



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

JOÃO VITOR REGO MUNIZ

**ANÁLISE DE OPERAÇÕES PORTUÁRIAS DE IMPORTAÇÃO COM BASE NAS  
DIMENSÕES AMBIENTAL, SOCIAL E DE GOVERNANÇA: ESTUDO DE CASO  
DE PORTO MULTICARGA**

Florianópolis

2023

JOÃO VITOR REGO MUNIZ

**ANÁLISE DE OPERAÇÕES PORTUÁRIAS DE IMPORTAÇÃO COM BASE NAS  
DIMENSÕES AMBIENTAL, SOCIAL E DE GOVERNANÇA: ESTUDO DE CASO  
DE PORTO MULTICARGA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de  
Santa Catarina para obter o título de Mestre em  
Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D.

Florianópolis

2023

REGO MUNIZ, JOÃO VITOR

ANÁLISE DE OPERAÇÕES PORTUÁRIAS DE IMPORTAÇÃO COM BASE NAS DIMENSÕES AMBIENTAL, SOCIAL E DE GOVERNANÇA : ESTUDO DE CASO DE PORTO MULTICARGA / JOÃO VITOR REGO MUNIZ ; orientador, JOAO CARLOS ESPINDOLA FERREIRA, 2023.

133 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Mecânica. 2. Operações Portuárias. 3. Environmental, Social, Governance (ESG). 4. Avaliação do Ciclo de Vida. 5. Redução de Desperdício. I. ESPINDOLA FERREIRA, JOAO CARLOS. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

João Vitor Rego Muniz

**Análise de Operações Portuárias de Importação com Base nas Dimensões Ambiental,  
Social e de Governança: Estudo de Caso de Porto Multicarga**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. André Ogliari, Dr. Eng.

Universidade Federal de Santa Catarina

Profª. Marina Bouzon, Dra. Eng.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia Mecânica.

---

Prof. Henrique Simas, Dr. Eng.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

---

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D.

Orientador

Florianópolis, 2023.

Aos meus pais, Antônio e Paula.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D., que mesmo diante das adversidades aceitou ser meu orientador e por todas suas contribuições neste trabalho.

Aos membros da banca, professora Dra. Marina Bouzon e professor Dr. André Ogliari, por aceitarem avaliar e contribuir com este trabalho.

A todos os membros do POSMEC, em especial os professores Henrique Simas, Paulo de Tarso e Rolf Bertrand, por sua disponibilidade nos momentos de dificuldade.

As amigas constituídas durante o mestrado, Rayanne, Gleidson, Carol e Clarianne, a jornada foi melhor com vocês por perto.

Aos meus pais, por sempre apoiarem e incentivarem minhas escolhas, estando incansavelmente ao meu lado.

Aos meus familiares, em especial minha irmã Camila e meus sobrinhos, que foram alegria em inúmeros momentos da minha vida.

Aos meus amigos, Paloma, Daniel, Carol, Adamo, Yrlles e, principalmente, Bianca, o apoio de vocês foi imprescindível para que este objetivo fosse alcançado.

Aos companheiros de trabalho, em especial Deborah, Gabriel, Ronny, Airton e Dayanne, que contribuíram para a realização deste trabalho.

À Hibernon, Luane e Katia, sem o apoio de vocês este trabalho não seria possível.

Aos meus médicos, Dr. Simões, Dr. Eric, Dr. Santiago, Rodrigo e Holga, vocês foram instrumento de saúde para mim, sem isto, não teria chegado até aqui.

Aos meus intercessores, Nossa Senhora da Conceição, Nossa Senhora Mãe e Rainha, São José de Ribamar, São José Operário, Beato Carlo Acusti, Servo de Deus Padre Léo e, em especial, Servo de Deus Marcelo Câmara.

A Deus, consolo nos momentos difíceis, alívio dos fardos e companheiro nos momentos de solidão.

*“O amor me explicou tudo.”*

São João Paulo II

## RESUMO

A atividade portuária é um dos mais antigos meios logísticos utilizados pela humanidade, a qual apresenta grande relevância do ponto de vista econômico onde quer que seja utilizada. Contudo, sua operação gera impactos diretos e indiretos em diferentes perspectivas de análise. O objetivo deste trabalho consiste em analisar operações portuárias, em especial de importação, elaborando um estudo aplicado em um porto multicargas, utilizando uma abordagem constituída sob as dimensões do ESG (*Environmental, Social, Governance*). Este trabalho é amparado nos conceitos teóricos da ecologia industrial, avaliação do ciclo de vida (ACV) e gestão portuária. Para a sua realização, utilizou-se uma metodologia para análise de cada dimensão da ESG: (a) na dimensão de governança foram estudados os movimentos presentes em cada tipo de operação, os tempos e recursos utilizados na mesma, buscando conhecer seus gargalos e desperdícios; (b) na dimensão social foi realizado um estudo qualitativo sobre a relação porto-cidade aplicado com o público interno e a população residente próxima ao porto e, além disso, investigou-se as iniciativas sociais realizadas pela empresa alvo do estudo; (c) na esfera ambiental foi utilizada a ACV para fim de estudo comparativo entre as operações semiautomatizadas e não automatizadas, visando identificar suas repercussões no meio ambiente. Como principal resultado na análise de governança, obteve-se uma taxa de desperdício de material de 2,23%. Na esfera social foi evidenciado o desconhecimento das ações realizadas pelas as empresas portuárias a fim de mitigar seus impactos gerados. No âmbito ambiental foi evidenciado que a operação não automatizada apresenta um maior o volume total de emissões de CO<sub>2</sub>. Em seguida, foram elencas melhorias em processo de implementação pelo porto e outras foram sugeridas pelo autor do trabalho. Por fim, conclui-se que, mesmo diante da enorme relevância do setor, é necessária a adoção de melhorias em todas as dimensões do ESG, incluindo o desenvolvimento de uma cultura de redução desperdícios e melhoria contínua.

**Palavras-chave:** Operações Portuárias. *Environmental, Social, Governance* (ESG). Avaliação do Ciclo de Vida. Impactos Ambientais. Redução de Desperdício.

## ABSTRACT

Port activity is one of the oldest logistical means used by humanity, which has significant relevance from an economic point of view wherever it is used. However, its operation generates direct and indirect impacts in different perspectives of analysis. The objective of this work is to analyze port operations, especially imports, preparing a study applied to a multi-cargo port, using an approach based on the dimensions of ESG (Environmental, Social, Governance). This work is supported by the theoretical concepts of industrial ecology, life cycle assessment (LCA) and port management. For its realization, a methodology was used to analyze each ESG dimension: (a) in the governance dimension, the movements that take place in each type of operation were studied, as well as the times and resources used in it, seeking to know their bottlenecks and waste ; (b) in the social dimension, a qualitative study was carried out on the port-city relationship applied to the internal public and the population residing near the port and, and the social initiatives carried out by the studied company were investigated; (c) in the environmental context, LCA was used for the purpose of comparative study between semi-automated and non-automated operations, aiming to identify their repercussions on the environment. As the main result in the governance analysis, a material waste rate of 2.23% was obtained. In the social sphere, the lack of knowledge of the actions carried out by port companies in order to mitigate their generated impacts was evidenced. In the environmental dimension, it was evidenced that the non-automated operation presents a higher total volume of CO<sub>2</sub> emissions. Then, improvements in the implementation process by the port were listed and others were suggested by the author of this work. Finally, it is concluded that, even in the face of the enormous relevance of the sector, it is necessary to adopt improvements in all dimensions of the ESG, including the development of a culture of waste reduction and continuous improvement.

**Keywords:** Port Operations. Environmental, Social, Governance (ESG). Life Cycle Assessment. Environmental Impacts. Waste Reduction.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Escalas de atuação da Ecologia Industrial .....	18
Figura 2: Estágios do ciclo de vida de um produto .....	24
Figura 3: Localização dos portos brasileiros .....	27
Figura 4: Mercadorias movimentadas via portos em 2019.....	29
Figura 5: Desenho esquemático do porto organizado. ....	50
Figura 6: Desenho esquemático da operação semiautomatizada.....	51
Figura 7: Foto da operação de descarregamento na operação semiautomatizada. ....	52
Figura 8: Material particulado disperso no ar após derramamento no funil.....	53
Figura 9: Lona de costado colocada entre o navio e o cais .....	54
Figura 10: Desenho esquemático da operação não automatizada. ....	55
Figura 11: Operação de carregamento de caminhão na operação não automatizada .....	56
Figura 12: Operação alívio de carga.....	56
Figura 13: Movimentação do caminhão sem lona dentro das dependências do porto. ....	58
Figura 14: Taxa de Desperdício para operações semiautomatizadas. ....	59
Figura 15: Taxa de Desperdício para operações não automatizadas. ....	60
Figura 16: Taxa de Desperdício para operações híbridas.....	61
Figura 17: Percentual de tempo de alívio de carga em função do tempo total de operação.....	62
Figura 18: Percentual de volume de alívio de carga em função do total de volume de operação. ....	64
Figura 19: Operação portuária de descarregamento de carga automatizada .....	65
Figura 20: Tipo de empresa dos respondentes do questionário.....	66
Figura 21: Perfil de área de trabalho dos respondentes do questionário .....	66
Figura 22: Respostas para perguntas relacionadas com ações realizadas pelas empresas. ....	67
Figura 23: Respostas para perguntas relacionadas com a percepção de segurança dos trabalhadores portuários.....	68
Figura 24: Risco ao trabalhador na instalação da lona de costado .....	69
Figura 25: Risco ao trabalhador na atividade de alívio de carga.....	69
Figura 26: Risco ao trabalhador na atividade de lonamento dos caminhões.....	70
Figura 27: Resultado do questionário aplicado à população de bairros próximos ao porto.....	71
Figura 28: Acidente de carro causado pela queda de fertilizante em via pública. ....	72
Figura 29: Categorias de impacto do guindaste.....	82
Figura 30: Categorias de impacto para o misturador de fertilizante.....	86

Figura 31: Categorias de impacto para as esteiras transportadoras .....	91
Figura 32: Categorias de impacto para a locomotiva SD70 .....	94
Figura 33: Processo global das categorias de impacto para operação semiautomatizada .....	94
Figura 34: Categorias de impacto para 100 carretas VW Constellation 25.360.....	100
Figura 35: Categorias de impacto para uma mini carregadeira .....	104
Figura 36: Processo global das categorias de impacto para operação não automatizada.....	105
Figura 37: Moega Ecológica. ....	109
Figura 38: Nova lona de costado retrátil .....	110
Figura 39: Telas de proteção para área operacional .....	111
Figura 40: Proposta de mudança na movimentação do <i>grab</i> .....	111

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estratégia de busca para levantamento de produções científicas dentro da temática estudada.....	15
Tabela 2: Sintetização de princípios da Ecologia Industrial.....	20
Tabela 3: Comparação entre as características do metabolismo biológico x industrial .....	22
Tabela 4: Interesses dos stakeholders sobre informações ambientais prestadas pelos portos..	36
Tabela 5: Fatores de análise para o Inventário do Ciclo de Vida do guindaste.....	77
Tabela 6: Entradas e saídas para a atividade portuária do guindaste.....	78
Tabela 7: Impactos ambientais associados às atividades do guindaste .....	80
Tabela 8: Outras categorias de impacto para o guindaste portuário móvel.....	81
Tabela 9: Especificação técnica para o misturador industrial .....	83
Tabela 10: Entradas e saídas para a atividade portuária do misturador de fertilizantes.....	83
Tabela 11: Principais impactos ambientais do misturador industrial de fertilizantes .....	84
Tabela 12: Outras categorias de impacto para o misturador de fertilizantes.....	85
Tabela 13: Entradas e saídas para a atividade portuária das esteiras.....	87
Tabela 14: Impactos ambientais da esteira transportadora.....	88
Tabela 15: Outros impactos ambientais da esteira transportadora .....	90
Tabela 16: Entradas e saídas para a atividade da locomotiva modelo EMD SD70.....	91
Tabela 17: Impactos ambientais associados ao transporte da locomotiva EMD SD70 .....	92
Tabela 18: Outras categorias de impacto para a locomotiva EMD SD70 .....	93
Tabela 19: Especificações técnicas para a Carreta VW Constellation 25.360 .....	97
Tabela 20: Entradas e saídas para 100 carretas VW Constellation 25.360 .....	98
Tabela 21: Impactos ambientais para a operação de 100 carretas VW Constellation 25.360..	98
Tabela 22: Outras categorias de impacto para 100 carretas VW Constellation 25.360 .....	99
Tabela 23: Entradas e saídas para a atividade portuária da mini carregadeira de rodas.....	101
Tabela 24: Impactos ambientais da mini carregadeira de rodas.....	102
Tabela 25: Outras categorias de impacto para a mini carregadeira de rodas .....	103

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Contextualização do tema de pesquisa .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Delimitação do Problema .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>14</b>
1.3.1	Objetivo Geral .....	14
1.3.2	Objetivos Específicos .....	14
<b>1.4</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>14</b>
<b>1.5</b>	<b>Estrutura da dissertação .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Ecologia Industrial .....</b>	<b>18</b>
2.1.1	Princípios .....	19
2.1.2	Analogia biológica dos ecossistemas industriais.....	20
2.1.3	Simbiose Industrial (SI).....	22
2.1.4	Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).....	24
<b>2.2</b>	<b>Portos .....</b>	<b>25</b>
2.2.1	Sistema portuário brasileiro.....	26
2.2.2	Desempenho portuário brasileiro.....	28
2.2.3	Operações Portuárias .....	30
2.2.4	Cargas a granel .....	30
2.2.5	Importância Econômica .....	31
2.2.6	Infraestrutura portuária .....	32
2.2.7	Carregamento e descarregamento.....	33
2.2.8	Riscos e segurança.....	34
2.2.9	Impactos ambientais .....	35
<b>2.3</b>	<b>Ambiental, Social e Governança .....</b>	<b>40</b>
2.3.1	Dimensão Ambiental .....	40
2.3.2	Dimensão Social .....	41
2.3.3	Dimensão de Governança .....	41
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA PROPOSTA .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1</b>	<b>Classificação da pesquisa .....</b>	<b>43</b>
3.1.1	Quanto à natureza .....	43
3.1.2	Quanto à abordagem .....	43
3.1.3	Quanto ao procedimento técnico .....	44
3.1.4	Quanto ao objetivo.....	44

<b>3.2</b>	<b>Seleção da Metodologia</b> .....	<b>44</b>
<b>3.3</b>	<b>Dados coletados</b> .....	<b>44</b>
3.3.1	Dimensão de governança .....	45
3.3.2	Dimensão social .....	46
3.3.3	Indicadores de ambiental .....	46
<b>3.4</b>	<b>Etapas da pesquisa</b> .....	<b>47</b>
3.4.1	Preparação .....	47
3.4.2	Compilação .....	48
3.4.3	Interpretação .....	48
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>49</b>
<b>4.1</b>	<b>Características do porto estudado</b> .....	<b>49</b>
<b>4.2</b>	<b>Resultados por dimensão</b> .....	<b>49</b>
4.2.1	Análise dos resultados para a dimensão de governança .....	50
4.2.2	Análise dos resultados para a dimensão social .....	65
4.2.3	Análise dos resultados para a dimensão ambiental .....	74
<b>4.3</b>	<b>Melhorias implementadas pelo porto</b> .....	<b>108</b>
<b>4.4</b>	<b>Melhorias sugeridas pelo autor</b> .....	<b>110</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>113</b>
<b>5.1</b>	<b>Sugestões de Trabalhos Futuros</b> .....	<b>115</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>116</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>126</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentada a contextualização do tema de pesquisa, a delimitação do problema de pesquisa, os objetivos geral e específicos, a justificativa da temática de estudo e a estruturação da dissertação.

### 1.1 Contextualização do tema de pesquisa

As atividades portuárias, sendo um componente vital da economia global, agem como pontos nodais que unem diferentes partes do mundo mediante o comércio. A complexidade inerente a essas operações, que inclui não apenas o transporte de mercadorias, mas, também, a sua manipulação e armazenamento, proporciona aos portos uma elevada importância estratégica. Dentre as operações, a importação de mercadorias, que pode ser realizada por meios mecanizados ou manuais, é uma das mais críticas, considerando o volume de bens que são constantemente movimentados (BRYAN, 2006).

O aspecto ambiental nas operações portuárias é multifacetado. Quando se trata de importações, os materiais manipulados podem ser diversos, desde grãos a produtos químicos. O manuseio inadequado ou acidentes durante essa fase podem resultar em contaminação. Por exemplo, se ocorrer um derramamento de produtos químicos, não apenas o solo e a água na área imediata podem ser contaminados, como também os ecossistemas aquáticos e terrestres circundantes podem ser gravemente afetados. Além disso, emissões atmosféricas provenientes de equipamentos portuários podem contribuir para a poluição do ar e alterações climáticas (LIM *et al.*, 2019).

No que se refere à dimensão social, as operações portuárias têm implicações significativas. Os trabalhadores envolvidos na importação de mercadorias enfrentam vários riscos ocupacionais e, portanto, sua saúde e segurança devem ser priorizadas. Além disso, as comunidades que circundam os portos frequentemente enfrentam desafios como aumento do tráfego, ruído e, em alguns casos, riscos associados a acidentes ambientais. O bem-estar dessas comunidades e sua capacidade de participar e beneficiar-se das atividades econômicas associadas ao porto são fundamentais (BATALHA *et al.*, 2023).

A governança desempenha um papel central em como as questões ambientais e sociais são abordadas nas operações portuárias. Isso implica no estabelecimento de estruturas decisórias que encontram-se além do mero cumprimento das normativas legais, e que

englobem práticas éticas e levem em consideração os interesses dos diversos *stakeholders*, como a comunidade local e os funcionários (IBGC, 2022).

Neste cenário, uma governança eficaz também significa adotar uma postura proativa em relação à gestão de operações, o que inclui garantir a implementação de ações preventivas e estabelecer planos de contingência para diminuir o impacto de eventualidades. Assim, dentro da esfera de gestão portuária, tópicos como minimização de perda de tempo, redução de desperdício de material e mitigação de impactos financeiros resultantes de erros operacionais tornam-se cruciais. Uma governança sólida visa otimizar os processos, reduzir ineficiências e garantir que os recursos sejam utilizados de maneira eficaz, resultando em operações portuárias mais sustentáveis e responsáveis.

Ao reconhecer a sinergia entre as dimensões ambientais, sociais e de governança nas operações portuárias, emerge a oportunidade de cultivar uma abordagem mais abrangente que transcende a percepção convencional dos portos como simples operadores de comércio. Reconhecendo que as atividades portuárias estão intrinsecamente entrelaçadas em um emaranhado de interações e consequências, fica evidente o quão essencial é abordar esses elementos de uma maneira unificada. Ao unir essas três dimensões em uma abordagem coesa, os portos têm a oportunidade de evoluir em direção a um modelo de operação que não apenas fortalece sua eficácia econômica, mas, também, assegura sua contribuição positiva para a sociedade e o meio ambiente (GRI, 2019).

## **1.2 Delimitação do Problema**

O modelo de análise das operações portuárias proposto neste trabalho leva em consideração as especificidades das operações de importação de grãos em portos multicargas, tendo em vista uma visão global e integrada dos impactos da atividade nas dimensões Ambiental, Social e de Governança (*Environmental, Social, Governance* - ESG).

Associado a isto, tem-se um grande conjunto de agentes envolvidos nessas operações, desde operadores portuários, agentes, compradores, autoridades e a população que está alocada às margens desta operação. Diante de toda esta complexidade de tal atividade, não existe um instrumento de análise e avaliação das operações que leve em consideração as dimensões do ESG de forma acoplada.

Este trabalho busca pôr um olhar crítico nas repercussões da atividade, elencar melhores práticas já utilizadas no segmento e propor melhorias à atividade já existente. Diante disto, pergunta-se: Como as atividades portuárias, em especial as de importação, em um porto

multicarga se relacionam com os aspectos ambiental, social e de governança durante sua execução?

### **1.3 Objetivos**

Apresentam-se aqui o objetivo geral e os específicos do trabalho.

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

O trabalho tem como objetivo geral elaborar uma análise de operações portuárias, em especial de importação, aplicada em um porto multicargas. Esta abordagem é construída sob as dimensões ambiental, social e de governança.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar o mapeamento das operações portuárias semiautomatizadas e não automatizadas, apontando os principais gargalos;
- Determinar os desperdícios das operações estudadas, sejam eles de carga ou tempo, evidenciando seus impactos na governança do porto estudado;
- Analisar a dimensão ambiental da operação por meio da Análise de Ciclo de Vida;
- Tornar evidente os impactos desta atividade portuária no aspecto social, sejam essas, pessoas direta ou indiretamente relacionadas.
- Apresentar as ações do porto voltadas para a redução dos impactos negativos em cada uma das dimensões estudadas;
- Propor melhorias nas operações visando a otimização da relação Porto com as dimensões estudadas.

### **1.4 Justificativa**

É comum saber que existem inúmeras metodologias para analisar o desempenho de uma empresa, de forma que estas abordagens podem ser aplicadas também para portos. Contudo, a atividade portuária apresenta a peculiaridade de se relacionar fortemente com o meio ecológico e social nos quais está inserida.

Diante disto, o início deste estudo focou-se nos impactos ambientais do setor portuário, porém, no decorrer das análises, notou-se que os impactos extrapolaram a esfera ecológica e

possuíam forte relação com as dimensões social e de governança da empresa. Além disso, o estudo se restringia às operações de importação de fertilizantes, porém não seria possível desassociar os impactos causados pelos fertilizantes dos demais materiais, sendo assim, optou-se por ampliar a análise para todos os granéis sólidos advindos de importação.

Para verificar a existência de uma lacuna de conhecimento, foi realizada uma busca ampla de artigos no portal de Periódicos da Capes, uma vez que este possui mais de 396 bases de dados de conteúdo acadêmico e possui periódicos revisados por pares. Para a busca foram utilizadas palavras chaves da pesquisa, associando termos por meio de operadores booleanos. A pesquisa foi realizada em todos os tipos de materiais, qualquer idioma e com datas de publicação de publicação nos últimos 10 anos, tendo em vista que o termo ESG emergiu durante este período. Desta forma, obteve-se o resultado quantitativo apresentado na Tabela 1 para a busca realizada nos idiomas português e inglês.

Tabela 1: Estratégia de busca para levantamento de produções científicas dentro da temática estudada.

<b>ESTRATÉGIA DE BUSCA</b>	<b>RESULTADOS</b>
“operações portuárias”	32
“ <i>port operations</i> ”	836
“ambiental social e de governança”	12
“ <i>environmental, social and governance</i> ”	2.169
“dimensões ESG”	0
“ <i>ESG dimensions</i> ”	48
“ESG”	15.782
“ <i>port operations</i> ” AND “ <i>environmental, social and governance</i> ”	2
“operações portuárias” AND “ambiental social e de governança”	0
“ <i>port operations</i> ” AND “ESG”	1
“operações portuárias” AND “ESG”	0
“ <i>port operations</i> ” AND “ <i>ESG dimensions</i> ”	0
“operações portuárias” AND “dimensões ESG”	0

Fonte: Autor, 2023

Para a pesquisa, optou-se pela utilização do termo ESG, em contrapartida à *Triple Bottom Line* uma vez que o primeiro faz referência a uma visão ampla da governança da empresa, extrapolando as dimensões econômicas. Além disso, a abordagem do ESG se

popularizou após o Acordo de Paris em 2015, estando em grande evidência nas publicações acadêmicas atuais.

Ao observar os resultados obtidos no levantamento bibliográfico, observa-se a reduzida quantidade de pesquisas que relacionem as operações portuárias com as dimensões Ambiental, Social e de Governança (ESG). Dentre os três artigos encontrados na busca “*port operations*” AND “*environmental, social and governance*” e “*port operations*” AND “*ESG*”, todos fazem referência ao mesmo estudo de Dos Santos e Pereira (2022), intitulado “*ESG performance scoring method to support responsible investments in port operations*”. No estudo citado anteriormente, os autores descrevem uma metodologia para “pontuação” de risco corporativo para investidores em operações portuárias, no qual os próprios pesquisadores apontam no artigo que não foram encontradas publicações que introduzam o conceito ESG em nenhuma autoridade portuária ou terminal.

Ademais, destaca-se os trabalhos de Marinho *et al.* (2022) e Luz *et al.* (2018), que ratificam a relevância das problemáticas ambientais e sociais em portos brasileiros, contudo, ambos trabalhos analisam as problemáticas em uma única dimensão, não as observando de forma transversal. Tal abordagem dificulta a identificação da causa raiz dos impactos gerados.

Diferente das pesquisas citadas nos parágrafos anteriores, esta dissertação visa realizar análises qualitativa e quantitativa das operações portuárias nas dimensões do ESG, de forma a realizar uma análise crítica sobre a atividade, visando estabelecer boas práticas e propondo melhorias para o setor portuário. Espera-se que este estudo sirva de subsídio para o desenvolvimento de novas análises dentro do setor.

## **1.5 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos. No primeiro capítulo é apresentada esta introdução, contendo a contextualização do tema, a delimitação do problema, os objetivos e a justificativa da pesquisa.

O segundo capítulo diz respeito ao referencial teórico, em que são abordados os itens de maior relevância para esta pesquisa. No tópico 2.1 são abordados definições e princípios da Ecologia Industrial, que serão fundamentais para chegar ao entendimento de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que será abordada de forma prática na metodologia deste trabalho. Em seguida, são descritos conceitos referentes ao setor portuário, panorama dos portos no Brasil e, em especial, a descrição das principais operações portuárias. Por fim, são descritas as

dimensões de análise Ambiental, Social e de Governança, e traçado um paralelo com a sua aplicação no setor marítimo.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia utilizada na dissertação, este tópico será subdividido em outros três itens. No primeiro será detalhada a classificação da pesquisa. Em seguida, no item dois, será abordado como foi realizada a coleta dos dados. E, por último, serão descritas as etapas para obtenção dos resultados.

Já no quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos no estudo de caso, estes serão divididos pelas dimensões analisada: Ambiental, Social e de Governança. Junto a isso, serão mostradas discussões, inferências e comparações sobre os dados obtidos. Por fim, o quinto capítulo, são apresentadas as considerações finais e as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo contém a fundamentação teórica dos conceitos basais deste trabalho. Este conhecimento servirá de subsídio para o desenvolvimento da metodologia adotada e a análise crítica dos resultados obtidos no estudo de caso das operações portuárias de importação.

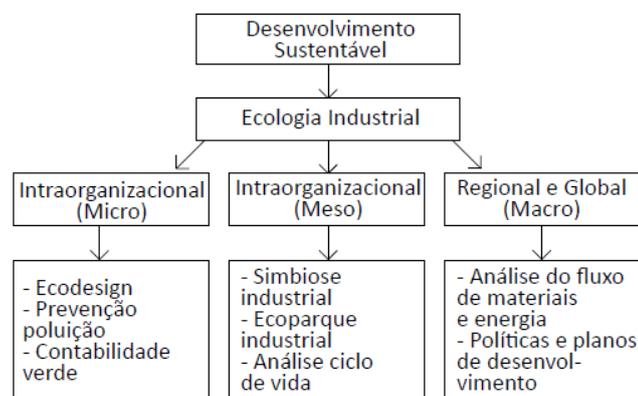
### 2.1 Ecologia Industrial

A Ecologia Industrial (EI) é um campo interdisciplinar que apresenta uma abordagem consolidada e essencial para enfrentar os desafios ambientais resultantes da produção e do consumo industrial. Ao integrar os princípios e conceitos da ecologia aos processos industriais, a EI reconhece a interdependência entre as operações industriais e o ambiente natural, buscando promover um equilíbrio sustentável entre a atividade humana e a preservação do ecossistema (EVANS, 2012).

A EI também promove a implementação de tecnologias limpas e sustentáveis, impulsionando o desenvolvimento de soluções mais eficientes e menos prejudiciais ao meio ambiente. Por meio da pesquisa e do investimento em novas tecnologias, pode-se alcançar avanços significativos na redução do consumo de energia, no uso de materiais renováveis e na implementação de práticas de produção mais limpas (GERBER, 2013).

Segundo Chertow (2000), a EI abarca três distintas escalas de atuação (Figura 1). A primeira (*micro*) alude às iniciativas executadas dentro da entidade (intraorganizacional), e incluem medidas tais como *ecodesign*, minimização de contaminação e contabilidade ambiental.

Figura 1: Escalas de atuação da Ecologia Industrial



Fonte: Chertow, 2000

No grau intermédio (*meso*) se situam os esforços que englobam conexões entre organizações, como Simbiose Industrial, parques ecológicos industriais (EPI) e estudo do ciclo de vida dos produtos. Finalmente, o contexto regional ou mundial (*macro*) abrange o exame dos fluxos de materiais e energia, juntamente com políticas e estratégias de crescimento (CHERTOW, 2000).

Diante disso, outro aspecto crucial da Ecologia Industrial é a conscientização e o engajamento dos diversos atores envolvidos, incluindo empresas, governos e sociedade civil. Por meio da educação ambiental e da promoção de políticas públicas que incentivem a adoção da EI, pode-se criar um ambiente favorável à transformação dos modelos de produção e consumo, direcionando-os para a sustentabilidade.

### 2.1.1 Princípios

Os princípios da Ecologia Industrial servem como fundamentos para a incorporação de práticas sustentáveis nos processos industriais, visando criar sistemas que imitem a eficiência e sustentabilidade de ecossistemas naturais. Um destes princípios é a otimização do uso de recursos, que foca em garantir que os recursos naturais, como energia, água e matérias-primas, sejam empregados de maneira eficaz. Isso envolve minimizar o desperdício e maximizar a produção, resultando na diminuição do impacto ambiental (MAGRINI, 2018).

Em estreita relação com a otimização do uso de recursos, o princípio da ciclagem de materiais propõe que os materiais circulem dentro do sistema industrial, assemelhando-se aos ciclos naturais presentes nos ecossistemas. Isso significa que os resíduos gerados em um processo devem ser reaproveitados como insumos em outro, o que contribui para a redução da quantidade de resíduos e da necessidade de extração de novas matérias-primas (COSTA, 2011).

Para Gonzales (2009), outro princípio essencial é a integração de processos, que sugere a criação de um sistema industrial mais coeso, no qual diferentes processos e operações sejam integrados. Isso pode englobar a troca de materiais, energia e informação entre diversos processos, visando sinergias que impulsionem a eficiência global e, ao mesmo tempo, diminuam os impactos ambientais.

Além disso, é de suma importância considerar o princípio relacionado ao uso de fontes de energia renovável. A transição de fontes de energia não renováveis para renováveis é vital para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e diminuir a dependência dos combustíveis

fósseis. Fontes de energia mais limpas e sustentáveis, como a solar, eólica e hidráulica são altamente encorajadas neste contexto (SHI, 2012).

A desmaterialização, por sua vez, aborda a importância de reduzir o uso de materiais no processo de produção. Isso pode ser atingido através do projeto de produtos que exijam menos matéria-prima, ou mediante a adoção de tecnologias que possibilitem uma produção mais eficiente com menos insumos materiais. A flexibilidade e a diversidade são também princípios cruciais, pois sugerem que os sistemas industriais devem ser capazes de se adaptar às mudanças nas condições ambientais e de mercado. A diversificação de produtos, processos e fontes de energia pode aumentar a resiliência dos sistemas industriais frente a desafios e incertezas. A Tabela 2 sintetiza as informações sobre os princípios da EI (GONZALES, 2009).

Tabela 2: Sintetização de princípios da Ecologia Industrial

<b>PRINCÍPIO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>Otimização do Uso de Recursos</b>	Foca na utilização eficaz dos recursos naturais (energia, água, matérias-primas), minimizando desperdício e diminuindo impacto ambiental.
<b>Ciclagem de Materiais</b>	Promove a circulação de materiais dentro do sistema industrial, reutilizando e reciclando resíduos como insumos em outros processos.
<b>Integração de Processos</b>	Sugere integração entre diferentes processos e operações dentro de um sistema industrial para criar sinergias e aumentar a eficiência.
<b>Uso de Fontes de Energia Renovável</b>	Encoraja a transição de fontes de energia não renováveis para renováveis, como solar, eólica e hidráulica, reduzindo emissões de gases.
<b>Desmaterialização</b>	Envolve a redução do uso de materiais no processo de produção, seja através do projeto de produtos ou adoção de tecnologias eficientes.
<b>Flexibilidade e Diversidade</b>	Ressalta a importância de sistemas industriais adaptáveis, capazes de lidar com mudanças ambientais e de mercado por meio da diversidade.

Fonte: Adaptado de Gonzales (2009) e Magrini (2018).

### 2.1.2 Analogia biológica dos ecossistemas industriais

A Ecologia Industrial, que é uma abordagem inovadora para o projeto sustentável de processos produtivos, encontra inspiração na natureza e, particularmente, no metabolismo biológico. Ao observar como os organismos vivos utilizam recursos de maneira extremamente eficiente, os proponentes da Ecologia Industrial têm como objetivo replicar essa eficiência nos sistemas industriais por meio da otimização do uso de recursos e da minimização de resíduos.

Isso é paralelo à maneira como as células em um organismo aproveitam cada molécula disponível para sustentar suas funções vitais (BOONS, 2009).

Além disso, a natureza é notável em sua capacidade de reutilizar e reciclar. Os ecossistemas naturais operam em ciclos fechados, onde os nutrientes e a energia fluem de um organismo para outro. A Ecologia Industrial adota uma abordagem semelhante, promovendo o conceito de economia circular. Na economia circular, o foco é garantir que os resíduos de um processo sejam capturados e utilizados como insumos em outro, criando assim um ciclo contínuo que minimiza o desperdício (HOFFMAN, 2014).

Outra característica notável dos ecossistemas naturais é a diversidade biológica. A diversidade, além de ser intrinsecamente valiosa, também contribui para a resiliência e a robustez de um ecossistema. Analogamente, a Ecologia Industrial vê a diversidade de processos e produtos dentro de um sistema industrial como uma fonte de adaptabilidade e sustentabilidade. Ao ter uma ampla gama de opções e alternativas, os sistemas industriais podem responder com mais eficácia às mudanças nas demandas e condições (SULLIVAN, 2018).

Um exemplo prático de como a Ecologia Industrial se relaciona com as ações da natureza é por meio da simbiose industrial. Assim como em ecossistemas naturais, onde diferentes espécies colaboram e auxiliam umas às outras para benefício mútuo, a simbiose industrial envolve a colaboração entre diferentes processos e empresas. Essa colaboração pode significar que os resíduos de uma empresa ou processo se tornem valiosos insumos para outra empresa ou processo (AWAN, 2020).

Por fim, a autorregulação é um componente essencial dos ecossistemas naturais, e é igualmente muito importante na Ecologia Industrial. Da mesma forma como os ecossistemas se ajustam e respondem a mudanças através de feedbacks complexos, os sistemas industriais também devem ser capazes de adaptar-se e responder a mudanças nas condições ambientais e de mercado. Isso requer uma visão sistêmica e a capacidade de ajustar processos em resposta a novas informações (HOFFMAN, 2014). A Tabela 3 mostra um breve comparativo entre os dois metabolismos.

Tabela 3: Comparação entre as características do metabolismo biológico x industrial

CARACTERÍSTICAS	METABOLISMO BIOLÓGICO	METABOLISMO INDUSTRIAL
<b>Uso de recursos</b>	Extremamente eficiente, aproveitando cada molécula disponível.	Objetiva replicar a eficiência biológica através da otimização do uso de recursos e minimização de resíduos.
<b>Ciclos</b>	Opera em ciclos fechados com fluxo de nutrientes e energia de um organismo para outro.	Adota conceito de economia circular, visando garantir que os resíduos de um processo sejam utilizados como insumos em outro processo.
<b>Diversidade</b>	Diversidade biológica contribui para a resiliência e robustez do sistema.	Diversidade de processos e produtos é vista como fonte de adaptabilidade e sustentabilidade nos sistemas industriais.
<b>Colaboração e benefício mútuo</b>	Diferentes espécies colaboram e se auxiliam para benefícios mútuos.	Simbiose industrial envolve a colaboração entre diferentes processos e empresas, onde os resíduos de um podem ser valiosos insumos para outros.
<b>Capacidade de autorregulação e adaptação às mudanças</b>	Ecossistemas se ajustam e respondem a mudanças através de feedbacks complexos.	Sistemas industriais precisam ser capazes de se adaptar e responder a mudanças nas condições ambientais e de mercado.

Fonte: Autor, 2023

### 2.1.3 Simbiose Industrial (SI)

Na biologia, o termo simbiose é empregado para caracterizar interações reciprocamente benéficas entre dois organismos, em que a colaboração combinada de ambos é mais vantajosa do que os esforços individuais de cada um. De maneira análoga, a Simbiose Industrial (SI) visa a unificação de duas ou mais empresas, permitindo que a troca de materiais, dados e serviços entre elas resulte em benefícios mútuos (GIBBS, 2017).

O objetivo principal da SI é tornar circular o fluxo de materiais e energia entre as indústrias, assegurando que os resíduos sejam reutilizados no processo produtivo como insumos, em vez de serem descartados. A Simbiose Industrial atua, dessa forma, como um instrumento muito importante da Ecologia Industrial para minimizar os resíduos. Foi identificado que a Ecologia Industrial constitui um campo de investigação e estudo, enquanto a Simbiose Industrial representa uma aplicação prática dos princípios da Ecologia Industrial (NEVES *et al.*, 2019).

A Simbiose Industrial pode resultar em benefícios tridimensionais para as empresas envolvidas, englobando economia, sociedade e meio ambiente. No âmbito econômico, as empresas podem reduzir os custos de matéria-prima incorporando resíduos ou subprodutos de

outras indústrias, ou, ainda, gerando receitas pela venda de resíduos ou subprodutos que não necessitam (MANTESE, 2018).

Em relação aos benefícios ambientais, a Simbiose Industrial pode contribuir para a diminuição de emissões de gases de efeito estufa por meio do transporte de materiais, compartilhamento de excedentes energéticos, como vapor, além de reduzir a destinação de resíduos industriais e a utilização de recursos naturais através da reutilização de materiais que ainda são úteis (FELICIO et al., 2016).

No contexto social, os ganhos podem incluir o fortalecimento das relações comerciais entre as empresas, o que pode se traduzir em geração de receitas tributárias para os governos locais. Além disso, isso pode fomentar a criação de serviços de transporte, consultoria e outros, impulsionando uma demanda abrangente por mão de obra (GUO, 2016).

De acordo com Guo (2016), observa-se que a SI engloba três operações simbióticas fundamentais. A primeira operação envolve a troca de subprodutos, como materiais, energia e água entre as entidades participantes. Este intercâmbio permite que as indústrias aproveitem os recursos de maneira mais eficiente, minimizando desperdícios e promovendo a sustentabilidade.

A segunda operação simbiótica refere-se ao compartilhamento de utilidades e/ou serviços. Isto inclui, por exemplo, o uso compartilhado de estações de tratamento de efluentes, o que otimiza o tratamento de resíduos líquidos, levando a uma redução dos custos operacionais. Além disso, o compartilhamento de processos logísticos, como transporte e armazenamento, pode resultar em economias de escala, tornando os processos mais eficientes e economicamente viáveis para as empresas envolvidas (MANTESE, 2018).

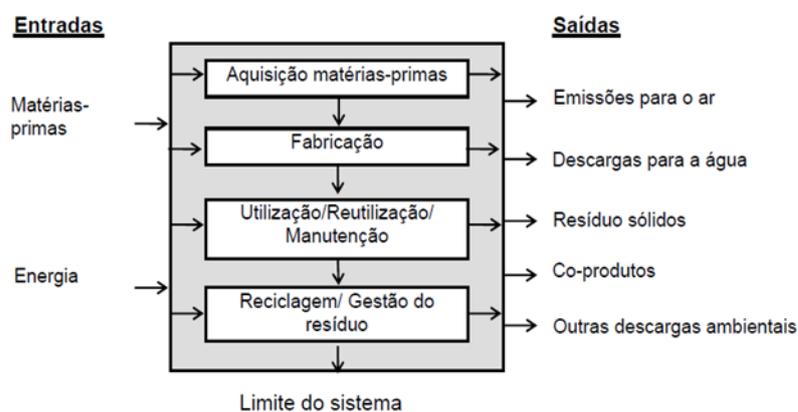
A terceira operação aborda a cooperação em gestão. Esta é uma faceta crucial, pois envolve a construção de uma rede de interação entre as indústrias participantes. Por meio do compartilhamento de informações e da gestão conjunta de instalações industriais, as empresas podem se beneficiar de insights e práticas de melhores, além de identificar oportunidades para melhorar a eficiência operacional (GIBBS, 2017).

É importante destacar que a integração dessas três operações simbióticas pode criar um ecossistema industrial onde as empresas não apenas otimizam o uso de recursos, mas, também, fortalecem laços de colaboração. Isso pode, por sua vez, conduzir a uma maior inovação e competitividade. Ademais, para Martin (2019), a Simbiose Industrial está alinhada com os objetivos de desenvolvimento sustentável, pois contribui para a proteção ambiental, o desenvolvimento econômico e o bem-estar social, criando um modelo de produção mais holístico e responsável.

### 2.1.4 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

A técnica conhecida como Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que possui seus princípios e estrutura descritos na ISO 14040 de 2009, tem o propósito de avaliar os impactos ambientais associados a todas as etapas da vida de um produto, desde a extração de matérias-primas até o seu descarte final, passando por fabricação, transporte, uso e reciclagem (DURLINGER, 2012) (Figura 2). Essa abordagem, frequentemente referida como “do berço ao túmulo”, busca oferecer uma visão holística dos impactos ambientais que um produto ou serviço pode causar (BARBOSA et al., 2014).

Figura 2: Estágios do ciclo de vida de um produto



Fonte: Ferreira, 2004

A importância da implementação dessa técnica tem sido destacada em diversos setores sociais, econômicos e industriais, especialmente com o aumento da preocupação com a sustentabilidade (COELHO, 2016). Nesse contexto, Ahamed et al. (2016) ressaltam que a ACV, além de ser uma metodologia de análise de impacto ambiental, o seu maior valor está na capacidade de fornecer *insights* que podem ser utilizados para a criação de soluções mais sustentáveis.

As principais etapas da Avaliação do Ciclo de Vida começam com a definição do objetivo e escopo, em que se estabelece o propósito da ACV, assim como as limitações do sistema e os critérios para determinar quais processos serão incluídos ou excluídos (MENDES, 2015). Nesta fase, a necessidade de dados confiáveis e validados, bem como a importância da transparência no processo de coleta de dados é enfatizada por Coelho (2016), que sugere que qualquer omissão ou imprecisão nos dados pode resultar em uma análise que não reflete verdadeiramente os impactos ambientais de um produto ou serviço.

Posteriormente, ocorre a Análise de Inventário do Ciclo de Vida, que envolve a coleta de dados referentes aos insumos, como energia e matérias-primas, e os resultados, como

emissões e resíduos, relacionados a cada fase do ciclo de vida do produto em questão. Essas informações são empregadas para elaborar um inventário de todos os fluxos de materiais e energia que entram e saem do sistema (FRANK, 2017). Essa etapa da ACV é vista por Durlinger (2012) como uma oportunidade para empresas e organizações, uma vez que as informações obtidas através da ACV podem ser usadas para identificar oportunidades de inovação, além de áreas de impacto.

A etapa seguinte é a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida, também chamada de AICV, na qual se utiliza os dados coletados no inventário para avaliar os potenciais impactos ambientais associados a esses fluxos, que podem englobar contribuições para mudanças climáticas, poluição do ar e da água, depleção (esgotamento) de recursos, entre outros (MENDES, 2015).

A última etapa é a interpretação, na qual os resultados obtidos nas etapas anteriores são analisados e interpretados. Isso inclui identificar áreas onde é possível implementar melhorias para minimizar os impactos ambientais, além de avaliar a solidez e confiabilidade dos resultados obtidos (BARBOSA et al., 2014). Neste ponto, Wu e Su (2020) ressaltam que, ao implementar as conclusões de uma ACV, é importante lembrar que o objetivo principal é promover a sustentabilidade.

A interpretação e aplicação dos resultados de uma ACV podem ser desafiadoras, mas ao manter o foco na redução dos impactos ambientais, as organizações podem se mover em direção a operações mais sustentáveis, resultando em benefícios não apenas para o meio ambiente, mas, também, para a reputação da organização e para o seu resultado final (COELHO, 2016).

## **2.2 Portos**

O porto consiste em uma região, resguardada de ondas e correntes marítimas, situada à margem de um oceano, mar, lago ou rio, que serve como ponto de ancoragem para barcos e navios. Além disso, é equipado com o pessoal e os serviços necessários para o carregamento e descarregamento de mercadorias, assim como espaços para armazenamento temporário destas. Também dispõe de infraestruturas que facilitam o trânsito de pessoas e mercadorias na área portuária e, ocasionalmente, terminais específicos para receber passageiros (MILANI, 2015).

Quando um porto está situado à margem de um oceano ou mar, é comumente referido como porto marítimo; exemplos incluem os portos de Santos, Rio de Janeiro e Recife. Por

outro lado, quando localizado à beira de um rio ou estuário, é denominado porto fluvial, como é o caso de Lisboa, Manaus e Belém. Existe também o que é conhecido como marina, que é um porto de menor escala, geralmente voltado para atividades recreativas (GRISON, 2018).

No que se refere à infraestrutura, os portos exigem estruturas cuidadosamente projetadas para garantir a ancoragem segura de embarcações. Isto inclui quebra-mares, molhes, bacias de manobra, entre outras, cujo projeto geralmente é realizado por especialistas em engenharia hidráulica, que se valem de modelos matemáticos e ensaios físicos em laboratórios de hidráulica marítima (TALLEY, 2009).

Além disso, alguns elementos são cruciais para o funcionamento eficiente de um porto. Estes incluem a existência de canais de água profundos, cuja profundidade ideal varia de acordo com o calado das embarcações que o porto pretende receber, proteção contra ventos e ondas, e conexões com rodovias e/ou ferrovias para facilitar o transporte de mercadorias e pessoas (FALCÃO; CORREIA, 2012).

Portos de carga com alto fluxo de movimentação necessitam de conexão com uma extensa malha ferroviária que ligue o porto a zonas agrícolas e/ou industriais, facilitando assim a distribuição de uma variedade de produtos para diferentes regiões do país e internacionalmente. Os portos estão sujeitos a diversas estratégias integradas que visam qualidade, meio ambiente, segurança e saúde ocupacional, com o objetivo de garantir a total satisfação de seus stakeholders (VIEIRA, 2014).

Para Grison (2018), dentre os princípios fundamentais dessa atividade destacam-se: aprimorar a qualidade e eficiência dos serviços oferecidos, assegurar a conformidade com as regulamentações, leis e normas aplicáveis aos serviços oferecidos, bem como aos aspectos ambientais e à segurança e saúde.

Além disso, é essencial prevenir, monitorar e reduzir a poluição, especialmente os resíduos produzidos pelas atividades portuárias, incentivando o investimento em tecnologias e processos mais limpos. Também é crucial identificar e atenuar os riscos presentes, implementando ações corretivas e preventivas para eliminar qualquer elemento de risco nas instalações portuárias (MILANI, 2015).

### 2.2.1 Sistema portuário brasileiro

O sistema portuário brasileiro é composto por uma vasta rede de 37 portos públicos estrategicamente distribuídos ao longo do extenso território nacional (conforme ilustrado na Figura 3). Esses portos desempenham um papel crucial no comércio, economia e

infraestrutura do país. Dos 37 portos, 19 estão diretamente sob o comando do governo federal (MAYER, 2013).

Figura 3: Localização dos portos brasileiros



Fonte: ANTAQ, 2014

Esses portos são gerenciados e operados pelas Companhias Docas, que são entidades encarregadas de assegurar a eficiência e o bom funcionamento dos portos. Alternativamente, a gerência de alguns desses portos pode ser concedida a administrações locais, como prefeituras, ou a entidades regionais, como governos estaduais (FIGUEIREDO, 2017).

A definição dos limites territoriais de cada um desses portos é realizada conforme o artigo 2º da Lei nº 12.815, que foi promulgada em 5 de junho de 2013. Essa lei estabelece as diretrizes para a demarcação das áreas portuárias. É importante destacar que esses limites são determinados levando em consideração as características geográficas do local. Isso inclui, mas não está limitado a aspectos como a extensão da costa, profundidade das águas, e condições naturais que podem afetar a navegabilidade e operações portuárias (BRASIL, 2013).

A demarcação cuidadosa e a administração eficiente dos portos são essenciais para garantir que eles operem com excelente capacidade, e atendam às demandas de um país de dimensões continentais como o Brasil. Isso envolve não apenas questões de infraestrutura e

logística, mas, também, questões de sustentabilidade ambiental, segurança e integração com outras modalidades de transporte (LACERDA, 2015).

### 2.2.2 Desempenho portuário brasileiro

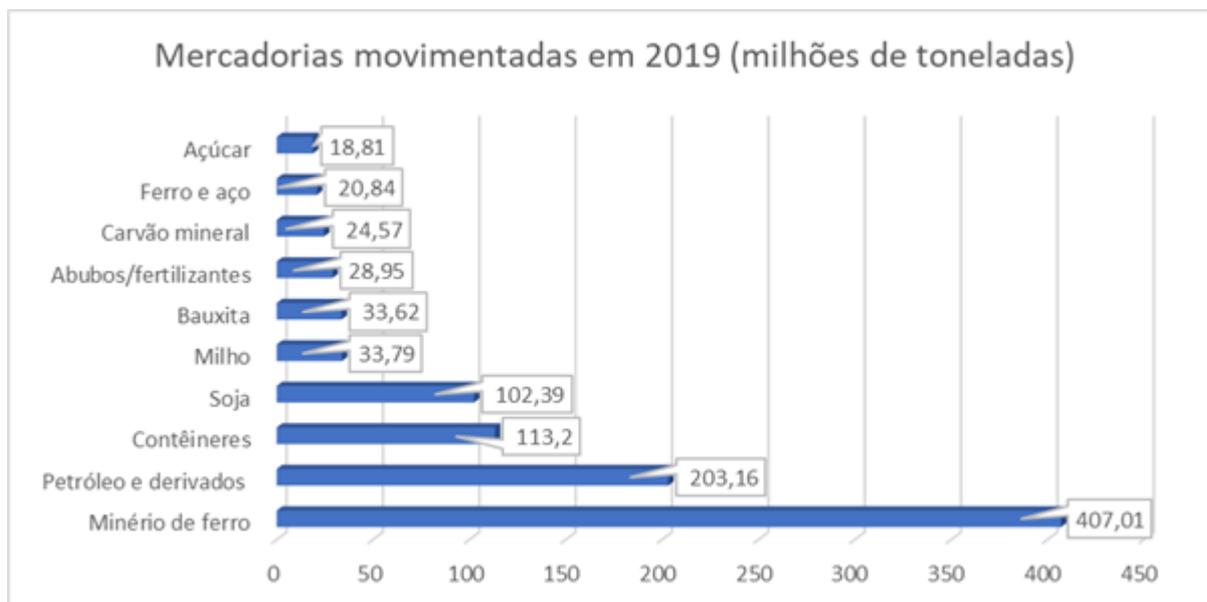
De acordo com estatísticas da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), em 2019 o Brasil teve uma movimentação de mais de 1.120,7 milhões de toneladas em cargas, abrangendo uma variedade de categorias, como contêineres, carga geral, sólidos, líquidos e gasosos. Este volume destaca a capacidade e versatilidade do sistema portuário brasileiro em lidar com um diversificado portfólio de mercadorias (ANTAQ, 2021).

No âmbito das importações via sistema portuário, os cinco principais países que se destacaram, em 2019, como fornecedores para o Brasil foram: Estados Unidos (35,0 milhões de toneladas), China (12,4 milhões), Argentina (11,3 milhões), Colômbia (8,1 milhões) e Rússia (7,1 milhões). O fato de que granel sólido é o principal tipo de carga importada evidencia a natureza da economia brasileira, que depende fortemente de matérias-primas, como minerais e grãos, para diversos setores, incluindo a indústria e agricultura. Como exemplo, fertilizantes da Rússia são essenciais para a agricultura brasileira, enquanto carvão e produtos químicos dos Estados Unidos têm grande importância para a indústria (ANTAQ, 2021).

No que diz respeito às exportações, a China surge como um parceiro comercial dominante, recebendo 335,8 milhões de toneladas de mercadorias do Brasil no ano de 2019. A diferença entre a China e os demais países é notável, com Holanda (29,9 milhões), Malásia (29,1 milhões), Estados Unidos (29,0 milhões) e Japão (22,3 milhões) completando os cinco principais destinos das exportações brasileiras.

A Figura 4 ilustra as mercadorias predominantes nas categorias de cargas containerizadas, gerais, sólidas, líquidas e gasosas que tiveram uma contribuição significativa para o volume total de toneladas movimentadas em 2019. As mercadorias que estão representadas na Figura 4 compõem quase 90% do total de carga que foi movimentada durante esse ano. Pode-se observar o papel importante do minério de ferro e do petróleo nesta configuração.

Figura 4: Mercadorias movimentadas via portos em 2019



Fonte: Elaborado pelo autor de acordo com os dados da ANTAQ

É importante destacar que o minério de ferro e o petróleo são duas das principais *commodities* que impulsionam a economia brasileira. O Brasil é um dos maiores produtores de minério de ferro do mundo e possui vastas reservas, o que faz com que esta *commodity* seja uma exportação chave. O minério de ferro é essencial para a indústria siderúrgica global e, como tal, a demanda por ele geralmente está ligada ao crescimento industrial em outros países, especialmente na China, que é o maior consumidor de minério de ferro do mundo (ORMOND, 2021).

Em relação ao petróleo, o Brasil também tem uma posição de destaque na produção e exportação. As vastas reservas de petróleo em águas profundas, particularmente na camada pré-sal, tornaram o país um *player* importante no mercado global de energia. O petróleo é uma *commodity* vital que alimenta uma ampla gama de indústrias, e é uma fonte importante de receita para o Brasil (COSTA, 2019).

Além dessas duas *commodities*, é igualmente importante considerar outras mercadorias que fazem parte da configuração. Por exemplo, produtos agrícolas como soja, milho e café são cruciais para a economia brasileira. Da mesma forma, produtos químicos, celulose e carnes são igualmente importantes. A diversidade dessas mercadorias evidencia a complexidade e a multifuncionalidade do sistema portuário brasileiro. Portos bem equipados e eficientes são essenciais para lidar com a variedade de mercadorias que fluem através deles.

Essa movimentação não só reflete a dinâmica econômica interna, mas, também, a posição do Brasil no cenário global de comércio (GAMEIRO, 2019).

Além disso, a movimentação dessas commodities tem implicações mais amplas, como o impacto ambiental e o desenvolvimento sustentável, que são questões cada vez mais importantes na atualidade. É essencial equilibrar o crescimento econômico com a sustentabilidade ambiental, garantindo que o sistema portuário opere de forma responsável e contribua positivamente para o desenvolvimento sustentável do Brasil (BRAZ, 2021).

### 2.2.3 Operações Portuárias

A operação portuária abrange todas as etapas do transporte aquático aos meios terrestres, desde a chegada do navio ao cais até a saída das mercadorias da área portuária por meio de estradas, ferrovias, dutovias (tubulações) ou embarque em outro transporte marítimo. Essa operação é vista como um conjunto integrado de atividades que viabilizam a transição de mercadorias entre o transporte marítimo e terrestre, e vice-versa (SMITH, 2017).

O objetivo central da operação portuária é buscar constantemente a eficiência e a eficácia em suas atividades. Isso implica em reduzir os custos relacionados ao transporte e armazenamento de mercadorias, ao mesmo tempo em que se aumenta o volume de carga movimentada dentro de um determinado período. Além disso, é fundamental garantir que essas atividades ocorram de forma rápida e segura, sem comprometer a qualidade do serviço (TIJAN, 2021).

Para alcançar essa eficiência e eficácia, os portos precisam utilizar recursos humanos qualificados, tecnologia avançada e práticas operacionais inovadoras. Alguns aspectos críticos incluem o planejamento e coordenação, a utilização de tecnologia e automação, o cumprimento de regulamentos, a flexibilidade para lidar com diferentes cargas e variações na demanda, a comunicação e colaboração eficazes, e a adoção de práticas sustentáveis. Ao alinhar todos esses aspectos, a operação portuária se torna uma peça vital no mecanismo do comércio global, desempenhando um papel significativo na economia e contribuindo para o desenvolvimento e prosperidade das nações (KHAN, 2022).

### 2.2.4 Cargas a granel

Cargas a granel referem-se a produtos transportados em grandes volumes, sem o uso de embalagens individuais, sendo geralmente mantidos em seu estado natural. Há dois tipos principais de cargas a granel: sólidas e líquidas. As cargas sólidas a granel incluem itens como

grãos, minérios e cereais, enquanto as cargas líquidas englobam substâncias como água, óleos e combustíveis (ROSE, 2014).

Adicionalmente, é importante destacar que o termo "granel" está intrinsecamente associado à ideia de que os produtos estão soltos, sem separações e, frequentemente, são manuseados em massa. Isso é significativamente diferente das cargas fracionadas, que são divididas em unidades menores e frequentemente embaladas separadamente (VIGARIÉ, 1999).

No contexto de transporte marítimo, as cargas a granel geralmente são carregadas diretamente no porão de navios projetados especificamente para esse fim, conhecidos como graneleiros. Esses navios são construídos para acomodar e transportar grandes quantidades desses produtos com segurança e eficiência (KRETSCHMANN *et al.*, 2017).

Outro aspecto de cargas a granel é que, devido à sua natureza, elas exigem métodos especializados de manuseio. Isso porque a falta de embalagens torna necessário o uso de equipamentos como correias transportadoras, guindastes e tubulações para o carregamento e descarregamento (ROSE, 2014). Além disso, o transporte de cargas a granel pode exigir condições específicas para preservar a integridade dos produtos. Por exemplo, os grãos podem necessitar de condições de armazenamento que controlem a umidade para prevenir a deterioração, enquanto os combustíveis líquidos podem requerer tanques especiais que evitem vazamentos e contaminação (VIGARIÉ, 1999).

### 2.2.5 Importância Econômica

Conforme apontado pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), no ano de 2021 houve um transporte bastante elevado, superando 1 bilhão de toneladas, de cargas a granel pelos portos brasileiros. Esse montante foi composto por 703,6 milhões de toneladas de granel sólido e 313,7 milhões de granel líquido. Esses dados elucidam a importância fundamental que as cargas a granel desempenham na economia do Brasil (ANTAQ, 2021).

No que se refere à esfera econômica, o transporte de cargas a granel representa uma parcela significativa da atividade portuária brasileira, sendo crucial para a cadeia de suprimentos de diversas indústrias. Em particular, o granel sólido, que constituiu a maior parte do volume, é geralmente composto por *commodities* como minério de ferro, grãos e carvão, cuja exportação é uma fonte vital de receitas para a economia brasileira (PINHEIRO, 2019).

Além disso, o granel líquido, que inclui produtos como petróleo e seus derivados, bem como produtos químicos, desempenha um papel estratégico na balança comercial. O transporte eficiente de granel líquido é essencial para garantir que indústrias como a petroquímica e de energia tenham acesso aos insumos necessários para a sua operação (ROSE, 2016).

A atividade de transporte de cargas a granel influencia indiretamente a geração de empregos e o desenvolvimento regional. Os portos, que atuam como elos vitais no transporte desses produtos, frequentemente tornam-se polos de emprego, e as regiões portuárias podem se beneficiar economicamente dessa atividade (KRETSCHMANN *et al.*, 2017).

#### 2.2.6 Infraestrutura portuária

A infraestrutura portuária é um componente crítico no manuseio de cargas a granel, desempenhando um papel fundamental no transporte marítimo e no comércio global. Os portos dedicados ao manuseio de cargas a granel devem ser equipados com uma variedade de instalações e equipamentos especializados para garantir a eficiência e a segurança nas operações (SERRANO, 2014).

Um dos elementos cruciais na infraestrutura portuária para o manuseio de cargas a granel é o sistema de correias transportadoras. Estas são usadas para o transporte rápido e eficiente de grandes volumes de material a granel, como grãos, carvão e minério, desde o navio até os locais de armazenamento, ou vice-versa. As correias transportadoras são projetadas para lidar com altas capacidades, sendo fundamentais para minimizar o tempo de atracação dos navios, o que, por sua vez, aumenta a eficiência do porto (TOVAR, 2016).

Outro equipamento vital é o guindaste. Guindastes especializados, como os guindastes de descarga contínua (*grab ship unloaders*), são frequentemente usados para descarregar cargas a granel sólidas dos porões dos navios. Esses guindastes têm grandes garras que podem agarrar grandes quantidades de material de uma só vez. Há também guindastes de esteira, que são montados em trilhos e podem se mover ao longo do cais, oferecendo maior flexibilidade no manuseio de cargas (VEIRA, 2015).

Além disso, os silos desempenham um papel essencial no armazenamento de cargas a granel, especialmente grãos e outros materiais agrícolas. Eles são projetados para permitir o armazenamento em massa de materiais secos e garantir que esses materiais sejam mantidos em boas condições. O projeto dos silos muitas vezes leva em consideração a necessidade de

proteger os materiais de condições ambientais adversas e de facilitar o carregamento e descarregamento eficientes (FALCÃO; CORREIA, 2012).

Também é importante mencionar os equipamentos como carregadores de navios (*ship loaders*) e os empilhadores-recuperadores. Os carregadores de navios são utilizados para carregar material a granel nos porões dos navios de forma rápida e controlada. Empilhadores-recuperadores são usados para empilhar material a granel em um depósito e recuperá-lo quando necessário. Estes equipamentos são muitas vezes combinados com correias transportadoras para maximizar a eficiência (OTTJES, 2007).

A infraestrutura portuária também deve considerar aspectos de segurança, logística e questões ambientais. Isso inclui o fornecimento de acessos adequados para veículos de transporte, instalações para o pessoal, e sistemas de mitigação de poeira para minimizar o impacto ambiental do manuseio de materiais a granel (VEIRA, 2015).

#### 2.2.7 Carregamento e descarregamento

No contexto do transporte marítimo de cargas a granel, os processos de carregamento e descarregamento são etapas cruciais que requerem planejamento cuidadoso e a utilização de equipamentos especializados para garantir eficiência e segurança. Esses processos são intrincados e envolvem a transferência de grandes volumes de materiais, muitas vezes de alta densidade, de ou para navios e, assim, exigem uma coordenação eficaz e conformidade com regulamentos e normas de segurança (BERONICH *et al.*, 2009).

O processo de carregamento de cargas a granel geralmente começa com a chegada do navio ao porto e sua atracação de maneira segura. Uma vez que o navio está atracado e assegurado, as operações de carregamento podem começar. Normalmente, os materiais a granel são transportados para a área de carregamento por meio de correias transportadoras ou veículos de transporte, como caminhões ou vagões. Uma vez na área de carregamento, equipamentos especializados, como carregadores de navios, são utilizados para transferir os materiais para o porão do navio. Durante este processo, é fundamental garantir que a carga seja distribuída uniformemente dentro do navio para evitar desequilíbrios que possam comprometer a estabilidade da embarcação (MOMBENI, 2023).

O descarregamento, por outro lado, envolve a retirada de cargas a granel dos porões dos navios. Equipamentos como guindastes com garras ou sistemas de descarregamento contínuo são comumente usados para remover os materiais do navio. Estes são então colocados em correias transportadoras ou outros veículos para transporte até os locais de armazenamento ou

processamento. Durante o descarregamento, também é essencial observar a distribuição de peso do navio para evitar problemas de estabilidade (JAFARI, 2013).

De acordo com Mombeni (2023), a eficiência nestes processos é essencial para minimizar o tempo de atracação e maximizar o rendimento do porto. Isto é alcançado por meio da otimização do fluxo de materiais, a utilização de equipamentos modernos e confiáveis, e a coordenação eficaz entre as várias partes envolvidas nas operações portuárias.

A segurança é uma preocupação muito importante em todas as etapas do carregamento e descarregamento. As operações devem cumprir as regulamentações de segurança estabelecidas e as melhores práticas da indústria. Isso inclui a utilização de equipamentos de proteção pessoal, garantindo que o equipamento seja mantido em boas condições de funcionamento, e treinando o pessoal nas práticas de segurança (BERONICH *et al.*, 2009).

#### 2.2.8 Riscos e segurança

No setor portuário, o transporte de cargas a granel apresenta uma série de riscos que precisam ser cuidadosamente gerenciados para garantir a segurança de pessoas, propriedades e o meio ambiente. Entre os perigos inerentes a esta atividade, os derramamentos e as explosões são particularmente preocupantes (MAH, 2015).

Os derramamentos são um risco significativo, especialmente quando se trata de cargas a granel líquidas, como óleo e produtos químicos. Um derramamento pode ocorrer devido a falhas de equipamentos, erros humanos ou condições climáticas adversas. As consequências de um derramamento podem ser devastadoras, não apenas em termos de perda financeira, mas, também, em termos de danos ambientais. Por exemplo, um derramamento de óleo no mar pode contaminar grandes extensões de água, afetar a vida marinha e ter impactos de longo prazo sobre ecossistemas inteiros (WANKE, 2019).

As explosões são outro risco grave associado ao transporte de cargas a granel. Algumas cargas (por exemplo, produtos químicos líquidos e gases) são altamente inflamáveis e podem explodir se não forem manuseadas corretamente. Além disso, mesmo cargas a granel sólidas, como grãos, sob certas condições, podem gerar poeira que é capaz de causar explosões. As explosões podem resultar em perda de vidas, danos à propriedade e interrupções significativas nas operações portuárias (WANKE, 2019).

Devido à gravidade desses riscos, a implementação de medidas de segurança rigorosas é de suma importância. Primeiro, é essencial que exista uma avaliação de risco abrangente que identifique todos os possíveis perigos associados ao transporte de cargas a granel. Essa

avaliação deve informar o desenvolvimento de planos de mitigação de riscos e procedimentos de emergência (SARMIENTO, 2023).

O treinamento e a educação dos trabalhadores portuários são cruciais para garantir que eles entendam os riscos associados às cargas a granel e saibam como manuseá-las de forma segura. Além disso, o equipamento usado no transporte de cargas a granel deve ser mantido em boas condições de funcionamento e regularmente inspecionado para identificar e corrigir quaisquer defeitos que possam aumentar o risco de acidentes (MAH, 2015).

As regulamentações e diretrizes internacionais e nacionais também desempenham um papel crucial na segurança do transporte de cargas a granel. A conformidade com essas regulamentações é fundamental para garantir que as operações de transporte sejam realizadas de acordo com as melhores práticas de segurança e ambientais (WANKE, 2019).

Em última análise, a segurança no transporte de cargas a granel no setor portuário é uma responsabilidade compartilhada que envolve operadores portuários, trabalhadores, reguladores e outras partes interessadas. Por meio de um compromisso coletivo com a segurança e a adoção de práticas de gerenciamento de risco robustas, busca-se minimizar os perigos e proteger as pessoas e o ambiente dos efeitos adversos associados a esta atividade (SARMIENTO, 2023).

## 2.2.9 Impactos ambientais

### 1) Informação ambiental

A gestão ambiental nos portos envolve diversas estratégias, planos e metodologias de gestão e operações com o objetivo de aprimorar a sustentabilidade ambiental, reduzir custos e, por conseguinte, ampliar a lucratividade e aprimorar a reputação perante clientes e a comunidade. Isso torna essencial para os administradores portuários equilibrar e criar valor econômico, mantendo um balanço entre os aspectos econômicos, sociais e ambientais, o que se apresenta como um desafio (PERNI, 2017).

Essa complexidade decorre de diversos elementos, tais como: (i) a natureza é um recurso finito; (ii) os administradores possuem compromissos profissionais que precisam ser cumpridos; (iii) é necessário que os portos atendam às expectativas da sociedade; (iv) a conquista de resultados financeiros positivos e a satisfação das demandas do mercado; (v) a necessidade de cumprir com normas internacionais de divulgação de informações; (vi) a importância de se estar em consonância com as regulamentações legais, entre outros aspectos (JOURNÉE, 2005).

A partir desses elementos, é imprescindível que os portos implementem sistemas de planejamento, supervisão e salvaguarda para garantir que a administração ecológica contribua para a minimização de impactos ambientais e os custos relacionados ao desempenho ambiental insatisfatório, melhorando a comunicação e a imagem pública (PORTO, 2002).

Apesar de existirem diversos outros objetivos que podem ser atribuídos à gestão ambiental, o principal propósito do planejamento e supervisão ambiental é assegurar a continuidade e regularidade das operações portuárias. Como consequência de um controle proativo, os portos podem satisfazer as necessidades das partes envolvidas, cumprir com obrigações legais e alcançar suas metas estratégicas (CIRM, 2008).

Levando em consideração que os diversos públicos interessados podem ter necessidades distintas e, por vezes, opostas em relação às informações e ao desempenho ambiental, é importante considerar as particularidades de cada grupo, conforme ilustrado na Tabela 4.

Tabela 4: Interesses dos *stakeholders* sobre informações ambientais prestadas pelos portos.

<b>PARTES INTERESSADAS</b>	<b>INTERESSE(S) SOBRE INFORMAÇÃO AMBIENTAL</b>
Fornecedores e Clientes	Eficiência ambiental dos serviços prestados (uso racional de água e energia, gestão de efluentes, emissões e resíduos, existência de programas de reciclagem de materiais, uso de equipamentos de baixo consumo de energia, entre outros), adicionalmente o porto deve observar que clientes e fornecedores têm outros objetivos que podem ser superiores as preocupações com o meio ambiente, tais como: preço, qualidade e funcionalidade dos serviços.
Empregados e sindicatos	Políticas ambientais; qualificação e treinamento ambiental, em conjunto com a manutenção de emprego.
Investidores e Financiadores	Resultados econômicos e financeiros obtidos com aumento da eficiência ambiental (tais como: novas receitas, redução de custos, redução de passivos provenientes de multas e sanções); monitoramento e gestão de responsabilidades ambientais; melhora na imagem do porto, correlação do desempenho financeiro com desempenho ambiental.
Sociedade civil	Aspectos e impactos ambientais; interferências sociais; desenvolvimento sustentável.
Governo	Cumprimento legal da responsabilidade ambiental; impostos; incentivos.
Alta administração	Objetivos estratégicos; influência do desempenho ambiental na situação econômica e financeira; requisitos legais; legitimidade.

Fonte: Rosa, 2011

Conseqüentemente, os portos se empenham em atender às demandas de variados grupos de interesse, harmonizar a participação desses múltiplos atores e alcançar suas metas estratégicas. Adicionalmente, além de corresponder às expectativas das partes envolvidas, os portos devem se adequar às regulamentações ambientais e atingir seus próprios alvos e

objetivos. Dessa forma, a administração ecológica é uma tarefa multifacetada que requer planejamento meticuloso e supervisão, bem como indicadores e dados eficazes (ROSA, 2011).

Esses dados, por sua vez, devem ser capazes de apoiar o monitoramento interno e a avaliação externa da gestão ambiental. Nesse contexto, presume-se, de acordo com Rosa (2011), que essas informações devem atender a diferentes propósitos organizacionais, como segue:

- I. Facetas gerenciais e estratégicas: dados que ilustram o compromisso do porto com abordagens de gestão, objetivos e metas, responsabilidade ocupacional, capacitação e sensibilização, certificações e reconhecimentos, auditorias, resultados e alvos, riscos e oportunidades, bem como desempenho e estratégias;
- II. Elementos ambientais: informações que retratam o desempenho do porto em relação ao uso de recursos naturais, como água, energia e biodiversidade;
- III. Repercussões ambientais: dados que refletem a administração de impactos como resíduos, emissões, efluentes, ruídos e impactos oriundos do transporte;
- IV. Facetas financeiras e jurídicas: informações que detalham os montantes de investimentos e despesas ambientais, além de multas, penalidades e descumprimentos de normas legais.

## 2) Indicadores de desempenho ambiental

Para Bogo (1998), o processo de obtenção de licenças ambientais continua sendo a ferramenta mais significativa na gestão de impactos de um complexo portuário. No entanto, a ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários) tem também monitorado a gestão dos portos por meio do Índice de Desempenho Ambiental (IDA).

O IDA é um indicador criado pela própria ANTAQ que avalia o desempenho ambiental dos portos. Esse índice é composto por uma série de critérios e métricas que objetivam monitorar e comparar o desempenho dos portos em relação à gestão ambiental. Os critérios avaliados pelo IDA englobam a conformidade com as normas e regulamentos ambientais, o comprometimento da gestão portuária com as práticas sustentáveis, e a implementação de medidas de mitigação de impactos ambientais (ANTAQ, 2017).

Ramalho (2015) avalia o IDA como um parâmetro significativo na gestão ambiental dos portos organizados no Brasil. O IDA, segundo o autor, estabelece um conjunto de critérios e métricas que permitem a avaliação e a comparação do desempenho ambiental entre diferentes portos. A partir desse índice, a ANTAQ pode avaliar a eficácia das licenças ambientais

emitidas, bem como a eficiência das práticas de gestão ambiental implementadas pelos complexos portuários.

Os indicadores que o compõem foram selecionados com base em pesquisas acadêmicas, legislação ambiental pertinente e melhores práticas adotadas globalmente no setor portuário. Estes indicadores foram, posteriormente, classificados e atribuídos pesos relativos à sua importância. A atribuição dos pesos foi realizada com base nas opiniões de especialistas da Gerência de Meio Ambiente e Sustentabilidade (GMS) da ANTAQ e responsáveis pela área ambiental de trinta portos estruturados (BURSZTYN, 2012).

Os 38 indicadores que formam o IDA estão distribuídos em quatro categorias e catorze indicadores globais. A primeira categoria, chamada de econômico-operacional, foca nas iniciativas, estruturação e capacidade de resposta relacionadas à gestão ambiental em alinhamento com as operações portuárias (CAMPOS, 2018).

A segunda categoria, sociocultural, examina as estratégias e ações sociais integradas à gestão ambiental. A terceira categoria engloba indicadores físico-químicos, que se referem aos diversos tipos de poluição que podem resultar das atividades portuárias. A quarta e última categoria abrange indicadores biológico-ecológicos, que avaliam aspectos mais diretamente ligados aos seres vivos encontrados nas áreas portuárias (HOFMANN, 2015).

Os critérios analisados por categoria incluem:

**Econômico-operacionais:** obtenção de licenças, número e especialização de técnicos, treinamento e capacitação em gestão ambiental, auditorias ambientais, bases de dados relacionadas a aspectos oceanográficos, hidrológicos, meteorológicos e climatológicos, prevenção de riscos e resposta a emergências, incidentes ambientais, remoção de resíduos de embarcações, operações com cargas perigosas, consumo e eficiência energética, tipos de energia utilizados, fornecimento de energia para embarcações, inclusão de custos ambientais no orçamento, divulgação de ações ambientais, agendas ambientais locais e institucionais, certificações voluntárias, supervisão do desempenho ambiental de arrendatários e operadores pela autoridade portuária, licenciamento ambiental das empresas, Planos de Emergência Individual (PEI) dos terminais, auditorias ambientais dos terminais e Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) dos terminais;

**Sociocultural:** promoção de educação ambiental, ações de promoção da saúde, planos de contingência de saúde no porto;

**Físico-Químico:** qualidade ambiental das águas, drenagem pluvial, ações de redução e reuso de água, áreas dragadas e de disposição, passivos ambientais, poluentes atmosféricos (gases e partículas), poluição sonora, gestão de resíduos sólidos;

**Biológico-ecológico:** monitoramento da fauna e flora, controle de animais sinantrópicos, espécies aquáticas exóticas/invasoras (HOFMANN, 2015, p. 20).

Este índice foi criado com o objetivo de avaliar o nível e progresso da gestão ambiental em instalações portuárias. De maneira geral, ele mede a presença de ferramentas de gestão para cada parâmetro, sem, contudo, avaliar a eficácia destas ferramentas. Por exemplo, verifica se um porto possui um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) ou um

Plano de Emergência Individual (PEI), mas não avalia se estes planos estão sendo devidamente implementados e alcançando os resultados desejados (CAMPOS, 2018).

### 3) Aspectos e impactos ambientais em ambientes costeiros

A atenção à qualidade ambiental das áreas costeiras surge a partir da compreensão das características ecológicas da vida marinha. Assim como nos ecossistemas terrestres, a produtividade ecológica das diferentes regiões costeiras pode variar. A zona costeira é particularmente significativa, pois é onde acontecem as interações entre terra e mar, e é onde a cadeia alimentar marinha começa com uma intensa atividade de fotossíntese pelas plantas, muitas das quais são pequenas (PEIXOTO, 2015).

A fotossíntese que ocorre no mar, especialmente nas áreas costeiras, contribui substancialmente para a produção de oxigênio na atmosfera. As áreas costeiras naturais têm graus variados de contribuição para esse conjunto de processos vitais, e é crucial reconhecer a importância ecológica excepcional desses ecossistemas (DIAS, 2011).

Tem sido observada uma transformação significativa nas áreas costeiras, principalmente devido à instalação de infraestruturas para transformação, armazenamento e transporte de produtos e matérias-primas, que podem ter diferentes níveis de risco ambiental, além da urbanização que gera impactos ambientais específicos (HOFMANN, 2015).

A avaliação de impacto ambiental é uma das ferramentas da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida em 1980, que tem como objetivo fornecer um embasamento confiável para as soluções que devem ser implementadas em determinadas situações ou atividades. No entanto, para realizar uma avaliação de impacto ambiental eficaz, é importante primeiro identificar os aspectos dos possíveis impactos ambientais, em vez de apenas tentar diagnosticar os impactos ambientais mais óbvios ou significativos (PEIXOTO, 2015).

As várias atividades realizadas na área de influência de um porto podem resultar em diversas mudanças nos ambientes locais e regionais, causando diferentes tipos de impactos, especialmente devido às dinâmicas ecológicas do ambiente em que estão localizados. Os impactos ambientais das atividades portuárias podem surgir de alterações em novas áreas de atracação, dragagens, construções e expansões em geral, e podem resultar em mudanças negativas nos ambientes (HOFMANN, 2015).

Além disso, os impactos das operações de manuseio, transporte e armazenamento de cargas, bem como das atividades e serviços de manutenção da infraestrutura, abastecimento e

reparo de embarcações e veículos, quando realizados inadequadamente, podem resultar em resíduos sólidos e líquidos, poluição do ar, da água e do solo (VASCONCELLOS, 2013).

Dentre os principais impactos negativos causados pela implantação de portos, tem-se: (a) alteração da linha costeira; (b) mudanças nos padrões hidrológicos e na dinâmica dos sedimentos; (c) destruição ou alteração de áreas naturais costeiras; (d) remoção de vegetação; (e) poluição da água, solo, subsolo e ar (VASCONCELLOS, 2013).

A operação do porto, por sua vez, pode resultar em degradação da qualidade da água, poluição do ar por emissões de gases e partículas, distúrbios devido ao tráfego de veículos pesados em áreas urbanas, geração de odores, alteração da paisagem, ruído, perturbação da fauna e flora, atração de vetores de doenças, introdução de espécies exóticas, entre outros (HOFMANN, 2015).

## **2.3 Ambiental, Social e Governança**

A sigla Ambiental, Social e Governança, em inglês *Environmental, Social and Governance* (ESG), refere-se a três pilares centrais que são usados para medir a sustentabilidade e o impacto ético de uma empresa ou organização. O conceito de ESG está se tornando cada vez mais importante para investidores, reguladores, e o público em geral, já que as organizações estão sendo cada vez mais avaliadas não apenas em termos financeiros, mas, também, com base em seu desempenho ambiental, social e de governança (MARQUES, 2022).

### **2.3.1 Dimensão Ambiental**

A dimensão ambiental do ESG, quando aplicada ao contexto portuário, foca na administração dos impactos ambientais decorrentes das atividades realizadas nos portos. Isso engloba diversas ações e medidas que podem ser adotadas para minimizar e gerenciar esses impactos. Entre elas, destacam-se a mitigação da poluição atmosférica e hídrica, a gestão adequada de resíduos, a diminuição das emissões de gases que intensificam o efeito estufa, e a salvaguarda da biodiversidade nos ambientes marinhos (IBGC, 2022).

No âmbito das operações portuárias, pode-se recorrer a tecnologias mais sustentáveis nos equipamentos e veículos em uso, o que contribui para reduzir emissões poluentes. Adicionalmente, os portos podem implementar sistemas de gestão ambiental rigorosos que

visem limitar os impactos negativos sobre os ecossistemas marinhos nas proximidades (IBGC, 2022).

Isso pode envolver, por exemplo, procedimentos para o tratamento de águas de lastro dos navios de forma a prevenir a introdução de espécies invasoras, ou práticas de manutenção que evitem derramamentos de substâncias nocivas no mar. Deste modo, as operações portuárias podem evoluir para serem mais responsáveis e alinhadas com os princípios de sustentabilidade ambiental (BOUDA *et al.*, 2018).

### 2.3.2 Dimensão Social

Na dimensão social do ESG, as atividades portuárias desempenham um papel fundamental, uma vez que exercem influência direta sobre as comunidades locais e sobre os colaboradores e demais profissionais envolvidos nas operações. Nesse contexto, é essencial que haja um comprometimento com o bem-estar desses grupos. Uma das vertentes desse comprometimento envolve assegurar que os colaboradores tenham um ambiente de trabalho seguro e justo (ARLI, 2017). Isso implica em cumprir normas de saúde e segurança, fornecer equipamentos de proteção adequados, oferecer treinamentos para lidar com os riscos das operações portuárias, além de proporcionar salários dignos e benefícios, sem que haja qualquer forma de discriminação ou exploração (TSVETKOVA, 2020).

O engajamento com as comunidades locais também é uma parte crucial desse processo. Isso pode ser feito por meio de consultas públicas, participação em iniciativas comunitárias e transparência em relação às operações do porto. É importante considerar e lidar de forma responsável com questões como tráfego de caminhões, ruído e outras formas de poluição que possam afetar a qualidade de vida dos residentes das áreas adjacentes (IBGC, 2022).

Além disso, os portos têm um papel significativo no desenvolvimento econômico das regiões onde estão situados. Eles têm o potencial de criar empregos, facilitar o comércio e alavancar a economia local. No entanto, isso deve ser feito de maneira sustentável e responsável, garantindo uma distribuição justa dos benefícios e minimizando impactos negativos desproporcionais sobre determinados grupos ou sobre o meio ambiente (KAISER, 2018).

### 2.3.3 Dimensão de Governança

No contexto das atividades portuárias, a dimensão de governança do ESG desempenha um papel relevante ao assegurar que os portos operem de forma transparente, ética e responsável. A transparência é uma pedra angular da governança, e envolve não apenas a

divulgação de informações relevantes sobre as operações e finanças, mas, também, a clareza na tomada de decisões. Isso é essencial para construir confiança com as partes interessadas, incluindo os trabalhadores, a comunidade local, os clientes e os reguladores (DAMASCENO, 2009).

Além disso, a ética desempenha um papel vital na governança. Isso significa operar de maneira íntegra, justa e em consonância com os valores sociais. Os portos, como grandes infraestruturas que afetam comunidades e têm impacto ambiental, têm uma responsabilidade de garantir que suas operações não sejam prejudiciais e de fato contribuam positivamente para a sociedade e o meio ambiente. Parte disso envolve a adoção de políticas claras que orientem a tomada de decisões de uma maneira que esteja alinhada com os princípios éticos (TIJAN, 2021).

A responsabilidade é outra faceta-chave da governança. Isso implica em ter mecanismos eficazes de gestão de riscos e operações, que permitam identificar, avaliar e mitigar riscos que possam afetar não apenas a operação do porto, mas, também, as comunidades e o meio ambiente ao redor. Um bom sistema de gestão de riscos deve ser proativo e não apenas reativo, buscando prevenir problemas antes que eles ocorram (IBGC, 2022).

Finalmente, a aderência às regulamentações e leis aplicáveis é um componente crítico da governança. Isso inclui não apenas o cumprimento das leis ambientais e de segurança, mas, também, regulamentações que possam afetar a operação dos portos de outras maneiras, como as leis trabalhistas e de comércio. Cumprir as regulamentações não é apenas uma obrigação legal, mas, também, uma maneira de demonstrar compromisso com a operação responsável e ética (DE LANGEN, 2016).

### 3 METODOLOGIA PROPOSTA

#### 3.1 Classificação da pesquisa

A classificação deriva das principais características que as pesquisas apresentam em relação à sua natureza, à forma de abordagem do problema, aos seus objetivos e aos procedimentos técnicos a serem utilizados.

##### 3.1.1 Quanto à natureza

Gil (2008) define a natureza de uma pesquisa como básica ou aplicada, onde a primeira busca gerar novos conhecimentos e teorias para o desenvolvimento científico, sem a obrigatoriedade de aplicação desta pesquisa. Já a pesquisa aplicada tem como objetivo a produção de conhecimento com vistas à sua aplicação prática, utilizando referências teóricas da área de estudo, a fim de fornecer análises, comparações e alternativas para a resolução desses problemas.

Sendo assim, o presente trabalho é classificado como aplicado, uma vez que utiliza conhecimentos já existentes para desenvolver uma análise aplicada a um estudo de caso do setor logístico e portuário. A aplicação desta pesquisa está delimitada ao escopo da operação estudada que, majoritariamente, está alocado dentro da poligonal de um porto, podendo haver relações com a comunidade e *stakeholders* externos a este ambiente.

##### 3.1.2 Quanto à abordagem

Segundo Gil (2008), a abordagem de uma pesquisa pode ser classificada em qualitativa, quantitativa ou mista. A qualitativa busca explorar significados, percepções e experiências dos participantes. Por outro lado, a abordagem quantitativa visa medir e analisar dados numéricos de forma objetiva, buscando identificar padrões e relações. Além disso, há a abordagem mista, que combina elementos das abordagens citadas anteriormente, buscando uma compreensão mais completa e abrangente dos fenômenos de pesquisa.

Esta pesquisa utiliza uma abordagem de cunho misto, pois, por analisar aspectos das vertentes ambiental, social e de governança, a forma de abordagem da análise será variada de acordo com objeto de estudo específico.

### 3.1.3 Quanto ao procedimento técnico

Para esta pesquisa utilizou-se os seguintes procedimentos:

- Levantamento bibliográfico em artigos, dissertações, teses, livros, documentos da empresa estudada e sites, buscando obter fundamentos teóricos para realizar o estudo de caso.
- Observação das operações portuárias *in loco* e, assim, por meio da percepção do pesquisador e conversa com usuários e trabalhadores, pode-se realizar inferências sobre a atividade.
- Levantamento de dados de natureza operacional, ambiental e social, visando estabelecer critérios de análise para todas as dimensões.

### 3.1.4 Quanto ao objetivo

Para Vergara (2016), o objetivo de uma pesquisa pode ser classificado como exploratória, explicativa e descritiva. A pesquisa exploratória busca explorar um tema pouco estudado, gerando hipóteses iniciais e familiaridade com o assunto. Já a pesquisa explicativa tem como objetivo identificar relações de causa e efeito entre variáveis, buscando explicar os fenômenos investigados. Por fim, a pesquisa descritiva foca em descrever características e distribuições de um fenômeno, oferecendo uma imagem detalhada do objeto de estudo.

Esta dissertação possui objetivo descritivo, pois é resultado de uma investigação sobre um tipo de operação específico, analisando esta atividade dentro dos três tipos de dimensões e elencando características, percepções e analisando dados coletados *in loco*.

## 3.2 Seleção da Metodologia

Para a determinação da metodologia adotada neste estudo, tomou-se como base Cutrim *et al.* (2023), em que os autores fazem uma seleção de boas práticas de ESG no setor portuário. Tendo em vista que o presente trabalho visa fazer uma análise aplicada das operações portuárias de importação, utilizou-se a categorização de melhores práticas utilizadas no setor para estabelecer os nichos de pesquisa.

## 3.3 Dados coletados

Segundo Lakatos e Mardoni (2012), a coleta de dados é uma etapa fundamental na pesquisa científica, na qual informações e evidências são reunidas de forma sistemática. Essa

atividade envolve a seleção de métodos e técnicas apropriadas para obter dados relevantes e confiáveis, permitindo que os pesquisadores colem informações necessárias para responder às perguntas de pesquisa ou testar hipóteses.

Nesta pesquisa foram utilizadas abordagens como observações diretas, questionários, entrevistas e análise de documentos, dependendo da natureza do objeto que se buscava estudar em cada etapa da pesquisa.

### 3.3.1 Dimensão de governança

Optou-se por iniciar o estudo pela dimensão de governança, pois esta permite conhecer toda a operação do porto, o que serve de subsídio para o entendimento das demais dimensões.

Para isto, optou-se por fazer o estudo desta dimensão em três etapas: (1) análise crítica do fluxo dos diferentes tipos de operações, (2) análise comparativa entre as operações de descarregamento de navios, e (3) estudo das perdas operacionais na logística de pós descarregamento. Adotou-se este escopo visando analisar a operação por completo, denominada de *gate to gate*, sendo do portão de entrada do porto até o portão de entrada do comprador da carga.

Na etapa 1 foram realizadas visitas *in loco* à área operacional do porto para identificar e observar os diferentes tipos de operações de descarregamento, visando identificar pontos críticos operacionais, gargalos no processo e possíveis melhorias.

Já na etapa 2 foram realizadas análises quantitativas de operações de descarga de navio semiautomatizadas, não automatizadas e híbridas. Com este estudo busca-se obter a taxa de perda por operação e assim obter a operação com melhor desempenho.

Para isto, foram analisadas as documentações de navios que realizaram a atividade de importação no ano de 2021 nos três diferentes tipos de operações. A taxa foi obtida pela comparação do Peso Bruto Manifestado (PBM), que é o valor de carga que será descarregada declarada pelo operador, com o Peso Líquido Realizado (PLR), sendo que de fato foi descarregado e que é comunicado aos órgãos anuentes.

Por fim, a etapa 3 visa identificar as perdas, em especial de tempo, após o descarregamento do navio, mas ainda dentro do porto. Assim, busca-se os principais gargalos desta logística e os impactos que estes podem causar para a governança do porto.

Para obter esta os dados desta análise são extraídos dos bancos de dados fornecidos pelo porto estudado os valores referentes ao movimento dos caminhões dentro do porto, buscando identificar o tempo total de operação e o tempo referente a perdas operacionais, como a

atividade de alívio de carga. Assim, após receber os dados, eles são tratados, em seguida estruturados e, por fim, analisados.

### 3.3.2 Dimensão social

Para o estudo da dimensão social, optou-se por realizar a análise de forma ampla envolvendo diversas temáticas de estudo, uma vez que os impactos de cunho social extravasam o âmbito das operações portuárias, sendo assim, esta parte do estudo visa questionar se o porto cumpre seu papel transformador na realidade social em que está inserido.

Desta forma, o estudo foi dividido em duas etapas: (a) a primeira visa mensurar a percepção e a efetividade das ações realizadas pelo porto; (b) a segunda busca evidenciar as ações realizadas pela empresa do estudo de caso.

Na primeira etapa é aplicado um questionário com o público interno e externo do porto. A avaliação interna foi realizada com um público de diferentes segmentos do setor portuário, sendo eles trabalhadores diretos ou *stakeholders*, e relacionados direta ou indiretamente com a operação portuária. Neste público busca-se medir se os entrevistados possuem ciência das atividades de cunho social das empresas contidas no complexo portuário e, dentro da temática de avaliação Gestão de Riscos, busca avaliar o quanto essas pessoas se sentem assistidos por políticas de segurança voltadas para o público interno.

Já o questionário aplicado ao público externo visa medir a percepção dos moradores de regiões próximas ao porto sobre as ações mitigatórias ou compensatórias realizadas pelas empresas ali contidas.

Já na segunda etapa, o trabalho visa evidenciar as iniciativas do âmbito social realizadas pela empresa estudada. Expondo as iniciativas e comparando com os resultados obtidos na primeira etapa, busca-se responder os seguintes questionamentos:

- As ações realizadas são suficientes para compensar ou eliminar os impactos causados pela atividade portuária?
- A população interna e externa recebe os benefícios gerados por estas ações?
- A população tem conhecimento das iniciativas?
- As realizações chegam ao público realmente impactado?

### 3.3.3 Dimensão ambiental

Para o estudo da dimensão Ambiental foi realizada a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para as operações não automatizadas e semiautomatizadas, e os resultados são comparados. Optou-se pela ACV porque ela auxilia a apontar os possíveis impactos gerados por cada uma das operações. Caso fossem utilizadas análises de solo, efluente e biota, por exemplo, seria muito difícil desassociar os impactos gerados por cada tipo de operação.

Para realização da ACV tomou-se como base a metodologia descrita na norma ISO 14040, que incluem as seguintes etapas:

1. Definição do Escopo, em que são definidos o sistema de estudo, os limites, indicadores ambientais que serão avaliados, unidade funcional e o cenário de comparação;
2. Coleta de dados para o estudo, de forma que, tomando como base as definições da etapa anterior, são coletadas informações dos setores diretamente envolvidos com a operação, além de consulta a fabricantes e *stakeholders*;
3. Determinação do Inventário do Ciclo de Vida, no qual são avaliados todos os fluxos de entrada e saída de materiais e energia em um sistema ou operação;
4. Construção da modelagem, que normalmente é feita utilizando-se softwares especializados;
5. Análise dos resultados de impactos gerados;
6. Interpretação e discussão dos resultados

### **3.4 Etapas da pesquisa**

A pesquisa foi estruturada em três etapas distintas, que são: preparação, compilação e interpretação.

#### **3.4.1 Preparação**

Inicialmente foi realizado um levantamento para identificar a empresa que se encaixaria no objeto do estudo de caso desta pesquisa. Em seguida, a empresa foi contatada e solicitou-se a anuência para realização do estudo e autorização para cessão de dados.

Em seguida foram realizadas pesquisas *in loco* mensais, no período de abril a setembro de 2022, onde cada visita tinha com duração média de duas horas, buscando entender as etapas da operação e todo o processo logístico envolvido. Tendo entendimento da atividade realizada, foram elencados os dados necessários para a realização das análises, e encaminhada a solicitação para os responsáveis na empresa.

### 3.4.2 Compilação

Nesta etapa foi realizada a análise dos dados fornecidos pela empresa estudada, buscando estabelecer conexão entre a análise qualitativa realizada presencialmente e as informações quantitativas fornecidas pelo porto.

Logo após foram realizadas diversas entrevistas de forma presencial e remota, buscando entender a percepção de moradores, trabalhadores e *stakeholders* da operação estudada.

### 3.4.3 Interpretação

Uma vez que os dados foram coletados, iniciou-se a organização dos dados. Posteriormente, buscou-se a identificação de padrões, a comparação com teorias existentes ou outros estudos com abordagens semelhantes, visando a geração de novos *insights*.

Com a interpretação dos dados chegou-se a conclusões significativas, contemplando os objetivos da pesquisa de forma clara e coerente.

## **4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste capítulo são apresentados os dados quantitativos e qualitativos obtidos neste estudo, sua interpretação e, por fim, a comparação destes com estudos de outros autores.

### **4.1 Características do porto estudado**

Por solicitação da empresa estudada, este trabalho não irá identificá-la. Contudo, são descritas características da empresa de forma que seja possível compreender sua relevância no contexto nacional.

O porto estudado teve início das suas operações na década de 1970. A sua hinterlândia, como é denominada a área economicamente servida, abrange nove estados, totalizando mais de cinquenta milhões de habitantes e um PIB de R\$ 970 bilhões.

Em relação à sua estrutura de operação, o porto dispõe de nove berços de atracação, sendo estes aptos a operar diferentes tipos de cargas e, por isso, o trabalho o denominou como “multicargas”. No ano de 2021 foram movimentadas 31 milhões de toneladas de diversos produtos, com destaque para a exportação de graneis sólidos orgânicos (soja, farelo de soja e milho), que correspondem a aproximadamente 40% deste volume, e possui como principal destino a China. No que se diz respeito às importações, destacam-se os graneis líquidos químicos e petrolíferos, correspondendo a 13% do total movimentado, e tem origem mais frequente os Estados Unidos.

Atualmente, o porto possui conexão direta com duas ferrovias e indireta com mais uma. Além disso, possui escoamento via rodoviário por duas rodovias federais e uma rodovia estadual.

A empresa gestora do porto é certificada nas normas ISO 9001, 14001 e 45001, o que garante uma acreditação internacional de suas atividades no âmbito de meio ambiente, qualidade e segurança do trabalho. Deve-se destacar também que a empresa possui como visão até o ano de 2026 ser vetor de transformação para a região em que está instalada, e possui como valores pessoas, transparência, integridade, segurança, sustentabilidade e excelência.

### **4.2 Resultados por dimensão**

Nesta seção serão descritos os dados coletados e resultados obtidos em cada uma das dimensões. Também serão discutidas as ações dentro de cada nicho de estudo.

#### 4.2.1 Análise dos resultados para a dimensão de governança

Antes de iniciar a descrição das operações em si, é importante explicar o que é chamado de “Porto Organizado”. Este termo faz referência a um conjunto de áreas contidas no espaço do porto, como mostrado no desenho esquemático da Figura 5. A área mais próxima ao mar, identificada na figura pelo número 3, é denominada de área primária, setor que abrange todo o espaço destinado à realização das operações de carga e descarga, sendo uma área autorizada pela Receita Federal do Brasil para armazenamento ou trânsito de mercadorias, veículos e pessoas com origem ou destino no exterior, a chamada Área Alfandegada.

A área localizada após a área primária é denominada de área secundária, identificada na figura pelo número 2, a qual ainda é uma área de trânsito de mercadorias, as quais já foram declaradas e fiscalizadas junto aos órgãos anuentes. Nesta área também ficam alocadas empresas de diferentes segmentos que movimentam cargas pelo porto, além de setores administrativos do porto. Logo após esta área estão instalados bairros habitacionais e empresas de grande e médio porte, identificada na figura pelo número 1.

Figura 5: Desenho esquemático do porto organizado.

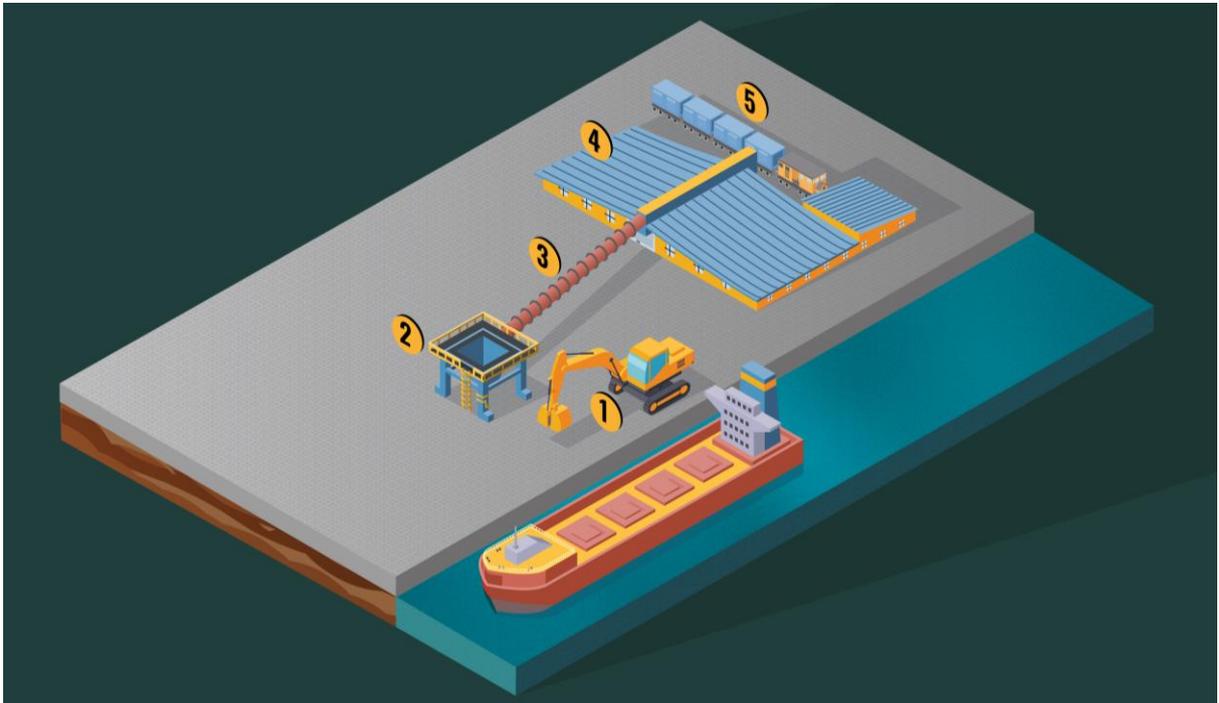


Fonte: Autor, 2023.

A primeira atividade portuária estudada foi a popularmente conhecida como “operação mecanizada” (Figura 6) e, neste estudo, esta operação é denominada “semiautomatizada”. Apesar de todas as operações descritas serem de origem mecanizada, uma vez que promovem

o emprego de máquinas, o que as difere é o grau de automatização, o que será descrito a seguir.

Figura 6: Desenho esquemático da operação semiautomatizada.



Fonte: Autor, 2023.

A operação em questão é um processo utilizado para o manuseio e transporte de graneis sólidos de origem orgânica ou vegetal, como fertilizantes, carvão e rochas. Inicialmente, a ação acontece em dois porões de um navio simultaneamente. Nesses porões, guindastes telescópicos são empregados para retirar a carga de fertilizantes. Com uma combinação de potência e precisão, os guindastes levantam a carga (identificada na Figura 6 pelo número 1) e a depositam cuidadosamente em funis ou moegas (identificada na Figura 6 pelo número 2), como são popularmente conhecidos. Na Figura 7 pode-se observar o guindaste depositando a carga dentro do funil.

Figura 7: Foto da operação de descarregamento na operação semiautomatizada.



Fonte: Autor, 2023.

Uma vez dentro dos funis, a carga é então despejada em esteiras transportadoras (identificada na Figura 6 pelo número 3). Estas esteiras são responsáveis por mover o fertilizante em um fluxo constante e controlado, deslocando a carga até o galpão da empresa (identificada na Figura 6 pelo número 4) que se localiza nas instalações do porto, no caso de algumas empresas de fertilizantes. No caso de cargas de carvão, as empresas que utilizam este material no seu processo produtivo localizam-se fora do porto.

No caso dos fertilizantes, ao chegar ao galpão, a carga é alocada em pilhas de material, onde, de acordo com a demanda dos compradores, é transferida por meio de esteiras para um Misturador Industrial de Fertilizantes, em que diferentes tipos de fertilizantes podem ser combinados e misturados para criar uma composição específica que atenda às necessidades do cliente. Após a mistura, o fertilizante é transportado diretamente para os veículos de transporte, que, no caso da operação semiautomatizada, é escoada para o destino por meio do transporte ferroviário (identificada na Figura 6 pelo número 5). Este modal conta com uma composição ferroviária, formada por duas locomotivas do modelo SD70/GE/DASH9, juntamente com 35 vagões carregados e 120 vagões vazios. Os sem carga fazem parte do traslado, pois retornarão ao porto com cargas para exportação.

Cada um dos vagões carregados é tem capacidade para 94 toneladas de fertilizante, totalizando a elevada quantidade de 3.290 toneladas. A empresa que opera este tipo de carga tem como principal cliente um entreposto logístico localizado a 955km do porto. Esse percurso é planejado para garantir que a carga chegue ao seu destino em boas condições e dentro do cronograma estabelecido.

Na Figura 7 observa-se ainda uma grande quantidade de material de cor laranja derramado em frente ao guindaste. Este material desperdiçado é resultado da queda durante o traslado do material do porão do navio para o funil. Além disso, a Figura 8 mostra uma visão da operação do ponto de vista do guindaste, imagem que permite observar uma grande quantidade de material particulado que se desloca após a carga ser jogada dentro do funil. Isto acontece devido à grande incidência de ventos na região próxima ao cais. Essa problemática evidencia uma clara perda de material, contudo, também deixa claro o impacto em outras duas dimensões, uma vez que parte do material disperso no ar se desloca para a região do mar, ocasionando contaminação do efluente com fertilizantes, por exemplo. Outra parte deste material desloca-se para a área de cais onde inúmeros trabalhadores portuários circulam majoritariamente sem a utilização de máscaras (conforme observado *in loco*), levando à possibilidade de contaminação humana por este material.

Figura 8: Material particulado disperso no ar após derramamento no funil



Fonte: Figura cedida pelo porto estudado, sendo parte do acervo da empresa, 2023.

Como o intuito de atenuar a queda de material no mar e reaver parte do material caído durante o traslado, a empresa operadora da carga utiliza lonas, semelhantes às utilizadas em

caminhões, de material de polietileno de alta densidade (PEAD), fixadas na beira do cais e no casco do navio, como mostrado na Figura 9. Contudo, tal tentativa se mostra falha, pois, com os ventos, o material polimérico se movimentava formando um bolsão de ar e espalhando toda a carga. Além disso, com a variação de maré de 6 em 6 horas, a lona fica em determinados momentos muito tensionada e, em outros, muito encolhida, não executando corretamente a sua função.

Figura 9: Lona de costado colocada entre o navio e o cais



Fonte: Autor, 2023.

O segundo tipo de operação é conhecido no setor portuário como não mecanizada, que neste estudo será denominada “não automatizada”. Esta atividade difere da semiautomatizada porque não utiliza esteiras, e toda a movimentação da carga ocorre por meio de caminhões. Esta movimentação começa com uma carreta, que possui em média capacidade para carregar até 33 toneladas, deslocando-se da sede de uma empresa transportadora terceirizada até o porto, um trajeto de 18km.

A Figura 10 mostra a operação após a chegada da carreta ao porto, onde passa por duas etapas de identificação: nas portarias de acesso às áreas secundária e primária (identificado

como número 1 na Figura 10). Após esses procedimentos, a carreta desloca-se até a balança para realizar a tara, que é a pesagem do veículo vazio (item 2 da Figura 10).

Figura 10: Desenho esquemático da operação não automatizada.



Fonte: Autor, 2023.

Uma vez que a tara é realizada, a carreta segue para o cais de atracação, onde aguarda em uma fila até receber a carga. Similar à operação semiautomatizada, aqui também há dois porões operando simultaneamente, com guindastes telescópicos retirando a carga dos porões do navio. No entanto, a carga é depositada no funil e, então, desloca-se para a carroceria da carreta (item 3 da Figura 10). Neste caso, o controle de queda do material contido no funil para o caminhão é realizado por um trabalhador portuário, de forma visual, sem nenhum tipo de medição, como mostrado na Figura 11.

Depois de carregada, a carreta retorna à balança (item 4 da Figura 10) para ser pesada novamente e verificar se a carga está dentro do limite permitido pelo Denatran: no caso de carretas de um eixo, a carga máxima é de 33 toneladas. Caso a carga esteja de acordo com a norma, o caminhão segue para a saída do porto (item 5 da Figura 10). Caso esteja acima do valor máximo permitido, a carreta é direcionada para uma área de pátio denominada “área de alívio de carga”, onde parte da carga é descarregada no chão ou com o auxílio de uma mini carregadeira, como mostrado na Figura 12. Após ajustar o peso da carga, a carreta passa por

uma nova pesagem e, se tudo estiver conforme as regulamentações, ela é liberada para sair do porto.

Figura 11: Operação de carregamento de caminhão na operação não automatizada



Fonte: Autor, 2023.

Figura 12: Operação alívio de carga.



Fonte: Figura cedida pelo porto estudado, sendo parte do acervo da empresa, 2023.

A atividade de alívio de carga é muito prejudicial ao porto em diferentes âmbitos. Primeiro, quando a carga é depositada no chão, esta tem que ser raspada por uma carregadeira, o que ocasiona danos à estrutura de concreto armado do cais. Além disso, este é um gargalo para grandes perdas de material, por se tratar de materiais de baixa granulometria e estar sujeito à ação do vento e desperdícios na mudança da carga.

Após sair do porto, a carreta desloca-se até a unidade de empresas importadoras da carga, que ficam alocadas em regiões próximas do porto, entre 2km e 10km de distância.

No caso das empresas misturadoras de fertilizante, a carga é depositada em galpões lonados, onde é organizada no espaço com o auxílio de pás carregadeiras. De acordo com a demanda dos compradores, a carga é transferida por correias transportadoras para um Misturador Industrial de Fertilizantes, semelhante ao utilizado na operação semiautomatizada. Após a mistura, o fertilizante é levado por esteiras até um caminhão, responsável por transportar a carga até o cliente final.

Por fim, este caminhão desloca-se até o destino final, entregando o fertilizante ao cliente. É importante destacar que, quando comparado com a composição ferroviária da operação descrita anteriormente, para escoar a mesma quantidade de carga (3.290t), são utilizados 100 caminhões, cada um carregando até 33 toneladas. Este processo exemplifica uma abordagem mais manual e intensiva em termos de logística e manuseio.

Outro fato observado é que, após o carregamento no funil, o caminhão desloca-se até a balança com a caçamba descoberta, mostrado na Figura 13. Em conversa realizada em campo com caminhoneiros, os mesmos afirmaram que adotam essa postura para que o peso da lona não influencie na pesagem da carga do caminhão, uma vez que a remuneração pelo frete é feita sob o volume de carga movimentada. Além disso, foi apontado que, caso o caminhão já estivesse lonado e apresentasse sobrepeso, seria necessário retirar a lona, realizar o alívio e recolocar a lona, o que é considerado como perda de tempo pelo trabalhador.

Figura 13: Movimentação do caminhão sem lona dentro das dependências do porto.



Fonte: Autor, 2023.

Contudo, observa-se que a prática mostrada na Figura 13, em conjunto com a movimentação do caminhão e a ação do vento, resultam em um elevado deslocamento de carga, que apresenta implicações como perda de material e contaminação do ar, podendo levar à contaminação humana e ambiental.

Na segunda etapa do estudo de governança, foi realizada uma análise quantitativa de operações de descarregamento semiautomatizadas, não automatizadas e híbridas. Esta última se refere a operações que utilizaram as duas operações anteriores no mesmo navio.

O porto estudado realizou 164 operações de descarregamento de cargas a granel no ano de 2021. Para determinar a quantidade de navios que seria estudada, foi realizado o cálculo do tamanho da amostra a partir de uma população de 164 navios, com grau de confiança de 90% e margem de erro de 10%. Utilizando a Equação (1), descrita por Montgomery *et al.* (2000), chegou-se ao resultado amostral de 49 navios a serem analisados.

$$A = \frac{\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2 N}} \quad (1)$$

Onde:

N = tamanho da população

$e$  = margem de erro

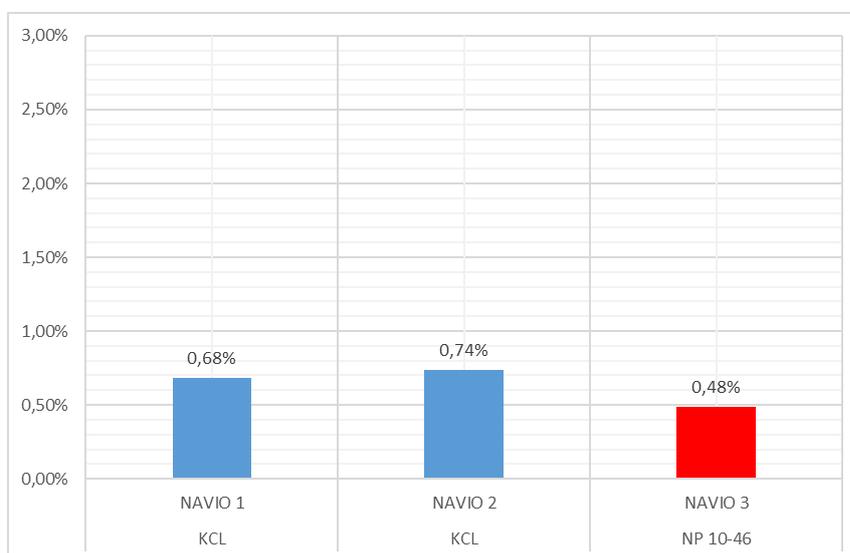
$z$  = escore

$p$  = desvio padrão

Inicialmente, foi analisado o número de atracções por tipo de operação, tendo sido observados 3 atracções do tipo de semiautomatizada, 96 (noventa e seis) do tipo não automatizada, e 65 (sessenta e cinco) do tipo híbrida. Desta forma, optou-se por analisar todas as atracções do tipo semiautomatizada, 23 (vinte e três) do tipo não automatizada e 23 (vinte e três) do tipo híbrida.

Em seguida, solicitou-se ao setor responsável no porto os dados de atracções que informavam Peso Bruto Manifestado (PBM) pelo navio na chegada, e o Peso Líquido Realizado (PLR) após a operação sendo aferido pelas balanças. Estes dados permitem calcular a Taxa de Desperdício (TDD) da operação. Os navios que foram analisados foram escolhidos aleatoriamente. A Figura 14 mostra o resultado de TDD para a operação exclusivamente semiautomatizada.

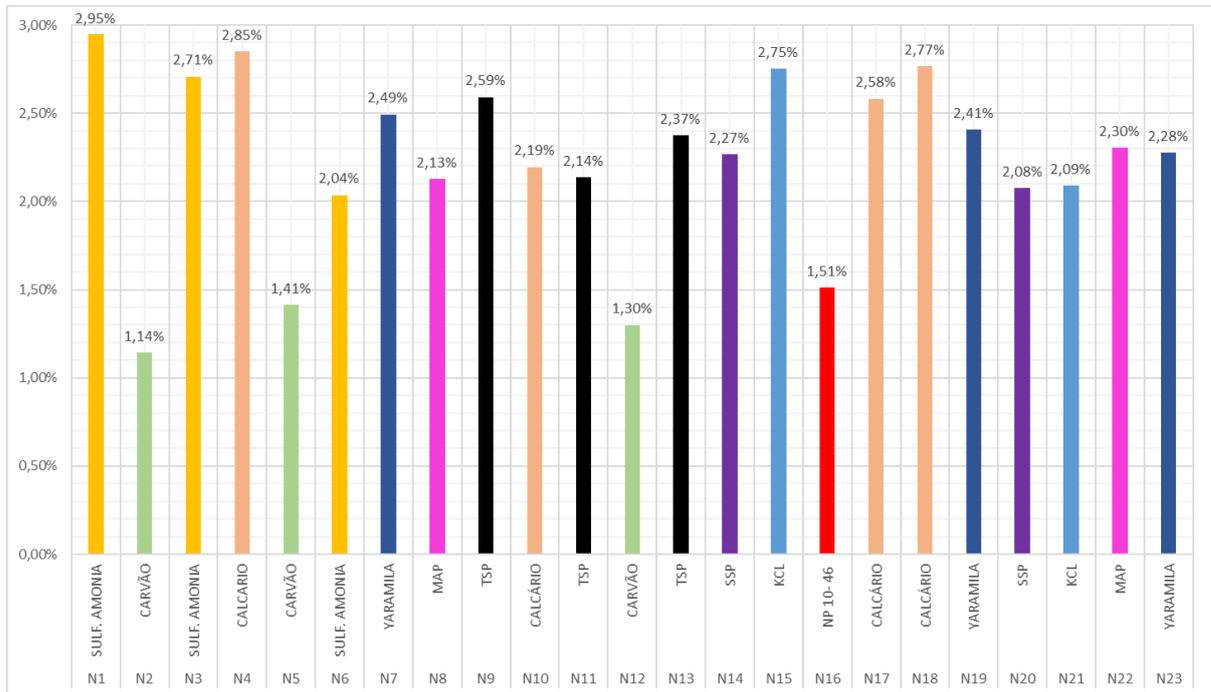
Figura 14: Taxa de Desperdício para operações semiautomatizadas.



Fonte: Autor, 2023.

As cargas destas operações são de KCl (cloreto de potássio) e NP 10-46 (Fosfato monoamônico), e todas foram realizadas pela mesma empresa. Elas apresentam uma média de TDD de 0,63%, valor este que, em conversa com gestores, é um resultado habitualmente aceito para a operação. Em seguida, na Figura 15, observa-se o resultado de TDD para as operações não automatizadas.

Figura 15: Taxa de Desperdício para operações não automatizadas.

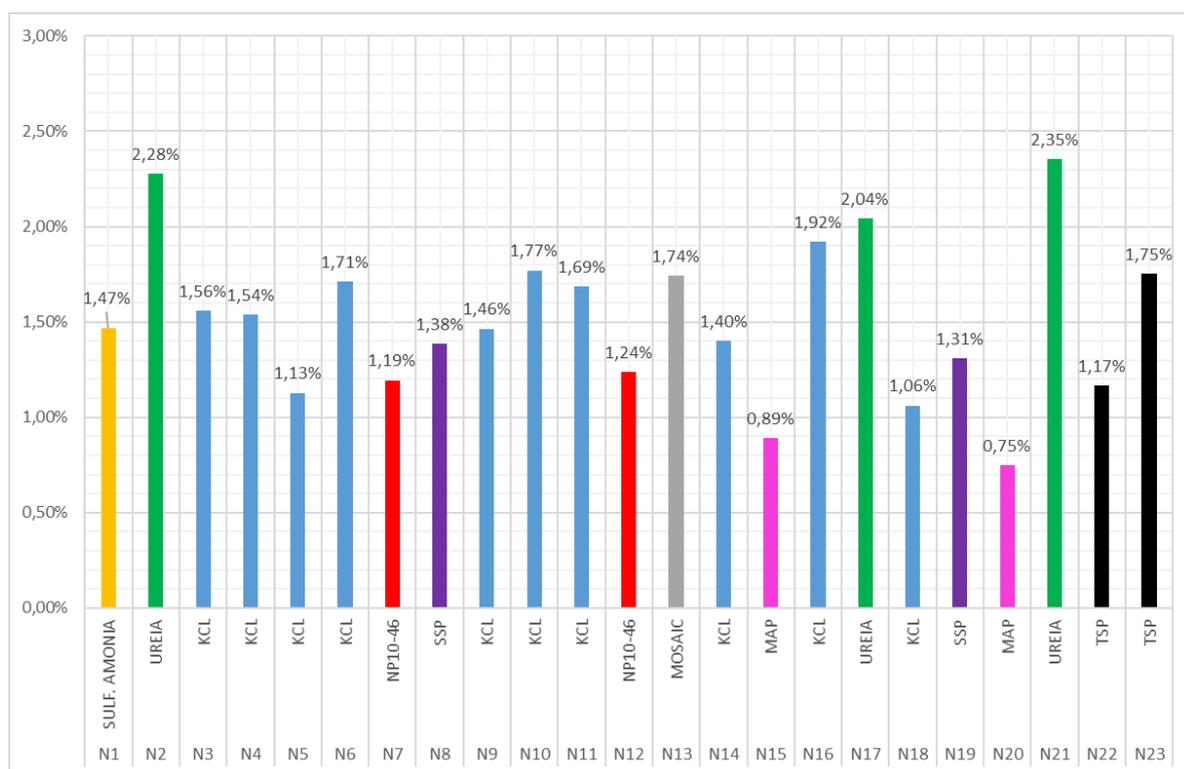


Fonte: Autor, 2023.

Nos resultados obtidos de TDD para as operações não automatizadas, observa-se um valor de desperdícios médio de 2,23%, que corresponde a três vezes mais quando comparado com a média das operações semiautomatizadas. Ainda observando a Figura 15, nota-se que os únicos valores de desperdício a ficarem abaixo de 1,50% foram os de cargas de carvão. Desta forma, pode-se associar este resultado ao fato desse material possuir maior volume que os demais estudados, como mostrado por Junior Dias *et al.* (2015), que apontam que a granulometria do carvão vegetal pode variar de 32mm a 55mm. Quando comparado com o material que apresentou maior desperdício na operação, o Sulfato de Amônio Granulado, este apresenta granulometria de entre 1mm e 4mm, de acordo com a empresa importadora FITCO.

Por fim, na Figura 16 são apresentados os resultados de desperdícios para navios que foram descarregados parte por operação não automatizada e parte semiautomatizada e, por isso, são denominadas operações híbridas.

Figura 16: Taxa de Desperdício para operações híbridas



Fonte: Autor, 2023.

Neste caso, observa-se um comportamento intermediário deste tipo de operação quando comparado com os dois anteriores, apresentando média de desperdício de 1,51%. Desta forma, observando-se os resultados de TDD para semi e não automatizada, pode-se inferir que na operação híbrida a atividade semiautomatizada influencia diretamente na redução do desperdício. Destaca-se o elevado desperdício na movimentação de ureia, que, durante as visitas realizadas *in loco*, observou-se possuir aspecto muito fino, o que é confirmado ao consultar as especificações técnicas do produto no site da empresa FITCO, que informa que este apresenta granulometria entre 1mm e 4mm.

Tendo em vista os resultados apresentados anteriormente, pode-se levantar duas hipóteses sobre a variação de desperdício apresentada. A primeira diz respeito à movimentação das cargas, onde evidenciou-se que a operação semiautomatizada apresenta melhor resultado no que se diz respeito à TDD de produto, resultado que pode ser associado ao fato da carga estar menos exposta a intempéries climáticas como vento forte, por ser majoritariamente movimentada em esteiras.

A segunda hipótese diz respeito à granulometria do material, em que foi observado que o carvão, material de maior granulometria, apresentou menor taxa de desperdício que a Ureia e o Sulfato de Amônio. Pode-se inferir que esta perda maior acontece na garra (*grab*), que fica

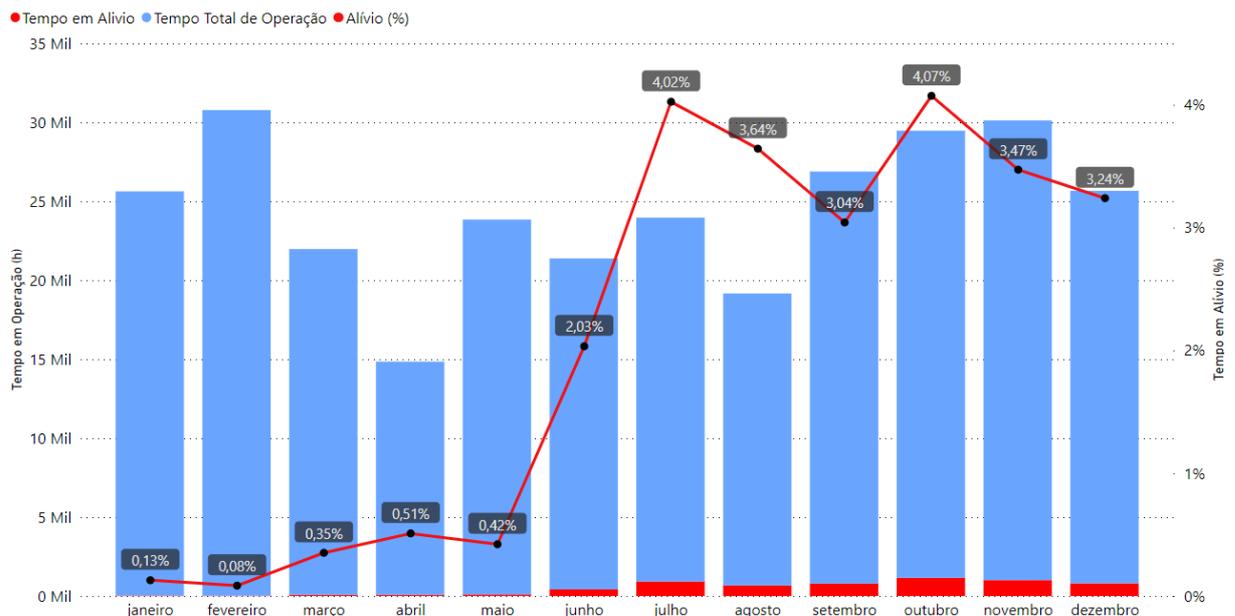
presa na ponta do guindaste, e é o responsável por “agarrar” a carga dentro do porão do navio e depositá-la no funil. Contudo, quanto menor a granulometria da carga, mais ela vaza de dentro do *grab*, e esta baixa eficiência já havia sido relatada por Zhou e Zhou (2015).

Na terceira etapa da análise desta dimensão, buscou-se identificar as perdas operacionais de tempo e carga após o descarregamento do navio. Este estudo foi focado na operação não automatizada e no movimento dos caminhões após receber a carga. Isto se deu uma vez que não foram observados gargalos após o descarregamento na operação semiautomatizada, já que a carga é transportada por esteiras.

Esta análise foi constituída, em especial, nos casos de alívio de carga, descritos anteriormente. Para isto, foram obtidos junto ao porto estudado o horário de entrada no caminhão área primária, o momento em que ele realizou a tara, o instante em que ele pesou a carga após o carregamento, o horário da segunda pesagem (em caso de alívio), e o instante de saída do caminhão.

O momento de entrada do primeiro caminhão da operação e da saída do último caminhão foi considerado como o tempo da operação. Além disso, foram mensurados os tempos de alívio de carga, sendo o resultado da diferença entre a primeira e a segunda pesagem do caminhão após o carregamento. Os resultados obtidos foram segmentados pelos meses de 2021, e são apresentados na Figura 17.

Figura 17: Percentual de tempo de alívio de carga em função do tempo total de operação.



Fonte: Autor, 2023.

Os resultados observados na Figura 17 evidenciam uma média no ano de 2021 de 2,08% de tempo gasto em alívio de carga. Destaque negativo para os seis últimos meses do ano, em que todos possuem taxa de realização de alívio entre 3% e 4%. Uma hipótese para maior taxa no segundo semestre ano é que este é o período de estiagem no estado onde o porto se localiza. Assim, as áreas utilizadas para o alívio da carga estão secas e disponíveis para uso, de forma que culturalmente os motoristas e operadores portuários assumem um risco maior ao encher o caminhão pois: (a) caso ocorra sobrepeso, possuem áreas disponíveis para retirar a carga; (b) caso não ocorra sobrepeso, realizam menos viagens do porto à empresa importadora. Já no primeiro semestre, como as áreas alívio estão boa parte do tempo molhadas, a carga não pode ser colocada no chão, sob o risco de prejudicar sua qualidade. Assim, os responsáveis pela operação assumem uma postura mais conservadora ao encher o caminhão, assumindo a possibilidade de fazer mais viagens.

Diante dessa problemática de desperdícios de tempo durante a operação de descarga no setor portuário, Li, Liu e Yao (2021) propõem a utilização de algoritmo de detecção de anomalias não supervisionado para otimizar a movimentação de caminhões dentro da poligonal do porto, reduzindo perdas de tempo. Durante busca na literatura, não foram encontrados estudos semelhantes a este para que se realizasse uma comparação das taxas de desperdício encontradas.

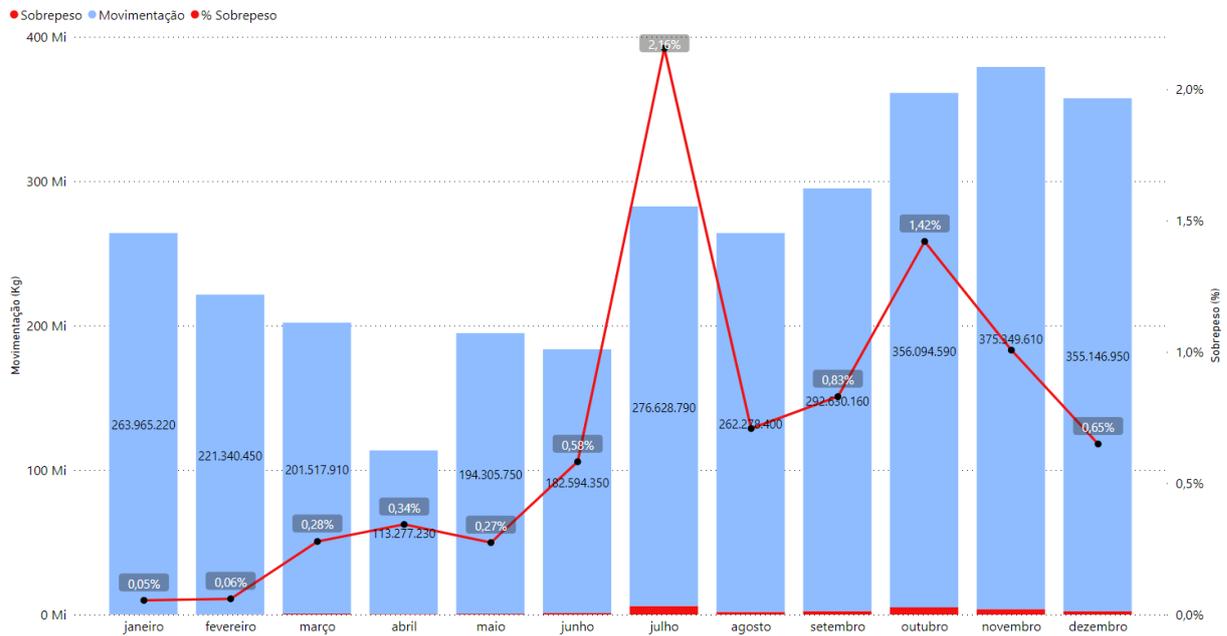
Também citando questões culturais que podem fazer parte dos resultados discutidos anteriormente, deve-se destacar que o caminhoneiro e o operador portuário recebem sua remuneração com base no valor de carga que movimentam, de forma que possuem a falsa impressão que, quanto mais carga colocarem no caminhão, maior será seu faturamento, não levando em consideração perdas de tempo e carga que essa tomada de decisão pode causar. Um exemplo disto é que, ao totalizar os tempos gastos com alívio no ano de 2021, chegou-se a 578 horas, e estima-se que este tempo seria suficiente para realizar aproximadamente mil viagens de caminhão do porto até a sede da empresa importadora e, como consequência, seriam mais viagens para o motorista, aumentando assim seu faturamento por operação.

Além disso, a perda de tempo na operação interfere diretamente no tempo de atracação do navio, uma vez que, ao chegar ao porto, a agenciadora marítima informa o tempo que o navio ficará atracado em operação e, sob este tempo, incidem tarifas portuárias. O atraso causado pelo alívio de carga resulta em um atraso na estadia do navio e, no pior dos casos, o navio necessita desatracar, entrar na fila de atracação novamente, para poder atracar uma segunda vez. Isso implica em custos adicionais em rebocadores e trabalhadores portuários.

Souza *et al.* (2020) propõem a utilização do software Arena na simulação da operação de exportação de grãos no setor portuário de maneira a visualizar o planejamento da operação e identificar gargalos. A metodologia abordada pelos autores se mostra replicável durante operações de importação, servindo como subsídio para a determinação do tempo de atracação dos navios, mitigando a necessidade de reatracação.

Outro ponto estudado foi o volume de carga movimentado, em que se realizou alívio de carga, como mostrado na Figura 18.

Figura 18: Percentual de volume de alívio de carga em função do total de volume de operação.



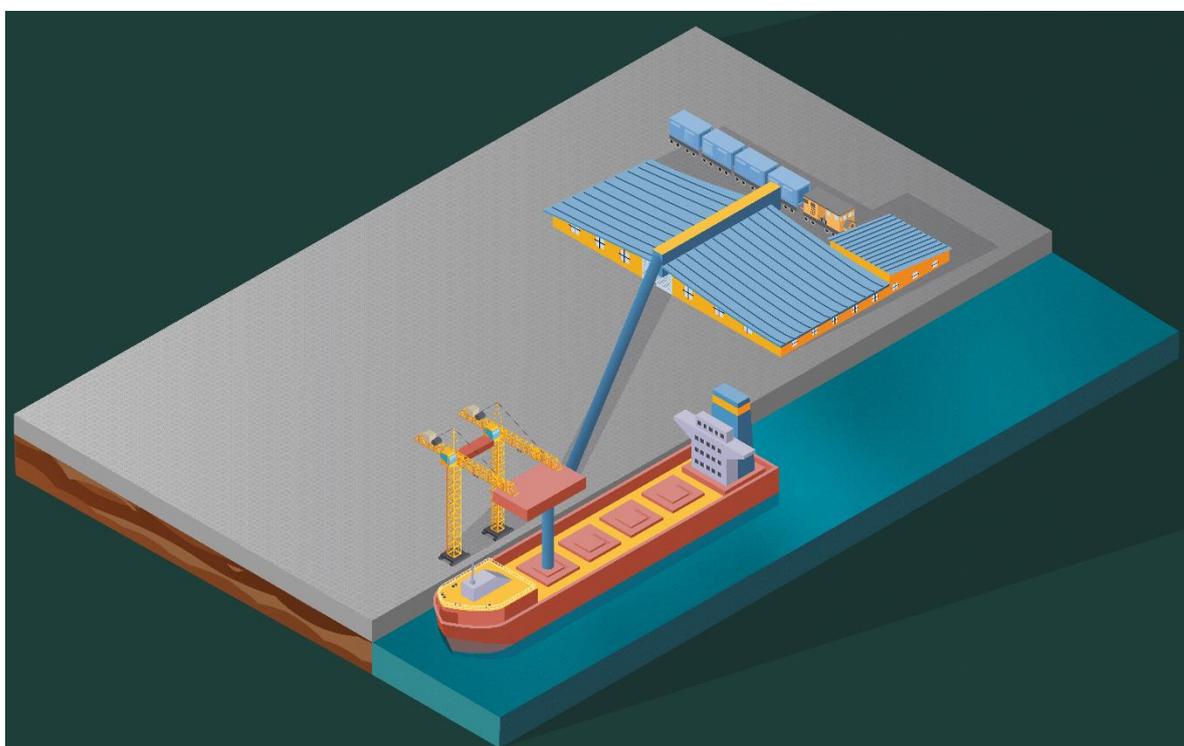
Fonte: Autor, 2023.

Os resultados apontam que, no ano de 2021, em média 0,7% das cargas a granel importadas no porto passaram por alívio. O comportamento do gráfico é semelhante ao de tempo desperdiçado em alívio, possuindo maiores valores percentuais de volume de carga aliviada no segundo semestre (período de estiagem no estado).

Ainda analisando os números de sobre peso em viagens, o porto teve mais de 11 mil viagens que passaram por alívio de carga, totalizando aproximadamente 22 mil quilogramas de cargas. Boa parte desta carga é perdida, parte por contaminação do solo, por estar sujeita a alta umidade e, também, por se dispersar pelo vento ao ser retirada do caminhão. Esta carga espalhada pela ação do vento pode ser inalada por trabalhadores, cair no mar ou se alocar em galerias do porto, como mostrado na Figura 8. No ano de 2021 foram gastos R\$ 4,4 milhões na limpeza dessas tubulações.

Diante do exposto, os resultados obtidos corroboram com a necessidade descrita por Philipp *et al.* (2021), em que os autores evidenciam a necessidade de automação por completo das operações portuárias com carga a granel para otimização do desempenho operacional, de qualidade e financeiro. Atualmente existem atividades portuárias de exportação totalmente automatizadas, utilizando os *ship loaders*. Contudo, durante o desenvolvimento deste trabalho não se teve conhecimento da existência no Brasil da automação nas atividades de importação, utilizando o *ship unloader*. Esta atividade é mostrada na Figura 19, onde o *ship unloader* “suga” a carga do porão do navio, e repassa-a para esteiras que se conectam com o ramal ferroviário ou com a empresa importadora.

Figura 19: Operação portuária de descarregamento de carga automatizada

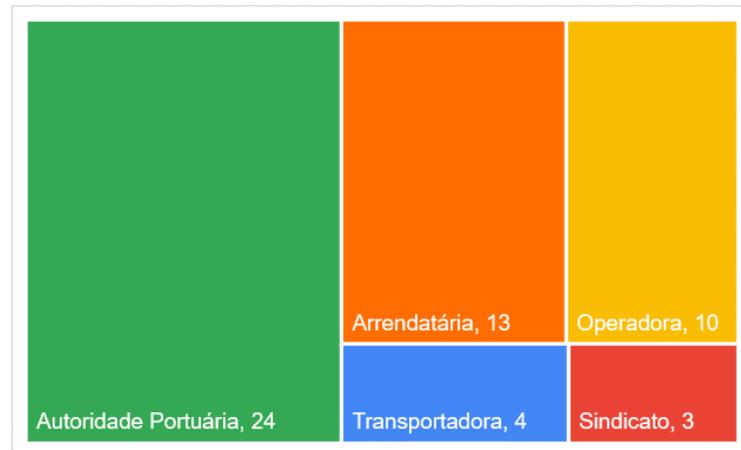


Fonte: Autor, 2023.

#### 4.2.2 Análise dos resultados para a dimensão social

Inicialmente foi aplicado um questionário com trabalhadores de empresas na poligonal portuária, buscando identificar o conhecimento por parte dos entrevistados sobre ações voltadas para a população promovidas pelas referidas empresas. O questionário foi aplicado via plataforma *online*, e as perguntas realizadas estão descritas no Apêndice A. Na Figura 20 é mostrado o segmento de atuação dos respondentes do questionário.

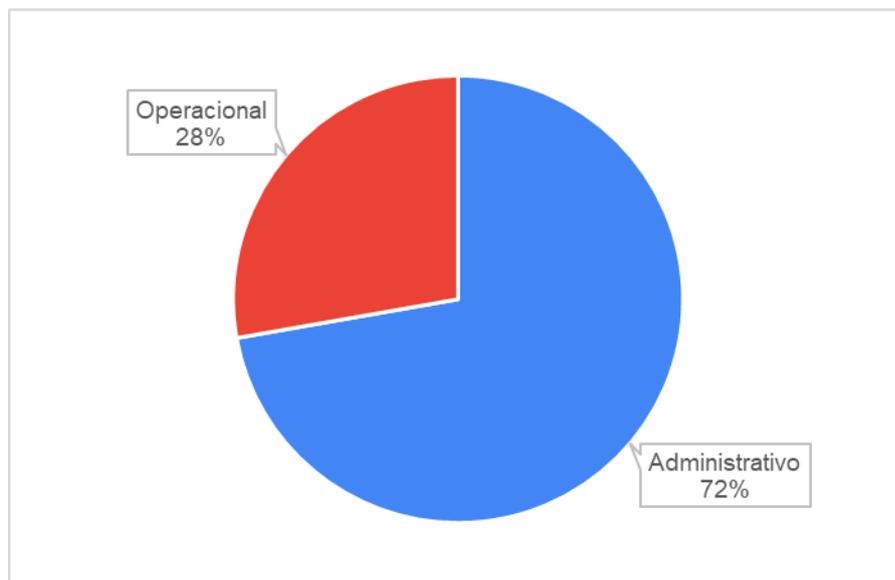
Figura 20: Tipo de empresa dos respondentes do questionário.



Fonte: Autor, 2023.

Nota-se que a grande maioria dos respondentes está alocado em autoridade portuária, segmento que representa a empresa gestora do porto, órgãos fiscalizadores e a praticagem, por exemplo. Contudo, também há entrevistados oriundos de empresas contidas no porto, as arrendatárias, operadoras portuárias, transportadoras e sindicatos. Outro ponto relevante para o entendimento do perfil das pessoas que responderam é mostrado na Figura 21, em que é evidenciado que 72% deles atuam na área administrativa, dado que será de grande relevância quando comparado com as respostas relacionadas com a percepção de risco dos trabalhadores.

Figura 21: Perfil de área de trabalho dos respondentes do questionário

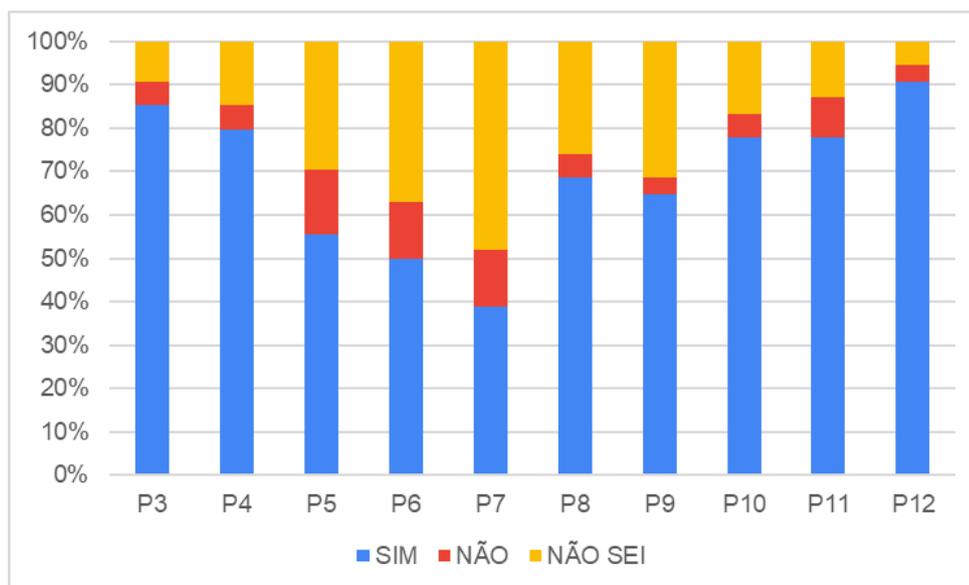


Fonte: Autor, 2023.

As respostas das questões foram divididas em dois segmentos. O primeiro, mostrado na Figura 22, faz referência às perguntas relacionadas à ação das empresas contidas no porto no

âmbito social. Observa-se que, neste segmento de perguntas, um número significativo de respostas foram “Não sei”, e isto pode estar associado à indiferença dos trabalhadores por tais ações, ou até mesmo à não percepção dos impactos causados pelos portos na população.

Figura 22: Respostas para perguntas relacionadas com ações realizadas pelas empresas.



Fonte: Autor, 2023.

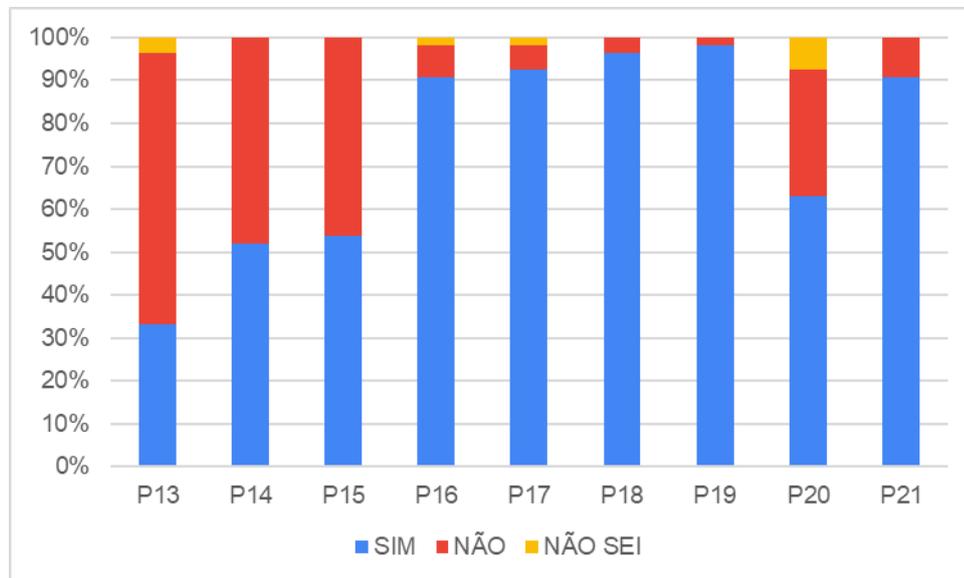
Também é perceptível que ações que se relacionam com o público interno são mais visíveis para os respondentes como nas perguntas 3 e 12, que fazem referência à sustentabilidade e segurança do trabalho. Ações voltadas para situações externas como exploração sexual em estradas e ações para povos originários são bem menos conhecidas pelo público interno.

Ao analisar a segunda parte do questionário, que visa avaliar o quanto os trabalhadores se sentem assistidos por iniciativas de segurança voltadas para o público interno, nota-se nos resultados (Figura 23) que há um número inexpressivo de respostas “Não sei”. Isto pode ser resultado de uma visão individual da dimensão social, em que os respondentes não observam que os impactos da atividade extrapolam as fronteiras do porto.

Observando-se os resultados das perguntas 13, 14 e 15, aproximadamente 50% ou mais dos respondentes mencionam que se sentem expostos a riscos químicos, risco de acidentes e ruídos sonoros. Esses dados são alarmantes quando se tem uma amostra de respondentes formada majoritariamente por funcionários administrativos e, mesmo assim, estes ainda se sentem expostos a riscos inerentes à área operacional. Pode-se associar estas respostas à percepção de risco natural do trabalho em portos, uma vez que não se pode associar este risco

a deficiências infraestruturais dos setores administrativos, já que nas respostas às perguntas 16 a 19, mais de 90% dos respondentes tem uma visão positiva do ambiente laboral.

Figura 23: Respostas para perguntas relacionadas com a percepção de segurança dos trabalhadores portuários.



Fonte: Autor, 2023.

Ainda sobre a percepção de risco evidenciada na pesquisa e o sentimento de insegurança causado, este resultado pode evidenciar a existência ou desenvolvimento de casos de estresse ocupacional causado pela exposição ao perigo no ambiente portuário, semelhante ao descrito por Yaakub *et al.* (2019).

Diante dos resultados obtidos no questionário aplicado ao público interno do porto, foi realizada uma análise dos riscos em que os trabalhadores portuários estão expostos durante a atividade de trabalho. A primeira observação é mostrada na Figura 24, onde, durante a instalação da lona de costado, os ventos fortes na região próxima ao cais formam um bolsão de ar por baixo da lona. Esta configuração pode levar ao risco de o trabalhador ser jogado ao mar, fato que seria agravado, pois, como observado na figura, os mesmos não utilizam colete salva-vidas, e não estão presos à linha de vida, como indica a NR 29 (BRASIL, 1997).

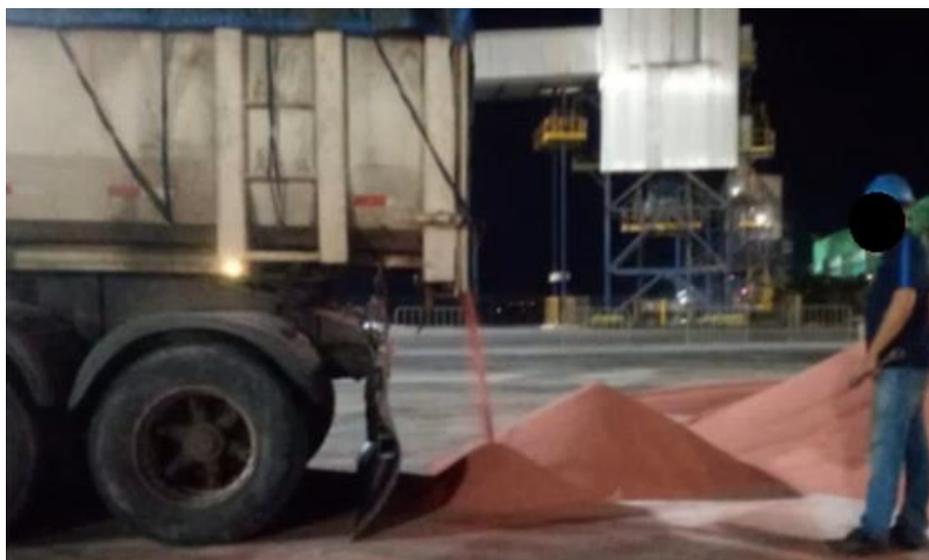
Figura 24: Risco ao trabalhador na instalação da lona de costado



Fonte: Figura cedida pelo porto estudado, 2023.

Outra atividade com risco claro à saúde e segurança é o alívio de carga. Como mostrado na Figura 25, os trabalhadores abrem um basculante para que a carga saia, que deve ser retirado do caminhão com sobrepeso. Observando-se a atividade *in loco*, os funcionários não utilizam máscara de proteção com filtro, estando diretamente expostos ao risco de inalação de materiais contaminantes, em descumprimento da norma NR 6 (BRASIL, 2022). Além disso, em caso de falha no sistema de liberação de carga, é possível que uma grande quantidade de carga seja despejada, levando ao risco de soterramento das pessoas próximas à operação.

Figura 25: Risco ao trabalhador na atividade de alívio de carga.



Fonte: Figura cedida pelo porto estudado, 2023.

Diante desta problemática apresentada, pode-se citar o trabalho de Tolis *et al.* (2015), em que os autores descrevem um estudo de caso da cidade de Thessaloníki, na Grécia, onde foram achados no centro da cidade amostras de materiais movimentados no porto com concentração maior do que o limite permitido regulamentado pela União Europeia, evidenciando problemas de qualidade do ar na região urbana, possivelmente ocasionados pela atividade portuária, o que pode se repetir na região estudada no presente trabalho.

Outra situação com o risco semelhante ao descrito anteriormente é durante o lonamento do caminhão, em que os trabalhadores ficam em uma plataforma sem estarem fixos a uma linha de vida, estando sujeitos a risco de queda e, além disso, a estrutura onde os funcionários trabalham apresenta alto grau de desgaste (Figura 26). Por fim, observa-se que as pessoas que realizam esta atividade também não utilizam óculos de proteção e máscara com filtro.

Figura 26: Risco ao trabalhador na atividade de lonamento dos caminhões.



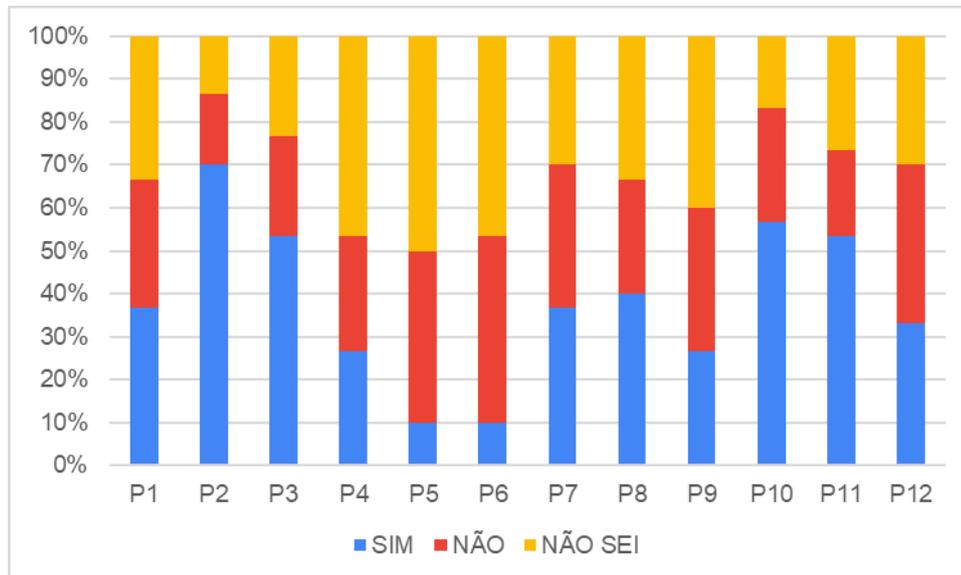
Fonte: Autor, 2023.

Também foi aplicado um questionário à população de comunidades localizadas em um raio de 5km do porto. Houve 51 respondentes de 8 diferentes bairros, e as perguntas deste questionário estão no Apêndice B.

Analisando os resultados mostrados na Figura 27, observa-se que o número de pessoas que respondeu “Não sei” em um dos questionamentos varia de 13% a 51%. Uma hipótese

para isto é que as ações realizadas pelas empresas não atingem igualmente o público que circunda o porto, de forma que muitas das vezes os usuários não têm ciência das atividades realizadas pelas empresas do setor.

Figura 27: Resultado do questionário aplicado à população de bairros próximos ao porto.



Fonte: Autor, 2023.

Outro *insight* que pode ser extraído dos resultados, em especial nas perguntas 6 e 5 (relacionadas às temáticas de lazer e cultural), é que estas iniciativas são muito pouco realizadas pelas empresas, chegando a uma pequena parte da população, algo em torno de 10%. Em contrapartida, ações relacionadas à doação de bens são as que mais chegam à população, evidenciando uma preocupante situação, já que mostra que as empresas não desenvolvem políticas visando a transformação da realidade local, na maioria das vezes busca apenas ações compensatórias. Um ponto positivo está no alto índice de percepção para as perguntas 3 e 11 (referem-se à capacitação, geração de emprego e renda para a população), em que, em ambas, mais de 50% dos respondentes observa a ação das empresas neste sentido.

Durante conversas realizadas com pessoas que circulam nas proximidades do porto, um ponto recorrente foi a queixa de que o material que cai dos caminhões aumenta o risco de acidentes automobilísticos nas vias internas e públicas. Isto ocorre em especial com as cargas de ureia que, quando entra em contato com água ou com umidade, torna-se altamente escorregadia, ocasionando inúmeros acidentes, como mostrado na Figura 28.

Figura 28: Acidente de carro causado pela queda de fertilizante em via pública.



Fonte: Figura cedida pelo porto estudado, 2023.

Na segunda etapa desta dimensão é realizada uma análise sobre a política de responsabilidade social da empresa estudada. A empresa possui um comitê para tratar estas ações, sendo constituído por pessoas de 13 áreas distintas dentro da empresa. O setor de responsabilidade social tem como visão fazer com que a empresa se responsabilize por suas atitudes transformadoras, pelo engajamento e mobilização que realiza junto à sua rede, seja uma organização influenciadora da transição para uma sociedade sustentável, diversa e próspera.

A empresa segue os direcionamentos estratégicos de realizar investimentos na área social acima da média do setor portuário, atuar em rede com os demais setores, exercer a função de mobilizador para organizações e pessoas, e investir nas comunidades mais vulneráveis. A área de realização das ações de cunho social abrange um território com 30 comunidades, e estima-se que 50% dos habitantes desta região vivem em extrema pobreza.

As ações do comitê são construídas sob os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), elaborados pela Organização das Nações Unidas (ONU). O primeiro ODS abordado é o de número 4 de Educação de Qualidade, em que a empresa entende que a educação profissional pode atuar como instrumento para redução das desigualdades sociais, atuando pela inclusão social dos jovens dos territórios vizinhos a partir do oferecimento de capacitação para o mercado de trabalho, bolsas de estudo e experiência profissional. Nesta linha a empresa

portuária possui um programa de estágio, de jovem aprendiz, de estágio específico para o ensino médio/técnico, e um programa de trainee para recém graduados no ensino superior.

O segundo ODS é o 8, em que estão alocadas as iniciativas relacionadas com trabalho descente e crescimento econômico. Neste âmbito, o porto vê o empreendedorismo como oportunidade de geração de trabalho e renda para a população da região, em especial as mulheres. A atuação ocorre por meio do apoio à formalização, à gestão, à comercialização e à associação em rede de pequenas empreendedoras. Desta forma, a empresa acredita que a capacitação empreendedora vai além do aspecto técnico, e transforma essas mulheres em lideranças comunitárias inspiradoras e promotoras de direito para outras mulheres.

Dentro do ODS citado anteriormente, a empresa busca fomentar a geração de renda para 600 mulheres em situação de vulnerabilidade social, e fortalecer os negócios formais de pequeno e médio porte já existentes na região onde o porto está instalado. Desta forma, espera-se até 2030 melhorar a qualidade de vida de mulheres e famílias da região, além de fortalecer o entorno do porto por meio do empreendedorismo.

Dentro deste objetivo, o porto possui um programa que requalificou e arrendou áreas de para vendedores que antes eram ambulantes, para que vendessem alimentos em terminais de transporte de passageiros. Outra ação busca trazer empreendedores da região para dentro do porto por meio da realização de feiras agroecológicas e venda de alimentos por entrega.

O terceiro ODS é o número 9, que trata sobre o tema Indústria, Inovação e Infraestrutura. Aqui, o porto acredita que ciência é instrumento para promoção de inovações que promovam a resolução de desafios sociais e ambientais do estado, e criem novas relações sociais ou colaborações intersetoriais.

Por meio deste objetivo, a empresa visa fomentar projetos que possibilitem a implementação de novas cadeias produtivas sustentáveis e atração de pequenos e médios novos negócios para o complexo portuário. Também investe em projetos que contribuam para potencialização dos impactos positivos da operação portuária, como o abastecimento das cidades e inovação, e controle dos impactos negativos da operação portuária, marítima e logística como um todo.

O instrumento para cumprimento destes objetivos é um programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) com investimento anual de R\$ 10 milhões, alocados em quatro frentes: fornecimento de bolsas de mestrado e doutorado, fomento a projetos de pesquisa aplicada, intercâmbio para portos referências em outros países, e programa de aceleração de startups.

O último ODS abordado é o número 14, referente à proteção da vida marinha. A empresa entende que a atividade portuária impacta diretamente a vida marinha e, conseqüentemente, a pesca artesanal. Neste sentido, a empresa age para mitigar os danos causados, colaborando com programas de regeneração e conservação da vida marinha, programas de compensação da pesca e projetos de qualificação da gestão de resíduos. Além disso, tem como principal frente de trabalho, atualmente, ações com foco na educação socioambiental, que contribuam com a redução da destinação indevida de resíduos sólidos nas áreas próximas ao porto.

Neste cenário, o porto tem como objetivos estratégicos implementar programa de compensação de pesca, desenvolver pesquisas em tecnologia marinha para mitigação dos impactos, e promover a regeneração do leito marinho a partir da destinação correta dos resíduos sólidos.

Além das ações alocadas nos ODSs, o porto possui iniciativas isoladas, como um programa de voluntariado, realização de doação de alimentos visando o aumento da segurança alimentar na região, e ações de saúde de visando a saúde da mulher, tratamentos odontológicos e ações emergenciais durante o período de pandemia para públicos internos e externos.

Tendo em vista as iniciativas descritas acima, observa-se que as ações são bem estruturadas e possuem potencial de mitigar, atenuar ou compensar os impactos sociais da atuação portuária. Contudo, com base nos resultados, pode-se inferir que interna ou externamente as ações não chegam a toda a população impactada pelo porto, ao ponto de muitos não terem ciência da existência de tais iniciativas. Nesta linha, o ideal seria a expansão de tais iniciativas, contudo, não sendo possível isto, faz-se necessária a atuação das iniciativas com públicos assertivos, sendo estes os que apresentam maior vulnerabilidade social.

Sobre os resultados evidenciados na pesquisa com o público interno, é de grande relevância a criação de uma mentalidade de responsabilidade social nos segmentos de empresas e trabalhadores portuários, não deixando isto restrito a um setor de responsabilidade social. Isto pode ser alcançado por meio de campanhas de comunicação, visitas às áreas afetadas, e por cursos de capacitação.

#### 4.2.3 Análise dos resultados para a dimensão ambiental

Para a análise da dimensão ambiental, optou-se por realizar a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), pois esta técnica permite comparar o impacto dos dois tipos de operação

realizada no porto estudado. Caso opta-se por análises de biota, efluentes e ar, seria inviável associar o impacto a um tipo específico de atividade. Para esse estudo de ACV será utilizado o caso de uma operação de fertilizantes, uma vez que esta é a única carga do porto estudado que possui operações dos dois tipos, possibilitando a obtenção dos dados necessários para a realização do estudo.

#### 4.2.3.1 Avaliação do Ciclo de Vida

##### 4.2.3.1.1 Definição do escopo

- I. Sistema do estudo: O estudo engloba todas as etapas envolvidas na operação de importação de fertilizantes, desde a chegada ao porto até a entrega ao cliente final. Isso inclui o transporte no porto, carregamento, mistura de fertilizantes e transporte para o cliente;
- II. Limites do sistema: A análise começa no momento em que os fertilizantes chegam ao porto e termina quando os fertilizantes são entregues ao cliente final. Atividades fora destes limites, como a produção de fertilizantes e a fabricação dos equipamentos, não são consideradas;
- III. Indicadores de Impacto Ambiental a serem avaliados: Consumo de energia e combustível, emissões de gases de efeito estufa, uso de recursos naturais, e geração de resíduos;
- IV. Unidades Funcionais: Uma unidade funcional é uma medida do desempenho funcional do sistema que é consistente com o objetivo do estudo. Para este estudo, uma unidade funcional pode ser definida como o transporte de uma tonelada de fertilizantes para o cliente final;
- V. Cenários de Comparação: Dois cenários são comparados: um representando a operação semiautomatizada, e o outro representando a operação não automatizada.

##### 4.2.3.1.2 Inventário do Ciclo de Vida

No caso das duas operações descritas (semiautomatizada e não automatizada) de transporte de fertilizantes, a análise do inventário do ciclo de vida pode ser usada para avaliar e comparar os impactos ambientais de cada operação. Primeiramente, deve-se definir o escopo da análise, que inclui as fronteiras do sistema, as unidades funcionais (por exemplo, toneladas de fertilizantes transportadas), e os fluxos de entrada e saída a serem considerados.

No caso da operação semiautomatizada, os principais componentes que seriam avaliados no inventário do ciclo de vida incluiriam a energia e os materiais utilizados pelos guindastes telescópicos, as esteiras transportadoras, o misturador industrial de fertilizantes, e o sistema ferroviário. Por outro lado, para a operação não automatizada, a análise incluiria a energia e os materiais utilizados pelos caminhões, guindastes, mini carregadeira, pá carregadeira e outros equipamentos envolvidos na operação.

Com os dados coletados, pode-se usar softwares especializados para realizar a análise. Para esta ACV utilizou-se o ECO-it 1.3, que permite aos usuários modelar e analisar o ciclo de vida de produtos ou serviços ajudando a identificar as principais fontes de impacto ambiental e avaliar alternativas. Outro software utilizado nesta pesquisa foi o SimaPro 7, pois este possui uma vasta biblioteca de dados e é capaz de gerar resultados detalhados sobre o impacto ambiental em várias categorias, como emissões de gases de efeito estufa, consumo de energia, e uso da água.

#### 4.2.3.1.3 Análise do Inventário do Ciclo de Vida da Operação Semiautomatizada

##### I) Contextualização

Na análise do inventário do ciclo de vida da operação semiautomatizada é importante considerar todas as entradas e saídas de energia e materiais envolvidos em cada etapa do processo, desde a retirada dos fertilizantes dos porões do navio até a entrega ao cliente final. Primeiramente, tem-se os guindastes telescópicos utilizados para retirar a carga dos porões do navio.

Estes guindastes, em suas operações, consomem combustível e energia elétrica, enquanto emitem gases de efeito estufa. Além disso, é necessário considerar o desgaste dos materiais e a manutenção necessária para operar esses guindastes. Em seguida, temos as esteiras transportadoras que movem o fertilizante para o galpão. Estas, semelhantes aos guindastes, consomem energia elétrica e exigem manutenção.

Os materiais usados nas correias das esteiras também são uma consideração importante, pois desgastam-se ao longo do tempo e precisam ser substituídos. Dentro do galpão, o fertilizante é processado em um Misturador Industrial. Nesta fase é necessário considerar o consumo de energia do misturador e quaisquer materiais auxiliares que possam ser usados no processo de mistura.

Após a mistura, o fertilizante é então transportado para a composição ferroviária, onde deve-se considerar que as locomotivas consomem grandes quantidades de combustível. É

muito importante avaliar o tipo de combustível usado, as emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes atmosféricos.

Além disso, o desgaste das peças e a manutenção das locomotivas e vagões devem ser levados em consideração. O transporte ferroviário também envolve infraestrutura, como trilhos e sistemas de sinalização, que têm seus próprios impactos ambientais associados em termos de materiais e energia.

## II) Equipamentos

### A) Guindaste

Na análise do inventário do ciclo de vida para o guindaste Liebherr modelo LHM 420, são levados em consideração vários fatores que abrangem desde a operação do equipamento até o final de sua vida útil, que são descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Fatores de análise para o Inventário do Ciclo de Vida do guindaste

<b>OPERAÇÃO</b>	
<b>Energia/Combustível</b>	O guindaste utiliza diesel como fonte de energia. É importante contabilizar a quantidade de Diesel consumida por hora ou por ciclo de operação, e considerar as emissões de CO <sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa associados à combustão do Diesel.
<b>Lubrificantes</b>	O guindaste usa 30 litros de lubrificantes. Deve-se levar em conta o tipo de lubrificante utilizado e a frequência de reposição, bem como os impactos associados à produção e descarte desses lubrificantes.
<b>Especificação Técnica</b>	Possui capacidade de carga nominal de 1.100 t/h e capacidade máxima de elevação de 64t. A eficiência com a qual realiza suas operações pode afetar o consumo de combustível e, portanto, as emissões de gases de efeito estufa.
<b>MANUTENÇÃO</b>	
<b>Frequência</b>	A manutenção é realizada a cada 2.000 horas de operação.
<b>Tipo de manutenção e materiais consumidos</b>	Durante a manutenção, ocorre a troca de óleo refrigerante e a verificação das válvulas de retenção, contrabalanço e sequencial.
<b>FIM DE VIDA</b>	
<b>Processo de descarte ou reciclagem</b>	No final de sua vida útil, o guindaste é retornado à empresa de locação, que provavelmente desmontará o equipamento. Neste ponto, é vital considerar os impactos ambientais associados ao desmonte, bem como a possibilidade de reciclar ou reutilizar materiais.

Fonte: Autor, 2023

O guindaste possui especificações técnicas com valores elevados, incluindo uma capacidade de carga nominal de 1.100 toneladas por hora e uma capacidade máxima de elevação de 64 toneladas. O guindaste é movido a diesel e requer manutenção regular para operar de forma eficaz e segura.

Para realizar uma avaliação abrangente, foram considerados diversos fatores, como o consumo de combustível e energia, a utilização de lubrificantes, os materiais consumidos durante a manutenção e os processos de fim de vida do equipamento. É importante observar que as informações contidas neste inventário podem ajudar na identificação de áreas que podem ser otimizadas para reduzir o impacto ambiental.

Na Tabela 6 é apresentado um inventário detalhado dos insumos consumidos pelo guindaste durante a sua operação, bem como as saídas associadas, incluindo emissões e resíduos. Foi utilizado como banco de dados o software SimaPro.

Tabela 6: Entradas e saídas para a atividade portuária do guindaste

<b>Categoria</b>	<b>Insumos/Entrada</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Saídas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>
<b>Operação</b>	Diesel combustível	4	Litros/hora l/h	Emissões de CO <sub>2</sub> (combustão de Diesel)	0,000795	kg
	Lubrificantes	30	Litros (l)	Emissões de compostos orgânicos voláteis	0,0003	kg
<b>Manutenção</b>	Óleo refrigerante	20	Litros (l)	Resíduos de óleo	0,005	l
	Peças de reposição	5	Unidades	Resíduos de peças de metal	0,0005	kg
	Filtros de ar	4	Unidades	Resíduos de filtro de ar	0,0885	kg
	Válvulas de retenção	2	Unidades	Resíduos de válvula	0,0002	kg
<b>Fim de vida</b>	Desmonte do equipamento	1	Unidade	Reciclagem de materiais (resíduos de metais)	800	kg
<b>Consumo energético</b>	Consumo de eletricidade (sistemas auxiliares)	10	kWh	Emissões de CO <sub>2</sub> (consumo de eletricidade)	0,4457	kg

Fonte: SimaPro 7

O guindaste Liebherr LHM 420, utilizado na operação semiautomatizada para o manuseio de fertilizantes, possui diversos impactos ambientais que precisam ser considerados, que incluem emissões atmosféricas, impactos no solo, ruídos e vibrações.

#### A.1) Emissões atmosféricas

O guindaste, ao funcionar com combustível diesel, emite gases de efeito estufa como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Além disso, o motor a diesel é responsável por emitir poluentes como óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ), que contribuem para a poluição atmosférica. Estes poluentes podem causar problemas respiratórios na população local, e têm implicações mais amplas em termos de mudanças climáticas.

#### A.2) Impactos no solo

O peso e a mobilidade do guindaste podem exercer pressão significativa sobre o solo, e isto pode levar à compactação do solo e afetar a sua qualidade e capacidade de suportar vegetação. Além disso, qualquer vazamento de lubrificantes ou combustíveis pode contaminar o solo.

#### A.3) Ruídos e vibrações

Normalmente guindastes produzem níveis elevados de ruído durante a operação, que pode impactar a saúde humana e bem-estar da comunidade nas proximidades. Além disso, as vibrações causadas pelo funcionamento do guindaste podem afetar estruturas próximas e contribuir para o desgaste do solo.

#### A.4) Principais impactos ambientais

A Tabela 7 contém os impactos ambientais associados às atividades do guindaste.

Tabela 7: Impactos ambientais associados às atividades do guindaste

CATEGORIA	IMPACTOS POTENCIAIS	VALORES	MEDIDAS DE MITIGAÇÃO
<b>Emissões Atmosféricas</b>	Emissão de CO <sub>2</sub>	0,000437 kg/h	I) Manutenção regular do motor; II) Uso de combustível com baixo enxofre; III) Utilizar tecnologias de redução de emissões.
	Emissão de CH <sub>4</sub>	0,002 kg/h	
	Emissão de N <sub>2</sub> O	0,001 kg/h	
	Emissão de NO <sub>x</sub>	0,01 kg/h	
	Emissão de SO <sub>x</sub>	0,005 kg/h	
<b>Impactos no solo</b>	Compactação do solo	Pressão de 8 kg/cm <sup>2</sup>	Uso de placas de distribuição de carga.
	Contaminação por vazamento de lubrificantes/combustível	Vazamento de 0.5 l de óleo por semana	Monitoramento e manutenção para prevenir vazamentos.
<b>Ruídos e Vibrações</b>	Nível de ruído	85 dB(A) a 10 metros de distância	Uso de silenciadores.
	Vibração do equipamento	0.2 m/s <sup>2</sup>	Operação controlada para minimizar vibrações.

Fonte: SimaPro 7

#### A.5) Breve discussão sobre os resultados gerados pelo software SimaPro

##### A.5.1) Emissões Atmosféricas

O CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O são gases de efeito estufa e, conseqüentemente, sua presença na atmosfera contribui para o aquecimento global. Além disso, NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub> são poluentes atmosféricos que podem causar problemas respiratórios e contribuir para a formação de chuva ácida.

As emissões atmosféricas estão entre os impactos mais significativos dos guindastes. No exemplo em questão, são emitidos 0,000437 kg/h de CO<sub>2</sub>, além de quantidades menores de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>. Estas emissões podem contribuir para problemas de qualidade do ar local e têm implicações globais, incluindo contribuir para as mudanças climáticas.

Para minimizar esses impactos, é fundamental realizar manutenção regular no motor, usar combustível de baixo teor de enxofre, e implementar tecnologias de redução de emissões. Isso não apenas diminuirá as emissões, mas, também, pode melhorar a eficiência do combustível.

##### A.5.2) Impactos no Solo

O guindaste, sendo um equipamento pesado, pode exercer uma pressão significativa sobre o solo, como ilustrado na Tabela 10 (8 kg/cm<sup>2</sup>). Isso pode levar à compactação do solo,

o que, por sua vez, pode afetar negativamente a permeabilidade e ecossistema local. Além disso, o vazamento de lubrificantes e combustíveis pode contaminar o solo.

Para mitigar a compactação, placas de distribuição de carga podem ser utilizadas para espalhar a pressão sobre uma área maior. Além disso, um programa de monitoramento e manutenção rigoroso pode ajudar a prevenir vazamentos de óleo e outros fluidos.

#### A.5.3) Ruídos e Vibrações

Os guindastes são notoriamente barulhentos e podem gerar vibrações significativas. Neste exemplo, o nível de ruído é de 85 dB(A) a 10 metros de distância, e a aceleração de vibração é de 0.2 m/s<sup>2</sup>. Isso pode ser problemático, especialmente em áreas urbanas, onde o ruído pode afetar a qualidade de vida dos moradores próximos.

Silenciadores podem ser usados para reduzir os níveis de ruído, e a operação controlada pode ajudar a minimizar as vibrações. Além disso, pode-se estabelecer horários de operação que minimizem a perturbação para os moradores locais.

#### A.6) Outras categorias de impacto

A Tabela 8 mostra outras categorias de impacto ambiental associadas à operação de um guindaste em atividades portuárias.

Tabela 8: Outras categorias de impacto para o guindaste portuário móvel

CATEGORIAS	VALORES	UNIDADES	COMENTÁRIOS
Eutrofização	0,000437	kg N eq	Devido às emissões de NO <sub>x</sub> e partículas
Acidificação	0,000011	kg SO <sub>2</sub> eq	Principalmente devido às emissões de SO <sub>2</sub>
Toxicidade Humana	0,015	kg 1,4-DCB eq	Relacionado com emissões químicas
Ecotoxicidade	0,0241	kg 1,4-DCB eq	Relacionado com o impacto em ecossistemas aquáticos

Fonte: ECO-it 1.3

**I) Eutrofização (0.000437 kg N eq):** A eutrofização refere-se ao enchimento de ecossistemas aquáticos com nutrientes (por exemplo, nitrogênio e fósforo), o que pode levar ao crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas. No contexto de operações portuárias com guindastes, isso pode ser resultado de emissões de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e partículas que contêm nutrientes. Guindastes, especialmente aqueles movidos a diesel, podem

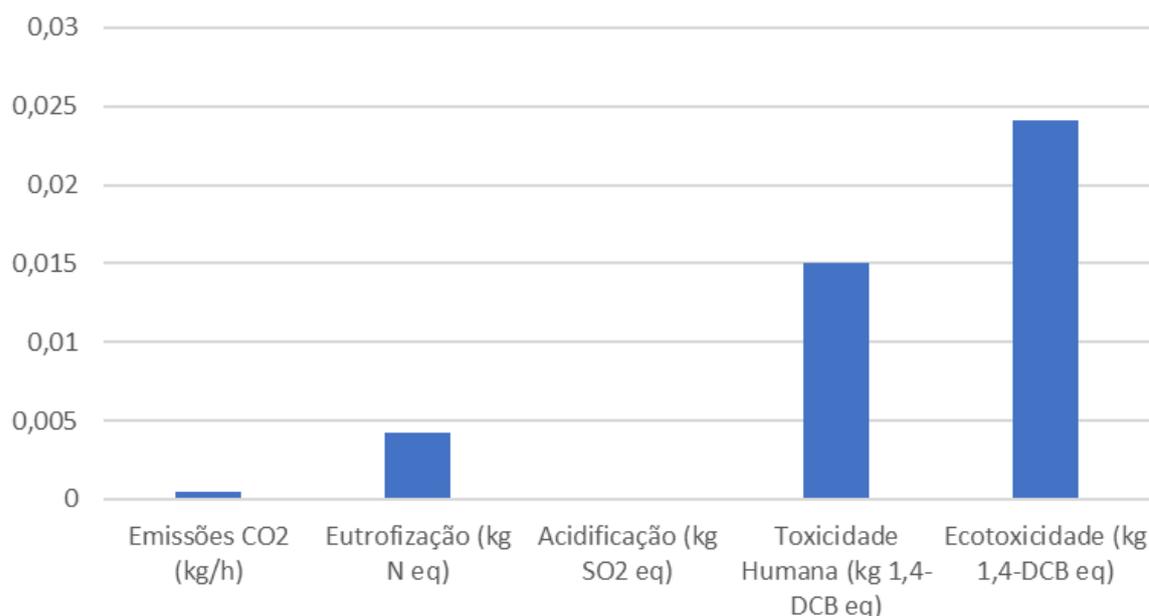
emitir  $\text{NO}_x$  como parte das emissões, podendo contribuir para a eutrofização quando depositados em corpos d'água próximos.

**II) Acidificação (0,000011 kg  $\text{SO}_2$  eq):** A acidificação é um fenômeno pelo qual os óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ), geralmente emitidos pela queima de combustíveis fósseis, contribuem para a formação de ácido sulfúrico na atmosfera, o que pode levar à chuva ácida. Em um ambiente portuário, um guindaste pode contribuir para a acidificação por meio das emissões de  $\text{SO}_2$ , especialmente se o guindaste estiver utilizando um combustível com alto teor de enxofre.

**III) Toxicidade Humana (0,015 kg 1,4-DCB eq por hora):** A toxicidade humana está relacionada à exposição de seres humanos a substâncias químicas que podem ser prejudiciais à saúde. Em operações portuárias, os guindastes podem emitir vários poluentes atmosféricos, como partículas e compostos orgânicos voláteis, que podem ter impactos sobre a saúde humana. Os trabalhadores do porto e as comunidades vizinhas podem estar em risco.

**IV) Ecotoxicidade (0,0241 kg 1,4-DCB eq):** Similar à toxicidade humana, a ecotoxicidade refere-se ao impacto de substâncias químicas no meio ambiente, particularmente em ecossistemas aquáticos. O uso de guindastes em operações portuárias pode contribuir para a ecotoxicidade por meio da liberação de substâncias químicas que são prejudiciais para a vida aquática, incluindo óleo e combustível, bem como emissões atmosféricas que podem ser depositadas na água.

Figura 29: Categorias de impacto do guindaste



Fonte: Autor, 2023

## B) Misturador Industrial de Fertilizantes

Para avaliar o ciclo de vida de um equipamento, como o misturador industrial de fertilizantes, é essencial compreender seus aspectos técnicos e operacionais. Isso inclui informações sobre como o equipamento é operado, os requisitos de manutenção, e o que acontece com o equipamento no fim de sua vida útil. A Tabela 9 mostra um conjunto dessas informações, enquanto a Tabela 10 contém valores das entradas e saídas para a atividade portuária do misturador.

Tabela 9: Especificação técnica para o misturador industrial

<b>OPERAÇÃO</b>	
<b>Energia</b>	Elétrica (sistema nacional de distribuição).
<b>Capacidade de carga</b>	20.000 litros.
<b>Quantidade de lubrificante</b>	Aproximadamente 5 litros.
<b>MANUTENÇÃO</b>	
<b>Frequência</b>	Mensalmente
<b>Tipo de manutenção e materiais consumidos</b>	Troca de óleo lubrificante, verificação da integridade de rosca, tubo, Y de captação, gaveta. Materiais consumidos: óleo lubrificante, peças de reposição (raramente).
<b>FIM DE VIDA</b>	
<b>Processo de descarte ou reciclagem</b>	Encaminhado para desmonte e reciclagem em empresa especializada.

Fonte: Autor, 2023

Tabela 10: Entradas e saídas para a atividade portuária do misturador de fertilizantes

<b>Categoria</b>	<b>Insumos/Entrada</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Saídas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>
<b>Operação</b>	Energia elétrica	15	KWh	Emissões indiretas de CO <sub>2</sub>	0,000641	kg/h
	Fertilizantes	20.000	l	Emissões de partículas	1,9 x 10 <sup>-6</sup>	µg/m <sup>3</sup>
<b>Manutenção</b>	Óleo lubrificante	5	Litros (l)/mês	Resíduos de óleo	0,00201	l
<b>Fim de vida</b>	Desmonte do equipamento	1	Unidade	Reciclagem de materiais (resíduos de metais)	400	kg

Fonte: SimaPro 7

## B.1) Principais impactos ambientais

A Tabela 11 contém os principais impactos ambientais do misturador industrial de fertilizantes.

Tabela 11: Principais impactos ambientais do misturador industrial de fertilizantes

CATEGORIA	IMPACTOS POTENCIAIS	VALORES	MEDIDAS DE MITIGAÇÃO
<b>Emissões Atmosféricas</b>	Emissões indiretas de CO <sub>2</sub>	0,000641 kg/h	I) Considerar fontes renováveis de energia;
	Poeira de Fosfato	0,80 x 10 <sup>-6</sup> µg/m <sup>3</sup>	
	Poeira de Nitrato	0,70 x 10 <sup>-6</sup> µg/m <sup>3</sup>	
	Partículas de Aglomerados Orgânicos	0,40 x 10 <sup>-6</sup> µg/m <sup>3</sup>	Utilizar materiais em estado úmido quando possível.
<b>Ruídos e Vibrações</b>	Ruídos	110 dB(A) a 10 metros de distância	Uso de silenciadores.
	Vibrações	3,8 m/s <sup>2</sup>	Operação controlada para minimizar vibrações.

Fonte: SimaPro 7

No processo de mistura de fertilizantes por um misturador industrial, diversos impactos ambientais são observados. Uma das principais emissões atmosféricas inclui a poeira de fosfato, cujo valor estimado é de 0,80 x 10<sup>-6</sup> µg/m<sup>3</sup>. Este valor é significativo, pois o fosfato é um ingrediente comum em fertilizantes e, durante a mistura, partículas pequenas podem ser liberadas no ar. Essa poeira pode conter elementos como fósforo e cálcio que, em grandes quantidades, podem ser nocivos ao meio ambiente.

Outra emissão atmosférica relevante é a poeira de nitrato, estimada em 0,70 x 10<sup>-6</sup> µg/m<sup>3</sup>. Os nitratos também são comuns em fertilizantes e, similarmente ao fosfato, partículas podem ser dispersas durante a mistura. Em grandes quantidades, pode contribuir para a poluição do ar e problemas respiratórios para quem estiver nas proximidades.

Além disso, as partículas de aglomerados orgânicos são liberadas estimadas em cerca de 0,40 x 10<sup>-6</sup> µg/m<sup>3</sup>. Isso ocorre quando o misturador trabalha com fertilizantes que contêm material orgânico. Essas partículas podem contribuir para a diminuição da qualidade do ar no local.

O consumo de energia é outro fator significativo, com o misturador utilizando aproximadamente 15 kWh (Tabela 13). Isso representa um consumo elevado de eletricidade, o que pode impactar a sustentabilidade ambiental, especialmente se a fonte de energia não for renovável.

Na manutenção, o consumo de óleo lubrificante, estimado em cerca de 5 litros por mês, pode causar impactos ambientais. O descarte incorreto de óleo usado pode levar à contaminação do solo e da água. O ruído gerado pelo funcionamento do misturador é outro impacto a ser considerado, sendo estimado em 110 dB. Isso pode ser prejudicial para a saúde auditiva dos trabalhadores e pode contribuir para o estresse e a fadiga.

## B.2) Outras categorias de impacto

A avaliação do ciclo de vida (ACV) para um misturador industrial de fertilizantes com capacidade de carga de 20 mil litros envolve a quantificação e avaliação de vários impactos ambientais associados às suas operações (Tabela 12). Algumas categorias de impacto relevantes neste contexto incluem eutrofização, acidificação, toxicidade humana e ecotoxicidade.

Tabela 12: Outras categorias de impacto para o misturador de fertilizantes

CATEGORIAS	VALORES	UNIDADES	COMENTÁRIOS
Eutrofização	0,0062115	kg N eq	Quantidade de nitrogênio equivalente liberado que pode contribuir para a eutrofização.
Acidificação	0,0000017	kg SO <sub>2</sub> eq	Quantidade de dióxido de enxofre equivalente que pode contribuir para a acidificação do solo e da água.
Toxicidade Humana	0,02	kg 1,4-DCB eq	Quantidade equivalente de 1,4-diclorobenzeno, um indicador comum de toxicidade humana.
Ecotoxicidade	0,03	kg 1,4-DCB eq	Quantidade equivalente de 1,4-diclorobenzeno, um indicador comum de ecotoxicidade.

Fonte: ECO-it 1.3

**I) Eutrofização:** Na operação de um misturador industrial, quando fertilizantes contendo nitrogênio são manipulados, há a possibilidade de liberação de compostos nitrogenados para o ambiente. O valor de 0,0062115 kg N eq representa a quantidade de compostos de nitrogênio equivalentes que são liberados, e podem contribuir para a eutrofização de ecossistemas aquáticos. A eutrofização pode levar ao crescimento excessivo

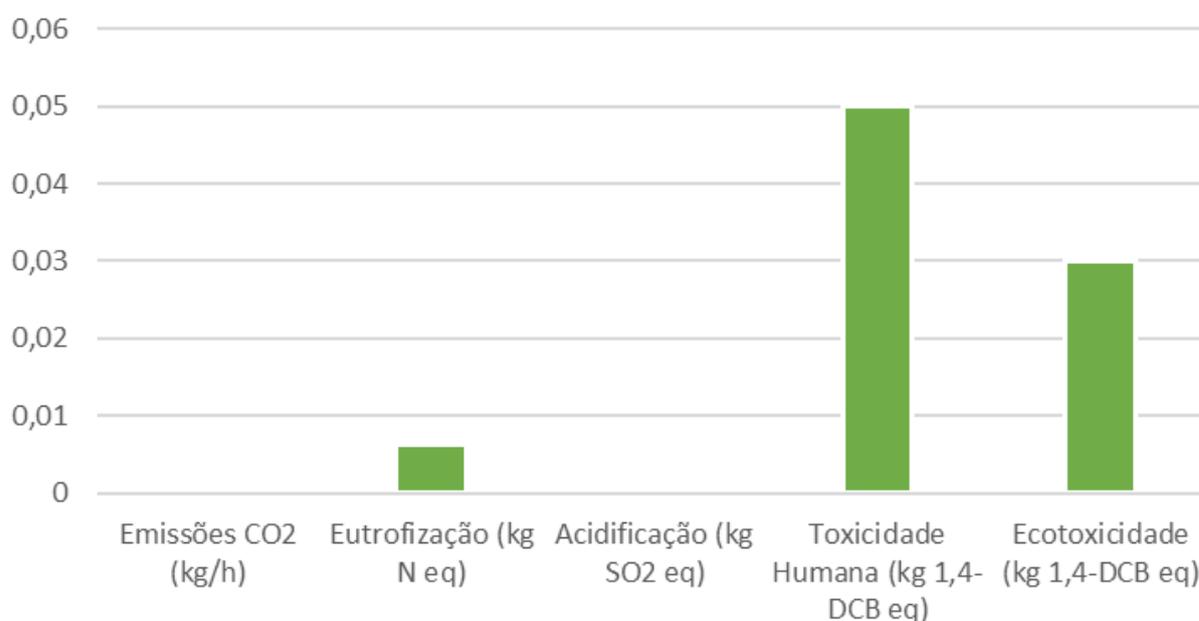
de algas, o que pode resultar em zonas mortas aquáticas, onde há pouco ou nenhum oxigênio disponível para a vida aquática.

**II) Acidificação:** O valor de 0,0000017 kg SO<sub>2</sub> eq indica uma quantidade muito pequena de compostos que podem contribuir para a acidificação sendo liberados durante a operação do misturador. Isso pode ser resultado de emissões de partículas ou gases que contêm substâncias ácidas. A acidificação pode afetar solos e corpos d'água, tornando-os mais ácidos, o que pode ser prejudicial para a vida vegetal e aquática.

**III) Toxicidade Humana:** Com um valor de 0,05 kg 1,4-DCB eq, a toxicidade humana indica a presença de substâncias que têm o potencial de ser prejudiciais aos seres humanos. Isso pode incluir a poeira de fertilizantes ou produtos químicos liberados durante a operação do misturador. A exposição humana, a essas substâncias, deve ser minimizada através de boas práticas de manuseio e sistemas de ventilação adequados.

**IV) Ecotoxicidade:** Similar à toxicidade humana, mas focado nos ecossistemas, a ecotoxicidade avalia o impacto de substâncias químicas liberadas no meio ambiente. Com um valor de 0,03 kg 1,4-DCB eq, isso sugere que as substâncias liberadas têm o potencial de ser prejudiciais para a flora e fauna local.

Figura 30: Categorias de impacto para o misturador de fertilizante



Fonte: Autor, 2023

### C) Esteiras

A esteira utilizada no contexto da atividade portuária de importação de fertilizantes é um equipamento crucial, desempenhando um papel vital na eficiência do transporte de cargas. O modelo, fabricado sob demanda, é projetado para ter uma velocidade de operação de 2 m/s e resistência de 2000kN/m, otimizando o fluxo de materiais e minimizando tempos de inatividade.

O equipamento é alimentado por energia elétrica proveniente do sistema nacional de distribuição, tornando-se uma opção mais sustentável em comparação com os sistemas alimentados por combustíveis fósseis. No entanto, o uso de energia elétrica implica emissões indiretas de gases de efeito estufa devido à matriz energética do país.

Para a manutenção, que ocorre mensalmente, são utilizados cerca de 5 litros de lubrificantes para garantir a eficiência operacional da esteira. As atividades de manutenção envolvem lubrificação e verificação da integridade das partes do equipamento. Caso a manutenção seja necessária, são realizadas a troca de telas e/ou roldanas, o que implica em um consumo adicional de recursos e geração de resíduos.

O equipamento não consome água em suas operações, o que contribui para a redução do impacto hídrico associado à atividade portuária. Ao final da vida útil da esteira, o equipamento é encaminhado para desmonte e reciclagem em uma empresa especializada. Este processo garante que os materiais sejam reciclados de forma responsável, minimizando a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários e aproveitando os recursos disponíveis no equipamento. A Tabela 13 mostra as entradas e saídas para a operação, manutenção e fim da vida da esteira.

Tabela 13: Entradas e saídas para a atividade portuária das esteiras

<b>Categoria</b>	<b>Insumos/Entrada</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Saídas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>
<b>Operação</b>	Energia elétrica	10	kWh	Emissões indiretas de CO <sub>2</sub>	0,000351	kg/h
	Transporte de fertilizante	variável	-	Partículas para o ar	variável	-
<b>Manutenção</b>	Lubrificantes	5	l/mês	Resíduos de lubrificantes	0,00201	l/d
<b>Fim de vida</b>	Desmonte do equipamento	1	Unidade	Resíduos de metais (reciclagem)	100	kg

Fonte: SimaPro 7

### C.1) Impactos ambientais

A esteira transportadora, utilizada no contexto da atividade portuária de importação de fertilizantes, possui impactos ambientais em sua operação, manutenção e fim da vida (Tabela 14).

Tabela 14: Impactos ambientais da esteira transportadora

CATEGORIA	IMPACTOS POTENCIAIS	VALORES	MEDIDAS DE MITIGAÇÃO
<b>Operação de Transporte</b>	Emissões de CO <sub>2</sub> , geração de ruído e emissão de partículas para o ar	CO <sub>2</sub> : 0,000351 kg/h Ruído: 65 dB(A) Partículas: Variável	Uso de energias renováveis, compensação de carbono e controle de poeira.
<b>Manutenção</b>	Contaminação do solo e da água pelo descarte de resíduos e lubrificantes	0,00201 l/d	Reaproveitamento dos resíduos.
<b>Descarte</b>	Contaminação do solo e da água pelo descarte do equipamento	100 kg	Reciclagem de partes e componentes, desmanche responsável.

Fonte: SimaPro 7

Durante o transporte dos fertilizantes, as emissões de CO<sub>2</sub> são estimadas em 0,000351 kg/h, geradas principalmente pela energia elétrica utilizada no processo. Além disso, a operação do equipamento produz um nível de ruído de aproximadamente 65 dB(A), o que pode impactar a qualidade do ambiente de trabalho e os ecossistemas próximos ao local de operação. A esteira também libera partículas para o ar, cuja quantidade depende do tipo de fertilizante sendo transportado. Medidas como o uso de energias renováveis e a compensação de carbono podem ser adotadas para reduzir as emissões de gases do efeito estufa, enquanto um controle de poeira efetivo pode minimizar a quantidade de partículas liberadas no ar.

As partículas emitidas para o ar durante a operação da esteira transportadora em uma atividade portuária de importação de fertilizantes são, principalmente, partículas de poeira geradas pelo próprio fertilizante.

Os fertilizantes são compostos majoritariamente por minerais, como fósforo, nitrogênio e potássio, além de outros componentes secundários, como cálcio, magnésio e enxofre. Durante o transporte, o atrito dos grânulos de fertilizantes uns com os outros e com a esteira pode gerar partículas finas de poeira que podem ser liberadas no ar.

Estas partículas podem ter diversos impactos, tanto para a saúde humana como para o meio ambiente. Para os humanos, a inalação dessas partículas pode causar problemas respiratórios e até mesmo doenças mais sérias em longo prazo. Para o meio ambiente, as partículas podem se depositar no solo e na água, alterando sua composição química e

potencialmente afetando a fauna e a flora local.

Nesse contexto, é fundamental ter medidas de controle de poeira em locais onde esses fertilizantes são manuseados e transportados, como as atividades portuárias. Essas medidas podem incluir a umidificação do ar para que as partículas se depositem mais rapidamente, ou sistemas de filtragem de ar para capturar as partículas antes que elas sejam liberadas na atmosfera.

Por outro lado, a manutenção da esteira também envolve a geração de resíduos e a utilização de lubrificantes, que podem resultar em contaminação do solo e da água se não forem corretamente descartados. Nesse caso, é estimado um descarte de cerca de 0,00201 l/d de lubrificantes. Portanto, é crucial garantir que a coleta e o descarte desses resíduos sejam realizados de maneira adequada, possivelmente através do uso de lubrificantes biodegradáveis.

Por fim, o descarte da esteira, ao final de sua vida útil, pode resultar na contaminação do solo e da água caso não seja feito de maneira responsável. Estima-se que cada esteira descartada pode resultar na geração de cerca de 100 kg de resíduos. Portanto, é essencial garantir a reciclagem de partes e componentes sempre que possível, além de assegurar um desmanche responsável para minimizar os impactos ambientais. A gestão de todo o ciclo de vida da esteira é muito importante para mitigar esses impactos e garantir uma operação sustentável na importação de fertilizantes.

## C.2) Outros impactos ambientais

A operação da esteira transportadora na importação de fertilizantes também pode gerar outros impactos ambientais (Tabela 15). No quesito eutrofização, a esteira possui um valor de 0,03 kg de nitrogênio equivalente (kg N eq), uma medida que reflete o potencial de um agente poluidor para causar o excesso de nutrientes em sistemas aquáticos.

Tabela 15: Outros impactos ambientais da esteira transportadora

CATEGORIAS	VALORES	UNIDADES	COMENTÁRIOS
Eutrofização	0,0000362	kg N eq	Impacto causado principalmente pelo derramamento de fertilizantes durante o transporte.
Acidificação	0,00540	kg SO <sub>2</sub> eq	Devido à energia elétrica usada, contribuindo para a formação de chuva ácida.
Toxicidade Humana	0,02	kg 1,4-DCB eq	Impactos devido à exposição a compostos tóxicos durante a manutenção da esteira.
Ecotoxicidade	0,05	kg 1,4-DCB eq	Impacto dos derramamentos de fertilizantes que podem ocorrer durante a operação, além das emissões de partículas de poeira.

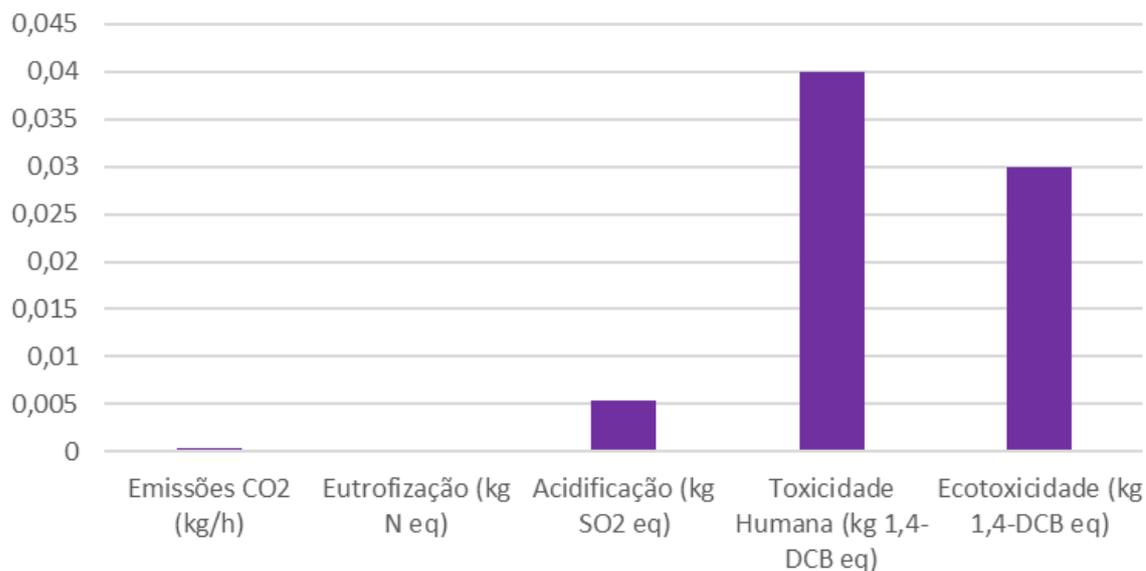
Fonte: ECO-it 1.3

A esteira também contribui para a acidificação, com um valor de 0,1 kg de dióxido de enxofre equivalente (kg SO<sub>2</sub> eq). Esse impacto é devido ao consumo de energia elétrica da esteira que, dependendo da fonte, pode contribuir para a emissão de gases que causam a chuva ácida.

Em relação à toxicidade humana, a esteira apresenta um valor de 1,5 kg 1,4-DCB eq. Isso indica que a exposição a compostos tóxicos durante a manutenção da esteira pode representar um risco significativo para a saúde humana. É essencial que medidas de segurança sejam implementadas e seguidas para minimizar esse risco.

Finalmente, a esteira também pode ter impactos em termos de ecotoxicidade, com um valor de 5 kg 1,4-DCB eq. Este valor reflete o impacto potencial de derramamentos de fertilizantes que podem ocorrer durante a operação da esteira. Esses derramamentos podem resultar em contaminação do solo e da água, com consequências potencialmente graves para a biodiversidade local e a saúde dos ecossistemas.

Figura 31: Categorias de impacto para as esteiras transportadoras



Fonte: Autor, 2023

#### D) Locomotiva modelo EMD SD70

Após a mistura dos fertilizantes, a próxima etapa na operação semiautomatizada da importação portuária de fertilizantes é o transporte ferroviário até o cliente final. Esta parte do processo envolve o uso de uma locomotiva, com modelos como o SD70, que são alimentados por óleo diesel.

Estas locomotivas têm uma elevada eficiência e capacidade de transportar cargas pesadas ao longo de longas distâncias. Com um consumo médio de combustível de 18.800 litros por operação, elas são essenciais na cadeia de logística, mas possuem uma pegada de carbono significativa. No contexto da análise do ciclo de vida, é importante considerar os insumos necessários para a operação destas locomotivas, bem como as saídas resultantes da sua utilização. A Tabela 16 mostra as entradas e saídas de maneira simplificada.

Tabela 16: Entradas e saídas para a atividade da locomotiva modelo EMD SD70

Categoria	Insumos/Entrada	Quantidade	Unidade	Saídas	Quantidade	Unidade
<b>Operação</b>	Óleo diesel	18.800	l	Emissões de CO <sub>2</sub>	0,15201	kg/h
	Fertilizantes	3290	t	Emissões de partículas	15,8 x 10 <sup>-3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
<b>Manutenção</b>	Óleo lubrificante	20	Litros (l)/d	Resíduos de óleo	0,259	l/d

Fonte: SimaPro 7

### D.1) Impactos ambientais

O transporte ferroviário de fertilizantes até o cliente final implica uma série de impactos ambientais (Tabela 17), principalmente relacionados às emissões de gases de efeito estufa e à poluição sonora. Durante a operação, a locomotiva a diesel consome grandes volumes de combustível, resultando em várias emissões atmosféricas. A mais proeminente entre estas é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um dos principais gases de efeito estufa, contribuindo significativamente para o aquecimento global.

Tabela 17: Impactos ambientais associados ao transporte da locomotiva EMD SD70

CATEGORIA	IMPACTOS POTENCIAIS	VALORES	MEDIDAS DE MITIGAÇÃO
<b>Operação de Transporte</b>	Emissões de CO <sub>2</sub>	0,15201 kg/h	Uso de combustíveis mais limpos, eficiência operacional.
	Emissões de NO <sub>x</sub>	0,03617 kg/h	
	Emissões de CH <sub>4</sub>	0,02361 kg/h	
	Emissões de NO <sub>x</sub>	0,00241 kg/h	
	Ruídos	350 dB(A) a 10 metros	Manutenção adequada.
<b>Manutenção</b>	Contaminação do solo por lubrificantes	0,259 l/d	Coleta e descarte adequado de lubrificantes.

Fonte: SimaPro 7

As emissões de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) são outras preocupações ambientais importantes. Enquanto o NO<sub>x</sub> contribui para a formação de *smog* (névoa de fumaça) e chuva ácida, o metano é um gás de efeito estufa com uma capacidade de aquecimento global muito maior do que o CO<sub>2</sub>. A operação da locomotiva também gera ruído significativo, de aproximadamente 350 dbA a 10 metros de distância.

Portanto, enquanto o transporte ferroviário é muitas vezes visto como uma opção mais verde em comparação com o transporte rodoviário, devido à sua maior eficiência energética, é essencial reconhecer que causa impactos ambientais substanciais. As medidas para mitigar estes impactos podem incluir a utilização de tecnologias de redução de emissões, a melhoria da eficiência do combustível, e a implementação de barreiras de som ou rotas de desvio para minimizar o impacto do ruído nas comunidades locais.

## D.2) Outras categorias de impacto

A Tabela 18 contém os valores para outras categorias de impacto para a locomotiva EMD SD70.

Tabela 18: Outras categorias de impacto para a locomotiva EMD SD70

CATEGORIAS	VALORES	UNIDADES	COMENTÁRIOS
Eutrofização	0,003801	kg N eq	Emissões do motor diesel podem contribuir para a eutrofização de sistemas aquáticos.
Acidificação	0,0959	kg SO <sub>2</sub> eq	A queima de diesel produz gases como NO <sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio) que contribuem para a acidificação.
Toxicidade Humana	0,06	kg 1,4-DCB eq	As emissões do motor diesel podem ter um impacto significativo na saúde humana.
Ecotoxicidade	0,07	kg 1,4-DCB eq	Emissões de gases do trem e potenciais derramamentos de diesel representam risco ecológico.

Fonte: ECO-it 1.3

A eutrofização, que corresponde a 0,003801 kg N eq, é uma preocupação ambiental resultante das emissões do motor diesel do trem. Essas emissões podem contribuir para o excesso de nutrientes, como nitrogênio, em sistemas aquáticos. Este fenômeno leva ao crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, o que pode resultar em hipóxia ou "zonas mortas", onde a vida aquática não consegue sobreviver devido à falta de oxigênio.

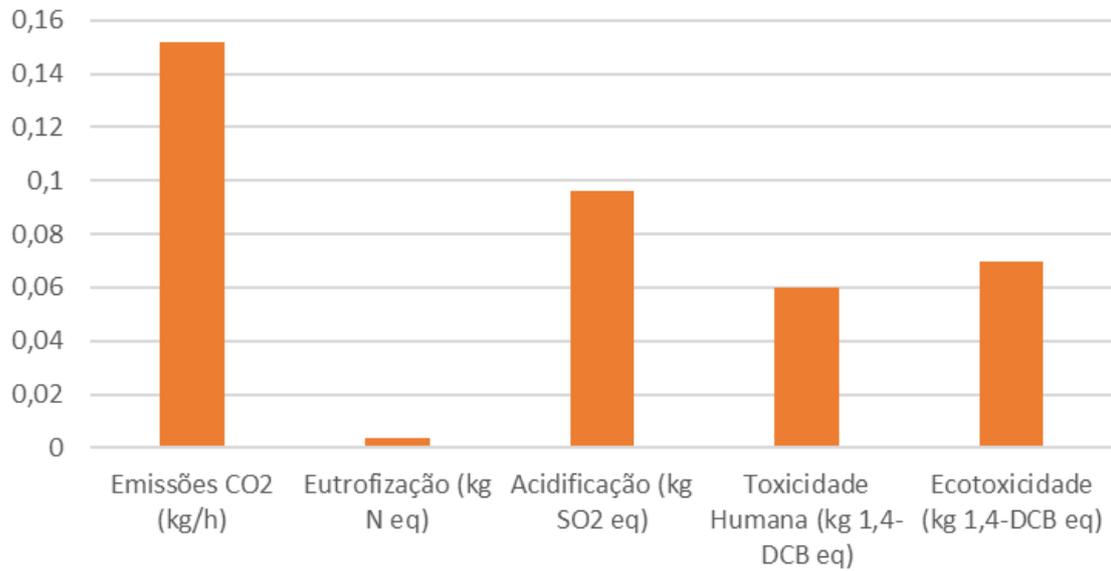
A acidificação, que atinge um valor de 0,0959 kg SO<sub>2</sub> eq, é outro impacto significativo. Este é um resultado direto da queima de diesel, que produz gases como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). Estes gases, quando lançados na atmosfera, podem se misturar com a água da chuva para formar ácidos prejudiciais, resultando em chuva ácida. Isso pode levar a danos substanciais aos ecossistemas aquáticos e terrestres, bem como à vida selvagem e à vegetação.

O valor da toxicidade humana é de 0,06 kg 1,4-DCB eq. Este valor indica o impacto significativo das emissões do motor diesel na saúde humana. Estas emissões podem incluir uma variedade de poluentes atmosféricos prejudiciais, incluindo partículas finas e gases tóxicos, que podem contribuir para uma série de problemas de saúde, como doenças respiratórias e cardiovasculares.

Além disso, a ecotoxicidade, com um valor de 0,07 kg 1,4-DCB eq, aponta para os riscos ecológicos associados a este tipo de atividade. As emissões de gases e os potenciais derramamentos de diesel durante o transporte de fertilizantes podem resultar em danos aos

ecossistemas locais. Isso pode afetar negativamente a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas.

Figura 32: Categorias de impacto para a locomotiva SD70

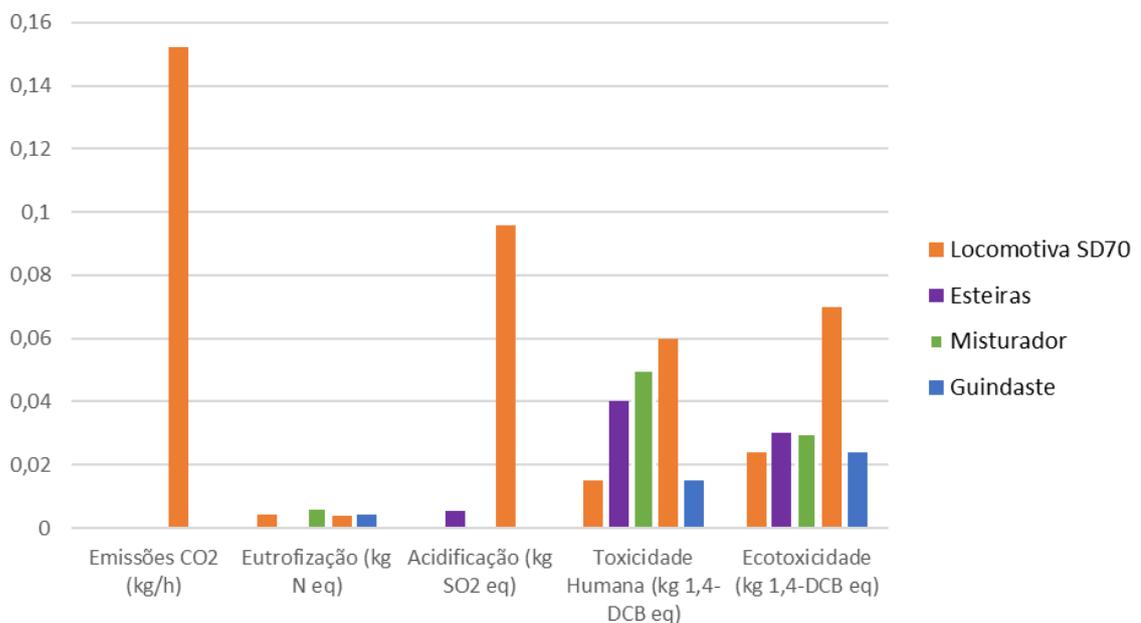


Fonte: Autor, 2023

E) Operação semiautomatizada (processo global)

A Figura 33 mostra o processo global das categorias de impacto para operação semiautomatizada.

Figura 33: Processo global das categorias de impacto para operação semiautomatizada



Fonte: Autor, 2023

A locomotiva SD70 parece ser a maior emissora de CO<sub>2</sub>. Uma possível explicação pode ser que, como as locomotivas são geralmente movidas a diesel, um combustível fóssil que emite grandes quantidades de CO<sub>2</sub> quando queimado. Esse indicador é de particular importância, pois, conforme mencionado anteriormente, o CO<sub>2</sub> é um gás de efeito estufa que contribui para o aquecimento global.

O misturador industrial, por outro lado, é identificado como o maior contribuinte para a eutrofização. Isso pode ser devido à liberação de nutrientes (como nitrogênio e fósforo) durante o processo de mistura de fertilizantes, que podem levar ao crescimento excessivo de algas em corpos d'água.

Quanto à toxicidade humana, a locomotiva SD70 é novamente o maior contribuinte, seguida pelo misturador industrial. Ambos emitem poluentes que podem ser prejudiciais para a saúde humana, como partículas finas, óxidos de nitrogênio e outros compostos químicos.

Na categoria de ecotoxicidade, a locomotiva SD70 e as esteiras transportadoras aparecem como principais contribuintes. Ecotoxicidade refere-se a impactos prejudiciais na vida selvagem, geralmente por meio da contaminação do solo ou da água. As esteiras transportadoras podem contribuir para isso por meio de vazamentos de lubrificantes ou outros fluidos (além das partículas de poeiras), enquanto as locomotivas podem contribuir através das emissões de gases de escape e vazamentos de combustível.

#### 4.2.3.1.4 Análise do Inventário do Ciclo de Vida da Operação Não Automatizada

##### I) Contextualização

Ao realizar a análise do inventário do ciclo de vida da operação não automatizada, é muito importante levar em consideração todas as entradas e saídas de energia e materiais em cada fase do processo, desde a remoção dos fertilizantes dos porões do navio até a entrega final ao cliente.

Inicialmente, os guindastes telescópicos usados para extrair a carga dos porões do navio são uma parte essencial deste processo. Esses equipamentos, assim como na operação semiautomatizada, consomem combustível e eletricidade, e emitem gases de efeito estufa. Além disso, o desgaste dos materiais e a manutenção necessária para manter esses guindastes em operação também são aspectos a serem considerados.

A operação não automatizada se diferencia ao transportar os fertilizantes diretamente para as carretas, em vez de usar esteiras transportadoras. No entanto, é necessário considerar o

consumo de combustível dessas carretas, as emissões de gases de efeito estufa e o desgaste e manutenção necessários.

Em situações em que a carga excede o limite permitido, uma mini carregadeira é utilizada para retirar o excesso. Esta etapa adiciona um equipamento adicional ao processo, com seu próprio consumo de energia, emissões e desgaste dos materiais a serem considerados.

No galpão, o fertilizante é reorganizado por uma pá carregadeira e processado em um misturador industrial de fertilizantes. Nesta fase, o consumo de energia do misturador e da pá carregadeira, bem como quaisquer materiais auxiliares utilizados, deve ser levado em conta.

Após a mistura, o fertilizante é carregado em caminhões para o transporte final até o cliente. Este passo difere significativamente da operação automatizada, pois, em vez de usar um único trem, 100 caminhões são necessários para suprir a operação ferroviária. Cada caminhão consome combustível e emite gases de efeito estufa, e o desgaste e a manutenção desses veículos também devem ser contabilizados.

#### B) Carreta VW Constellation 25.360

A carreta VW Constellation 25.360 é muito importante no transporte de fertilizantes do porto até o cliente final. Alimentada por óleo diesel, esse caminhão robusto e eficiente foi projetado para lidar com grandes cargas, tornando-o uma escolha ideal para tais operações.

Com um consumo médio de 4 km/l quando carregado, esse veículo se destaca pelo seu desempenho eficiente, apesar do peso elevado que costuma carregar. No percurso até o cliente final, o caminhão consome, em média, 238,75 litros de óleo diesel. Essa quantidade, embora significativa, é um reflexo da distância percorrida e do peso do fertilizante transportado. A Tabela 19 mostra as especificações técnicas desse veículo.

Tabela 19: Especificações técnicas para a Carreta VW Constellation 25.360

<b>Especificações técnicas</b>	
Peso em ordem de marcha (kg)	8.230 / 8.286/ 8.381 kg
PBT legal/técnico (kg)	23.000 / 28.100 kg
PBTC (kg)	53.000 kg
CMT (kg)	56.000 kg
Modelo do Motor	Cummins / ISL 360
Nº de cilindros	6 em linha
Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	8.900 cm <sup>3</sup>
Potência Máxima	360 cv a 2.100 rpm
Torque Máximo	166 kgfm de 1.200 a 1.400
Suspensão Dianteira	Molas parabólicas
Suspensão Traseira	Molas semielípticas trapezoidais
Freio Motor	Freio de cabeçote
Rodas - Aro	8,25x22,5
Rodas - Pneus	295/80R22,5
Tanque de Combustível	615 litros

Fonte: Informações retiradas do site da empresa fabricante, 2023.

A Tabela 20 mostra as entradas e saídas para o total de 100 carretas VW Constellation 25.360.

Tabela 20: Entradas e saídas para 100 carretas VW Constellation 25.360

<b>Categoria</b>	<b>Insumos/Entrada</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Saídas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>
<b>Operação</b>	Diesel combustível	23875	l	Emissões de CO <sub>2</sub> (combustão de diesel)	4,0012	kg/h
	Lubrificantes	305	Litros (l)	Emissões de compostos orgânicos voláteis	1,2	kg/h
	Fertilizantes	3.290	t	Emissão de partículas	0,0854	kg
<b>Manutenção</b>	Óleo refrigerante	106	Litros (l)	Resíduos de óleo	0,851	l
	Peças de reposição	19	Unidades	Resíduos de peças de metal	0,16330	kg
	Filtros de ar	150	Unidades	Resíduos de filtro de ar	3,69	kg
	Válvulas de retenção	41	Unidades	Resíduos de válvula	0,0221	kg
<b>Fim de vida</b>	Desmonte do equipamento	100	Unidades	Reciclagem de materiais (resíduos de metais)	10	t

Fonte: SimaPro 7

## B.1) Impactos ambientais

As operações de 100 carretas no transporte de fertilizantes têm impactos ambientais significativos (Tabela 21). A queima de diesel que alimenta esses veículos resulta em emissões de vários gases e partículas prejudiciais. Entre as principais emissões estão o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Tabela 21: Impactos ambientais para a operação de 100 carretas VW Constellation 25.360

<b>CATEGORIA</b>	<b>IMPACTOS POTENCIAIS</b>	<b>VALORES</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGAÇÃO</b>
<b>Operação de Transporte</b>	Emissões de CO <sub>2</sub>	4,0012 kg/h	Manutenção regular dos motores.
	Emissões de NO <sub>x</sub>	1,2530 kg/h	
	Emissões de CH <sub>4</sub>	0,9841 kg/h	
	Emissões de NO <sub>x</sub>	1,0251 kg/h	
	Partículas Finas (PM2.5)	0,09641 kg/h	
	Hidrocarbonetos Totais (THC)	0,06663 kg/h	

Fonte: SimaPro 7

As carretas também emitem óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), um conjunto de gases que, ao interagirem com a luz solar, contribuem para a formação de *smog*, prejudicando a qualidade do ar e levando a problemas de saúde, como asma e outras doenças respiratórias. Além disso, são produzidos pequenos volumes de metano (CH<sub>4</sub>), outro gás de efeito estufa que, embora emitido em menor quantidade que o CO<sub>2</sub>, tem potencial de aquecimento global muito maior.

As carretas também liberam partículas finas conhecidas como PM2.5. Estas partículas são extremamente pequenas (cerca de 30 vezes menores do que a espessura de um cabelo humano), e podem ser inaladas profundamente nos pulmões, causando uma série de problemas de saúde, incluindo doenças cardíacas e pulmonares.

Os motores a diesel, como os que equipam as carretas, são uma fonte significativa de PM2.5. Estas partículas são produzidas durante a combustão incompleta do diesel. PM2.5 é uma preocupação para a saúde pública, pois a exposição em longo prazo a essas partículas finas pode levar a problemas respiratórios e cardiovasculares.

Por fim, as emissões de Hidrocarbonetos Totais (THC) são uma preocupação adicional. Estes compostos químicos, que incluem uma ampla gama de gases produzidos durante a combustão do diesel, podem contribuir para a poluição do ar e, também, são conhecidos por terem efeitos prejudiciais à saúde humana.

## B.2) Outras categorias de impacto

A Tabela 22 mostra os valores de outras categorias de impacto para 100 carretas VW Constellation 25.360.

Tabela 22: Outras categorias de impacto para 100 carretas VW Constellation 25.360

CATEGORIAS	VALORES	UNIDADES	COMENTÁRIOS
Eutrofização	0,0952	kg N eq	Relacionado ao NO <sub>x</sub> e outros compostos nitrogenados liberados na queima do diesel.
Acidificação	0,789	kg SO <sub>2</sub> eq	Relacionado ao SO <sub>2</sub> e outros compostos de enxofre liberados na queima do diesel
Toxicidade Humana	0,8	kg 1,4-DCB eq	Relacionado à emissão de poluentes atmosféricos.
Ecotoxicidade	1,1	kg 1,4-DCB eq	Emissões de gases das carretas e potenciais derramamentos de diesel representam risco ecológico.
Depleção da camada de ozônio	0,05	kg de CFC-11 eq.	Relacionado à emissão de gases refrigerantes dos veículos.

Fonte: ECO-it 1.3

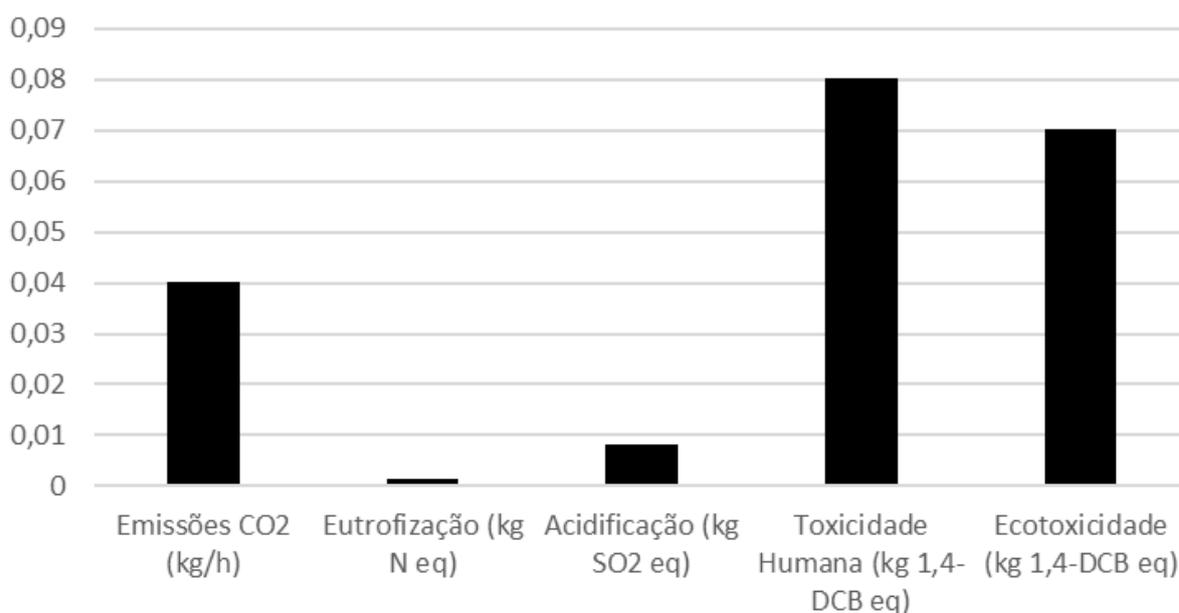
No contexto das atividades das 100 carretas, o escoamento do óleo diesel ou de resíduos de fertilizantes que possam cair durante o transporte pode levar ao excesso de nutrientes em cursos de água, causando crescimento excessivo de algas e prejudicando a vida aquática, ou seja, gerando o impacto de eutrofização.

A acidificação é outro impacto potencial. As emissões de óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) das carretas podem contribuir para a acidificação do solo e das águas, que ocorre quando esses gases se combinam com a água para formar ácidos. Isso pode prejudicar a vida vegetal e aquática.

A Toxicidade Humana se refere a efeitos negativos na saúde humana causada por exposição a substâncias químicas perigosas. No caso das carretas, as emissões de gases de escape, como partículas finas ( $\text{PM}_{2.5}$ ) e hidrocarbonetos totais (THC), podem contribuir para a toxicidade humana. A Ecotoxicidade se refere aos efeitos negativos na vida selvagem. Emissões e escoamentos podem levar a contaminação do solo e da água que pode ser prejudicial para os ecossistemas locais.

A depleção da camada de ozônio se refere ao esgotamento da camada de ozônio na atmosfera superior da Terra. Embora as emissões de carretas movidas a diesel não sejam um dos principais contribuintes para este problema, os óxidos de nitrogênio que elas emitem podem, em teoria, reagir com o ozônio na atmosfera e contribuir para a sua depleção.

Figura 34: Categorias de impacto para 100 carretas VW Constellation 25.360



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

### C) Mini carregadeira de rodas

A mini carregadeira de rodas, da marca BOB CAT, modelo S750, é um veículo robusto e eficiente projetado para o transporte de carga. Equipado com um motor de 85 cavalos de potência (hp), este veículo tem uma capacidade operacional nominal de 1499 kg, o que lhe permite manusear e transportar volumes significativos de material.

O equipamento funciona com diesel, um combustível fóssil amplamente utilizado em máquinas pesadas devido à sua alta densidade energética e confiabilidade. Este combustível fornece a energia necessária para operar a máquina e realizar suas funções.

Sua manutenção é realizada a cada seis meses para garantir um desempenho otimizado e longevidade. Durante essas sessões de manutenção, 8,6 litros de lubrificantes são usados para manter o funcionamento suave dos componentes internos da máquina. Além da troca de óleo, outros trabalhos de manutenção incluem a verificação de itens essenciais, como as correias e os pneus, para garantir que eles estejam em boas condições de trabalho.

No que se refere ao fim da vida útil da máquina, a mini carregadeira é devolvida à empresa que a alugou. Essa empresa é então responsável por dar ao equipamento uma destinação final adequada, que pode incluir o desmanche da máquina para a reciclagem de suas partes constituintes. É importante notar que a mini carregadeira BOB CAT S750 não consome água em suas operações. Portanto, não há necessidade de levar em conta o consumo de água para sistemas de resfriamento ou outras funções similares ao avaliar o impacto ambiental deste veículo.

A Tabela 23 mostra as entradas e saídas para a atividade portuária da mini carregadeira de rodas.

Tabela 23: Entradas e saídas para a atividade portuária da mini carregadeira de rodas

<b>Categoria</b>	<b>Insumos/Entrada</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Saídas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>
<b>Operação</b>	Diesel	50	l	Emissões de CO <sub>2</sub>	0,009541	kg/h
	Capacidade operacional nominal	1499	kg	Resíduos de fertilizantes	1,8	kg/d
<b>Manutenção</b>	Lubrificante	8,6	l/6 meses	Resíduos de óleo lubrificante	0,756	l/s
<b>Fim de vida</b>	Desmonte do equipamento	1	Unidade	Resíduos de metais (reciclagem)	350	kg

Fonte: SimaPro 7

### C.1) Impactos ambientais

A mini carregadeira de rodas empregada na atividade portuária de importação de fertilizantes tem alguns impactos potenciais (Tabela 24) que precisam ser levados em conta para uma gestão eficiente e ambientalmente responsável.

Tabela 24: Impactos ambientais da mini carregadeira de rodas

<b>CATEGORIA</b>	<b>IMPACTOS POTENCIAIS</b>	<b>VALORES</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGAÇÃO</b>
<b>Operação de Transporte</b>	Emissões de CO <sub>2</sub>	0,009541 kg/h	Uso de combustíveis mais limpos, manutenção regular
<b>Manutenção</b>	Geração de resíduos (óleo)	0,756 l/s	Reaproveitamento dos resíduos
<b>Derramamento de Fertilizantes</b>	Contaminação do solo e lençóis freáticos	1,8 kg/d	Treinamento adequado dos operadores, uso de sistemas de contenção de derramamentos
<b>Descarte</b>	Geração de resíduos sólidos	350 kg	Reciclagem de partes e componentes, desmanche responsável

Fonte: SimaPro 7

Durante a operação de transporte, a carregadeira emite CO<sub>2</sub>, contribuindo para o aquecimento global. Estima-se que a carregadeira emita 0,009541 kg/h de operação. Medidas de mitigação para essas emissões podem incluir o uso de combustíveis mais limpos e a realização regular de manutenção para garantir a eficiência do motor.

A manutenção da carregadeira é necessária a cada seis meses, e envolve a troca de óleo e a verificação de itens como correias e pneus. Este processo gera resíduos, os quais poderão ser reciclados de maneira a minimizar o impacto ambiental da manutenção. Durante a operação pode haver derramamento de fertilizantes, que tem o potencial de contaminar o solo e os lençóis freáticos.

A quantidade de fertilizantes derramada é variável, e depende de fatores como a habilidade do operador e as condições de trabalho. Medidas de mitigação podem incluir o treinamento adequado dos operadores e o uso de sistemas de contenção de derramamentos para prevenir a contaminação do solo.

Finalmente, no fim de sua vida útil, a carregadeira é devolvida à empresa de locação, que pode desmontar o equipamento, gerando resíduos sólidos. A reciclagem de peças e componentes do equipamento, bem como a prática responsável de desmonte, pode minimizar o impacto ambiental deste estágio.

## C.2) Outras categorias de impacto

Na atividade portuária de importação de fertilizantes, a mini carregadeira desempenha um papel crucial, retirando o excesso de carga das carretas para garantir a conformidade com os regulamentos de peso. No entanto, este processo, embora necessário, também tem seus impactos ambientais potenciais, conforme apresentado na Tabela 25.

Tabela 25: Outras categorias de impacto para a mini carregadeira de rodas

CATEGORIAS	VALORES	UNIDADES	COMENTÁRIOS
Eutrofização	0,08951	kg N eq	Impacto causado principalmente por derramamentos acidentais de fertilizantes durante o manuseio.
Acidificação	0,000014	kg SO <sub>2</sub> eq	Ocorrência devido às emissões de óxidos de enxofre durante a combustão de diesel.
Toxicidade Humana	0,03	kg 1,4-DCB eq	Os impactos na saúde humana podem ocorrer devido à exposição a compostos tóxicos durante a manutenção.
Ecotoxicidade	0,06	kg 1,4-DCB eq	Devido a potenciais vazamentos de óleo ou derramamentos de fertilizantes, que podem afetar ecossistemas.

Fonte: ECO-it 1.3

Um dos impactos é a eutrofização, estimada em 0,08951 kg N eq. Este impacto é causado principalmente pelo derramamento acidental de fertilizantes durante o manuseio. Outro impacto é a acidificação, que ocorre devido às emissões de óxidos de enxofre durante a combustão de diesel na mini carregadeira. Estimado em 0,000014 kg SO<sub>2</sub> eq, este impacto refere-se à contribuição da operação da mini carregadeira para a formação de chuva ácida, que pode danificar a flora e a fauna e alterar a química do solo e da água.

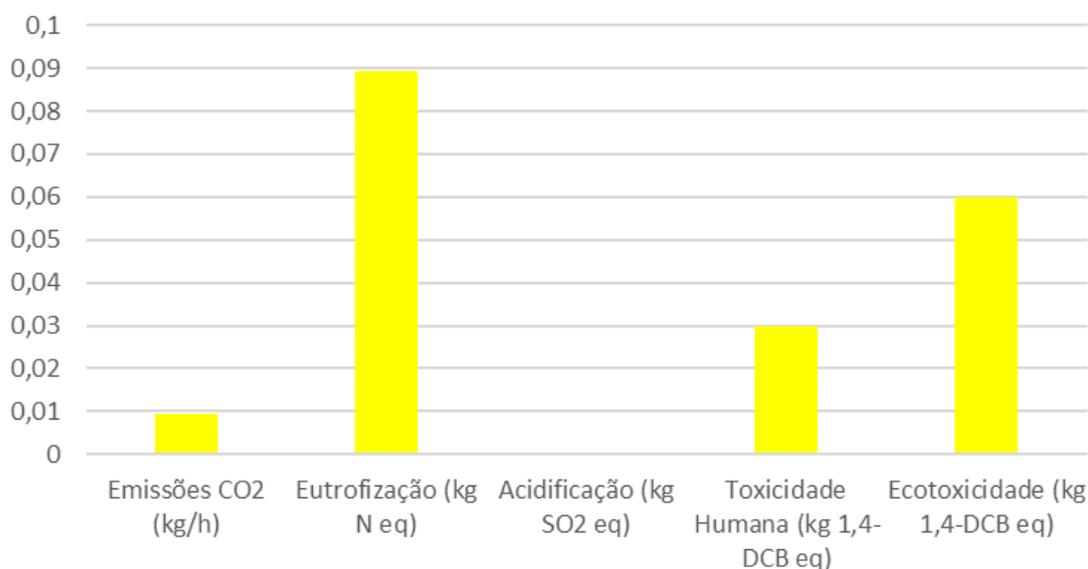
A toxicidade humana, estimada em 0,03 kg 1,4-DCB eq, refere-se aos impactos na saúde humana que podem ocorrer devido à exposição a compostos tóxicos durante a manutenção da mini carregadeira. A exposição pode ocorrer através da inalação, ingestão ou contato com a pele.

Por último, a ecotoxicidade, estimada em 0,06 kg 1,4-DCB eq, refere-se ao impacto dos vazamentos de óleo ou derramamentos de fertilizantes que podem ocorrer durante a operação da mini carregadeira. Esses incidentes têm o potencial de afetar negativamente os ecossistemas, prejudicando a biodiversidade.

Essas estimativas ressaltam a necessidade de práticas operacionais cuidadosas e manutenção adequada da mini carregadeira para minimizar esses impactos. A formação

adequada de pessoal, o uso de equipamentos de proteção individual, a manutenção regular da máquina e o manejo cuidadoso dos fertilizantes são medidas que podem ser tomadas para mitigar esses impactos.

Figura 35: Categorias de impacto para uma mini carregadeira

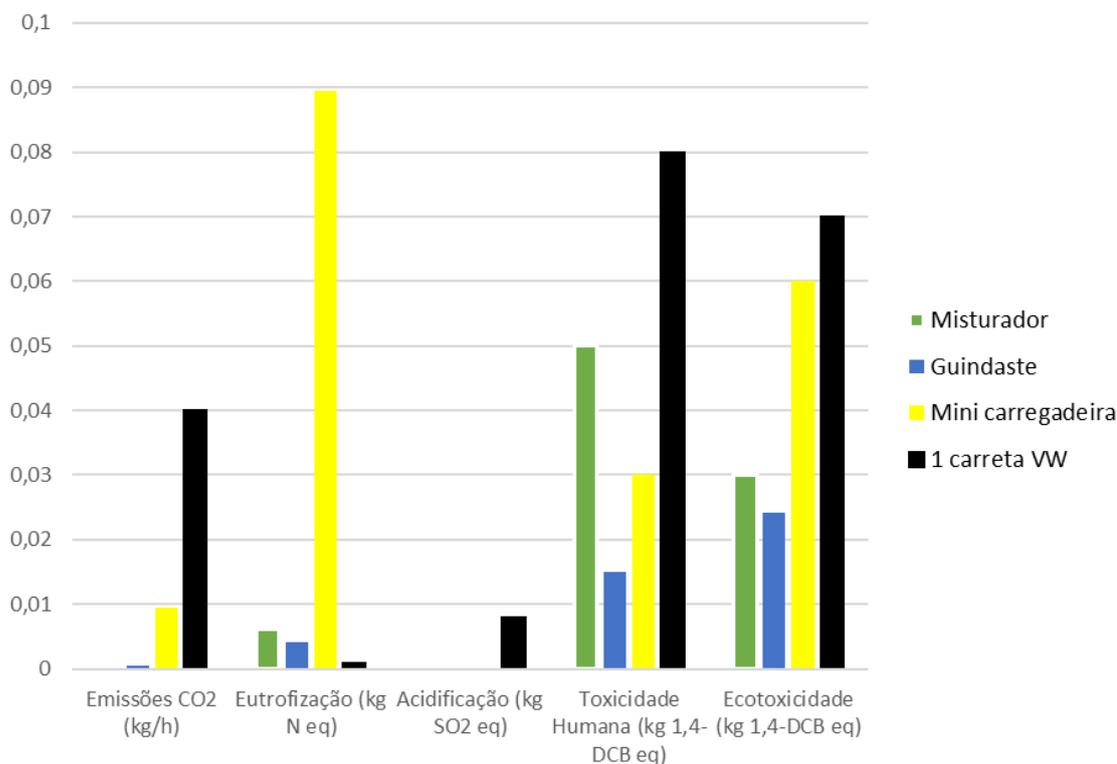


Fonte: Autor, 2023.

#### D) Operação não automatizada (processo global)

Na Figura 36 a mini carregadeira aparece como o maior contribuinte para a eutrofização. Isso pode estar relacionado ao seu funcionamento e manutenção, que podem envolver o uso de lubrificantes e outros fluidos que podem acabar contaminando o solo e, por conseguinte, os cursos d'água, resultando em eutrofização. Essa contaminação pode ocorrer através de vazamentos, derramamentos ou a disposição inadequada desses materiais.

Figura 36: Processo global das categorias de impacto para operação não automatizada



Fonte: Autor, 2023

Em relação à carreta VW, o veículo é o maior contribuinte para as emissões de CO<sub>2</sub>, toxicidade humana e ecotoxicidade. Isso é provavelmente devido ao fato da carreta ser movida a diesel, um combustível fóssil que, quando queimado, emite CO<sub>2</sub>, um importante gás de efeito estufa. Além disso, a combustão de diesel também produz uma variedade de poluentes atmosféricos, como óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e partículas finas (PM2.5), que são prejudiciais para a saúde humana e contribuem para a toxicidade humana. Estes mesmos poluentes, quando depositados em ambientes naturais, podem ser tóxicos para a vida selvagem e ecossistemas, daí a contribuição para a ecotoxicidade.

O misturador industrial também é identificado como um dos principais contribuintes para a toxicidade humana. Este equipamento, ao misturar fertilizantes, pode liberar poeira e outras partículas que podem ser inaladas pelos trabalhadores, o que leva a uma variedade de problemas de saúde. Além disso, qualquer vazamento ou derramamento de fertilizantes pode levar à contaminação do solo e da água, que também contribui para a toxicidade humana.

A contribuição da carreta para a acidificação está, sobretudo, relacionada ao tipo de combustível que ela utiliza, que, no caso, é o óleo diesel. Quando o diesel é queimado, produz dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), ambos conhecidos como precursores de chuvas ácidas. O dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio reagem com a água,

oxigênio e outros compostos na atmosfera para formar ácidos sulfúricos e nítricos. Esses ácidos podem ser transportados por grandes distâncias pelos ventos antes de caírem no solo na forma de precipitação ácida (chuva, neve, orvalho ou mesmo poeira). A precipitação ácida pode acidificar solos e corpos d'água, prejudicando a vida selvagem e plantas e, também, pode causar danos a construções e monumentos.

#### 4.2.3.1.5 Discussão da Avaliação

##### A) Emissões de CO<sub>2</sub>

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um dos principais gases de efeito estufa, e é liberado durante a queima de combustíveis fósseis, como o óleo diesel usado tanto pela locomotiva SD70 quanto pela carreta VW Constellation 25.360. Na operação semiautomatizada, a locomotiva é a principal fonte de emissões de CO<sub>2</sub>, pois consome grande quantidade de combustível em sua operação. No entanto, a capacidade de carga de um trem é muito maior que a de uma carreta, o que significa que o volume de fertilizantes transportados por unidade de combustível consumido é maior.

Por outro lado, na operação não automatizada, a carreta é a maior fonte de emissões de CO<sub>2</sub>. Cada carreta tem uma capacidade de carga muito menor do que um trem, o que significa que são necessárias muitas carretas para transportar a mesma quantidade de fertilizantes que um único trem. Como cada carreta consome combustível e, portanto, emite CO<sub>2</sub>, o volume total de emissões de CO<sub>2</sub> será maior na operação não automatizada, se for considerada a mesma quantidade de fertilizantes transportados.

Além disso, é importante lembrar que as emissões de CO<sub>2</sub> contribuem para o aquecimento global, que é uma das principais questões ambientais da atualidade. Portanto, do ponto de vista das emissões de CO<sub>2</sub>, a operação semiautomatizada pode ser considerada mais eficiente e sustentável que a operação não automatizada.

##### B) Eutrofização

A eutrofização é um processo que ocorre quando um corpo d'água recebe uma quantidade excessiva de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, geralmente como resultado do escoamento de fertilizantes. Isso pode provocar um crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, que, quando morrem e se decompõem, esgotam o oxigênio da água, levando à morte de outros organismos aquáticos.

Na atividade semiautomatizada de importação de fertilizantes, o misturador industrial é o principal contribuinte para a eutrofização. Isso ocorre porque durante a mistura, o fertilizante pode ser disperso, o que aumenta a possibilidade de escoamento para os corpos d'água próximos. Apesar disso, na operação semiautomatizada, o manuseio do fertilizante é relativamente contido, o que pode minimizar o risco de escoamento.

Já na atividade não automatizada, a mini carregadeira de rodas é a principal contribuinte para a eutrofização. Nesse caso, como a operação tem conteúdo mais manual, há uma manipulação mais intensiva do fertilizante, que aumenta a probabilidade de escoamento. Além disso, a operação não automatizada exige a movimentação de fertilizantes por uma maior quantidade de equipamentos, cada um apresentando potenciais pontos de derramamento e escoamento.

Portanto, em termos de eutrofização, a operação semiautomatizada pode ter um impacto menor quando comparada à operação não automatizada, especialmente considerando-se o mesmo volume de fertilizante manuseado.

### C) Acidificação

A acidificação refere-se ao processo de aumento da acidez em um ambiente, sendo frequentemente associada à emissão de gases que contribuem para a formação da chuva ácida, como os óxidos de enxofre e de nitrogênio. Esses gases são liberados principalmente pela queima de combustíveis fósseis, como o diesel, que é amplamente utilizado em operações de transporte.

Na operação semiautomatizada de importação de fertilizantes, a principal fonte de acidificação é a locomotiva SD70. As locomotivas movidas a diesel, como a SD70, emitem quantidades significativas de óxidos de enxofre e de nitrogênio durante o processo de combustão. Por isso, na operação semiautomatizada, é essencial considerar a eficiência do motor da locomotiva, as tecnologias de controle de emissões e a qualidade do combustível utilizado para mitigar esse impacto.

Por outro lado, na operação não automatizada, a carreta VW Constellation 25.360 é a principal fonte de acidificação. Assim como a locomotiva, a carreta queima diesel para funcionar e, portanto, emite óxidos de enxofre e de nitrogênio. No entanto, ao considerar que são necessárias 100 carretas para mover a mesma quantidade de fertilizante que um único trem na operação semiautomatizada, a contribuição para a acidificação por unidade de fertilizante transportado é provavelmente maior na operação não automatizada.

Portanto, em ambos os casos, estratégias de mitigação, como a utilização de combustíveis de melhor qualidade, a manutenção regular dos motores para garantir sua eficiência, e a adoção de tecnologias de controle de emissões, podem ajudar a reduzir o impacto da acidificação.

#### D) Toxidade humana e ecotoxicidade

A toxidade humana e a ecotoxicidade estão intrinsecamente ligadas à qualidade do ar e à saúde dos ecossistemas. Elas se referem aos danos causados à saúde humana e ao ambiente pela exposição a substâncias químicas tóxicas. Na importação de fertilizantes, tanto na operação semiautomatizada quanto na não automatizada, os veículos de transporte (a locomotiva SD70 e a carreta VW Constellation 25.360, respectivamente) são os principais contribuintes para esses impactos.

A locomotiva SD70, utilizada na operação semiautomatizada, e a carreta, na operação não automatizada, funcionam com combustível diesel. Durante a queima deste combustível, são liberados vários poluentes atmosféricos, incluindo monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), partículas finas (PM<sub>2.5</sub>) e hidrocarbonetos. Esses poluentes têm o potencial de causar danos significativos à saúde humana, como doenças respiratórias e cardiovasculares, e também têm efeitos prejudiciais nos ecossistemas, podendo contribuir para a acidificação, a eutrofização e o desequilíbrio de habitats naturais.

Na operação não automatizada, esse impacto pode ser ainda maior, uma vez que são necessárias 100 carretas para transportar a mesma quantidade de fertilizantes que um único trem na operação semiautomatizada. Isso significa que a quantidade de poluentes liberados por unidade de fertilizante transportado é provavelmente maior na operação não automatizada.

Portanto, a adoção de estratégias de mitigação, como o uso de combustíveis mais limpos, a manutenção regular dos motores para garantir sua eficiência, a implementação de tecnologias de controle de emissões e a transição para formas de transporte mais sustentáveis, é crucial para reduzir a toxidade humana e a ecotoxicidade associadas a essas operações.

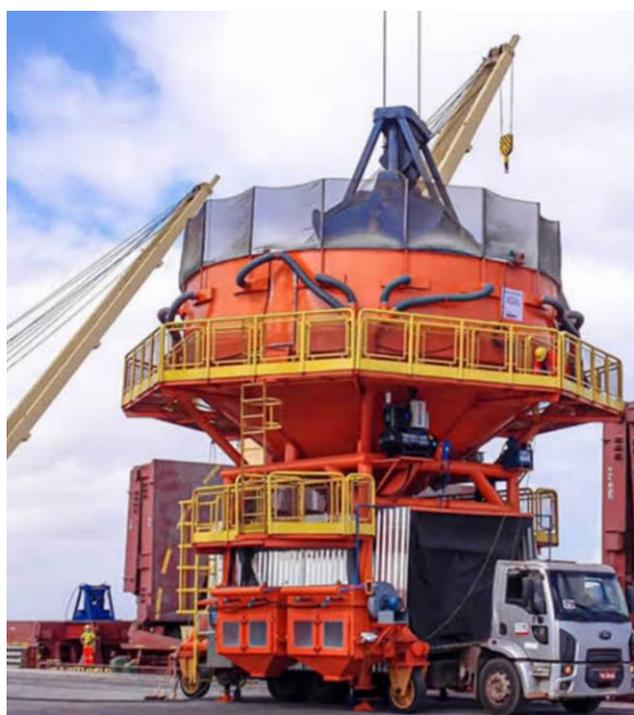
### 4.3 Melhorias implementadas pelo porto

Após identificar os impactos em cada uma das dimensões, buscou-se detectar as melhorias que o porto está implementando para reduzir ou mitigar os impactos gerados.

Dente os problemas apontados na dimensão de governança, o porto desenvolve em sua gerência de PDI um projeto que visa mensurar o peso da carga depositado pelo *grab* na moega, que, quando implementado, eliminaria a necessidade do alívio de carga, e o caminhão já sairia da moega lonado, apenas para realizar a pesagem e sair do porto.

Outra iniciativa em implementação é a adoção de moegas ecológicas, como mostrado na Figura 37. Este equipamento possui um sistema de ventilação que suga o material que fica disperso no ar quando o *grab* deposita a carga. Além disso, apresenta um conjunto de telas que impedem a saída de material. Por enquanto, o porto não obriga as operadoras a utilizarem o equipamento, contudo, sugere a troca gradual.

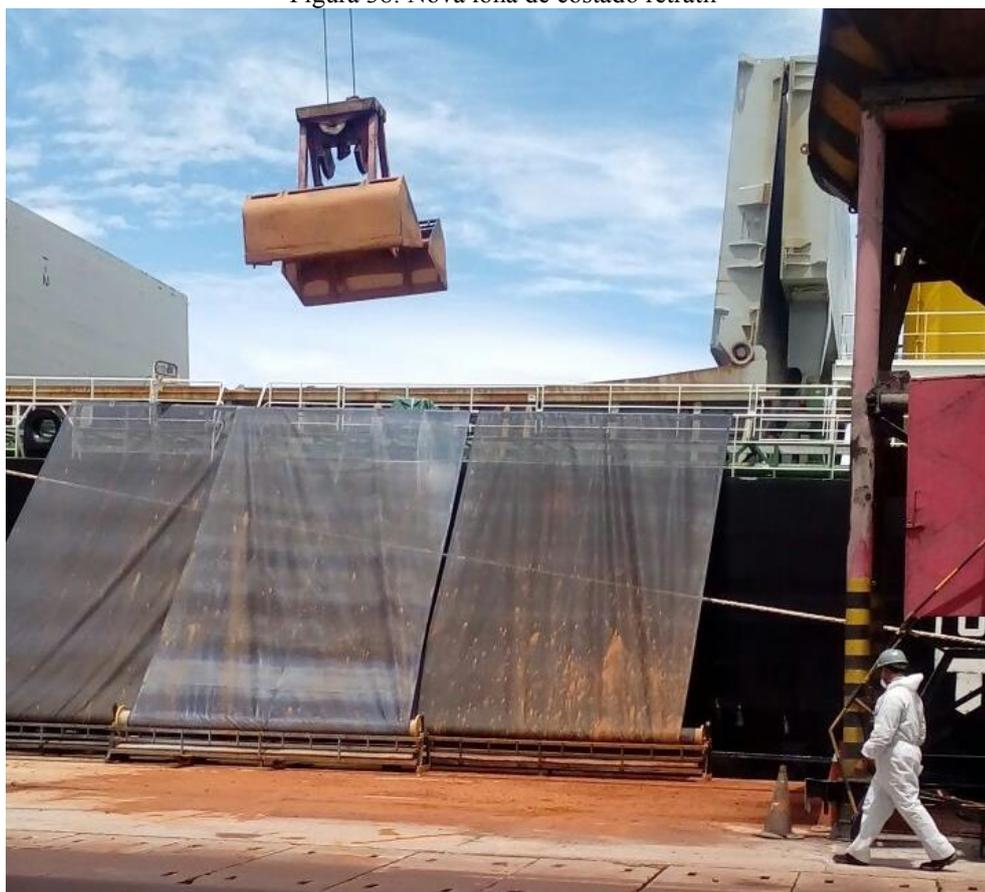
Figura 37: Moega Ecológica.



Fonte: Imagem cedida pelo porto estudado, 2023.

O porto também negocia com as operadoras portuárias a compra de lonas de costado retrateis mostradas na Figura 38. Este equipamento já possui aplicação em outros portos, e apresenta inúmeras vantagens quando comparado à lona de costado tradicional mostrada na Figura 9 deste trabalho. Em sua instalação, por ela possuir um conjunto de molas, não está sujeita à formação de bolsões de vento. Além disso, sua instalação apresenta menor risco para o trabalhador portuário, uma vez que o mesmo não corre o risco de ser jogado ao mar. Por fim, o produto mostrou-se muito mais eficiente como barreira de queda de produtos ao mar.

Figura 38: Nova lona de costado retrátil



Fonte: Imagem cedida pelo porto estudado, 2023.

Dentro das iniciativas na dimensão ambiental, o porto realiza a contratação de uma empresa que possui embarcações autônomas que atuam na remoção de poluentes presentes no ecossistema aquático, visando a remoção de materiais já depositados no ecossistema aquático.

Por fim, no âmbito social, a empresa estuda a criação de uma Universidade Livre visando ofertar qualificação profissionalizante para jovens da região e, em longo prazo, estabelecer como critério de contratação de empresas terceirizadas a utilização de mão de obra da redondeza visando aumentar a percepção de contratação de pessoas locais.

#### **4.4 Melhorias sugeridas pelo autor**

Além das melhorias já em implementação pelo porto, este trabalho sugere opções de otimização de suas atividades. A primeira é a utilização de telas, como mostrado na Figura 39, visando restringir os particulados da operação à área próxima aos equipamentos. Assim, reduz-se o risco de contaminações ambientais e de pessoas não envolvidas na atividade. Em outros portos esta estrutura é chamada de cinturão operacional.

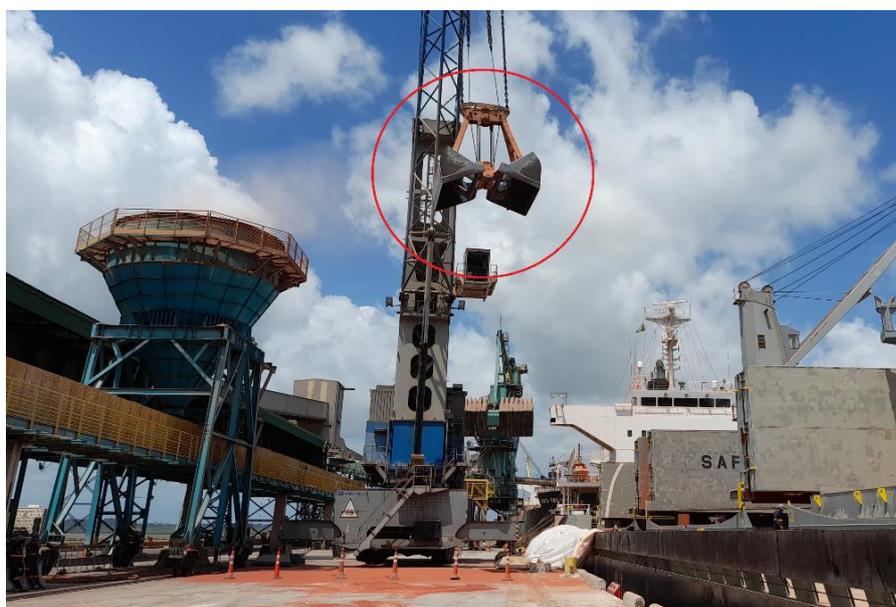
Figura 39: Telas de proteção para área operacional



Fonte: Obtida em benchmarking com outro porto, 2023.

Outra proposição é que dentro dessa área restrita e isolada de ocorrência da operação, as pessoas ali presentes utilizem obrigatoriamente todos os EPIs pertinentes aos riscos que estão expostos, como capacete, óculo, máscara com filtro e traje de proteção.

Também propõe-se a mudança de práticas habituais no porto que geram desperdícios, como a mostrada na Figura 40, onde observa-se que, após derramar a carga dentro da moega/funil, o *grab* retorna aberto para buscar mais carga no porão. Neste trajeto, parte do material que aderiu à superfície do equipamento vai se soltando e caindo no chão.

Figura 40: Proposta de mudança na movimentação do *grab*.

Fonte: Autor, 2023.

Por fim, recomenda-se o desenvolvimento de treinamentos e campanhas visando a criação de uma cultura de não desperdício, buscando desenvolver nos trabalhadores de todas as empresas do complexo senso de “dono”, tendo em vista que perdas, sejam elas de tempo ou material, geram danos em diversas dimensões.

## 5 CONCLUSÕES

Perante os resultados apresentados e discutidos, é confirmada a existência da problemática apontada no início do trabalho, o que ratifica o apontado por Dos Santos e Pereira (2022) referente a grande relevância da temática abordada. Contudo, durante a execução do trabalho, foi observado a não existência de trabalhos neste mesmo nicho de pesquisa, fato que dificultou uma abordagem comparativa dos resultados alcançados.

Dentro da análise realizada na dimensão de governança, foi evidenciada a existência de várias perdas nas operações semiautomatizada, não automatizada, e híbrida. Apesar de se tratar de uma abordagem diferente, o trabalho de Vieira (2013) também realiza um estudo de governança aplicado a portos e evidencia um atraso dos portos brasileiros quando comparado a referências internacionais com Valencia *Port*.

Na análise de desperdício de material por operação, podem-se elencar hipóteses para relacionar a granulometria do material com o nível de perda, como no caso do carvão, que possui maior granulometria. Contudo, uma análise adequada refere-se ao tipo de operação realizada, sendo evidente a existência de “faixas de perda” por operação. A semiautomatizada apresenta perda inferior a 1%, a operação híbrida apresenta a maioria das operações com perdas entre 1% e 2% e, por fim, a não automatizada apresenta taxa de perda entre 2% e 3%.

Com relação à logística interna do porto após o descarregamento, foi evidenciada a grande problemática que é o alívio de carga. Este pode ser colocado como um impacto transversal a todas as dimensões, pois a atividade ocasiona perdas de tempo e material no âmbito da governança, mas, também, tem impactos ambientais visíveis como no caso do entupimento das galerias de escoamento, e para a saúde de toda a população direta e indiretamente envolvida com o porto. Essa temática em específico apresenta-se como grande potencial para estudos futuros já que é não é descrita por outras referências, e quando solucionada no porto apresentará grande avanço na política de ESG.

Também é importante observar o ponto de conexão entre as dimensões de governança e ambiental, de forma que algumas problemáticas evidenciadas apresentam impacto em ambas. Primeiramente, pode-se citar a lona de costado, uma vez que ela se mostra ineficiente diante de oscilações de vento e maré na localização estudada. Assim, o mecanismo não cumpre sua função primária que é eliminar a queda de produtos ao mar, e sua função secundária de captar o material caído da operação que poderia retornar para o processo. Em segundo lugar, é evidente a inoperância dos *grabs*, que apresentam vazamentos de materiais, que se tornam perdas para a operação e contaminantes para diferentes ecossistemas.

No âmbito social, pode-se afirmar que os agentes responsáveis pela atividade portuária não conseguem quantificar os valores máximos dos impactos causados, nem qual o público efetivo impactado. Durante a realização do estudo são observados inúmeros pontos de repercussão do porto, como o tráfego de caminhões, poluição, supressão de mata nativa e impactos (imperceptíveis) a saúde das pessoas. Também pode-se afirmar que a população não tem percepção dos impactos os quais está exposta, e reclama apenas do que é macro e está visível. Essa problemática é ratificada por Silvestre e Campos (2020) que elencam problemáticas semelhantes no estudo dos impactos sociais de um porto urbano.

Diante deste cenário, as empresas portuárias agem com medidas compensatórias ao impacto, onde, por se tratar de uma região com um grande número de pessoas em estado de vulnerabilidade social, o porto atua com medidas atenuantes das condições sociais vividas pela população. Considera-se que é necessária a atuação da empresa em medidas mitigatórias dos impactos causados, atuando diretamente em vertentes que irão melhorar a qualidade de vida das populações ali instaladas.

Por fim, diante das análises realizadas na dimensão ambiental, evidenciou-se a problemática da logística após o porto, sendo responsável pela emissão de grande quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera, em especial na operação não automatizada, em que são empregadas uma grande quantidade de carretas no escoamento da carga. Esse pode ser considerado um ponto de conexão com as demais dimensões, uma vez que a emissão de CO<sub>2</sub> está diretamente relacionada ao aquecimento global, e este apresenta impactos diretos na elevação do nível do mar, o que impacta diretamente na atividade portuária e também a elevação da temperatura, gerando repercussão à saúde humana.

Outro ponto de análise transversal às dimensões consiste na toxicidade humana e ecotoxicidade, em que novamente a logística de escoamento da carga mostrou-se a principal responsável por impactos. A emissão de poluentes atmosféricos, como CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub> e hidrocarbonetos são potenciais causadores de impactos a saúde de moradores da região e de trabalhadores portuários, além de apresentar efeitos prejudiciais ao ecossistema, contribuindo para a acidificação e a eutrofização.

Diante disso, nota-se a importância da identificação dos impactos causados pelas atividades portuárias, além disso, sabe-se que a Análise de Ciclo de Vida é parte integrante da norma ISO 14001, contudo não existem estudos de ACV no âmbito das operações portuárias. Isso corrobora com os trabalhos de Saengsupavanich *et al.* (2009) e Mohee *et al.* (2012) evidenciam a relevância do controle de indicadores ambientais e do fluxo de resíduos em portos para a gestão da ISO 14001.

À primeira vista, faz-se necessária a transição para combustíveis mais limpos visando atenuar os impactos. Contudo, em longo prazo, existe a hipótese de substituição destes meios de escoamento, uma vez que o Estado onde o porto estudado está localizado possui uma vasta rede de hidrovias que poderia ser utilizada, resultando na redução do impacto ambiental, além de auxiliar na diversificação dos modais, atenuando a malha rodoviária da região. De uma forma prática, esta operação poderia ocorrer por meio um descarregamento *ship to ship* que já é utilizado para cargas de graneis líquidos. Assim, a barça atracaria a contrabordo (situação em que uma embarcação encosta na outra), e o transbordo da carga seria realizado por *ship loaders*.

Por fim, durante todo o levantamento realizado, notou-se que, apesar de todos os problemas evidenciados, o porto estudado é pioneiro em muitas iniciativas que visam atenuar os impactos de sua atuação, sendo destaque, por exemplo, em suas iniciativas voltadas para pesquisa, desenvolvimento e inovação, em que a empresa possui fomento a mais de 15 projetos que envolvem pesquisas multidisciplinares e que se relacionam com todas as dimensões discutidas neste trabalho. Além disso, a empresa realiza o desenvolvimento de iniciativas internas, como o produto desenvolvido para a pesagem de caminhões, e um programa de premiação de funcionários visando a melhoria contínua da empresa.

## 5.1 Sugestões de Trabalhos Futuros

Nesta seção são elencados pontos dentro da temática que podem ser campos de aprofundamento para trabalhos futuros, como:

- Quantificar os impactos financeiros causados na dimensão de governança devido às perdas operacionais.
- Diante dos resultados de impactos financeiros obtidos, pode-se fazer uma análise da viabilidade de investimento em melhorias no processo.
- Atrelar os resultados obtidos em cada uma das dimensões a indicadores quantitativos, de forma a obter um mecanismo de mensuração.
- De posse dos indicadores citados acima, realizar a comparação dos resultados obtidos em outros portos que realizam atividades semelhantes.
- Realizar análise de diretrizes para melhorias de indicadores das dimensões do ESG.

## REFERÊNCIAS

- AHAMED, Ashiq et al. **Life cycle assessment of the present and proposed food waste management technologies from environmental and economic impact perspectives.** Journal of Cleaner Production, v. 131, p. 607-614, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616304152>>. Acesso em: 3 abr. 2023.
- Índice de Desempenho Ambiental - IDA. **Portal Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ [online]**. Brasília, DF, 12 ago. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/antag/pt-br/assuntos/meio-ambiente/indice-de-desempenho-ambiental-ida-1>>. Acesso em: 17 mar. 2023.
- ARLI, Erdal. The Importance of Social Responsibility in The Preference Of Port Operations by International Commerce Companies –A Study In Kocaeli Area/Turkey. **International scientific journal "Trans Motauto World"**. Vol. 2, n. 3, p. 110-111, 2017. Disponível em: <<https://stumejournals.com/journals/tm/2017/3/110.full.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- AWAN, U. (2020). **Industrial Ecology in Support of Sustainable Development Goals.** In: Leal Filho, W. Azul, A., Brandli, L., Özuyar, P., Wall, T. (Eds.) Responsible Consumption and Production. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer
- BARBOSA, F.B.J.; MORAIS, F.M.; EMERENCIANO, S.V.; PIMENTA, H.C.D.; GOUVINHAS, R.P. **Conceitos e aplicações de Análise de Ciclo de Vida (ACV) no Brasil.** Revistas Gerenciais, v.7, n.1, p 39-44, 2014.
- BATALHA, Eduardo et al. **Defining a social role for ports: managers' perspectives on whats and whys.** Revista Sustainability. Vol. 15, n. 3, p. 2646, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su15032646>>. Acesso em: 17 mar. 2023.
- BERONICH, Erika L.; ABDI, Majid Abedinzadegan; HAWBOLDT, Kelly A. Prediction of natural gas behaviour in loading and unloading operations of marine CNG transportation systems. **Journal of Natural Gas Science and Engineering.** Vol. 1, n. 1-2, p. 31-38, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jngse.2009.03.004>>. Acesso em: 2 fev. 2023.
- BOGO, J. M. **O Sistema de Gerenciamento Ambiental Segundo a ISO 14001 Como Inovação Tecnológica na Organização.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.
- BOONS, Howard-Grenville JA (2009). **The social embeddedness of industrial ecology.** Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- BOUDA, Abderrahmane et al. Risk analysis of invasive species introduction in the Port of Arzew, by calculation of biofouling surface on ships' hulls. **Environmental Modeling & Assessment.** Vol. 23, p. 185-192, 2018.
- BRASIL. **Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013.** Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 jun. 2013.

BRASIL. **Portaria SSST nº 53, de 28 de dezembro de 1997.** Aprova o texto da Norma Regulamentadora NR-29, relativa à segurança e saúde no trabalho portuário. Ministério do trabalho e emprego: Secretaria de segurança e saúde no trabalho. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 dez. 1997.

BRASIL. **Portaria MTP nº 2.175, de 28 de julho de 2022.** Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 06 - Equipamentos de Proteção Individual - EPI. Ministério do Trabalho e Previdência: Gabinete do Ministro. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 05 ago. 2022

BRAZ, Anderson Martins et al. Environmental impact of potentially toxic elements on tropical soils used for large-scale crop commodities in the Eastern Amazon, Brazil. **Minerals**. Vol. 11, n. 9, p. 990, 2021.

BRYAN, Jane et al. Assessing the economic significance of port activity: Evidence from ABP operations in industrial South Wales. **Maritime Policy & Management**. Vol. 33, n. 4, p. 371-386, 2006.

BURSZTYN, Marcelo. BURSZTYN, Maria Augusta. **Fundamentos de Política e Gestão Ambiental: Caminhos para a Sustentabilidade**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2012. 599p.

CAMPOS, L.; MELO, D. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. **Produção**. Vol. 18, n. 3, p. 540-555, 2018.

CHERTOW, Marian. Industrial symbiosis: literature and taxonomy”, Annual Review of Energy and the Environment. **Annual Review of Environment and Resources**. Vol. 25, pp. 313-337, 2000.

CIRM, COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR. **Agenda ambiental portuária**. Brasília, DF: Cirm, Gi-gerco e Subgrupo Agenda Ambiental Portuária, 2008

COELHO, L. M. G. e Lange, L. C. **Applying life cycle assessment to support environmentally sustainable waste management strategies in Brazil**. In: Resources, Conservation and Recycling, v. 128, p. 438-450, 2016.

COSTA, Márcio Macedo da. **Princípios de Ecologia Industrial Aplicados à Sustentabilidade Ambiental e aos Sistemas de Produção de Aço**. XIV, 257 p. 29,7 cm. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, D.Sc., Planejamento Energético, 2011.

COSTA, Wanderley Messias da. A Petrobrás e a indústria de petróleo no Brasil: geopolítica e estratégia nacional de desenvolvimento. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 39, 2019.

CUTRIM, Sérgio; *et al.* **Guia de melhores práticas de sustentabilidade portuária: a estratégia ESG**. 1.ed. São Luís: EDUFMA, 2023.

DAMASCENO, Cristina Ribeiro. **Governança no cluster portuário: um estudo de caso de uma tomada de decisão estratégica no Porto de Salvador**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

DE LANGEN, P. **Stakeholders, Conflicting interests and governance in port clusters**. In: BROOKS, M.; CULLINANE, K. (ed.). *Research in Transportation Economics*. 1. ed. Oxford: Elsevier, 2016. v. 17. p. 457–477.

DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 2ª ed., São Paulo: Editora Atlas, 2011. 232p.

DOS SANTOS, Murillo Caldeira; PEREIRA, Fabio Henrique. ESG performance scoring method to support responsible investments in port operations. **Case Studies on Transport Policy**, v. 10, n. 1, p. 664-673, 2022.

DURLINGER, B.; Reinders, A. e Toxopeus, M. (2012). **A comparative life cycle analysis of low power PV lighting products for rural areas in South East Asia**. In: *Renewable Energy* 41, p. 96-104.

EVANS, S.; LEVERS, A. Industrial ecology at factory level a conceptual model. **Journal of Cleaner Production**, n. 31, p. 30-39, 2012.

FALCÃO, V. A. CORREIA, A. R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. **Journal of Transport Literature**, v.6, m.4, p.133-146, 2012.

FELICIO, M., Amaral, D., Esposto, K., & Durany, X. G. (2016). Industrial symbiosis indicators to manage eco-industrial parks as dynamic systems. **Journal of Cleaner Production**, 118, 54-64.

FIGUEIREDO, G. S. **O Papel dos Portos Concentradores na Cadeia Logística Global**. Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção Bahia, 2017.

FRANK, Beate. **Avaliação do Ciclo de Vida do Produto: Uma aplicação prática para facilitar a escolha da melhor opção de projeto no desenvolvimento de produto**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2017.

GAMEIRO, A. H. **Índices de preços para o transporte de cargas: O caso da soja granel**. 2019. 284 p. Tese (Doutor em Ciências: Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

GERBER, L. (2013) **Systematic methodology for the environomic design and synthesis of energy systems combining process integration**, *Life Cycle Assessment and industrial ecology*. *Computers and Chemical Engineering*, n. 59, p. 2-16.

GIBBS, D., **Industrial Symbiosis and Eco-Industrial Development: An Introduction**, Geography Compass, Blackwell Publishing Ltd. Reino Unido, 2017.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRI. **ASG como estratégia para perenidade dos negócios no século XXI: perspectivas de profissionais de sustentabilidade e conselheiros de administração**. Amsterdã: GRI, 2019.

GONZALES , G. C. **Una Revisión de los Pricípios de la Ecología Industrial**, Nueva Época, Año 22, Número 59, 2009.

GRISON N.; VIEIRA, G.B.B.; ROOS, E.C.; CONSTANTE J. M. **Percepção de Valor dos Importadores sobre Serviços Portuários: estudo comparativo entre dois terminais localizados no Sul do Brasil**. *Congresso Internacional de Desempenho Portuário*, 2018. Campinas, GALOÁ, 2018.

GUO, B., Geng, Y., Sterr, T., Dong, L., & Liu, Y. (2016). **Evaluation of promoting industrial symbiosis in a chemical industrial park: A case of Midong**. *Journal of Cleaner Production*, 135, 995-1008.

HOFFMAN, AJ, Corbett CJ, Joglekar N, Wells P (2014) **Industrial ecology as a source of competitive advantage**. *J Ind Ecol* (5):597–602

HOFMANN, Rose Mirian. **Impactos Ambientais Causados Pelas Obras de Construção e Ampliação de Portos Marítimos no Brasil com ênfase nas comunidades pesqueiras**. Câmara dos Deputados- Consultoria Legislativa. Brasília – DF. 2015.

IBGC. **Boas práticas para uma agenda ESG nas organizações**. São Paulo: IBGC, 2022

IBGC. **Governança corporativa**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.ibgc.org.br/conhecimento/governanca-corporativa>.

JAFARI, Hassan. **Measuring the performance of dry bulk cargo loading and unloading operation: Latakia Case Study**. *Journal of Business and Management Sciences*, v. 1, n. 5, p. 77-82, 2013.

JOURNÉE, H.; WOOLDRIDGE, C. **EcoPorts: integrated environmental management and the sharing of good practice**. In: ECOPORTS Second European Conference. 2005.

JÚNIOR , Ananias Francisco et al. **Relação entre a Granulometria e Combustibilidade do Carvão Vegetal Comercializado para Cocção de Alimentos**. Dissertação de Pós-Graduação em Recursos Florestais. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP; 2 – Universidade Federal de Goiás.

KAISER, Brooks A.; PAHL, Julia; HORBEL, Chris. **Arctic ports: Local community development issues**. *Arctic marine resource governance and development*, p. 185-217, 2018.

KHAN, Rafi Ullah et al. **Analyzing human factor involvement in sustainable hazardous cargo port operations**. *Ocean Engineering*, v. 250, p. 111028, 2022.

KRETSCHMANN, Lutz; BURMEISTER, Hans-Christoph; JAHN, Carlos. **Analyzing the economic benefit of unmanned autonomous ships: An exploratory cost-comparison between an autonomous and a conventional bulk carrier**. *Research in transportation business & management*, v. 25, p. 76-86, 2017.

LACERDA, S. M. **Investimentos nos Portos Brasileiros: Oportunidades da Concessão da Infra-Estrutura Portuária**, BNDES-Setorial. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2015.

LI, Shuaihui; LIU, Hongxing; YAO, Hanbing. **Research on Detection Method of Abnormal Trajectory of Port Operation Vehicles**. In: 2021 20th International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering and Science (DCABES). IEEE, 2021. p. 65-68.

LIM, Sehwa; Pettit, Stephen; Abouarghoub, Wessam; Beresford, Anthony (2019). **Port sustainability and performance: A systematic literature review**. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 72(), 47–64. doi:10.1016/j.trd.2019.04.009

LUZ, Cristhyano et al. **Porto de Manaus: estratégias para diagnóstico da interação porto-cidade**. *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, v. 11, 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise e interpretação de dados**. 8.Ed. São Paulo: Atlas, 2012. p. 277-277.

MAGRINI, A., VEIGA, L.B.E., **Industrial Ecology: Developing Countries Experiences**, In: ISWA World Solid Waste Congress. Itália, 2018.

MAH, Alice. **Dangerous cargo and uneven toxic risks: Petrochemicals in the port of New Orleans**. 2015). *Cargomobilities: moving materials in a global age*, p. 149-162, 2015.

MANTESE, G. C., Bianchi, M. J., & Amaral, D. C. (2018). **The industrial symbiosis in the product development: an approach through the DFIS**. *Procedia Manufacturing*, 21, 862–869.

MARINHO, Giovanni Giuseppe et al. **Northeastern Public Ports and the interface between the local Port Environmental Agenda and Sustainability Reports**. ID on line. *Revista de psicologia*, v. 16, n. 60, p. 438-453, 2022.

MARQUES, Gabriela Andrade. **Proposição de um modelo para avaliação de desempenho ambiental, social e de governança para micro e pequenas empresas da Grande Florianópolis-SC**. 2022.

MARTIN, M. (2019) **Industrial symbiosis networks: Application of circular economy for resource efficiency**. *Handbook of the Circular Economy* edited by Brandão M, Lazarevic D, Finnveden G., forthcoming 2020, Edward Elgar Publishing Ltd., UK.

MAYER, G. **Regulação Portuária Brasileira: Uma Reflexão Sob a Luz a Análise Econômica do Direito** [dissertação mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Curso de Direito; 2013.

MENDES, N. C., Bueno, C., & Ometto, A. R. (2015). **Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos**.

MILANI, P. **Análise da relação entre modelo de gestão portuária e eficiência em portos e contêiners**. *Revista Gestão Industrial*, v. 11, n. 2, p.1-25, 2015.

- MOHEE, R. *et al.* **Inventory of waste streams in an industrial port and planning for a port waste management system as per ISO14001.** *Ocean & coastal management*, v. 61, p. 10-19, 2012.
- MOMBENI, Sahar; DARESTANI, Soroush Avakh; SHEMAMI, Niloufar Hojat. **Evaluation of the effective factors of unloading and loading goods in ports and the impact on the environment using the MCDM method.** *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 6, p. 14873-14883, 2023.
- MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C.; CALADO, Verônica. **Estatística Aplicada e Probabilidade Para Engenheiros**. Grupo Gen-LTC, 2000.
- NEVES, Angela; Godina, Radu; Azevedo, Susana G.; Matias, João C.O. (2019). **A comprehensive review of industrial symbiosis.** *Journal of Cleaner Production*, (), 119113–.doi:10.1016/j.jclepro.2019.119113
- ORMOND, Maria Marta Silva. **O cenário do minério de ferro e o impacto socioeconômico do Projeto Pedra de Ferro para o estado da Bahia.** 2021.
- OTTJES, Jaap A.; LODEWIJKS, Gabriel; SCHOTT, Dingena L. **Bulk terminal modelling and simulation.** In: *Proceedings of the Industrial Simulation Conference*. 2007. p. 294-299.
- PEIXOTO, M.N.; RIO, G.A.P. **Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas em atividades portuárias.** *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 28, n. 2, p. 11-30, 2015.
- PERNI, P. (2017). **Environmental management in ports: Strategies for sustainability and value creation.** *Journal of Port and Terminal Management*, 16(1), 56-75.
- PHILIPP, Robert et al. **Towards green and smart seaports: Renewable energy and automation technologies for bulk cargo loading operations.** *Environmental and Climate Technologies*, v. 25, n. 1, p. 650-665, 2021.
- PINHEIRO, B. **Operação portuária.** Seminário do Setor Portuário, ANTAQ, 2019.
- PORTO, M. M.; TEIXEIRA, S. G. **Portos e meio ambiente.** São Paulo: Aduaneiras, 2002.
- RAMALHO, Alessandro Max Bearzi. **Avaliação do índice de desempenho ambiental - IDA Desenvolvimento Pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ Aplicado à Gestão Ambiental de Portos Organizados no Brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso, 2015. Disponível em: < <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/235/11502>>.
- ROSA, F. S. (2011) **Evidenciação ambiental para gestão interna: um estudo sobre as potencialidades e oportunidades do tema.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.16, p.157 - 166, 2011.
- ROSE, Timothy Paul. **SOLID BULK SHIPPING: CARGO SHIFT, LIQUEFACTION AND THE TRANSPORTABLE MOISTURE LIMIT.** 2014. 195 f. Tese (Doutorado) - Curso de Master Of Science, University Of Oxford, Oxford, 2014.

SAENGSUPAVANICH, C. *et al.* **Environmental performance evaluation of an industrial port and estate: ISO14001, port state control-derived indicators.** Journal of Cleaner Production, v. 17, n. 2, p. 154-161, 2009.

SARMIENTO, Hugo *et al.* **BTEX profile and health risk at the largest bulk port in Latin America, Paranaguá Port.** Environmental Science and Pollution Research, v. 30, n. 22, p. 63084-63095, 2023.

SERRANO, M. **Eficiencia en la provision de servicios de infraestructura portuaria: una aplicacion al trafico de contenedores.** United Nations Conference on Trade and Development, 2014.

SILVESTRE, H. A.; CAMPOS, M. M. **Porto urbano e impactos no território da Grande Vitória (ES).** Revista Arq. Urb, n. 28, p. 138-154, 2020.

SHI, H., TIAN, J., CHEN, L., **China's Quest for Eco-industrial Parks - History and Distinctiveness,** Journal of Industrial Ecology V.16. EUA, 2012.

SMITH, John. **Port operations and logistics: Enhancing efficiency and competitiveness.** In: HARRISON, Robert (ed.). Handbook of Maritime Management and Operations. London: ABC Publishing, 2017.

SOUZA, Aguinaldo Eduardo *et al.* **Simulação de operações de grãos em um terminal portuário.** Agrarian, v. 13, n. 47, p. 114-121, 2020.

SULLIVAN, Thomas S, Rosano M (2018) **Using industrial ecology and strategic management concepts to pursue the sustainable development goals.** J Clean Prod 174:237–246

TALLEY, W. Port Economics. **The Asian Journal of Shipping and Logistics.** v. 25, p. 333–336, 2009.

TIJAN, Edvard *et al.* **Digital transformation in the maritime transport sector.** Technological Forecasting and Social Change, v. 170, p. 120879, 2021.

TIJAN, Edvard *et al.* **The role of port authority in port governance and port community system implementation.** Sustainability, v. 13, n. 5, p. 2795, 2021.

TOLIS, Evangelos I. *et al.* **Concentration and chemical composition of PM2.5 for a one-year period at Thessaloniki, Greece: a comparison between city and port area.** Atmospheric Environment, v. 113, p. 197-207, 2015.

TOVAR, A.; FERREIRA, G. **A infra-estrutura portuária brasileira: O modelo atual e perspectivas para o seu desenvolvimento sustentado.** Revista do BNDES, v. 13, n. 25, p. 209–230, 2016.

TSVETKOVA, Antonina. **Social responsibility practice of the evolving nature in the sustainable development of Arctic maritime operations.** Arctic Marine Sustainability: Arctic Maritime Businesses and the Resilience of the Marine Environment, p. 119-143, 2020.

VASCONCELLOS, M. (Coords.) **Estudo das condições técnicas, econômicas e ambientais da pesca de pequena escala no estuário da Lagoa dos Patos, Brasil - Uma metodologia de avaliação.** Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2013.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 16.ed. São Paulo: Atlas, 2016.

VIEIRA, G. B. B.; *et al.* **Crítérios de Escolha Portuária: Uma Revisão Sistemática da Literatura.** Revista Gestão Industrial, v. 10, n. 3, 2014.

VIEIRA, G. B. B.; PASA, G. S. **Escolha portuária: um estudo piloto para a identificação de hub ports na costa brasileira através de análise conjunta e projetos de experimentos.** In: Anais do XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Enegep. Porto Alegre, 2015.

VIEIRA, G. B. B. **Modelo de governança aplicado a cadeias logístico-portuárias.** Tese de Doutorado, Programa de Pos Graduação em Engenharia de Produção – UFRGS. Porto Alegre, 2013.

VIGARIÉ, André. From break-bulk to containers: the transformation of general cargo handling and trade. *GeoJournal*, v. 48, n. 1, p. 3-7, 1999.

WANKE, J. (2019). **Spills in the transportation of liquid bulk cargoes: Risks and environmental consequences.** *Environmental Management in Maritime Industries*, 14(2), 87-105.

WU, You; SU, Daizhong. **Review of life cycle impact assessment (LCIA) methods and inventory databases.** *Sustainable Product Development: Tools, Methods and Examples*, p. 39-55, 2020.

YAAKUB, Norwahida et al. **Content Validation of Occupational Health & Safety Monitoring Questionnaire (OHSMQ) For Occupational Stress Risk Assessment among Port Terminal Workers.** *Environment*, v. 5, n. 1, p. 18-28, 2019.

ZHOU, Hao; ZHOU, Xinming. **Design and Application of the Grab Operation Test System.** In: 3rd International Conference on Material, Mechanical and Manufacturing Engineering (IC3ME 2015). Atlantis Press, 2015. p. 1061-1065.

## APÊNDICE A – Questionário aplicado com trabalhadores do segmento portuário

Prezado (a) Senhor (a), você está convidado a participar do estudo “Análise de operações portuárias de importação com base nas dimensões Ambiental, Social e de Governança: estudo de caso de porto multicarga”. Trata-se de uma pesquisa científica em nível de Mestrado em Engenharia Mecânica, do programa da Universidade Federal de Santa Catarina, sob a responsabilidade do pesquisador João Vitor Rego Muniz e visa medir a percepção dos trabalhadores portuários sobre as práticas sociais realizadas pelas empresas presentes no Complexo Portuário [REDACTED]

Você poderá desistir de participar a qualquer momento sem que isso lhe traga qualquer prejuízo ou penalização, sem necessidade de justificativa. Esta pesquisa não apresenta nenhum benefício individual direto aos respondentes, mas as informações fornecidas auxiliarão na análise da dimensão social do estudo citado anteriormente. Em momento algum você será identificado e todos os dados fornecidos são considerados confidenciais, sendo totalmente garantido o sigilo das informações e privacidade. Os dados serão analisados de forma agrupada e não de forma individual. A sua participação no projeto tem caráter voluntário e não lhe trará nenhum tipo de ônus ou remuneração.

O questionário é curto e você levará menos de cinco minutos para responde-lo. As perguntas visam medir sua percepção sobre o assunto descrito acima. Não há respostas certas ou erradas, e o essencial é que sua avaliação seja sincera. Além disso, peço que leia atentamente o enunciado antes de responder as questões. Para a elaboração das perguntas foi utilizado como referência o livro “GUIA DE MELHORES PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE PORTUÁRIA: A ESTRATÉGIA ESG”.

Desde já agradecemos a sua colaboração. Qualquer dúvida entre em contato com o pesquisador pelo e-mail: joaovrmuniz@gmail.com

1. Você trabalha em qual tipo de empresa?
  - ( ) Agência Marítima
  - ( ) Autoridade Portuária/Marítima
  - ( ) Arrendatária
  - ( ) Operadora
  - ( ) Praticagem
  - ( ) Terceirizada
2. Você trabalha em qual área?
  - ( ) Operacional
  - ( ) Administrativa
3. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam no desenvolvimento das comunidades nas áreas em que a companhia atua, tendo em vista aspectos econômicos, sociais e ambientais, na visão da sustentabilidade e melhorias na qualidade de vida?
  - ( ) Sim
  - ( ) Não
  - ( ) Não sei

4. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam no incentivo à participação de voluntários em ações sociais junto à comunidades da região?
- Sim
- Não
- Não sei
5. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam para a promoção de ações de resgate e preservação da história local e regional, criando espaços em que as novas gerações conheçam a memória das operações portuárias?
- Sim
- Não
- Não sei
6. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na implantação de ações e projetos de desenvolvimento socioeconômico voltados prioritariamente para povos originários e comunidades tradicionais de pescadores, caiçaras, quilombolas, ribeirinhas e de terreiro?
- Sim
- Não
- Não sei
7. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam no estabelecimento de iniciativas para erradicar a exploração sexual de jovens e adolescentes nas regiões próximas ao porto?
- Sim
- Não
- Não sei
8. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam no atendimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU nas cadeias de valor e de suprimentos com foco na sociedade, contemplando metas sociais estabelecidas para até 2030?
- Sim
- Não
- Não sei
9. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na redução dos impactos sociais decorrentes do transporte rodoviário e fluvial dos produtos movimentados por sua frota ou por terceiros?
- Sim
- Não
- Não sei

10. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na promoção do desenvolvimento socioeconômico das comunidades em conjunto e participação das cadeias produtivas e de suprimentos?
- Sim
- Não
- Não sei
11. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam no entendimento e troca de informações com trabalhadores portuários, compreendendo melhor suas atividades e dificuldades para propor melhores soluções para este público?
- Sim
- Não
- Não sei
12. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na garantia da segurança operacional e ocupacional nas atividades, gerenciando incertezas, riscos e ameaças?
- Sim
- Não
- Não sei
13. Você se sente exposto à contaminação química?
- Sim
- Não
- Não sei
14. Você se sente exposto a ruídos sonoros?
- Sim
- Não
- Não sei
15. Você se sente exposto a risco de acidente?
- Sim
- Não
- Não sei
16. Seu local de trabalho possui boas condições de infraestrutura predial?
- Sim
- Não
- Não sei

17. Seu local de trabalho possui boas condições de climatização?

Sim

Não

Não sei

18. Seu local de trabalho possui boas condições de luminosidade do ambiente?

Sim

Não

Não sei

19. Seu local de trabalho possui boas condições de limpeza e organização?

Sim

Não

Não sei

20. A empresa que você trabalha possui iniciativas voltadas para atração e retenção de talentos?

Sim

Não

Não sei

21. A empresa que você trabalha possui iniciativas voltadas para treinamento e capacitação dos funcionários?

Sim

Não

Não sei

## APÊNDICE B - Questionário aplicado moradores de bairros próximos ao porto estudado

Prezado (a) Senhor (a), você está convidado a participar do estudo “Análise de operações portuárias de importação com base nas dimensões Ambiental, Social e de Governança: estudo de caso de porto multicarga”. Trata-se de uma pesquisa científica em nível de Mestrado em Engenharia Mecânica, do programa da Universidade Federal de Santa Catarina, sob a responsabilidade do pesquisador João Vitor Rego Muniz e visa medir a percepção dos moradores de bairros próximos ao Porto [REDACTED] sobre as práticas sociais realizadas pelas empresas ali presentes.

Você poderá desistir de participar a qualquer momento sem que isso lhe traga qualquer prejuízo ou penalização, sem necessidade de justificativa. Esta pesquisa não apresenta nenhum benefício individual direto aos respondentes, mas as informações fornecidas auxiliarão na análise da dimensão social do estudo citado anteriormente. Em momento algum você será identificado e todos os dados fornecidos são considerados confidenciais, sendo totalmente garantido o sigilo das informações e privacidade. Os dados serão analisados de forma agrupada e não de forma individual. A sua participação no projeto tem caráter voluntário e não lhe trará nenhum tipo de ônus ou remuneração.

O questionário é curto e você levará menos de cinco minutos para responde-lo. As perguntas visam medir sua percepção sobre o assunto descrito acima. Não há respostas certas ou erradas, e o essencial é que sua avaliação seja sincera. Além disso, peço que leia atentamente o enunciado antes de responder as questões. Para a elaboração das perguntas foi utilizado como referência o livro “GUIA DE MELHORES PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE PORTUÁRIA: A ESTRATÉGIA ESG”.

Desde já agradecemos a sua colaboração. Qualquer dúvida entre em contato com o pesquisador pelo e-mail: [REDACTED]

1. Qual bairro você mora?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na doação de material escolar, de construção, de apoio a cultivo de hortaliças, alimentos, móveis e eletrodomésticos para as comunidades vizinhas?
  - ( ) Sim
  - ( ) Não
  - ( ) Não sei
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
3. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na geração de empregos para as pessoas que vivem nas comunidades do seu entorno?
  - ( ) Sim
  - ( ) Não
  - ( ) Não sei

4. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam no fortalecimento da identidade cultural, com o resgate e valorização do patrimônio artístico e cultural das comunidades, por meio de cursos, oficinas e projetos de restauração de patrimônios históricos?
- Sim
- Não
- Não sei
5. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam no incentivo a projetos esportivos, inclusive em situações especiais, como no contexto de pandemias?
- Sim
- Não
- Não sei
6. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na promoção da exibição de filmes às comunidades sem equipamentos culturais, como cinemas?
- Sim
- Não
- Não sei
7. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na realização de campanhas de vacinação em cães domésticos e de rua nas comunidades próximas ao porto?
- Sim
- Não
- Não sei
8. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na promoção de palestras e oficinas sobre temas críticos como saúde e violência doméstica, para comunidades vizinhas ao porto?
- Sim
- Não
- Não sei
9. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na promoção de ações de identificação e prevenção de eventuais impactos negativos das atividades portuárias sobre as comunidades?
- Sim
- Não
- Não sei

10. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na criação de instrumentos para o diálogo, de forma participativa, com representantes das comunidades?
- Sim
  - Não
  - Não sei
11. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] buscam a colaboração para a qualificação profissional de estudantes que moram em comunidades vizinhas. Além de aulas práticas e teóricas, oportunidade de desenvolver habilidades interpessoais, fundamentais para o mercado de trabalho?
- Sim
  - Não
  - Não sei
12. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam no fomento de novos negócios, estimulando o crescimento socioeconômico por meio de ações de incentivo ao caráter empreendedor de seus participantes?
- Sim
  - Não
  - Não sei
13. As empresas contidas no Complexo Portuário [REDACTED] atuam na identificação e enfrentamento de obstáculos para garantir o direito à educação nas comunidades. Como por exemplo, ações de redução da evasão escolar?
- Sim
  - Não
  - Não sei