de gestão. A consequência corresponde ao grau em que um sistema/serviço ambiental poderia ser perdido em decorrência da exposição a um “estressor”, das mudanças na estrutura do sistema ambiental e da habilidade dos sistemas de se recuperar destes efeitos potenciais (SHARP *et al.*, 2015).

Neste trabalho, a área de estudo foi dividida entre habitats e estressores, conforme o quadro 6.

Quadro 6 - Habitats e estressores utilizados no modelo HRA.

Habitats	Estressores
Baixio com fundo deposicional	Transporte terrestre
Baixio com fundo erosional	Carga e descarga
Baixio com fundo transicional	Armazenamento aberto
Intermediário com fundo deposicional	Armazenamento fechado
Intermediário com fundo erosional	Caldeira
Intermediário com fundo transicional	Acostagem
Urbano	

Nesta divisão, optou-se por considerar o sistema “urbano” como um habitat, pois neste caso, apesar de ser um sistema antrópico, comporta-se como um habitat no sentido de que a população urbana deste sistema é abastecida pela água captada dentro do sistema portuário, podendo então ser diretamente afetada pelas atividades portuárias que ocorrem nos demais sistemas.

Os mapas base são provenientes do mapeamento dos sistemas ambientais. Para serem inseridos no modelo, os arquivos vetoriais foram convertidos em arquivos rasters, possibilitando assim a compatibilidade. A pontuação dos critérios foi estabelecida de acordo com a metodologia “conhecimento de especialista” (KRUEGER et al., 2012). Em nenhum dos critérios foi atribuído o valor zero (0), optando sempre por atribuir um valor mínimo para cada um deles. Esta decisão se justifica pelo fato de compreender que quando analisamos através de uma visão sistêmica, sempre há alguma interação possível, ou seja, observando de forma ampla e integradora, sempre há interações entre os processos, por menor que sejam. Além disso, o modelo, por si só, tem uma tendência de apresentar resultados que tenham um menor risco justamente em função da sobreposição dos *buffers*, então é necessário sempre empregar algum valor, por mínimo que seja.

Definindo os critérios de exposição, temos:

Intensidade

De maneira geral refere-se à intensidade de uso que ocorre no habitat. Tratando-se do sistema ambiental portuário, é a intensidade do estressor relacionado às atividades portuárias.

Efetividade da gestão

Este critério se refere ao grau em que as estratégias de manejo mitigam o impacto. Ou seja, a efetividade da gestão, sejam elas provenientes das políticas, planos e programas que incidem sobre a área de estudo.

Em relação ao PGA-POA, embora as atividades desenvolvidas estejam gerando efeitos positivos na gestão ambiental como um todo, e isso esteja refletido na melhoria da posição no ranking do IDA, que é um índice proposto pela ANTAQ com intuito de avaliar a eficiência e a qualidade da gestão ambiental portuária, as ações ainda são incipientes, sendo a autoridade portuária a principal responsável pela execução das ações propostas como, por exemplo, a aquisição e utilização adequada dos sistemas de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações.

Tamanho dos *buffers*

Seguindo a abordagem utilizada neste trabalho, o tamanho dos *buffers* dos estressores foram definidos conforme a visão sistêmica, respeitando a interação dos processos porto-cidade e porto-guaíba. Para cada um deles foram atribuídos os seguintes valores: transporte terrestre (50m); carga e descarga (20000m); armazenamento aberto (250m); armazenamento fechado (250m); caldeira (100m) e acostagem (20000m).

Na definição dos critérios de consequência, temos:

Potencial de recuperação

Pode ser definido como a capacidade dos *habitats* de se recuperarem dos efeitos (por meio de características da história de vida, como taxas de recrutamento e regeneração).

Mudança de área

Se refere à mudança, ou não, da área do habitat, em função da presença do estressor. Os estressores identificados não apresentam grande potencial e/ou capacidade para mudar a área dos habitats, pois no caso das atividades portuárias, elas são muito pontuais. Portanto, levou-se em consideração que não há mudança em termos de área nos habitats analisados.

Mudança de estrutura

Este critério indica o quanto o habitat muda em relação a sua estrutura quando exposto a um determinado estressor. Apesar de não haver mudança significativa nas áreas dos habitats em questão, eles apresentam mudanças em nível de estrutura. Por exemplo, a atividade de dragagem muda muito a estrutura do habitat, pois quantidades consideráveis de sedimentos são remobilizados, isso pode alterar a fauna e gerar uma mudança na dinâmica local, logo na estrutura do ecossistema.

Neste critério, foram empregados valores de 0 a 20% para todos os habitats, ou seja, foi considerado que há alguma mudança em estrutura nos habitats da área de estudo, mesmo que seja mínima. Em relação aos pesos, esses foram atribuídos em função das peculiaridades de cada um dos habitats analisados.

Frequência de distúrbio natural

Refere-se ao comportamento do sistema ambiental frente à ação de um determinado estressor, ou seja, se ele está preparado ou não para receber o estresse. A ideia principal é que, se o sistema é treinado por um distúrbio natural, apresentando uma alta frequência, ele tende a sofrer menos risco. Por outro lado, se ele tem baixa frequência de distúrbios naturais correlatos a um determinado estressor, maior tende a ser o risco.

Sobreposição temporal

Este critério diz respeito ao tempo em que ocorrem determinadas atividades no contexto do área de estudo. Utilizando o exemplo da dragagem, novamente,

pode-se dizer que, dependendo da região em questão, ela ocorre uma vez a cada dez anos e normalmente é um dado de alta qualidade, pois sabemos a frequência de ocorrência de determinada atividade. A determinação dos pesos é de acordo com cada habitat, como já mencionado nos critérios anteriores.

Nesta análise, foi usado o tempo de oito a doze meses para todos os habitats e para todos os estressores, pois as atividades portuárias podem ocorrer de forma contínua, ininterrupta, independente de turnos, dependendo somente do que é demandado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são apresentados os resultados das etapas da integração da Base Ecosistêmica com o Modelo DPSIR. Estes são concatenados de uma maneira global e podem ser visualizados no APÊNDICE A.

5.1 Base Ecosistêmica do Porto de Porto Alegre

Através da rota metodológica da Matriz de Ecossistemas e Serviços (SCHERER & ASMUS, 2016) voltada para a definição, caracterização e qualificação da base ecosistêmica em ambientes costeiros, foi estabelecida a Base Ecosistêmica do Porto de Porto Alegre. Neste processo, foram identificados os sistemas ambientais do Porto e seu entorno em três diferentes escalas de visualização, os serviços ambientais oferecidos por estes sistemas, bem como os beneficiários destes serviços.

5.1.1 Sistemas ambientais

A partir da definição da área de influência do porto, foram identificados os sistemas ambientais que a compõem. Ao todo, foram identificados 18 subsistemas ambientais que são apresentados no quadro 7 e descritos na sequência.

Estes sistemas ambientais foram mapeados, gerando como produto cartográfico final dois mapas em nível de “Meta sistema” que podem ser visualizados

nas figuras 7 e 8.

Quadro 7 - Sistemas que compõem a poligonal do Porto Organizado e entorno.

Meta sistemas	Sistemas	Subsistemas
Meta sistema atmosférico	Bacia atmosférica	
Meta sistema aquático	Bacia de drenagem	
Meta sistema portuário	Sistema Portuário Construído	Subsistema de transporte terrestre
		Subsistema de carga e descarga
		Subsistema de armazenamento aberto
		Subsistema de armazenamento fechado
		Subsistema de caldeira
		Subsistema administrativo e de controle
	Sistema Portuário Aquático	Subsistema de uso geral
		Subsistema aquaviário
Subsistema bacia de evolução		
		Subsistema de acostagem
Meta sistema adjacente	Sistema Aquático Adjacente	Subsistema de Baixo com fundo deposicional

		Subsistema de Baixo com fundo erosional
		Subsistema de Baixo com fundo transicional
		Subsistema Intermediário com fundo deposicional
		Subsistema Intermediário com fundo transicional
		Subsistema Intermediário com fundo erosional
	Sistema Urbano Adjacente	Subsistema Moinhos de Vento
		Subsistema São João

Figura 7 - Meta Sistema Portuário.

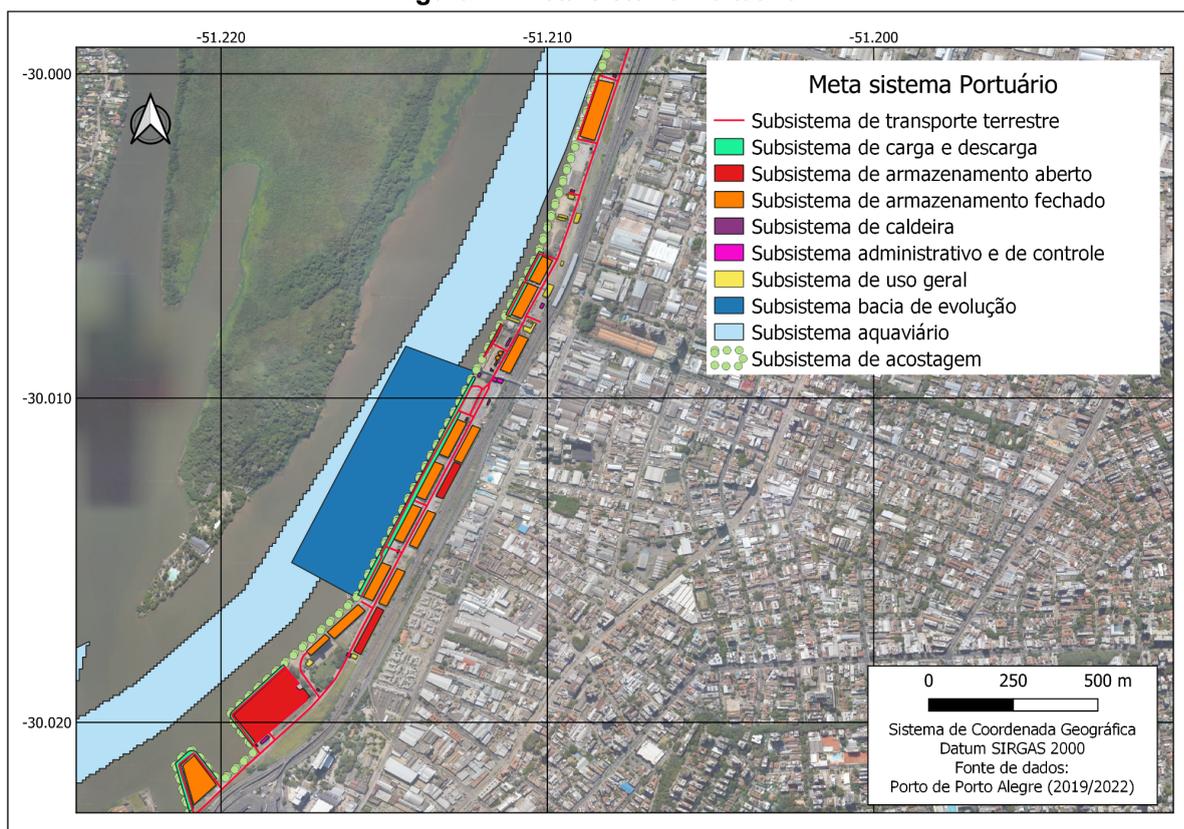
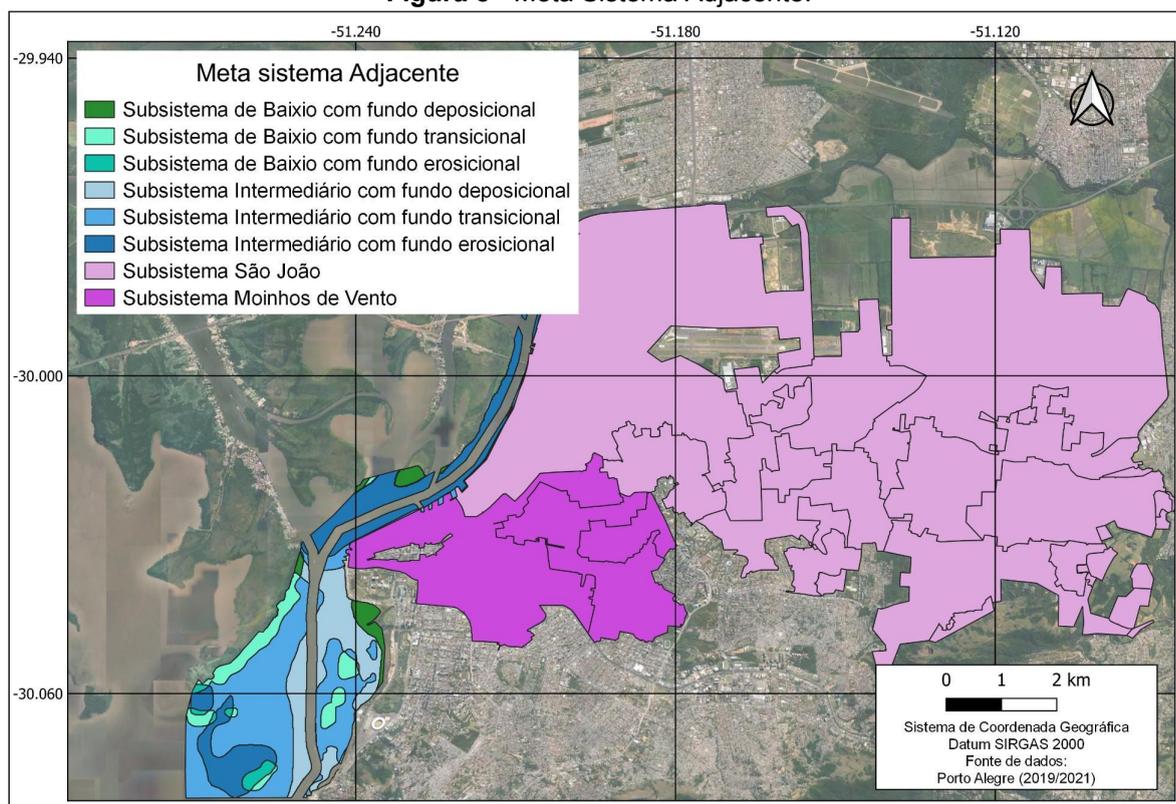


Figura 8 - Meta Sistema Adjacente.



5.1.1.1 Meta sistema atmosférico

O meta sistema atmosférico é formado pelo sistema chamado bacia atmosférica. Podemos definir como bacias atmosféricas as áreas constituídas pelos espaços aéreos vertical e horizontal delimitados pela topografia de uma região, onde os poluentes do ar estão sujeitos aos mesmos mecanismos de circulação e características de dispersão. De acordo com essa definição, as bacias são formadas por barreiras físicas que seriam responsáveis por influenciar a dispersão dos poluentes atmosféricos (Relatório sobre Poluição Atmosférica de São Carlos, 2014).

As atividades portuárias como operações de carga e descarga e uso da caldeira, neste caso, influenciam diretamente a qualidade do ar, tanto na área do porto quanto nas adjacências.

5.1.1.2 Meta sistema aquático

O meta sistema aquático é formado pelo sistema de bacia de drenagem compreendendo todos os sistemas aquáticos que estão dentro da poligonal do Porto

Organizado e entorno.

5.1.1.3 Meta sistema portuário

Sistema Portuário Construído

Subsistema de transporte terrestre

Sistema caracterizado pelas rodovias que dão acesso ao porto e as vias de circulação dentro do mesmo, neste caso as vias dentro da poligonal do Porto Organizado são permeáveis e não possuem sistema de drenagem.

Figura 9 - Subsistema de transporte terrestre.



Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.

Subsistema de Carga e descarga

Por carga se considera toda a mercadoria a ser embarcada ou desembarcada ou que venha a ter outros tipos de movimentação dentro da área do Porto Organizado, movimentação a qual pode guardar as seguintes características principais:

- Movimentação de carga de embarcação atracada em berço ou ao largo para outra embarcação a contrabordo ou vice-versa, em operação chamada de

baldeação;

- Movimentação de carga de embarcação atracada em berço ou ao largo, para embarcação de navegação interior ou auxiliar, a contrabordo, ou vice versa, também em operação conhecida como baldeação;
- Movimentação de carga de embarcação atracada efetuada com equipamento de bordo ou não, diretamente para veículo de transporte terrestre com saída direta da área do porto, ou vice-versa, em operação conhecida como de descarga ou carga direta;
- Movimentação de carga de embarcação atracada, em um berço ou ao largo, no mesmo plano, ou do plano superior para o inferior com estágio no recinto ou vice-versa, em operação conhecida como de descarga ou carga indireta (RE, 2018).

O subsistema de carga e descarga é o espaço onde ocorre a movimentação da carga, de fato. A eficiência dos serviços prestados por este subsistema depende, dentre outras coisas, da disponibilidade do espaço em si e da qualidade deste espaço, bem como do estado dos equipamentos que auxiliam na atividade.

Figura 10 - Subsistema de carga e descarga.



Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.

Subsistema de armazenamento aberto

Este subsistema corresponde ao espaço destinado ao armazenamento de cargas a céu aberto. Abrange os pátios do Cais Navegantes para armazenagem de cargas e sua capacidade é de 1t/m².

O serviço de armazenagem é a fiel guarda e conservação das mercadorias cujas instalações, áreas descobertas, são disponibilizadas, pela autoridade portuária, para os consignatários de carga, cuja origem ou destino seja o modal hidroviário nas instalações do porto público. As cargas são armazenadas nas instalações portuárias compatíveis, conforme previsto no Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto. Como fiel depositário da carga, a autoridade portuária é responsável pela segurança, controle aduaneiro e controle de acesso às instalações de armazenagem (SUPRG, 2018).

- Pátio retaguarda D3 - pátio com 4.940 m² (190m x 26m) a retaguarda do Armazém D3, entre os Armazéns E3 e E4;
- Pátio Retaguarda D - pátio entre o Gate Sul e o Armazém E-1 com cerca de 4.500 m²;
- Pátio Alfandegado D1-D2 pátio com 2.626,50 m² entre os Armazéns D1 e D2, em área alfandegada;
- Pátio junto e ao norte do Armazém D4 com cerca de 3.600 m², também em área alfandegada (PDZ, 2019).

Figura 11 - Subsistema de armazenamento aberto.



Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.

Subsistema de armazenamento fechado

Este subsistema se refere às estruturas que, de alguma maneira, exercem a função de armazenagem. Engloba armazéns, silos e tanques. O serviço de armazenagem é a fiel guarda e conservação das mercadorias cujas instalações, áreas cobertas, são disponibilizadas pela autoridade portuária, para os consignatários de carga, cuja origem ou destino seja o modal hidroviário nas instalações do porto público (RE, 2018).

As cargas são armazenadas nas instalações portuárias compatíveis, conforme previsto no Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto (PDZ, 2019). Como fiel depositário da carga, a autoridade portuária é responsável pela segurança, controle aduaneiro e controle de acesso às instalações de armazenagem (SUPRG, 2018). Elas compreendem:

- Dois tanques para granéis líquidos de 2.200 m³, e dois de 400 m³ instalados no terminal que era ocupado pela empresa BUNGE, no Cais Navegantes, ao norte do pátio do Armazém D-4. Seu regime de exploração é público, e suas dimensões aproximadas são de 13m(d)x6m(h);
- Silo vertical com 53 células, de propriedade da CESA com capacidade

estática de armazenagem de 18.750 toneladas, localizado no Cais Navegantes, vizinho ao sul do Armazém D, seu regime de exploração é de arrendamento; Armazéns da série C, D e E.

Figura 12 - Subsistema de armazenamento fechado.



Subsistema de caldeira

Caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, excetuando-se os refeedores e equipamentos similares utilizados em unidades de processo (Manual Técnico de Caldeiras, 2000). No Porto de Porto Alegre é utilizado uma caldeira a óleo para liquefazer o sebo bovino (PGA-POA, 2023).

Uma caldeira aquatubular é um dispositivo utilizado para mudar o estado da água de líquido para vapor, a fim de ser usada em aquecimento, acionamento de máquinas, processos industriais, esterilização e geração de energia elétrica. Naturalmente, a preferência pelo vapor d'água como fluido de trabalho é justificada pelo fato de ser uma substância facilmente disponível, pouco agressiva quimicamente e com grande capacidade de transportar energia (Manual Técnico de Caldeiras, 2000).

Na geração e na utilização do vapor ocorrem mudanças de fase, tanto na

vaporização quanto na condensação, que causam grandes variações de volume, resultando em elevado coeficiente de transferência térmica, que, somado à alta densidade energética (calor latente) do vapor, produz elevadas taxas de transferência de calor por unidade de área (Eficiência Energética no Uso de Vapor. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005).

Figura 13 - Subsistema de caldeira.



Subsistema administrativo e de controle

Este subsistema compreende as estruturas físicas que dão suporte às atividades administrativas e de controle (postos de segurança) dentro da área da poligonal do Porto Organizado.

A administração do Porto de Porto Alegre é exercida pela empresa pública Portos RS, que iniciou o processo de transição administrativa em meados do ano de 2021. O prédio administrativo do Porto fica situado no Cais Mauá, apesar de não fazer mais parte da poligonal do Porto Organizado. Também fazem parte do subsistema administrativo e de controle, duas salas que se localizam no armazém

D4, a sala do gerente de operações, a Guarda Portuária e a balança, localizadas no limite norte da área alfandegada.

Figura 14 - Subsistema administrativo e de controle.

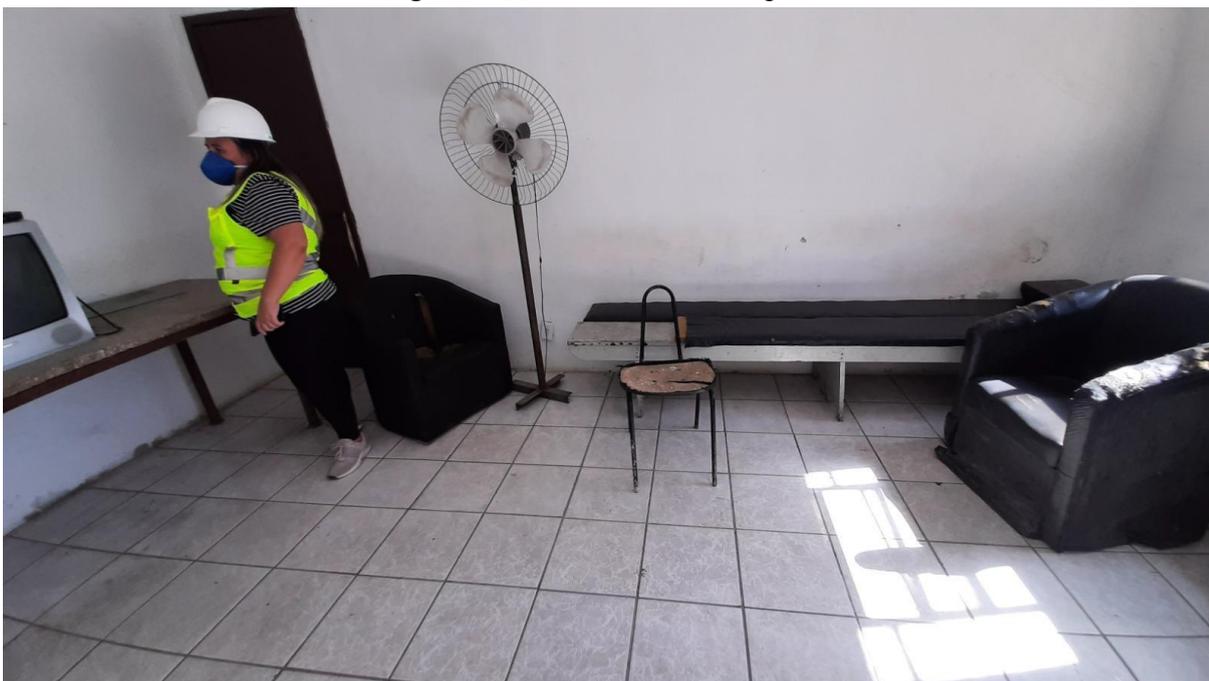


Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.

Subsistema de uso geral

O subsistema de uso geral engloba as salas de convivência utilizadas pelos Trabalhadores Portuários Avulsos (TPAs), local de descanso dos funcionários, como equipes de limpeza e jardinagem, e local de manutenção de equipamentos dos operadores portuários.

Figura 15 - Subsistema de uso geral.



Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.

Sistema Portuário Aquático

Subsistema aquaviário

Sistema constituído por hidrovias, percursos pré-determinados para o tráfego sobre água, onde é realizado o transporte de mercadorias e pessoas. “As hidrovias de interior podem ser rios, lagos e lagoas navegáveis que receberam algum tipo de melhoria/sinalização/balizamento para que um determinado tipo de embarcação possa trafegar com segurança por esta via”, segundo a Secretaria dos Portos (MTPA, 2018). Geralmente são localizados nas regiões de maior profundidade nos rios, lagos e lagoas.

A hidrovia principal de acesso ao porto de Porto Alegre se desenvolve ao longo da Lagoa dos Patos e do Guaíba, com uma extensão de cerca de 310 km, dos quais 236 km apresentam profundidades naturais entre 6,5 e 7m e cerca de 74 km exigem dragagens periódicas para manter o calado oficial de 17 pés (5,18m) com uma largura de 80m. O trecho de canais artificiais na Lagoa dos Patos possui 35.216m de extensão e no Rio Guaíba 39.120m de extensão (SUPRG, 2018).

Figura 16 - Subsistema aquaviário.



Subsistema bacia de evolução

O porto possui duas bacias de evolução, uma frontal ao Cais Mauá, denominada “Bacia Bravo”, e outra frontal ao Cais Navegantes, denominada “Bacia Alfa”. Suas dimensões são respectivamente, 450 x 744 metros e 220 x 850 metros. Ambas apresentam profundidades mínimas de 6m (SUPRG, 2018). Entretanto, dentro da poligonal do Porto Organizado encontra-se somente uma bacia de evolução, a "Bacia Alfa".

Figura 17 - Subsistema bacia de evolução.



Subsistema de acostagem

O Porto de Porto Alegre é um dos maiores portos flúvio-marítimos do país, em extensão acostável, possuindo cerca de 7,7 km de instalações de acostagem divididas entre os Cais Mauá, Navegantes e Marcílio Dias (PDZ, 2019). Todas as instalações de acostagem do Porto de Porto Alegre são de uso público e a atracação dos navios se faz em função da prioridade definida no regulamento de exploração e autorizada pela SPH, atual Portos RS (SUPRG, 2019).

O Cais Mauá possui comprimento de 2.953,20m, largura de 17m, profundidade de 4 a 6m e cota de coroamento +3. O Cais Navegantes possui 3.393,90m de comprimento, 20m de largura, 4 a 5m de profundidade, +3 de cota de coroamento e esforço de estrutura até 10t/m². O Cais Marcílio Dias possui 1.346,70m de comprimento, largura variável, 4 a 5m de profundidade e +3 de cota de coroamento (SUPRG, 2018). Atualmente, fazem parte da poligonal do Porto Organizado os Cais Navegantes e Marcílio Dias.

Figura 18 - Subsistema de acostagem.



5.1.1.4 Meta sistema adjacente

Sistema Aquático Adjacente

Subsistema baixio com fundo deposicional

Os baixios, ou bancos arenosos, são as regiões de baixa profundidade em mares, lagunas, lagoas e estuários. Suas formas de fundo podem estar submersas ou semi-submersas, estando em constante alteração morfológica devido à alta influência hidrodinâmica (SUGUIO, 1992). Podem ser abrigados, ou não, da ação do vento, sendo que, quanto maior a influência do vento, maior sua variação ao longo do tempo e maior migração de nutrientes e sedimentos do fundo para regiões próximas à superfície.

No Guaíba, os baixios são diferenciados de acordo com seu tipo de fundo, sendo o tipo deposicional o mais constante. Devido à baixa velocidade de escoamento e à moderada profundidade da área, seus sedimentos e nutrientes não se deslocam (ZEE-RS, P25).

Subsistema baixio com fundo transicional

Este subsistema se difere do anterior por apresentar um fundo transicional, ou seja, é o meio termo entre o erosional e o deposicional, como o próprio nome já diz. Nesse caso a velocidade do escoamento e a profundidade variam bastante (NICOLODI, 2007).

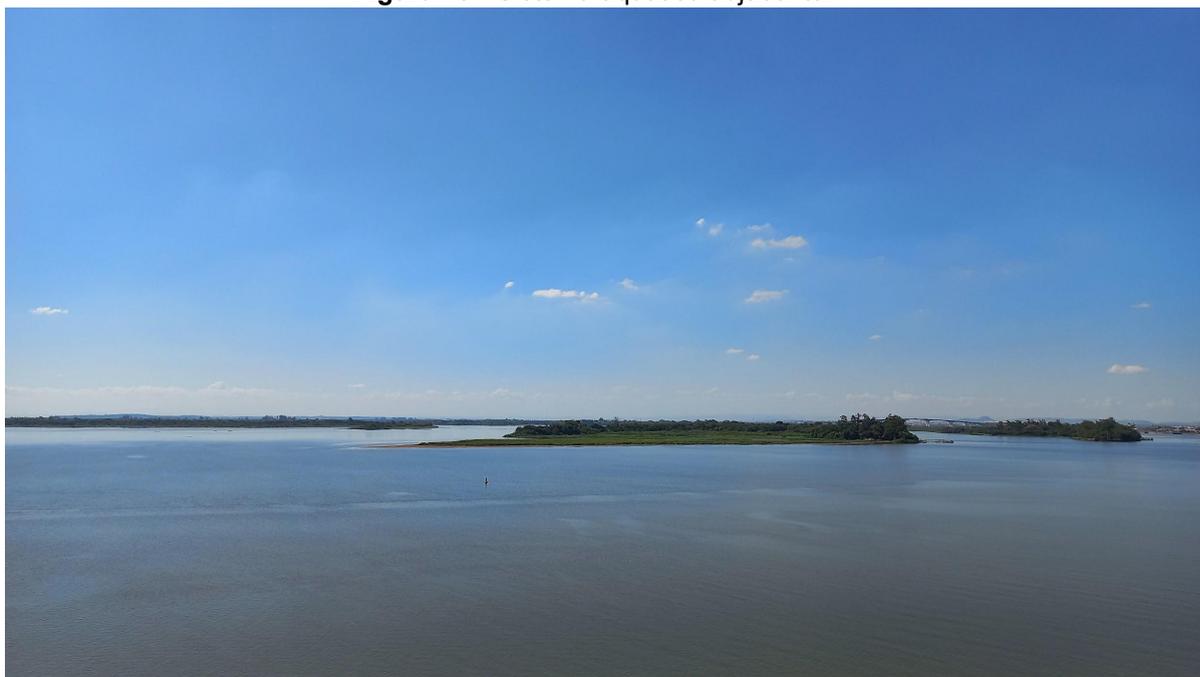
Subsistema baixio com fundo erosional

O fundo erosional é o mais variável. A alta velocidade de escoamento e a baixíssima profundidade possibilitam o deslocamento de sedimentos e nutrientes ao longo da coluna d'água (ZEE-RS, P25).

Subsistema Intermediário deposicional, transicional e erosional

O subsistema Intermediário compreende regiões de média/alta profundidade em lagunas, lagoas, rios e estuários. Esse sistema se diferencia dos baixios apenas pela profundidade e, assim, possui os mesmos tipos de fundo em termos de comportamento hidrossedimentológico, porém com a altura da coluna d'água superior (ZEE-RS, P25).

Figura 19 - Sistema aquático adjacente.



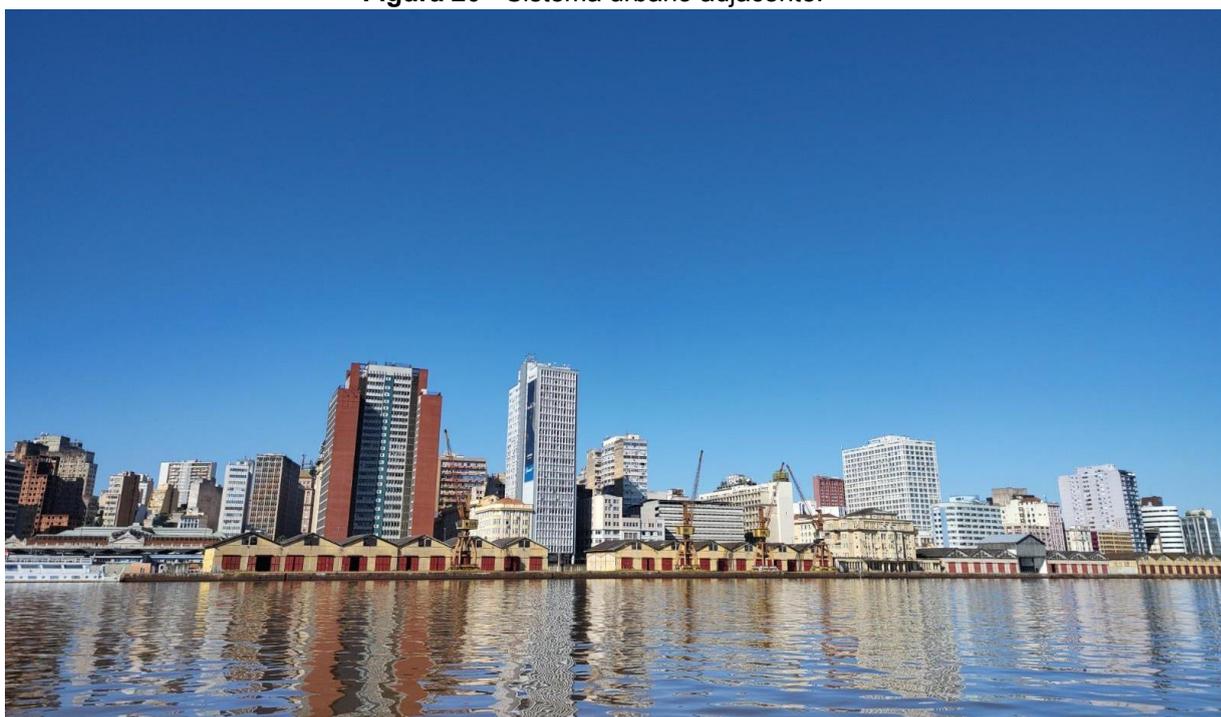
Sistema Urbano Adjacente

Subsistemas Moinhos de Vento e São João

No município de Porto Alegre, a água bruta é captada integralmente no Guaíba (DMAE, 2017). Estes subsistemas são caracterizados pelos sistemas de abastecimento de água bruta que captam água dentro da poligonal do Porto Organizado. No sistema Moinhos de Vento, mais de dezessete bairros são abastecidos, e no sistema São João, vinte e oito bairros têm até 80% da sua captação no Porto (PMSB de Porto Alegre, 2015).

Tais sistemas são responsáveis pelo fornecimento de água para uma população de quase 700 mil pessoas (Relatório de Andamento do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre – Volume II, 2022).

Figura 20 - Sistema urbano adjacente.



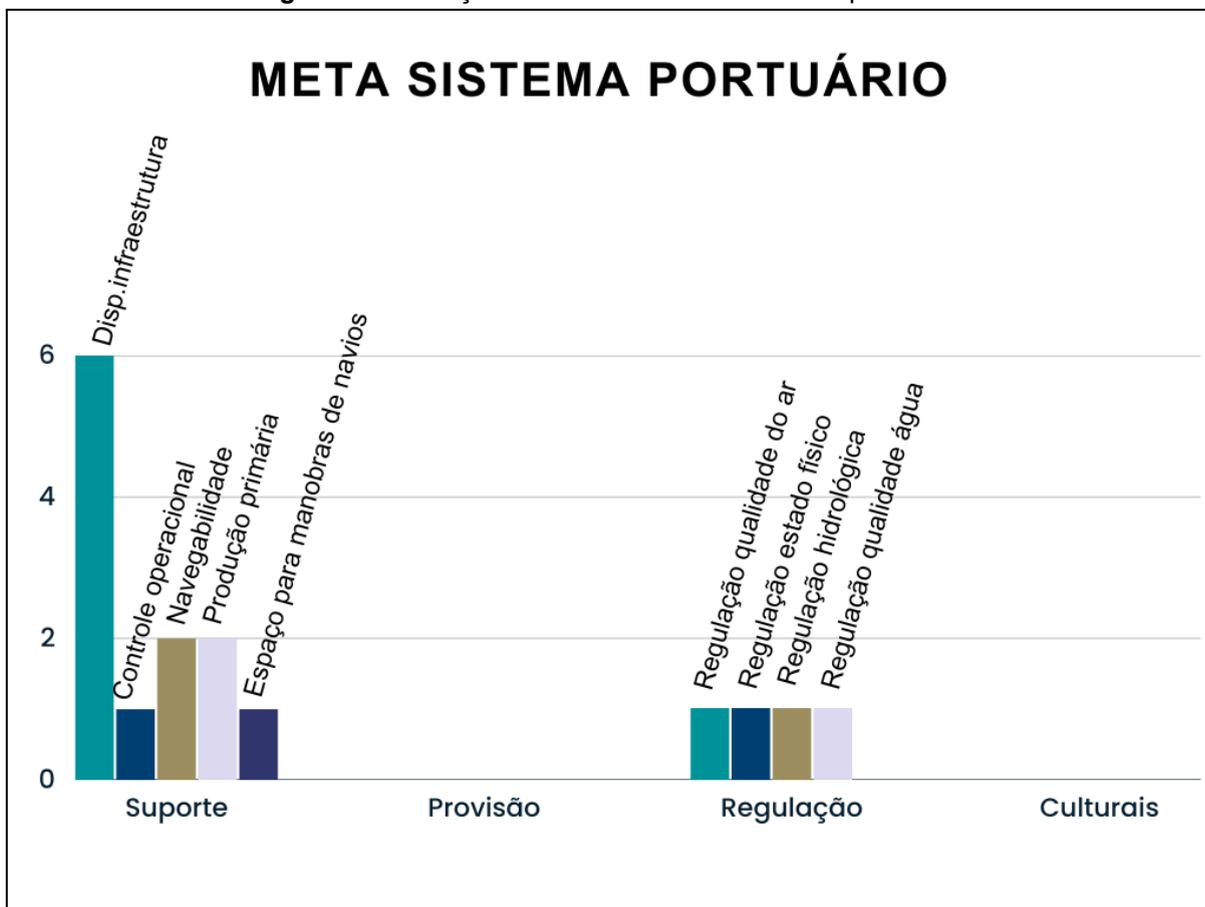
Fonte: Programa de Gestão Ambiental - POA.

5.1.2 Serviços ambientais e beneficiários

Os serviços ambientais identificados, de acordo com sua categoria (suporte - provisão - regulação - culturais), para cada subsistema identificado, estão apresentados no APÊNDICE B.

A figura 21 apresenta os serviços ambientais encontrados no meta sistema portuário, de acordo com sua frequência de ocorrência.

Figura 21 - Serviços ambientais do meta sistema portuário.

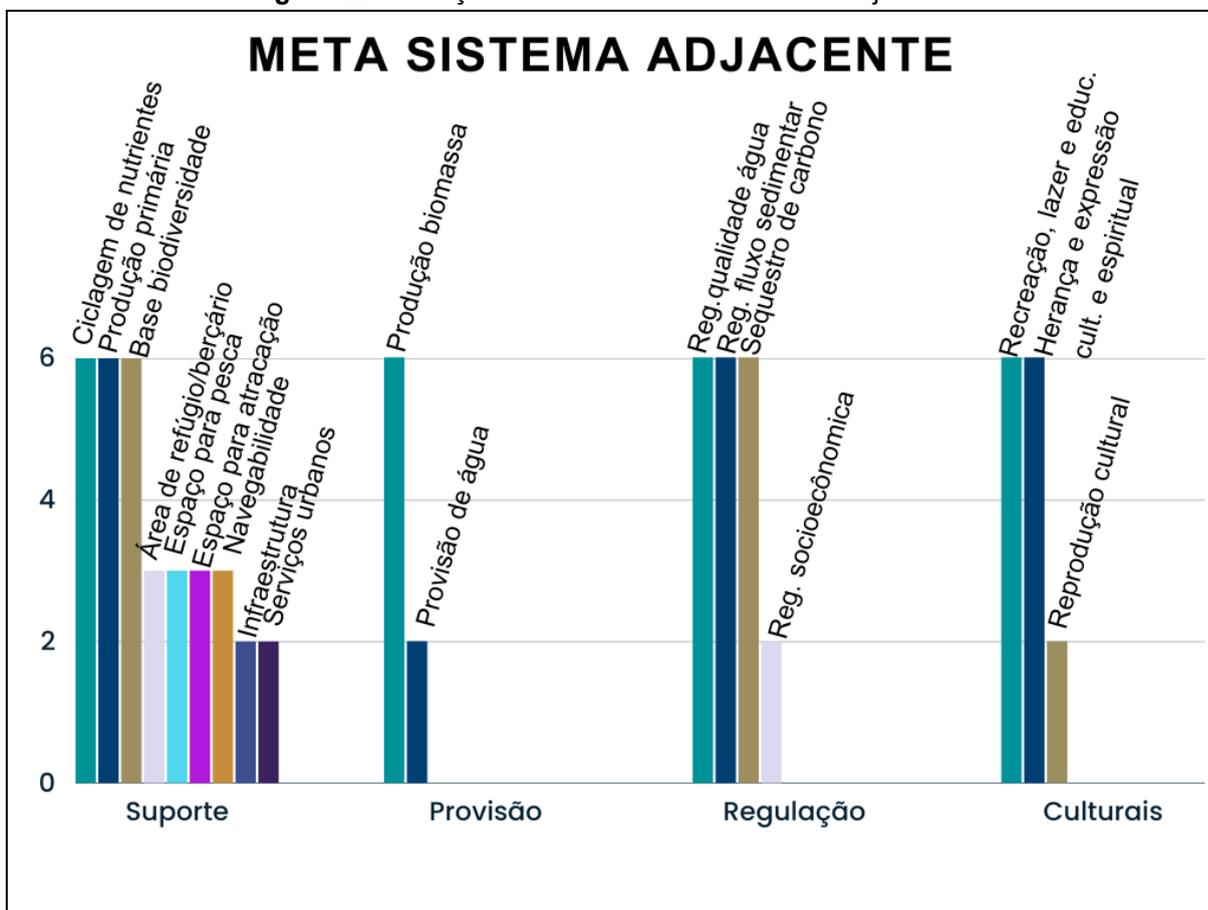


O serviço ambiental que aparece em grande parte dos subsistemas ambientais antropizados é o de disponibilidade de infraestrutura. No contexto portuário, a disponibilidade de infraestrutura é um serviço no sentido de que oferece um espaço para as atividades portuárias, assim como, por exemplo, um canal oferece espaço para navegação num sistema natural, a diferença é que um desses espaços foi construído pelo homem e o outro provém da natureza.

Seguido deste serviço vem o de navegabilidade e produção primária, em menor escala. Em relação aos serviços de regulação, todos se apresentam com frequência semelhante, sendo eles: regulação da qualidade do ar, regulação da qualidade da água, regulação do estado físico e regulação hidrológica.

Em relação aos serviços ambientais encontrados no meta sistema adjacente, podem ser visualizados na figura 22, de acordo com sua frequência de ocorrência.

Figura 22 - Serviços ambientais do meta sistema adjacente.



No meta sistema adjacente, os serviços da categoria de suporte se apresentam em maior quantidade quando comparados às demais categorias. Os serviços de suporte mais frequentes são: ciclagem de nutrientes, produção primária e base de biodiversidade, seguido de área de refúgio, espaço para pesca, espaço para navegação, navegabilidade entre outros. Em menor escala estão os serviços de infraestrutura e serviços urbanos. Em relação aos serviços de provisão, se destaca o de produção de biomassa, seguido de provisão de água, apresentando-se em menor escala. Os serviços de regulação mais frequentes são os de a regulação da qualidade da água, regulação do fluxo sedimentar e sequestro de carbono. Em relação aos serviços culturais, se apresentam mais frequentes os serviços de

recreação, lazer e educação e herança e expressão cultural e espiritual, seguido do serviço de reprodução cultural.

Em relação aos beneficiários, foram considerados aqueles que se utilizam dos serviços ambientais fornecidos por, pelo menos, um dos subsistemas ambientais identificados, tanto direta quanto indiretamente. Os beneficiários identificados foram:

População do sistema urbano adjacente

Os beneficiários do sistema urbano adjacente é a população dos subsistemas Moinhos de Vento e São João que é abastecida de água bruta através de uma única captação que se encontra dentro do Porto Organizado. A população é de quase 700 mil pessoas que se distribuem em mais de 30 bairros da cidade de Porto Alegre (DMAE, 2015).

Turistas

Muitos turistas vão apreciar o pôr-do-sol na Orla do Guaíba e no Cais Mauá, que recentemente teve a parte do Cais Embarcadero revitalizada, incluindo a construção de bares e restaurantes. O turismo também acontece pela via hidroviária, com possibilidade de realizar passeios de escuna pelas margens do Guaíba e até a cidade de mesmo nome (PGA-POA, 2023).

Pescadores

No entorno do porto, há travessia de pescadores que por vezes atracam dentro da poligonal do Porto Organizado. A atividade de pesca é bastante comum, segundo o jornal Extraclasse, quatrocentas famílias ainda tentam sobreviver da pesca no Guaíba e na região do Delta do Jacuí (PGA-POA, 2023).

População do meta sistema aquático

Com uma grande bacia de drenagem, o Guaíba transforma-se em um receptor de todas as atividades de uso e ocupação do solo. Ele possui escoamento bidimensional que é controlado pelas flutuações do nível da Laguna dos Patos e pela direção e intensidade do vento. Nesse caso, a população que ocupa a margem do Guaíba pode ser diretamente afetada (Prefeitura de Porto Alegre, 2019).

Trabalhadores portuários

Trabalhador portuário é aquele habilitado a executar atividades realizadas nas instalações de uso público ou privativo, dentro ou fora dos limites do Porto Organizado, nos casos previstos. A lei estabelece duas formas de trabalho: o trabalho portuário avulso e o trabalho portuário com vínculo empregatício (Araújo, 2013).

Operadores

Operador Portuário é a pessoa jurídica pré-qualificada para exercer as atividades de movimentação de passageiros ou movimentação e armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário, dentro da área do Porto Organizado. As empresas dos operadores portuários que operam no Porto de Porto Alegre são: D&F, ORION, SIRIUS, ALIANÇA e SERRA MORENA.

Empresa de navegação (urbano, carga e turismo)

Em relação às empresas de navegação que operam no transporte urbano, há a empresa CATSUL que opera no transporte intermunicipal de passageiros entre Porto Alegre e Guaíba. As empresas que realizam navegação relacionadas ao turismo são: Cisne Branco, Noiva do Caí, Bela Catarina e Porto Alegre 10. No que se refere ao transporte de cargas e mercadorias, são transportadas cargas pelo Guaíba por diversas embarcações, algumas parando em terminais privados e outras no Porto de Porto Alegre (RE, 2018).

De acordo com um mapeamento da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), são transportados: combustíveis minerais, óleos minerais e produtos

da sua destilação; matérias betuminosas; ceras minerais, contêineres; fibras sintéticas ou artificiais, descontínuas; gorduras e óleos animais ou vegetais; produtos da sua dissociação; gorduras alimentares elaboradas; ceras de origem animal ou vegetal, instrumentos e aparelhos de óptica, de fotografia, de cinematografia, de medida, de controle ou de precisão; instrumentos e aparelhos médico-cirúrgicos; suas partes e acessórios; madeira, carvão vegetal e obras de madeira; máquinas, aparelhos e materiais elétricos, e suas partes; aparelhos de gravação ou de reprodução de som, aparelhos de gravação ou de reprodução de imagens e de som em televisão, e suas partes e acessórios; pastas de madeira ou de outras matérias fibrosas celulósicas; papel ou cartão para reciclar (desperdícios e aparas); plásticos e suas obras; produtos da indústria de moagem; malte; amidos e féculas; inulina; glúten de trigo (PGA-POA, 2023).

Empresas mineradoras

As empresas mineradoras que estão próximas ao Porto Organizado são Escavações Viamão LTDA, BR Conquista Mineração, Seival Sul Mineração Ltda, e Copelmi. Tais empresas quando ativas trazem grande risco de contaminação, influenciando diretamente a qualidade da água, principalmente para abastecimento urbano.

Marinha do Brasil (controle de navegação)

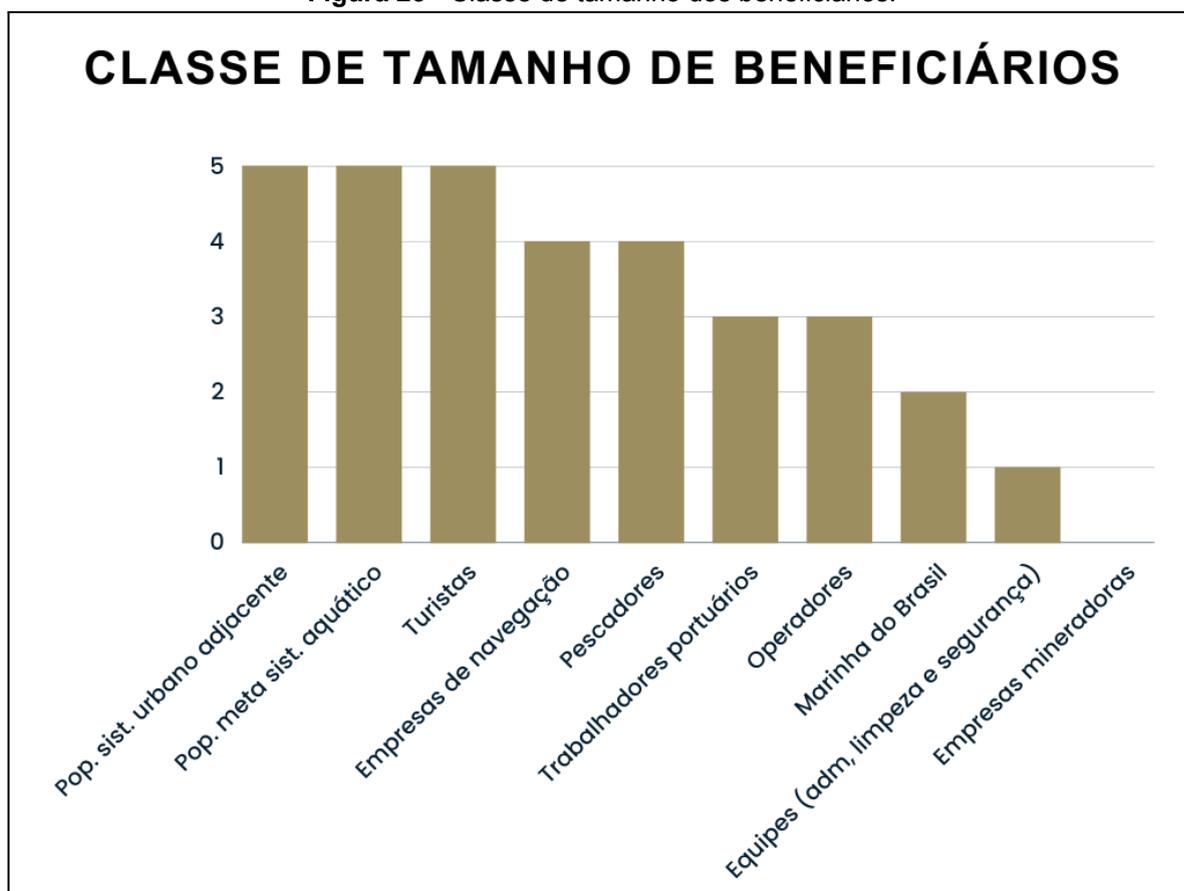
A Capitania Fluvial de Porto Alegre é uma Organização Militar subordinada diretamente ao Comando do 5º Distrito Naval e que atua, sob supervisão da Diretoria de Portos e Costas, no exercício da sua atividade fim, a saber: Ensino Profissional Marítimo, Segurança da Navegação, Salvaguarda da Vida Humana nas águas interiores e Prevenção à Poluição Hídrica na sua Área de Jurisdição (AJ). A “AJ” da “CFPA” abrange toda a extensão da Lagoa dos Patos, no trecho compreendido entre a foz do Rio Guaíba e o alinhamento da Ponta de São Simão com a divisa dos municípios de Tapes (RS) e Arambaré (RS) e os rios limítrofes com o Estado de Santa Catarina, perfazendo um total de 359 municípios (Marinha do Brasil).

Equipes (administração, limpeza e segurança)

Em relação às equipes de administração, limpeza e segurança o porto apresenta: equipes de limpeza das áreas administrativas do porto que são feitas por trabalhadores terceirizados da empresa Liderança, já a limpeza de queda de carga no cais é feito pelos trabalhadores portuários; efetivo de servidores próprios de seu quadro, pertencentes à Guarda Portuária, assim como um efetivo de vigilantes terceirizados da empresa Bank Fort, sob a coordenação da Guarda. Além da Vigilância Patrimonial, e sistemas de monitoramento de vídeo, viatura, ronda, usa-se um sistema informatizado da administração do porto, para o controle e registro de acesso de pessoas, veículos, embarcações, equipamentos e cargas. Os serviços de vigilância e policiamento são pautados pelo Plano de Segurança Pública Portuário. A área molhada pertence às Instalações Portuárias alfandegadas, ou seja, é considerada área primária do Porto Organizado de Porto Alegre, cabendo à Guarda Portuária o policiamento, como também as atribuições estabelecidas no Plano Segurança (PGA, 2023; RE, 2018).

Além de identificados, os beneficiários foram classificados de acordo com o critério “tamanho da população de beneficiários chave” (figura 23).

Figura 23 - Classe de tamanho dos beneficiários.



5.2 Identificação das macroatividades presentes no porto, caracterização dos aspectos ambientais e análise dos impactos ambientais significativos

Através da elaboração do modelo DPSIR (*Drivers - Pressures - State - Impacts - Responses*), com auxílio da Matriz de Ecossistemas e Serviços, conhecimento de especialista, trabalhos em campo e pesquisa bibliográfica, foi possível a identificação das principais atividades portuárias (*drivers*) que representam um fator de ameaça à qualidade ou funcionamento dos sistemas ambientais previamente identificados, dos aspectos ambientais gerados por elas e dos impactos ambientais significativos.

5.2.1 Atividades Portuárias - *Drivers*

As atividades portuárias foram identificados de acordo com a proposta de

Onetti (2017) e são: Abastecimento de combustível de embarcações; Atividades externas ao porto; Carga e descarga; Controle e resposta a emergências; Manutenção de infraestruturas e equipamentos; Monitoramento e controle de operação e processos; e Serviços sanitários, administrativos e outros serviços gerais.

5.2.2 Aspectos Ambientais - Pressão

As atividades portuárias (*drivers*) geram pressões nos sistemas ambientais, podendo ser traduzidas como falhas na forma com que ocorrem as atividades, ou seja, é o quanto a atividade está gerando uma condição que se desvia do que é ideal sobre o aspecto do previsto pela legislação. Neste trabalho, dentro do Modelo DPSIR, a componente “pressão” corresponde às não-conformidades que ocorrem nestas atividades portuárias.

As pressões identificadas são: inexistência de equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações adequados, inexistência de berço para abastecimento de embarcações contendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado, parâmetros de qualidade da água acima do permitido, inadequação das estruturas de proteção à operação, prazo de limpeza do cais inadequado, níveis de qualidade do ar inadequados, inexistência de base/equipamento de emergência ambiental, inexistência de um sistema de alerta à navegação, estruturas de drenagem pluvial fora do padrão do Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), falta de manutenção de estruturas de armazenamento, sistema de transporte terrestre permeável e que potencializa perda de carga, existência de estruturas obsoletas/em desuso, falta de iluminação noturna, inexistência de padrões de procedimentos e normas de operação, inexistência de coleta e disposição de resíduos classe 1 e 2 e más condições dos espaços de convivência e descanso dos trabalhadores.

Em cada subsistema ambiental afetado por diferentes atividades portuárias, foram identificadas as pressões (não-conformidades) e o subsistema de origem destas pressões, ou seja, o subsistema onde ocorrem tais não-conformidades. Na

maioria das vezes, atividades que ocorrem em um subsistema podem trazer consequências ambientais para outro subsistema, independentemente da distância geográfica entre eles.

A atividade de carga e descarga, por exemplo, que ocorre no subsistema de mesmo nome gera consequências para o subsistema Moinhos de Vento e São João, uma vez que a carga que escoar para o Guaíba interfere no serviço ambiental de regulação da qualidade da água, que atende e beneficia a população destes subsistemas. Da mesma forma, um grupo de pessoas ou setor que ocasionam a perda total ou da qualidade de um serviço ambiental, em geral, não são os mesmos que sofrem com a perda de tal serviço.

5.2.3 Alterações na oferta dos serviços ambientais - Estado

Este componente do modelo segue a lógica de avaliar cada “não-conformidade” de acordo com o serviço ambiental que é afetado, ou seja, dimensiona as alterações na oferta de serviços considerando o sistema de origem, sistema afetado, processo, serviços ambientais afetados, atividade afetada, beneficiário, intensidade relativa da alteração (na oferta de serviço) e tamanho da população de beneficiários afetados.

Dessa forma, este componente é parcialmente descritivo e ranqueado somente em função dos critérios relacionados aos beneficiários (intensidade relativa da alteração e tamanho da população dos beneficiários afetados).

Pela geração de níveis de qualidade do ar inadequados, a oferta do serviço de regulação da qualidade do ar é um dos mais alterados comprometendo a saúde do trabalhador, principalmente na atividade de carga e descarga, mas também nas demais atividades portuárias, uma vez que material particulado é gerado pela caldeira afetando trabalhadores portuários, operadores e equipes de administração, limpeza e segurança.

Em relação aos serviços oferecidos pelos sistemas ambientais antropizados, a “disponibilidade de infraestrutura” é o principal deles. Por consequência, é o serviço que mais sofre alteração na sua oferta, seja no sistema de transporte terrestre (vias de acesso dentro da poligonal do Porto Organizado) devido a suas

vias permeáveis que impedem a eficiência do transporte e potencializam a perda de carga, seja no sistema de armazenamento fechado pela falta de manutenção de suas estruturas ou pela existência de estruturas obsoletas ou em desuso que diminuem a capacidade de armazenamento destes espaços.

De qualquer maneira, a falta de manutenção destes sistemas antropizados traz risco aos trabalhadores e operadores portuários, tanto pelas estruturas que podem desabar (há precedentes de acidentes e ocorrência de morte por ruptura das infraestruturas), como pela fauna sinantrópica que habita nesses locais e gera riscos sanitários. Além disso, as más condições de trabalho, principalmente a precária estrutura disponível para os trabalhadores portuários, como os caminhoneiros, que necessitam de um espaço com o mínimo de infraestrutura para aguardar os carregamentos, comprometem a efetividade das operações.

Considerado aqui como um importante serviço no âmbito portuário, o “controle operacional” sofre significativa alteração na sua oferta. É responsável por normatizar procedimentos e, visto que estas normas não estão ainda estabelecidas, as atividades administrativas e de operação são afetadas. Isso acaba por diminuir a eficiência da própria operação, causando problemas de perda de carga, aumento da poluição atmosférica por tal perda, aumento do grau de exposição dos trabalhadores portuários e operadores, entre outros.

Da mesma maneira, o serviço de navegabilidade é um dos principais serviços que se apresentam quando se trata do setor portuário. No Porto de Porto Alegre, assim como em muitos portos no Brasil, não existe um sistema de alerta à navegação. A inexistência deste sistema altera diretamente a oferta do serviço em questão, afetando a própria atividade de navegabilidade e gerando risco de ocorrência de acidentes, potencializado pelo uso desordenado dos diversos beneficiários.

Em relação aos serviços prestados pelos sistemas aquáticos naturais, os serviços que sofrem maior alteração na sua oferta são a provisão de água, afetando a atividade de captação de água para abastecimento urbano; regulação da qualidade da água, afetando também a qualidade da água para este abastecimento e a atividade de pesca; e os “serviços urbanos” em virtude do comprometimento da captação de água para abastecimento. A alteração da oferta de ambos os serviços

são consequência principalmente da inexistência de: base/equipamento de emergência ambiental; berço contendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado; e equipamentos de isolamento e sinalização adequados no abastecimento de embarcações. Tais alterações na oferta de serviços afetam diretamente a população do sistema urbano adjacente e os pescadores, quando se trata da atividade de pesca artesanal.

5.2.4 Comprometimento da oferta do serviço ambiental - Impacto

As “não-conformidades” que geraram as maiores gravidades relativas do impacto, as quais são uma medida do quão prejudicado será o beneficiário caso perca os serviços ambientais disponíveis, são: níveis de qualidade do ar inadequados nas atividades de carga e descarga; inexistência de base/equipamento de emergência ambiental na atividade de controle e resposta a emergências; falta de manutenção de estruturas de armazenamento e existência de estruturas obsoletas/em desuso na atividade de uso de infraestruturas e equipamentos; inexistência de equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações adequados e inexistência de berço para abastecimento de embarcações contendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado na atividade de abastecimento de combustível de embarcações.

5.2.5 Ações recomendadas - Resposta

As ações recomendadas são: a) aquisição e utilização adequada dos sistemas de isolamento e sinalização, b) indicação de um local para berço de abastecimento e adequação do pavimento, Estabelecimento das relações entre os parâmetros de qualidade da água acima do permitido pela legislação e as atividades portuárias, Indicação da configuração das estruturas, Exigir o uso correto das estruturas, Estipular o prazo adequado para limpeza do cais, Fiscalizar o tempo de limpeza, Norma sobre utilização de EPI (incluindo máscara) na operação de carga e descarga e monitoramento das condições de segurança do trabalho, Execução do

PEI, Implementação da Base e equipamentos de emergência ambiental, Estabelecer um sistema de alerta à navegação, Implementar o sistema de alerta, Execução do projeto de adequação da rede de drenagem pluvial, Conserto e manutenção sistemática das estruturas de armazenamento, Pavimentação das vias, Contratação de empresa para remoção de passivos (estruturas obsoletas em desuso), Sistema de alerta meteorológico (liga-desliga caldeira) para situações de baixa velocidade do vento, Manutenção das estruturas de iluminação (colocação de lâmpadas), Normatização de procedimentos, Contratação de empresa especializada na remoção de resíduos Classe 1 e 2, Idealização da qualificação dos espaços, Implementação das recomendações de qualificação dos espaços.

A maioria da natureza das ações são preventivas, como “implementação da base e equipamentos de emergência ambiental” e “execução do PEI” ou remediadoras, como “contratação de empresa para remoção de passivos (estruturas obsoletas em desuso)” e “contratação de empresa especializada na remoção de resíduos Classe 1 e 2”. Um menor número de ações são mitigadoras, a exemplo “indicação da configuração das estruturas de proteção à operação” e “normatização de procedimentos”, essa última no que se refere a atividades administrativas e de controle. E apenas o “estabelecimento das relações entre os parâmetros de qualidade da água acima do permitido pela legislação e as atividades portuárias” é sugerida como ação compensatória.

Aplicando a sequência relacional criada (Atividade portuária - Não-conformidade - Alterações na oferta de serviços ambientais - Comprometimento da oferta do serviço ambiental - Resposta) para todos os subsistemas previamente identificados e adicionando os dados à uma única Tabela de Base Ecológica (APÊNDICE A), é possível calcular o “Índice de Prioridade de ação” para cada ação recomendada de uma maneira global, ou seja, comparando todos os subsistemas dentro da área de estudo e gerando, como produto final, uma hierarquização das ações recomendadas de gestão ambiental portuária (APÊNDICE C). Ambos apêndices estão disponíveis em: https://drive.google.com/drive/folders/118O82i2LI1yjZSB42rBcbgGkMKq_EV1c

O Quadro 8 apresenta as ações de gestão recomendadas, juntamente com a responsabilidade e prazo de execução, produto final da aplicação desta metodologia

no Porto de Porto Alegre.

Quadro 8 - Hierarquização das ações recomendadas.

Prioridade de ação	Ação recomendada	Responsabilidade	Prazo
5	Implementação do sistema de alerta	Porto	Longo
	Aquisição e utilização adequada dos sistemas de isolamento e sinalização	Operador	Curto
4	Estabelecimento das relações entre os parâmetros de qualidade da água acima do permitido pela legislação e as atividades portuárias	PGA	Curto
	Indicação da configuração das estruturas de proteção à operação	PGA	Curto
	Normatização de procedimentos	Porto	Curto
	Estipular o prazo adequado para limpeza do cais	PGA	Curto
	Implementar sistema de fiscalização do tempo de limpeza do cais	Porto	Curto
	Contratação de empresa para remoção de passivos (estruturas obsoletas em desuso)	Porto	Curto
3	Exigir o uso correto das estruturas de proteção à operação	Porto	Curto
	Norma sobre utilização de EPI na operação de carga e descarga e monitoramento das condições de segurança do trabalho	Porto	Curto
	Execução do PEI	PGA	Curto
	Implementação da Base e equipamentos de emergência ambiental	Porto	Médio
	Idealização da qualificação dos espaços	PGA	Curto
	Indicação de um local para berço de abastecimento e adequação do pavimento	Porto	Curto
2	Conserto e manutenção sistemática das estruturas de armazenamento	Porto	Longo
	Manutenção das estruturas de iluminação (colocação de lâmpadas)	Porto	Curto
	Implementação das recomendações de qualificação dos espaços	Porto	Curto
	Estabelecer um sistema de alerta à navegação	PGA	Médio
	Execução do projeto de adequação da rede de drenagem pluvial	Porto	Longo
	Sistema de alerta meteorológico (liga-desliga caldeira) para situações de baixa velocidade do vento	PGA/Porto	Curto
1	Contratação de empresa especializada na remoção de resíduos Classe 1 e 2	Porto	Curto
	Pavimentação das vias	Porto	Longo

Ao relacionarmos os sistemas ambientais de origem das não-conformidades e os sistemas ambientais afetados por eles, ou seja, os sistemas impactados pela perda de determinados serviços, fica evidente que as causas e os efeitos das

atividades portuárias são bastante difusas. Isso é perceptível quando observamos, por exemplo, que a ocorrência de níveis de qualidade do ar inadequados no subsistema de carga e descarga, em razão da própria atividade de carga e descarga, pode afetar o meta sistema atmosférico inteiro, colocando em risco serviços essenciais, como o de regulação da qualidade do ar.

Da mesma maneira, não-conformidades como a “inexistência de equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações adequados” e a “inexistência de base/equipamento de emergência ambiental” que ocorrem nos subsistemas de carga e descarga e acostagem, podem afetar os beneficiários dos subsistemas Moinhos de Vento e São João que, entre outros serviços, se beneficiam do serviço de provisão de água. Sendo, neste caso, o serviço ambiental mais afetado deste subsistema visto que uma população de quase 700 mil pessoas é abastecida com água potável através de uma única captação que se encontra dentro da poligonal do Porto Organizado.

Inclusive, em casos de acidentes de alta magnitude nos sistemas aquáticos, como o rompimento do tanque de um navio e o derrame de grande quantidade de óleo, o subsistema de carga e descarga pode ser diretamente afetado, prejudicando a própria atividade de carga e descarga por não haver um sistema de alerta à navegação e comprometendo, assim, o serviço de navegabilidade. Além disso, acidentes desta procedência podem não só comprometer a carga e descarga como cessar imediatamente o abastecimento urbano de água, uma vez que, como mencionado anteriormente, o bombeamento ocorre em linha reta entre o Porto e a Estação de Bombeamento de Água Bruta (EBAB) (PMSB de Porto Alegre, 2015).

Esta análise detalhada dos processos de causa e efeito a nível de subsistemas converge para o apontado por Lourenço e Asmus (2015), os quais defendem que as atividades portuárias não se resumem apenas aos aspectos de manuseio de carga que acontecem na beira do cais e em suas adjacências, mas seus processos envolvem consequências ambientais que muitas vezes vão além dos limites legais dos portos.

Por compreender estes processos, em uma ordem de prioridade de recomendações de ações, entende-se que as mais prioritárias são aquelas direcionadas à manutenção das atividades portuárias que tem alto potencial de

afetar os sistemas aquáticos, uma vez que estes sistemas são altamente hidrodinâmicos. É exatamente isso que mostra o resultado da hierarquização, ela apresenta como ações prioritárias a “Aquisição de equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações adequados” e a “Implementação do sistema de alerta”, justamente com o intuito de evitar a ocorrência de acidentes, que nesse caso são potencializados pelo uso desordenado dos diferentes beneficiários, e promover a conservação destes sistemas ambientais aquáticos e a prestação de seus respectivos serviços ambientais.

Em relação à implementação do sistema de alerta à navegação, a primeira fase é o estabelecimento do sistema. Este está sendo idealizado pelo Programa de Monitoramento e Modelagem Hidrossedimentológica e da Qualidade da Água, um dos subprogramas do PGA-POA. Já a fase de implementação deste sistema é responsabilidade do próprio Porto.

O subprograma planeja desenvolver um sistema automatizado de prevenção a acidentes de navegação das embarcações que trafegam pelo Porto de Porto Alegre. A ideia inicial é que o modelo tenha capacidade para prever condições de fortes correntes fluviais, perigosas ondas de vento ou baixa visibilidade (nevoeiro), sendo possível, a partir desta previsão, criar um sistema inteligente (baseado em redes neurais) que emita alertas para diferentes regiões conforme o Grau de Risco (probabilidade de ocorrência x consequências). Tais informações podem, ainda, serem incorporadas a uma plataforma digital com possibilidade de ser utilizada por outros usuários da via navegável.

A responsabilidade de execução das ações de gestão ambiental recomendadas se concentra em três atores principais: Autoridade Portuária, Programa de Gestão Ambiental e Operador, sendo na maioria das vezes a Autoridade Portuária o principal responsável pelas demandas de ações de gestão. Em relação aos prazos da execução das ações, a maioria deles se concentraram em curto prazo, que é o período de 1 a 2 anos. Apenas duas ações, que são a “implementação da Base e equipamentos de emergência ambiental” e o “estabelecimento de um sistema de alerta à navegação”, apresentam prazo médio, que corresponde de 3 a 5 anos; e apenas 4, das 22 ações são de longo prazo, que apresentam execução de até 10 anos.

De modo geral, ao entender as cadeias de processos de causa e efeito decorrentes das atividades portuárias através da estrutura lógica proposta, é possível dar suporte aos tomadores de decisão, os quais segundo a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA) (2003), precisam compreender os efeitos múltiplos de qualquer gestão ou alteração de política num ecossistema, compreender a necessidade de examinar as consequências de mudanças aplicadas aos ecossistemas, e os fatores que levam às mudanças nos ecossistemas e nos serviços ecossistêmicos. Essas questões são essenciais para a projeção de intervenções que minimizem impactos negativos e garantam os positivos.

A metodologia criada, além de gerar uma hierarquização das recomendações de ações de gestão, possibilita a identificação de forma clara e objetiva dos subsistemas onde ocorrem as não-conformidades, dos subsistemas afetados por isso, bem como dos serviços e beneficiários também afetados, apresentando-se como uma ferramenta simples, integradora e assertiva capaz de dar suporte ao gestor.

Comparativamente com a metodologia estabelecida por Onetti (2017), esta traz um aspecto inovador, pois parte da identificação das “não-conformidades” que ocorrem em cada uma das atividades portuárias, atingindo dessa forma um nível mais prático e aplicado, podendo ser utilizada como um importante e eficaz instrumento de “checagem” da eficiência da gestão. De maneira geral, quando comparada à metodologia de Onetti, este é um modelo bastante simplificado que pode servir de suporte a criação de uma agenda ambiental, uma vez que se compreende que não é possível e realista resolver e mitigar todos os problemas ambientais que se apresentam no contexto portuário de uma só vez, precisando o gestor estabelecer prioridades.

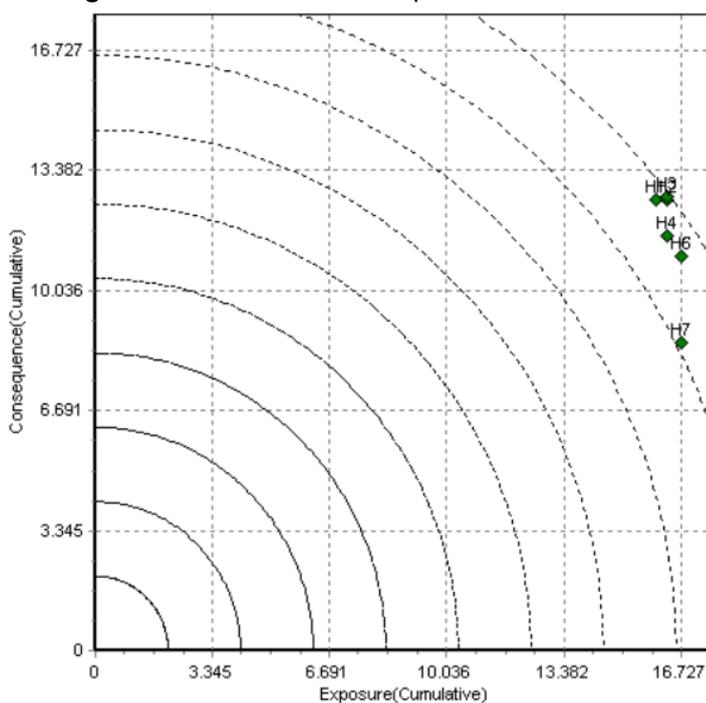
Neste mesmo contexto, apesar da abordagem de base ecossistêmica ser empregada no âmbito da gestão ambiental portuária há bastante tempo, a citar como exemplo os trabalhos de Onetti (2017) e Andrade (2017), carecia-se de um instrumento mais simplificado e aplicável que pudesse tratar das questões de forma objetiva, sendo facilmente acessível e utilizável pelo gestor. Entretanto, embora o enfoque ecossistêmico simplifique o entendimento dos processos de gestão, auxiliando nas tomadas de decisão, não podem ser excluídos das análises e

modelos os parâmetros de qualidade ambiental e de saúde, exigidos pela legislação para o correto funcionamento das atividades portuárias.

5.3 Aplicação do Modelo Habitat Risk Assessment (HRA) como indicador de potencial de perda de serviços ambientais

Através da análise conjunta dos dados provenientes da Matriz de Ecossistemas e Serviços, com o modelo DPSIR, e do modelo HRA, é possível compreender como os habitats são influenciados pelos estressores e quais os sistemas ambientais sofrem maior risco de perda de seus serviços ambientais.

Figura 24 - Risco cumulativo para cada habitat.



H1: baixo deposicional

H2: baixo erosional

H3: baixo transicional

H4: intermediário deposicional

H5: intermediário erosional

H6: intermediário transicional

H7: urbano

A análise de exposição *versus* consequências (figura 24), entendida aqui como um indicador de ameaça à perda dos serviços, demonstra que os sistemas ambientais que apresentam o maior risco cumulativo são os baixios (H1, H2 e H3) e que o sistema urbano (H7), embora seja um dos habitats mais expostos, apresenta a menor consequência.

Deste modo, influenciados pelos fatores de exposição, os baixios apresentam maior consequência, quando comparados aos outros habitats, embora sua exposição não seja tão alta quando comparada aos demais. Estes habitats se encontram em constante alteração morfológica devido à ação de processos hidrodinâmicos (Krug & Noernberg, 2007), estando sujeitos a estresses naturais e antrópicos que podem afetar suas funções ecológicas e a prestação dos serviços ecossistêmicos (Piehler e Smyth, 2011). Por este motivo, independente da distância dos baixios e das atividades portuárias que ocorrem no cais, eles sempre serão mais sensíveis aos processos que ocorrem na coluna d'água, podendo sofrer grandes consequências ambientais.

Neste caso, os estressores responsáveis por gerar tal risco nos baixios são “carga e descarga” e “acostagem”, os quais ameaçam os serviços ambientais de regulação da qualidade da água, base para biodiversidade, área de refúgio/berçário, recreação, lazer e educação, e herança e expressão cultural e espiritual.

Analisando os estressores de maneira geral (figura 25 e 26), todos se apresentam de maneira semelhante, com exceção do urbano (g). Este, apresenta o maior grau de consequência e exposição em função do S6 (acostagem) e o maior grau de exposição relacionado ao S2 (carga e descarga). Neste caso, quando o alto risco é impulsionado por uma alta exposição (carga e descarga), e não por uma alta consequência, sua redução através de uma efetiva gestão tende a ser mais eficaz.

Em decorrência, os serviços ambientais que podem ser prejudicados pelo estressor “acostagem” e “carga e descarga” no sistema urbano, que compreende os subsistemas Moinhos de Vento e São João, são os serviços urbanos. O comprometimento deste serviço afeta diretamente a atividade de captação de água para abastecimento urbano.

Figura 25 - Diagrama do resultado de risco (Consequência x Exposição) para os baixios deposicional(a), erosional (b) e transicional (c).

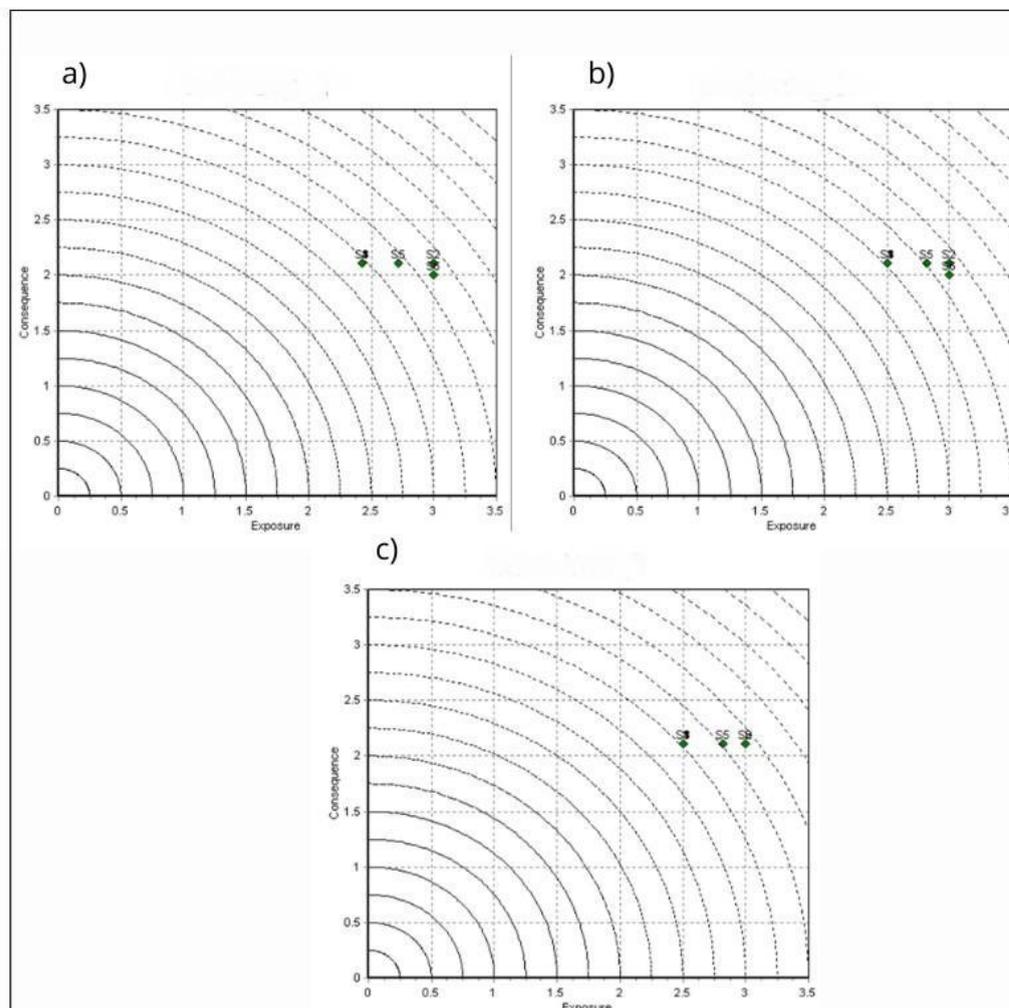
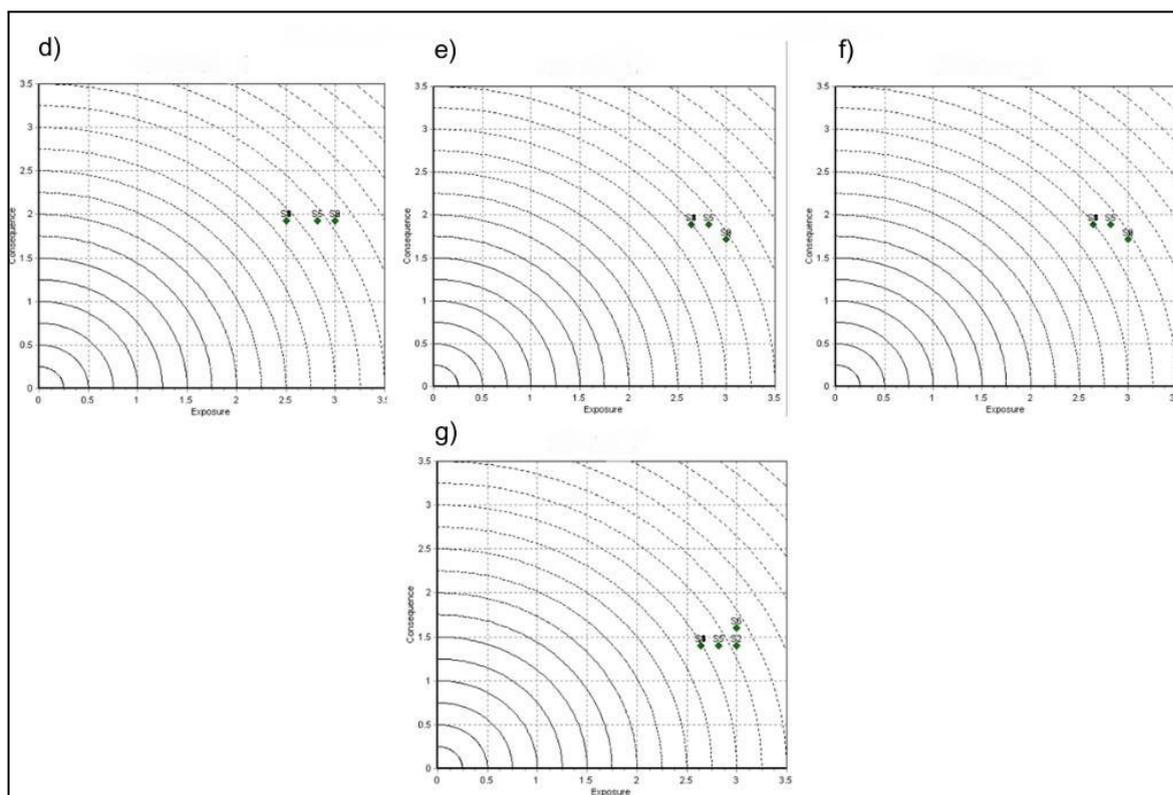
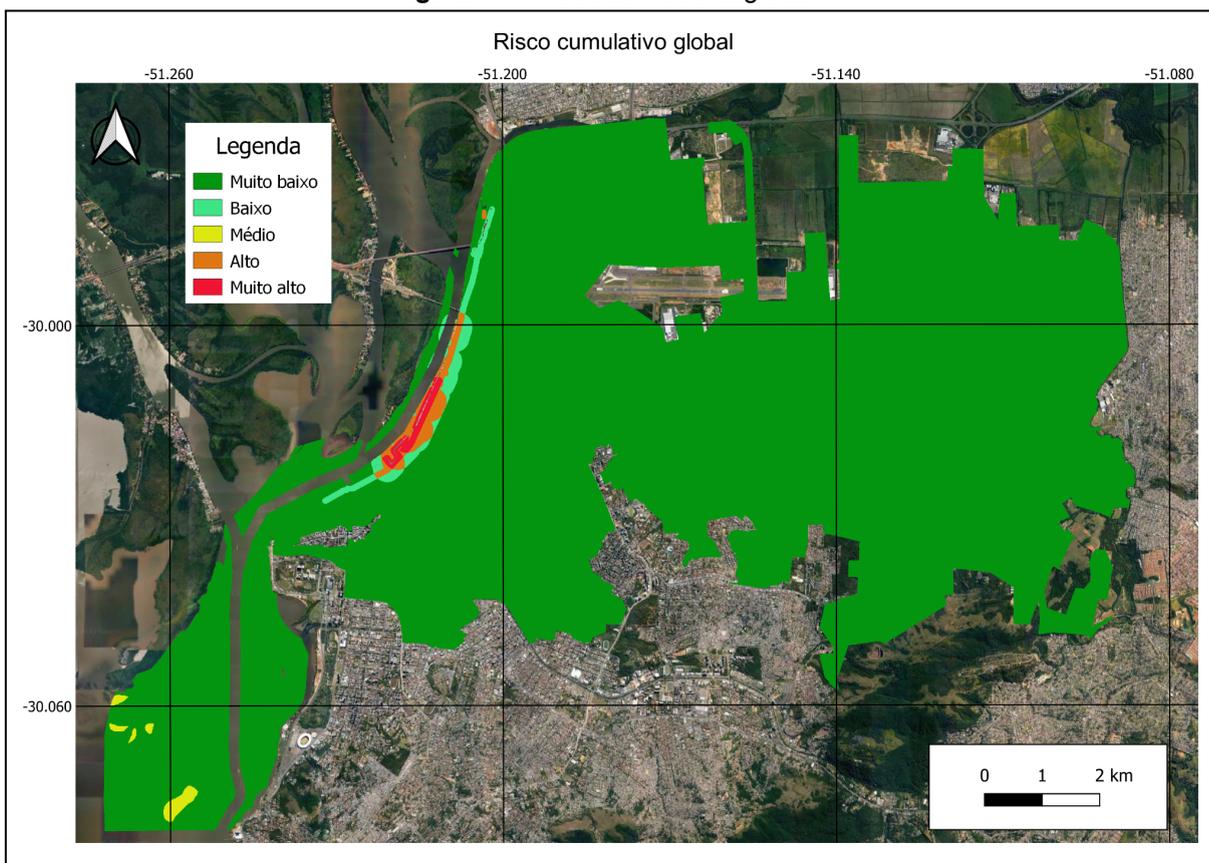


Figura 26 - Diagrama do resultado de risco (Consequência x Exposição) para quatro habitats.

De acordo com os resultados do risco cumulativo global (figura 25), foi possível inferir que, de maneira geral, os sistemas ambientais que compõem a poligonal do porto organizado e entorno possuem um baixo índice de risco.

Figura 27 - Risco cumulativo global.



Traçando um paralelo com os dados obtidos através da hierarquização, as ações recomendadas elencadas como prioritárias são justamente aquelas relacionadas às não-conformidades que ocorrem nas atividades de carga/descarga e acostagem, sendo estes, também, os principais estressores apontados pelo modelo HRA. Desta forma, fica evidente que os resultados obtidos em ambos modelos se complementam e convergem para o mesmo ponto, reforçando a necessidade da incorporação de tais esforços sobre a gestão ambiental portuária.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados desta pesquisa indica que foram atingidos todos os objetivos propostos. Os resultados encontrados demonstram a importância da proposição de critérios próprios para a elaboração da base ecossistêmica portuária, assim como da identificação de macroatividades, aspectos e impactos ambientais

significativos integrando o uso de modelos de serviços ecossistêmicos no âmbito do setor portuário. Desta forma, é possível embasar a criação de uma hierarquização de ações de gestão ambiental que forneça suporte ao gestor, focando principalmente na manutenção e preservação dos sistemas e serviços ambientais que são essenciais para a manutenção da qualidade de vida, equilíbrio ecológico e bem-estar social no contexto urbano/portuário.

O modelo DPSIR adaptado em conjunto com a Matriz de Ecossistemas e Serviços (Apêndice A) estabelece uma base de dados que permite visualizar as interações das atividades portuárias com os sistemas identificados, reconhecer as macroatividades e usos provenientes destas atividades e indicar ações de gestão ambiental portuárias baseadas em critérios que prezam pela preservação da oferta dos serviços ambientais.

Com os resultados obtidos pode-se concluir que a poligonal do Porto Organizado e entorno possuem sistemas ambientais pouco vulneráveis aos estressores relacionados. Os subsistemas que os compõem oferecem uma gama de serviços ambientais, principalmente aqueles relacionados à regulação da qualidade da água vinculados aos ambientes aquáticos e os de infraestrutura vinculados à parte construída do Porto Organizado. Sendo, portanto, um sistema importante para ações de gestão ambiental portuária para conciliar as atividades e usos com a manutenção e preservação da diversidade e dos benefícios ao bem-estar humano.

No que se refere a limitações metodológicas, salienta-se que, para alcançar os objetivos propostos neste estudo, o uso do modelo HRA foi bastante adaptado em relação a sua aplicação nos sistemas ambientais aquáticos. Entretanto, foi possível observar que existe uma flexibilidade quanto a escala para se utilizar a abordagem dos serviços ambientais dentro do índice do modelo HRA, pois as informações são ajustáveis à escala de análise.

Para próximos estudos, sugere-se o uso do Modelo Habitat Risk Assessment (HRA) do Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST), que é um software livre e de código aberto, o que facilita seu acesso e uso embora neste trabalho tenha sido utilizado o modelo HRA do TerrSet.

De maneira geral, a metodologia criada, além de contemplar as bases ecossistêmica e espacial, contempla diferentes escalas de influência das atividades

portuárias, necessárias para compreender seus processos de causa e efeito a medida que se estabelece a relação entre “não-conformidades”, serviços ambientais, sistemas origem das “não-conformidades” e sistemas afetados. Dessa forma, é possível dar suporte aos tomadores de decisão no âmbito da gestão ambiental portuária, estabelecendo uma estrutura lógica de processos causais e permitindo uma base funcional robusta para tais sistemas e ações prioritários à gestão. Para além disso, o método também facilita o processo de integração das ações de gestão, algo que seria dificultado num espaço de múltiplos sistemas como o portuário.

Pretende-se que este trabalho possa fornecer subsídios aos gestores, servindo de suporte às futuras tomadas de decisões nos processos de gestão ambiental portuária.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso. NBR ISO 14001. 2015.

AKTINS, J.P., BURDON, D., ELLIOTT, M., GREGORY, A.J., 2011. Management of the marine environment: Integrating ecosystem services and societal benefits with the DPSIR framework in a systems approach. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 215–226. doi:10.1016/j.marpolbul.2010.12.012.

ARKENA, K. K.; VERUTES, G.; BERNHARDT, J. R.; CLARKE, C.; ROSADO, S.; CANTO, M.; WOOD, S. A.; RUCKELSHAUS, M.; ROSENTHAL, A.; MCFIELD, M. Assessing habitat risk from human activities to inform coastal and marine spatial planning: a demonstration in Belize. *Environmental Research Letters*, v. 9, n. 11, 2014.

ASMUS, M. et al. Simples para ser Útil: Base Ecológica para a Gestão Costeira. *Anais do X Encontro Brasileiro de Gerenciamento Costeiro*, Rio Grande, RS. 142-143. 2018.

ASMUS, M. L.; TAGLIANI, P. R.; ADÉLIO, J.P. Considerações sobre aspectos ambientais do Pólo Naval e Offshore de Rio Grande. *Relatório Técnico*, Universidade Federal do Rio Grande, 2009.

ASMUS, M.L. et al. Planilha de Ecossistemas e Serviços para o Baixo Estuário da Lagoa dos Patos (BELP). In: D. Conde, M. Polette, M. Asmus. Risk, perception and vulnerability to Climate Change in wetland dependent coastal communities in the Southern Cone of Latin America. Final Report. IDRC Climate Change and Waterprogram Project 6923001.2015.

ATKINS, J.P., BURDON, D., ELLIOTT, M., GREGORY, A.J., 2011. Management of the marine environment: Integrating ecosystem services and societal benefits with the DPSIR framework in a systems approach. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 215–226. doi:10.1016/j.marpolbul.2010.12.012.

BARRAGÁN. Política, Gestión y Litoral: Una nueva visión de la Gestión Integrada de áreas Litorales. Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura (UNESCO). Oficina regional de ciencia para América Latina y el Caribe. Editorial Tébar Flores. 685 p. 2014.

BRASIL. Decreto No 9.827, de 10 de junho de 2019, publicado no D.O.U. de 20 de outubro de 2020 Dispõe sobre a definição da área do Porto Organizado de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul. Brasília, 2020.

BURKHARD, B. Integrative Approaches. In: MAES, J.; BURKHARD, B. Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers, Sofia. 2017. P212.

CAROLLO, C., REED, D.J., OGDEN, J.C., PALANDRO, D. 2009. The importance of data discovery and management in advancing ecosystem-based management. *Marine Policy*, vol. 33, pg. 651–653.

CLARKE, P., JUPITER, S. 2010. *Principles and Practice of Ecosystem-Based Management: A Guide for Conservation Practitioners in the Tropical Western Pacific*. Wildlife Conservation Society. Suva, Fiji.

COOPER, P. 2012. *The DPSWR Social-Ecological Accounting Framework: Notes on its Definition and Application*. Policy Brief N. 3

COSTA, J. C. DA. Base ecossistêmica da atividade pesqueira artesanal: estudo de caso no baixo estuário da Lagoa dos Patos (BELP), RS, Brasil. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro). Universidade Federal do Rio Grande. 154p. 2017.

COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R.S., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., VAN DEN BELT, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. Vol 387, pg. 253-260.

CUNHA, I. A. Fronteiras da gestão: os conflitos ambientais das atividades portuárias. *Revista de Administração Pública*. Rio de Janeiro, 40(6):1019-40,2006.

DE GROOT, R.S. *Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision Making*. Wolters-Noordhoff, Groningen. 1992.

DE GROOT, R.; Wilson, M. A.; Boumans, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, v.41. p.393-408. 2002.

DE GROOT, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemen, L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological complexity*, v.7, n.3, p.260-272. 2010.

EEA. *Environmental indicators: Typology and overview*. European Environment Agency, v.25, n. 25, p. 19, 1999.

JACOBS, S.; VERHEYDEN, W.; DENDOCKER, N. Why to map: In: MAES, J.; BURKHARD, B. *Mapping Ecosystem Services*. Pensoft Publishers, Sofia. 2017. 173-177p.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS (IPEA). *Gargalos e demandas da infraestrutura portuária e os investimentos do PAC: mapeamento IPEA de obras portuárias*. Brasília: 2009.

KELBLE, C.R., LOOMIS, D.K., LOVELACE, S., NUTTLE, W.K., ORTNER, P.B., FLETCHER, P., COOK, G. S., LORENZ, J.J., BOYER, J.N. 2013. *The EBM-DPSER*

Conceptual Model: Integrating Ecosystem Services into the DPSIR Framework. PLoS ONE. 8(8): e70766.

KITZMANN, Dione. Ambiente portuário. Rio Grande: Editora da FURG, v. 13, 2010.

KITZMANN, D.I.S., ASMUS, M.L. 2006. Gestão ambiental portuária: Desafios e possibilidades. Revista de Administração Pública – RAP, vol. 40, n. 6, pg. 1041-1060. Rio de Janeiro, Brasil.

KITZMANN, D. I. S; ASMUS. M. L. WISNIEWSKI, P. H. Gestão Ambiental Portuária Desafios, Possibilidades e Inovações em um Contexto de Globalização. Espaço Aberto, PPGG - UFRJ, V. 5, N.2, p. 147-164, 2014.

KRUG, L. A., & NOERNBERG, M. A. (2007). O sensoriamento remoto como ferramenta para determinação de batimetria de baixios na Baía das Laranjeiras, Paranaguá-PR. Revista Brasileira de Geofísica, v.25, p.101-105.

KRUEGER, T., PAGE, T., HUBACEK, K., SMITH, L., HISCOCK, K. The role of expert opinion in environmental modelling. Environmental Modelling & Software. 2012; v.36: p.4–18. 2012.

KRUSE, M.; PETZ, K. Mapping provisioning services. In: MAES, J.; BURKHARD, B. Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers, Sofia. 2017. 189-198p.

LOURENÇO A.V., ASMUS M.L. 2015. Gestão Ambiental Portuária: fragilidades, desafios e potencialidades no porto do Rio Grande, RS, Brasil. Revista de Gestão Costeira Integrada /Journal of Integrated Coastal Zone Management, vol. 15, n. 2, pg. 223-235.

LOURENÇO A.V. 2012. Diretrizes para um Plano de Gestão Ambiental Portuário contextualizado nos estágios do Ciclo do GCI. Estudo de caso no Porto do Rio Grande. 181p., FURG, Rio Grande, RS, Brasil.

MAES, J. et al. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. Ecosystem Service (1). 2012. p31-39.

MAES, J.; CROSSMAN, N. D.; BURKHARD, B. Mapping ecosystem services. In: POTSCHIN, M.; HAINES-YOUNG, R.; FISH, R.; TURNER, R. K. (org.) Routledge Handbook of Ecosystem Services. Routledge. London. 2016. 146p

MEA, Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington. 2005.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA). 2003. Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment. Island Press, Washington, DC.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Projeto orla: fundamentos para gestão integrada, MMA e Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. – Brasília,

2006.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação. 4 ed. Viçosa, MG. UFV. 2011.

MURADIAN, R., CORBERA, E., PASCUAL, U., KOSOY N., May, P.H., 2010. Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics* 69, 1202-1208.

NICOLODI, J. L. O padrão de ondas no Lago Guaíba e sua influência nos processos de sedimentação. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 178p. 2007.

NYLAND, J. R. 2018 Aplicação de Modelos Ecosistêmicos em Sistemas de Lagoas Costeiras como suporte à gestão. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

ONETTI, J.V. Servicios ecosistémicos y gobernanza de sistemas portuarios. Tesis doctoral. Universidad de Cádiz Departamento de Historia, Geografía y Filosofía Grupo de Investigación Gestión Integrada de Áreas Litorales. Universidade Federal de Santa Catarina Departamento de Geociências Laboratório de Gestão Costeira Integrada. Cádiz, España, 2017.

PDZ, 2019. Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ) do Porto de Porto Alegre - volume I e II. Elaborado por Bruno Gonçalves Almeida, Régis Fernando Pereira Oppelt, Reinaldo Leite Gambim e Ricardo Leiria Rodrigues

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE. 2015. Acesso em 20 de junho de 2022. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/pmsb_2015_volume_1_diagnostico.pdf

PORTO, M. M.; TEIXEIRA, S. G. Portos e Meio ambiente. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

REGULAMENTO DE EXPLORAÇÃO DO PORTO DE PORTO ALEGRE. 2018. Acesso em 16 de junho de 2022. Disponível em: <https://www.portosrs.com.br/site/public/documents/REP%20POA%20Atualizado%201.3%20Fev2018.pdf>.

RELATÓRIO DE ANDAMENTO DO PROGRAMA DE GESTÃO AMBIENTAL DO PORTO DE PORTO ALEGRE – Volume II, 2022.

SHARP, R., TALLIS, H.T., RICKETTS, T., GUERRY, A.D., WOOD, S.A., CHAPLIN-KRAMER, R., NELSON, E., ENNAANAY, D., WOLNY, S., OLWERO, N., VIGERSTOL, K., PENNINGTON, D., MENDOZA, G., AUKEMA, J., FOSTER, J., FORREST, J., CAMERON, D., ARKEMA, K., LONSDORF, E., KENNEDY, C.,

VERUTES, G., KIM, C.K., GUANNEL, G., PAPPENFUS, M., TOFT, J., MARSIK, M., BERNHARDT, J., GRIFFIN, R., GLOWINSKI, K., CHAUMONT, N., PERELMAN, A., LACAYO, M. MANDLE, L., HAMEL, P., VOGL, A.L., ROGERS, L., BIERBOWER, W. 2015. InVEST 3.3.3 User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund.

SCHERER, M.E.G. and ASMUS, M.L. 2016. Ecosystem-Based Knowledge and Management as a tool for Integrated Coastal and Ocean Management: A Brazilian Initiative. In: Vila-Concejo, A.; Bruce, E.; Kennedy, D.M., and McCarroll, R.J. (eds.), Proceedings of the 14th International Coastal Symposium (Sydney, Australia). Journal of Coastal Research, Special Issue, No. 75, Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.

SCOTTÁ, F. C. A Hidrodinâmica e sedimentologia do Rio Guaíba analisados por sensores geoacústicos e orbitais. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós Graduação em Geociências. 127p. 2018.

SUGIO, K.(1992). Dicionário de Geologia Marinha (com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol). São Paulo, T. A. Queiroz, 171 p.

_____.Tansley, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology, 16: 284-307,1935.

VEIGA LIMA, F. A. DA. A expansão do setor portuário no Brasil e os desafios para a gestão nas zonas costeiras. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina.279p. 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Aplicação da estrutura DPSIR e Base Ecosistêmica no Porto de Porto Alegre

Figura 29. Quadro de aplicação estrutura DPSIR (parte 2).

Impacto	Sub-sistema de carga e descarga	Subsistema Intermediário com fundo deposicional	Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade da fauna e flora																														
combustível de embarcações	Inexistência de berço para abastecimento de embarcações contendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado	Sub-sistema de carga e descarga	Subsistema Intermediário com fundo deposicional	A inexistência de berço para abastecimento de embarcações contendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado, além de organismos expostos a combustível, óleo e outros, podendo prejudicar a diversidade dos meios aquáticos e o meio ambiente. A inexistência de berço para posicionamento de embarcações contendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado pode prejudicar a qualidade da água, além da contaminação da areia.	Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	3	5	5	4,3	3,1	Indicação de um local para berço de abastecimento e adequação do pavimento	Preventiva	3	3	1,8	Porto	C															
							C	3	4	3	3,3																							
							A	2	5	2	3																							
							B	2	5	2	3																							
							C	2	4	2	2,6																							
							A	2	5	2	3																							
							B	2	5	2	3																							
							C	2	4	2	2,6																							
							Controle e resposta a emergências	Inexistência de base/equipamento de emergência ambiental	Sub-sistema administrativo e de controle	Subsistema Intermediário com fundo deposicional	Em caso de acidentes, a inexistência de base/equipamento de emergência ambiental prejudica a diversidade de organismos que habitam este subsistema, que podem ser contatos com combustível, óleo e outros.									Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	3	-	-	-	4	Execução do PEI	Preventiva	3	3,5	2,5	PGA	C
																						Regulação da qualidade da água	Pesca	C	3	4								
Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	3	-	-	-																												
		Regulação da qualidade da água	Pesca	C	3	4						5	4																					
				Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-						3	-	-	-																			
						Provisão de água						Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	4	4,6																	
													Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	4	5	3	4															
															Pesca	C	4	4	2			3,3												
																Recreação, lazer e educação	Prática de esportes, balneabilidade	A	3			5		2	3,3									
																		B	3			5		2	3,3									
							C	3	4	2	3																							
							Herança e expressão cultural e espiritual	Atividades de cunho cultural, religioso e espiritual	A	3	5							2	3,3															
B	3								5	2	3,3																							
C	3	4	2						3																									
Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	3	-	-				-																									
		Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5			4	4,6																								
				Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A			4	5	3	4																						
						Pesca			C	4	4	3	3,6																					
									Recreação, lazer e educação	Prática de esportes, balneabilidade	A	3	5	2	3,3																			
											B	3	5	2	3,3																			
											C	3	4	2	3																			
							Herança e expressão cultural e espiritual	Atividades de cunho cultural, religioso e espiritual			A	3	5	2	3,3																			
											B	3	5	2	3,3																			
											C	3	4	2	3																			
Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora										-	2	-	-	-																			
		Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano								A	4	5	3	4																			
				Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano						A	3	5	2	3,3																			
						Pesca					C	3	4	2	3																			
									Recreação, lazer e educação	Prática de esportes, balneabilidade	B	3	5	2	3,3																			
											C	3	4	2	3																			
											Herança e expressão cultural e espiritual	Atividades de cunho cultural, religioso e espiritual	A	3	5	2	3,3																	
							B	3					5	2	3,3																			
							C	3					4	2	3																			
							Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora					-	2	-	-	-																	
Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano												A	3	5	3	3,6																	

Figura 30. Quadro de aplicação estrutura DPSIR (parte 3).

Parâmetros de qualidade da água acima do permitido	Sub-sistema de acostagem	Subsistema Intermediário com fundo transicional	<p>O prazo de limpeza inadequado do cais pode resultar a qualidade da água por grande quantidade de carga (fertilizantes) caia no Guábia, possibilitando processos como eutrofização.</p>	Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	2	5	2	3	3	Implementar sistema de fiscalização do tempo de limpeza do cais	Preventiva	5	4	3,3	Porto	C	
			<p>Parâmetros de qualidade da água acima do permitido pela legislação pode causar contaminação aquática, logo comprometendo a diversidade de organismos.</p>	Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	C	2	4	2	2,6									
			<p>Parâmetros de qualidade da água acima do permitido comprometem a qualidade da água que é captada no Guábia para abastecimento urbano.</p>	Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano	A	4	5	4	4,3									
			<p>Parâmetros de qualidade da água acima do permitido pela legislação pode causar contaminação aquática, comprometendo a qualidade do pescado.</p>	Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	3	5	3	3,6									
Controle e resposta a emergências	Sub-sistema administrativo e de controle	Subsistema Intermediário com fundo transicional	<p>Em caso de acidentes, a inexistência de equipamentos de emergência ambiental pode prejudicar a diversidade de organismos que habitam este subsistema, pois os mesmos podem ser contatado com combustível, óleo e outros.</p>	Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	3	-	-	-	4,8	Execução do PEI	Preventiva	3	3,9	3,2	PGA	C	
			<p>A inexistência de planejamento de emergência ambiental compromete a qualidade da água em caso de acidentes, e consequentemente, a regulação de água bruta para abastecimento urbano.</p>	Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	5	5									
			<p>Inexistência de planejamento de emergência ambiental compromete a qualidade da água em caso de acidentes, logo a qualidade de água para abastecimento urbano e do pescado também.</p>	Regulação da qualidade da água	Qualidade de água para abastecimento urbano	A	5	5	5	5									
			<p>Qualidade de água para abastecimento urbano e do pescado também.</p>	Regulação da qualidade da água	Pesca	C	5	4	5	4,6									
Usos de infraestruturas e equipamentos	Estruturas de drenagem pluvial fora do padrão DEP	Sub-sistema de carga e descarga	Subsistema Intermediário com fundo transicional	<p>Estruturas de drenagem pluvial fora do padrão DEP podem prejudicar a qualidade da água e consequentemente a diversidade de organismos que habitam este subsistema uma vez que podem ser contatado com combustível, óleo e outros provenientes das operações portuárias, em casos de infirma precipitação.</p>	Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	3	-	-	3,6	Execução do projeto de adequação da rede de drenagem pluvial	Preventiva	2	2,8	1,2	Porto	L	
				<p>Estruturas de drenagem pluvial fora do padrão DEP permite que, em casos de infirma precipitação, a água contendo de carga (arrozamento fertilizantes) caia para o Guábia e comprometa a qualidade da água que é captada para abastecimento urbano.</p>	Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano	A	4	5	4									4,3
				<p>A falta dessas estruturas permite que em situações de muita precipitação a água escorra para o Guábia comprometendo a qualidade da água e a oferta de pescado.</p>	Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	3	5	3									3,6
				<p>Pesca</p>	C	3	4	2	3										
Inexistência de equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações adequados	Sub-sistema de acostagem	Subsistema Intermediário com fundo erosional	<p>Em casos de derrame de combustível na água pelo abastecimento de embarcações sem isolamento e sinalização adequados, a diversidade de organismos que habitam este sistema pode ser afetada.</p>	Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	3	-	-	3,4	Aquisição e utilização adequada dos sistemas de isolamento e sinalização	Preventiva	5	4,2	3,7	Operador	C		
			<p>A inexistência de equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações adequados pode prejudicar a qualidade da água que é captada para abastecimento urbano.</p>	Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	4									4,6	
			<p>A inexistência de equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações adequados pode prejudicar a qualidade da água, que é captada para abastecimento urbano, bem como a oferta de pescado.</p>	Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	4	5	3									4	
			<p>Pesca</p>	C	4	4	2	3,3											
Abastecimento de combustível de embarcações	Sub-sistema de carga e descarga	Subsistema Intermediário com fundo erosional	<p>Benefícios ficam expostos a riscos gerados pelo derrame de combustível de embarcações pela falta de equipamentos e sinalização adequados no abastecimento de embarcações.</p>	Recreação, lazer e educação	Prática de esportes, balneabilidade	B	3	5	2	3,3	3,4	Indicação de um local para berço de abastecimento e adequação do pavimento	Preventiva	3	3,2	1,9	Porto	C	
			<p>Benefícios ficam expostos a riscos gerados pela inexistência de equipamentos de isolamento e sinalização de embarcações.</p>	Herança e expressão cultural e espiritual	Atividades de cunho cultural, religioso e espiritual	B	3	5	2	3,3									
			<p>Benefícios ficam expostos a riscos gerados pela inexistência de equipamentos de isolamento e sinalização de embarcações.</p>	Herança e expressão cultural e espiritual	Atividades de cunho cultural, religioso e espiritual	B	3	5	2	3,3									
			<p>Benefícios ficam expostos a riscos gerados pela inexistência de equipamentos de isolamento e sinalização de embarcações.</p>	Herança e expressão cultural e espiritual	Atividades de cunho cultural, religioso e espiritual	C	3	4	2	3									
Inexistência de berço para abastecimento de embarcações contendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado	Sub-sistema de carga e descarga	Subsistema Intermediário com fundo erosional	<p>A inexistência de berço para abastecimento de embarcações contendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado deixa os organismos expostos a combustível, óleo e outros, podendo prejudicar a diversidade dos mesmos.</p>	Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	3	-	-	-	3,4	Indicação de um local para berço de abastecimento e adequação do pavimento	Preventiva	3	3,2	1,9	Porto	C	
			<p>A inexistência de berço para abastecimento de embarcações contendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado pode prejudicar a qualidade da água que é captada para abastecimento urbano.</p>	Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	4	4,6									
			<p>A inexistência de berço para abastecimento de embarcações contendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado pode prejudicar a qualidade da água, que é captada para abastecimento urbano, e a oferta de pescado.</p>	Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	4	5	3	4									
			<p>Pesca</p>	C	4	4	3	3,6											
<p>Benefícios ficam expostos a riscos gerados pelo derrame de combustível de embarcações por haver inexistência de um berço adequado para o abastecimento das mesmas.</p>	Recreação, lazer e educação	Prática de esportes, balneabilidade	B	3	5	2	3,3												
<p>Benefícios ficam expostos a riscos gerados pelo derrame de combustível de embarcações por haver inexistência de um berço adequado para o abastecimento das mesmas.</p>	Recreação, lazer e educação	Prática de esportes, balneabilidade	C	3	4	2	3												

Figura 31. Quadro de aplicação estrutura DPSIR (parte 4).

			Beneficiários ficam expostos a riscos gerados pela inexistência de bento adequado para abastecimento de embarcações, bem como pela falta de sistema de drenagem adequado	Herança e expressão cultural e espiritual	Atividades de cunho cultural, religioso e espiritual	A	3	5	2	3,3								
						B	3	5	2	3,3								
						C	3	4	2	3								
			A inadequação das estruturas de proteção à operação permite que parte da carga, geralmente fertilizantes, caia na água e deixe os organismos expostos, podendo prejudicar sua diversidade	Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	2	-	-	-	3,4	Indicação da configuração das estruturas de proteção à operação	Preventiva	5	4,2	3,7	PGA	C
			A inadequação das estruturas de proteção à operação (tamanho das placas na carga e descarga) pode prejudicar a qualidade da água que é captada para abastecimento urbano, uma vez que parte da carga cai no Quaiaba	Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano	A	4	5	3	4								
			A inadequação das estruturas de proteção à operação pode prejudicar a qualidade da água por grande quantidade de carga (fertilizantes) caia na água, possibilitando processos como eutrofização	Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	3	5	2	3,3	3,4	Exigir o uso correto das estruturas de proteção à operação	Preventiva	4	3,7	2,8	Porto	C
			O prazo inadequado para limpeza de cas permite que parte da carga, geralmente fertilizantes, caia na água e deixe os organismos expostos, podendo prejudicar sua diversidade	Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	2	-	-	-	3	Estipular o prazo adequado para limpeza de cas	Preventiva	5	4	3,3	PGA	C
			O prazo de limpeza inadequado do cas pode prejudicar a qualidade da água e captada para abastecimento urbano, uma vez que parte da carga (geralmente fertilizantes) caia no Quaiaba, juntamente com o escoamento	Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano	A	3	5	3	3,6								
			O prazo de limpeza inadequado do cas pode prejudicar a qualidade da água por grande quantidade de carga (fertilizantes) caia na água, possibilitando processos como eutrofização	Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	2	5	2	3	3	Implementar sistema de fiscalização do tempo de limpeza de cas	Preventiva	5	4	3,3	Porto	C
			Parâmetros de qualidade da água acima do permitido	Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	2	-	-	-	3,7	Estabelecimento das relações entre os parâmetros de qualidade da água acima do permitido pela legislação e as atividades portuárias	Compensatória	5	4,3	3,9	PGA	C
			Parâmetros de qualidade da água acima do permitido comprometem a qualidade da água para abastecimento urbano	Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano	A	4	5	4	4,3								
			Parâmetros de qualidade da água acima do permitido comprometem a qualidade da água para abastecimento urbano	Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	3	5	3	3,6								
			Em caso de acidentes, a existência de base/equipamento de emergência ambiental pode prejudicar a diversidade de organismos que habitam este subsistema, pois os mesmos podem ter contato com combustíveis, óleos e outros	Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	3	-	-	-	4,7	Execução do PEI	Preventiva	3	3,8	-	PGA	C
			Inexistência de base/equipamento de emergência ambiental compromete a qualidade da água em caso de acidentes, e consequentemente, a captação de água bruta para abastecimento urbano	Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	5	5	4,7	Implementação da Base e equipamentos de emergência ambiental	Preventiva	3	3,8	-	Porto	M
			Inexistência de base/equipamento de emergência ambiental compromete a qualidade da água em caso de acidentes	Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	4	5	5	4,6								
			Em caso de acidentes, a existência de base/equipamento de emergência ambiental pode prejudicar a diversidade de organismos que habitam este subsistema, pois os mesmos podem ter contato com combustíveis, óleos e outros provenientes das operações portuárias, em casos de intensa precipitação	Base para biodiversidade	Estabelecimento da diversidade de fauna e flora	-	3	-	3	-	3,6	Execução do projeto de adequação da rede de drenagem pluvial	Preventiva	2	2,8	1,2	Porto	L
			Estruturas de drenagem pluvial fora do padrão DEP podem prejudicar a qualidade da água e consequentemente a diversidade de organismos que habitam este subsistema uma vez que podem ter contato com combustíveis, óleos e outros provenientes das operações portuárias, em casos de intensa precipitação	Provisão de água	Captação de água para abastecimento urbano	A	4	5	4	4,3								
			Estuturas de drenagem pluvial fora do padrão DEP permite que, em caso de intensa precipitação, a água carregada de carga (geralmente fertilizantes) esco para o Quaiaba e comprometa a qualidade da água que é captada para abastecimento urbano	Regulação da qualidade da água	Qualidade da água para abastecimento urbano	A	3	5	3	3,6								
			A falta dessas estruturas permite que em situações de muita precipitação a água escoe para o Quaiaba, comprometendo a qualidade da água e a oferta de peixeado		Peça	C	3	4	2	3								
			Componente da captação de água evou da qualidade de água para abastecimento	Serviços urbanos	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	5	5	5	Aquisição de equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações adequados	Preventiva	5	5,0	-	Operador	C
			Componente da captação de água evou da qualidade de água para abastecimento	Serviços urbanos	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	4	4,6	4,6	Indicação de um local para beço de abastecimento e adequação do pavimento	Preventiva	3	3,8	-	Porto	C
			Componente da captação de água evou da qualidade de água para abastecimento	Serviços urbanos	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	4	4,6	5	Execução do PEI	Preventiva	3	4	3,3	PGA	C
			Componente da captação de água evou da qualidade de água para abastecimento	Serviços urbanos	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	5	5	5	Implementação da Base e equipamentos de emergência ambiental	Preventiva	3	4	3,3	Porto	M

Figura 32. Quadro de aplicação estrutura DPSIR (parte 5).

Abastecimento de combustível de embarcações	Inexistência de equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações adequados	Sub-sistema de acostagem	Subsistema Moirhos de Vento	Comprometimento da captação de água e/ou da qualidade de água para abastecimento	Serviços urbanos	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	5	5	5	Aquisição de equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações adequados	Preventiva	5	5,0	-	Operador	C
	Inexistência de berço para abastecimento de embarcações comendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado	Sub-sistema de carga e descarga	Subsistema Moirhos de Vento	Comprometimento da captação de água e/ou da qualidade de água para abastecimento	Serviços urbanos	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	4	4,6	4,6	Indicação de um local para berço de abastecimento e adequação do pavimento	Preventiva	3	3,8	-	Porto	C
Controle e resposta a emergências	Inexistência de base/equipamento de emergência ambiental	Sub-sistema administrativo e de controle	Subsistema Moirhos de Vento	Em caso de acidentes, sem base/equipamento de emergência efetivo, há comprometimento da captação de água e/ou da qualidade de água para abastecimento	Serviços urbanos	Captação de água para abastecimento urbano	A	5	5	5	5	5	Execução do PEI	Preventiva	3	4	3,3	PGA	C
												5	Implementação da Base e equipamentos de emergência ambiental	Preventiva	3	4	3,3	Porto	M

APÊNDICE B - Serviços ambientais para cada subsistema identificado na poligonal do Porto Organizado e entorno

Figura 33. Quadro dos serviços ambientais.

Categoria	Meta sistema atmosférico	Meta sistema Aquático	Meta sistema Portuário										Meta sistema Adjacente							
	Bacia atmosférica	Bacia de drenagem	Sistema Portuário Construído					Sistema Portuário Aquático					Sistema Aquático Adjacente							
			Sub-sistema de transporte terrestre	Sub-sistema de carga e descarga	Sub-sistema de armazenamento aberto	Sub-sistema de armazenamento fechado	Sub-sistema de caldeira	Sub-sistema administrativo e de controle	Sub-sistema de uso geral	Sub-sistema aquaviário	Sub-sistema bacia de evolução	Sub-sistema de acostagem	Sub-sistema de Baixo com fundo deposicional	Sub-sistema de Baixo com fundo transicional	Sub-sistema de Baixo com fundo erosional	Sub-sistema Intermediário com fundo deposicional	Sub-sistema Intermediário com fundo transicional	Sub-sistema Intermediário com fundo erosional	Subsistema São João	Subsistema Moinhos de Vento
Suporte			Disponibilidade de infraestrutura	Disponibilidade de infraestrutura	Disponibilidade de infraestrutura	Disponibilidade de infraestrutura		Controle operacional	Disponibilidade de infraestrutura	Navegabilidade Produção primária	Navegabilidade Produção primária Espaço para manobras de navio	Disponibilidade de infraestrutura	Ciclagem de nutrientes Área de refugio/berçário	Ciclagem de nutrientes Área de refugio/berçário	Ciclagem de nutrientes Área de refugio/berçário	Ciclagem de nutrientes Espaço para pesca	Ciclagem de nutrientes Espaço para pesca	Ciclagem de nutrientes Espaço para pesca	Infraestrutura urbanos	Infraestrutura urbanos
Provisão													Produção de biomassa	Produção de biomassa	Produção de biomassa	Produção de biomassa	Produção de biomassa Provisão de água	Produção de biomassa Provisão de água		
Regulação	Regulação qualidade do ar						Regulação estado físico			Regulação hidrológica	Regulação da qualidade da água		Regulação da qualidade da água	Regulação socioeconômica	Regulação socioeconômica					
Cultural													Recreação, lazer e educação Herança e expressão cultural e espiritual	Recreação, lazer e educação Herança e expressão cultural e espiritual	Recreação, lazer e educação Herança e expressão cultural e espiritual	Recreação, lazer e educação Herança e expressão cultural e espiritual	Recreação, lazer e educação Herança e expressão cultural e espiritual	Recreação, lazer e educação Herança e expressão cultural e espiritual	Reprodução cultural	Reprodução cultural

APÊNDICE C - Hierarquização das ações recomendadas

Figura 34. Quadro da hierarquização das ações recomendadas (parte 1).

Atividade portuária	Não conformidade	Ação recomendada	Criticidade da ação (1-5)	Índice de Prioridade da Ação (IPA)	Prazo (C/M/L)	Classe de prioridade de ação (1-5)
Controle e resposta a emergências	Inexistência de um sistema de alerta à navegação	Implementação do sistema de alerta	4,9	5	L	5
Abastecimento de combustível de embarcações	Inexistência de equipamentos de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações adequados	Aquisição e utilização adequada dos sistemas de isolamento e sinalização no abastecimento de embarcações	4,4	4,1	C	5
Carga e descarga	Parâmetros de qualidade da água acima do permitido	Estabelecimento das relações entre os parâmetros de qualidade da água acima do permitido pela legislação e as atividades portuárias	4,3	3,9	C	4
Carga e descarga	Inadequação das estruturas de proteção à operação	Indicação da configuração das estruturas de proteção à operação	4,2	3,7	C	4
Monitoramento e controle de operação e processos	Inexistência de padrões de procedimentos e normas de operação	Normatização de procedimentos	4,1	3,5	C	4
Carga e descarga	Prazo de limpeza do cais inadequado	Estipular o prazo adequado para limpeza do cais	4	3,3	C	4
Carga e descarga	Prazo de limpeza do cais inadequado	Implementar sistema de fiscalização do tempo de limpeza do cais	4	3,3	C	4
Uso de infraestruturas e equipamentos	Existência de estruturas obsoletas/em desuso	Contratação de empresa para remoção de passivos (estruturas obsoletas em desuso)	3,9	3,2	C	4
Carga e descarga	Inadequação das estruturas de proteção à operação	Exigir o uso correto das estruturas de proteção à operação	3,7	2,8	C	3

Figura 35. Quadro da hierarquização das ações recomendadas (parte 2).

Carga e descarga	Níveis de qualidade do ar inadequados	Norma sobre utilização de EPI na operação de carga e descarga e monitoramento das condições de segurança do trabalho	3,7	2,8	C	3
Controle e resposta a emergências	Inexistência de base/equipamento de emergência ambiental	Execução do PEI	3,5	2,5	C	3
Controle e resposta a emergências	Inexistência de base/equipamento de emergência ambiental	Implementação da Base e equipamentos de emergência ambiental	3,5	2,5	M	3
Serviços sanitários, administrativos e outros serviços gerais	Más condições dos espaços de convivência e descanso dos trabalhadores	Idealização da qualificação dos espaços	3,5	2,5	C	3
Abastecimento de combustível de embarcações	Inexistência de berço para abastecimento de embarcações contendo superfície em pavimento e sistema de drenagem adequado	Indicação de um local para berço de abastecimento e adequação do pavimento	3,4	2,3	C	3
Uso de infraestruturas e equipamentos	Falta de manutenção de estruturas de armazenamento	Conserto e manutenção sistemática das estruturas de armazenamento	3,2	1,9	L	2
Uso de infraestruturas e equipamentos	Falta de iluminação noturna	Manutenção das estruturas de iluminação (colocação de lâmpadas)	3,2	1,9	C	2
Serviços sanitários, administrativos e outros serviços gerais	Más condições dos espaços de convivência e descanso dos trabalhadores	Implementação das recomendações de qualificação dos espaços	3	1,6	C	2

Figura 36. Quadro da hierarquização das ações recomendadas (parte 3).

Controle e resposta a emergências	Inexistência de um sistema de alerta à navegação	Estabelecer um sistema de alerta à navegação	2,9	1,4	M	2
Uso de infraestruturas e equipamentos	Estruturas de drenagem pluvial fora do padrão DEP	Execução do projeto de adequação da rede de drenagem pluvial	2,8	1,2	L	2
Uso de infraestruturas e equipamentos	Níveis de qualidade do ar inadequados	Sistema de alerta meteorológico (liga-desliga caldeira) para situações de baixa velocidade do vento	2,8	1,2	C	2
Coleta e destinação de resíduos	Inexistência de coleta e disposição de resíduos Classe 1 e 2	Contratação de empresa especializada na remoção de resíduos Classe 1 e 2	2,6	0,8	C	1
Uso de infraestruturas e equipamentos	Sistema de transporte terrestre permeável e que potencializa perda de carga	Pavimentação das vias	2,1	0	L	1