



Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos

Relatório Final



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente da República

Silvio Costa Filho
Ministro dos Portos e Aeroportos

Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ

Eduardo Nery Machado Filho
Diretor-Geral

Flávia Moraes Lopes Takafashi
Diretora

Wilson Pereira de Lima Filho
Diretor

Caio César Farias Leôncio
Diretor

Alber Furtado de Vasconcelos Neto
Diretor

EXPEDIENTE

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente da República

Silvio Costa Filho
Ministro dos Portos e Aeroportos

Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ

Eduardo Nery Machado Filho
Diretor-Geral

Flávia Morais Lopes Takafashi
Diretora

Wilson Pereira de Lima Filho
Diretor

Caio César Farias Leônico
Diretor

Alber Furtado de Vasconcelos Neto
Diretor

ELABORAÇÃO

WayCarbon

EQUIPE TÉCNICA – WayCarbon

Melina Amoni
Julia Rymer
Luisa Valentim
Sérgio Margulis
Rosangela Silva
Gregory Pitta
Luíza Oliveira
Augusto Diniz

EQUIPE TÉCNICA – MPOR

Flavia Nico Vasconcelos
Marina Cavalini Bailão

EQUIPE TÉCNICA – GIZ

Carlos Henrique Lopes Divino
Isabela Santos de Albuquerque Nunes Koletzke
Luciano José da Silva

EQUIPE TÉCNICA – ANTAQ

Secretaria Especial de Estudos e Projetos
Bruno de Oliveira Pinheiro
Ana Paula Harumi Higa

Diretoria 4 – D4

Ecinele Brenda Rodrigues Batista de Souza

Gerência de Meio Ambiente e Sustentabilidade – GMS

Uirá Cavalcante Oliveira
Alessandro Max Barros Bearzi
Felipe Pugian Jardim

CONTATOS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ

SEPN Quadra 514, Conjunto “E”, Edifício ANTAQ
Brasília – DF
CEP 70760-545
T: + 55 61 2029-6500

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sede da GIZ: Bonn e Eschborn
GIZ Agência Brasília
SCN Quadra 01 Bloco C Sala 1501
Ed. Brasília Trade Center 70.711-902 Brasília/DF
T: + 55-61-2101-2170
E: giz-brasilien@giz.de

A encargo de:

Ministério Federal de Economia e Ação Climática (BMWK) da Alemanha

“O Programa Internacional de Incentivo ao Hidrogênio (H2Uppp) do Ministério Federal de Economia e Ação Climática (BMWK) da Alemanha promove projetos e o desenvolvimento do mercado do hidrogênio verde em países emergentes e em desenvolvimento selecionados, como parte da Estratégia Nacional para o Hidrogênio.”

Diretor de Projetos:

Markus Francke
T: +55 61 2101 2080
E: markus.francke@giz.de

Brasília, dezembro de 2023

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	7
2	INTRODUÇÃO	8
3	METODOLOGIA	10
3.1	Mapeamento de Stakeholders	10
3.2	Workshop de Nivelamento e Engajamento	12
3.3	Questionário e Aplicação da Pesquisa	13
4	RESULTADOS	15
4.1	Caracterização da Amostra	15
4.2	Gestão de Emissões de GEE	15
4.3	Iniciativas de Redução de Emissões de GEE e possíveis aplicações de combustíveis renováveis, hidrogênio verde e derivados	21
4.4	Desafios da Transição para uma Economia de Baixo Carbono	25
4.4.1	Perspectivas Futuras do Setor e parceiros-chave	28
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	31
5.1	Recomendações para as Instalações Portuárias	32
5.2	Próximos Passos para Desenvolvimento de uma Estratégia de Descarbonização Setorial	36
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	42
	APÊNDICE B – AGENDA DO WORKSHOP	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Critérios de priorização por tipo de stakeholder.	11
Tabela 2. Metodologia de classificação dos atores.....	12
Tabela 3. Convites enviados e confirmações de presença para o Workshop, no formato presencial.....	12
Tabela 4. Seções do questionário.	13
Tabela 5. Análise de Engajamento – Número de atores e Movimentação Portuária.	15
Tabela 6. Iniciativas de destaque dos portos públicos e terminais na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono.....	29
Tabela 7. Atores-chave para a descarbonização identificados pelos participantes do diagnóstico.	30
Tabela 8. Próximos passos para uma atuação setorial.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas do desenvolvimento do Estudo de Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos	10
Figura 2. Mapa de atores do diagnóstico.	11
Figura 3. Inventário de Emissões GEE por categoria de instalação.	17
Figura 4. Escopos contabilizados no inventário de emissões de GEE.....	18
Figura 5. Reporte e verificação do Inventário de Emissões de GEE.	19
Figura 6. Meta de redução de emissões de GEE.	20
Figura 7. Tipos de reporte feitos pelas instalações portuárias.....	21
Figura 8. Iniciativas de Redução de Emissões de GEE.....	23
Figura 9. Combustível atualmente mais usado pelas embarcações.	24
Figura 10. Instalações que possuem registro de navios que operam com combustível com baixo teor de carbono por categoria de instalação.	24
Figura 11. Desafios mais relevantes para a implementação de medidas de descarbonização.	27
Figura 12. Vocação da instalação portuária em relação à cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono.	29
Figura 13. Trilha de ações para atingir uma maior maturidade na gestão de emissões de GEE.....	32
Figura 14. Exemplo de Curva de Custo Marginal de Abatimento (Curva MAC).....	35
Figura 15. Curva de Custo Marginal de Abatimento (Curva MAC) para o setor de transporte	38

LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

ANP – Agência Nacional de Petróleo
ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários
CDP – *Carbon Disclosure Project*
CII – *Carbon Intensity Indicator* (Índice de Intensidade de Carbono)
CNPE - Conselho Nacional de Política Energética
EPA – *Environmental Protection Agency* (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)
ESI – *Environmental Ship Index*
ETC – Estação de Transbordo de Carga
GEE – Gases de Efeito Estufa
GNL – Gás Natural Liquefeito
GRI – *Global Report Initiative*
IAPH - *International Association of Ports and Harbors*
IDA – Índice de Desempenho Ambiental
IMO – *International Maritime Organization* (Organização Marítima Internacional)
MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MMA – Ministério de Meio Ambiente e Mudança do Clima
MPOR – Ministério dos Portos
OPS – *On-shore Power Supply*
PNH2 - Programa Nacional do Hidrogênio
SBTi – *Science Based Targets Initiative*
SIRENE – Sistema de Registro Nacional de Emissões
TA – Terminal Arrendado
TT – *Terminal Tractors*
TUP – Terminal de Uso Privado
WPSP - *World Port Sustainability Program*

1 APRESENTAÇÃO

O Programa Internacional de Incentivo ao Hidrogênio H2Uppp, financiado pelo Ministério da Economia e Ação Climática (BMWK) da Alemanha e implementado pela Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*, tem o objetivo de identificar, preparar e acompanhar a implementação de projetos para a produção e uso de aplicações de hidrogênio verde e derivados, bem como aumentar a conscientização e transferir conhecimentos para o desenvolvimento de projetos. Considerando a importância do setor portuário como um ator estratégico na implementação da cadeia de valor do hidrogênio verde, o programa H2Uppp promoveu o projeto Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos.

O projeto é realizado no âmbito de um Acordo de Cooperação Técnica (ACT) entre a GIZ e a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), que já possui atuação consolidada na promoção sustentabilidade dos portos e terminais brasileiros, através de iniciativas como o Índice de Desempenho Ambiental (IDA) e as agendas ambientais portuárias, locais e institucionais. O presente estudo foi estruturado em três eixos analíticos: Eixo 1 - Revisão da Experiência Internacional; Eixo 2 - Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos; e Eixo 3 - Estudo de Caso. O Eixo 1 foi elaborado pela ANTAQ e consistiu no mapeamento das principais medidas regulatórias adotadas pela Organização Marítima Internacional (IMO) e por outros países para redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no transporte marítimo, além de uma contextualização das medidas para a descarbonização do transporte realizado por embarcações e da operação dos portos.

A WayCarbon foi contratada pela Cooperação Brasil-Alemanha - GIZ para elaboração Eixo 2 do projeto, referente ao Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos. Seus objetivos são avaliar a preparação das infraestruturas portuárias para receber embarcações que utilizam combustíveis zero carbono, mapear iniciativas de redução de emissões nos portos, identificar o potencial do hidrogênio verde para a exportação e descarbonização dos portos e, a partir desse diagnóstico, divulgar guia de recomendações sobre o assunto. O diagnóstico foi realizado em cooperação com a Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ e o Ministério dos Portos e Aeroportos (MPOR). Este documento apresenta o Relatório Final do Eixo 2, que compila a contextualização, a metodologia, os resultados e as conclusões e recomendações do diagnóstico, realizado com base em aplicação de questionário e reuniões consultivas com representantes de portos públicos e terminais. Em documentos separados, são apresentados o Sumário Executivo do diagnóstico e o Guia de Recomendações.

O Eixo 3 será conduzido pela ANTAQ e consistirá na realização de um estudo de caso a partir de levantamento de campo e entrevistas semiestruturadas. Espera-se que o conjunto dos três eixos trace um panorama abrangente da situação atual e das perspectivas futuras para a descarbonização do setor portuário, contribuindo para que os portos e terminais brasileiros se antecipem tanto a possíveis regulações e pressões mais restritivas como às oportunidades associadas, e se posicionem como protagonistas da transição para uma economia de baixo carbono.

2 INTRODUÇÃO

O transporte marítimo desempenha uma função primordial na economia global, sendo responsável por mais de 80% do volume de cargas transportado no comércio internacional, percentual que é ainda maior em países em desenvolvimento (UNCTAD, 2021). As emissões de GEE dessa atividade representam 3% dos valores globais e aumentaram 20% na última década, sendo que a tendência é de que o crescimento continue nos próximos anos. A frota do transporte marítimo mundial ainda opera quase exclusivamente com combustíveis fósseis, mas 21% das embarcações em produção utilizarão alternativas como gás natural liquefeito (GNL), metanol e tecnologias híbridas. Atingir as metas de redução de emissões de GEE propostas para 2050 exigirá investimentos significativos em combustíveis mais limpos e tecnologias para melhorar a eficiência, mas ainda se discute sobre os melhores métodos para efetivar a descarbonização. Ao mesmo tempo, dada a vulnerabilidade do setor aos impactos da mudança do clima, o custo de não agir pode superar esses investimentos (UNCTAD, 2023).

A Organização Marítima Internacional (IMO) vem adotando medidas que visam reduzir as emissões do transporte marítimo internacional. Em 2018, foi publicada a resolução MEPC.304(72), referente à Estratégia Inicial da IMO para Redução das Emissões de GEE por Navios, que foi atualizada em 2023 pela MEPC.377(80). Desta forma, foram definidos objetivos, princípios norteadores e instrumentos para orientar os países na descarbonização do transporte marítimo (IMO, 2023). Além disso, foram estipuladas metas objetivas de descarbonização:

- Reduzir a intensidade de carbono do transporte marítimo internacional, em termos médios, em pelo menos 40% até 2030, em comparação com 2008;
- Reduzir as emissões totais de carbono do transporte marítimo internacional, em pelo menos 20%, buscando 30%, até 2030, em comparação com 2008;
- Reduzir as emissões totais de carbono do transporte marítimo internacional, em pelo menos 70%, buscando 80%, até 2040, em comparação com 2008;
- Atingir o pico de emissões o mais rápido possível e alcançar emissões líquidas zero próximo a 2050, sem deixar de considerar as diferentes circunstâncias de cada país.

Em 2021, a IMO aprova emendas do Anexo VI da *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships* (MARPOL) que requerem que os navios reduzam suas emissões de GEE. O Anexo VI da MARPOL compreende 100 partes, representando 96,65% da navegação mercante mundial por tonelagem. Uma das medidas inclui o incentivo a navios mais eficientes em termos energéticos, classificados nas categorias A ou B no Índice de Intensidade de Carbono (CII). As autoridades portuárias e demais partes interessadas, como administradores portuários, são encorajadas a fornecer benefícios a tais classes de navios.

Além das mudanças na tecnologia dos navios, a descarbonização do transporte marítimo exigirá grandes investimentos em infraestrutura de produção, armazenamento, distribuição e abastecimento de embarcações com combustíveis alternativos. Entre as possibilidades, está o hidrogênio de baixo carbono, que abrange a tecnologia do hidrogênio verde, em que uma das rotas de obtenção pode ser através da eletrólise da água com energia elétrica gerada por fontes renováveis. Neste cenário, os portos e terminais despontam como locais estratégicos para desenvolver projetos que supram as necessidades de toda essa cadeia de valor, atuando como um facilitador da redução de emissão de sua cadeia por meio de adoção de estruturas que favoreçam o uso de combustíveis menos carbonos intensivos nas embarcações. O Brasil tem um grande potencial nesse mercado, em especial devido à grande disponibilidade de energias renováveis. Levantamento realizado em 2022 indica que já existem 30 bilhões de dólares em projetos de hidrogênio anunciados para o Brasil, sendo que o país possui potencial técnico para produzir 1,8 gigatonelada por ano. O Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), que teve suas diretrizes estabelecidas em 2021, mostra a busca do país pelo protagonismo e liderança na transição energética (MME e EPE, 2023).

Outra frente de atuação importante para os portos e terminais é a adoção de medidas para mitigar as emissões da sua operação, que é responsável por uma diversidade de emissões diretas e indiretas de GEE, relacionadas, por exemplo, à movimentação de cargas, atividades de apoio às embarcações e indústrias, e o consumo de energia para as atividades administrativas. Neste contexto, se apresentam oportunidades de descarbonização por meio da implementação de sistemas OPS (*On-Shore Power*

Supply), que proporcionam o fornecimento de energia elétrica em terra para embarcações atracadas, medidas de eficiência energética, eletrificação e uso de biocombustíveis em equipamentos operacionais, como empilhadeiras e TTs (*Terminal Tractors*), tecnologias inteligentes de gerenciamento da logística portuária e otimização de rotas, e a geração de energia renovável para atividades administrativas e operacionais.

Nos últimos anos, a urgência da redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) se mostrou mais evidente diante de tantos eventos climáticos extremos e alterações significativas na temperatura do planeta. Dentre os diversos caminhos possíveis para a redução de emissões, a transição energética é a base, pois é transversal a vários setores. Especificamente para o setor portuário, a transição energética se apresenta como desafio e oportunidade: desafio frente às inúmeras ações que precisam ser colocadas em prática no curto prazo, oportunidade mediante à posição competitiva que os portos assumem nesse contexto de mudanças. A localização dos portos os sujeita a serem altamente expostos a eventos ambientais extremos, como ventania, tempestade e aumento do nível do mar, todos resultantes do aumento da temperatura média global. Além das iniciativas de adaptação de suas infraestruturas às mudanças climática, os portos posicionam-se como elementos-chave em processos de mitigação e atingimento de metas de neutralidade global de emissões, contexto no qual se insere a transição energética.

O presente trabalho tem significativa relevância ao situar os portos brasileiros como protagonistas no processo de transição para uma economia de baixo carbono, se antecipando a regulações e pressões mais restritivas e tornando-se mais resilientes frente a esse novo mercado. O presente trabalho tem por objetivos:

- Realizar diagnóstico quanto à atual situação das infraestruturas portuárias (*readiness*) para receber embarcações que utilizam combustíveis de baixa emissão;
- Realizar diagnóstico quanto as iniciativas de descarbonização dos portos e dos serviços portuários prestados;
- Identificar o potencial do hidrogênio de baixo carbono e seus derivados para descarbonização dos portos brasileiros;
- Divulgar o diagnóstico obtido;
- Realizar e divulgar guia de boas práticas e recomendações para a descarbonização dos portos.

Este Relatório Final foi elaborado considerando todo o histórico do projeto, incluindo a seleção dos participantes, a contextualização do objetivo, do setor e dos desafios, o processo e metodologias de elaboração de questionários e seleção dos grupos, a aplicação do questionário, a avaliação de aderência e completude das respostas, os resultados e a sua avaliação crítica. Foram incluídas as conclusões e recomendações sobre análises regulatórias, nível de maturidade, desafios e oportunidades de novas tecnologias para o setor, com foco em hidrogênio de baixo carbono e seus derivados.

3 METODOLOGIA

O projeto de desenvolvimento do Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos foi dividido em 3 etapas, com a entrega de 6 produtos, como apresentado na Figura 1 detalhada a seguir:

- **Etapa 1 – Plano de Trabalho:** descreve os produtos e atividades associados correspondentes ao Produto 1. Plano de Trabalho.
- **Etapa 2 – Diagnóstico:** apresenta a segunda parte do projeto que inclui os passos envolvidos na realização do diagnóstico dos portos, o levantamento dos stakeholders, a elaboração de pesquisa e a realização de workshop, correspondendo aos produtos P2. Planejamento do Diagnóstico, P3. Lista de Stakeholders, P4. Aplicação da pesquisa e P5. Relatório Parcial.
- **Etapa 3 – Resultados e Recomendações:** voltada para a sistematização dos resultados do projeto e elaboração de recomendações, correspondendo ao Produto 6. Relatório Final, Sumário Executivo e Guia de Recomendações.

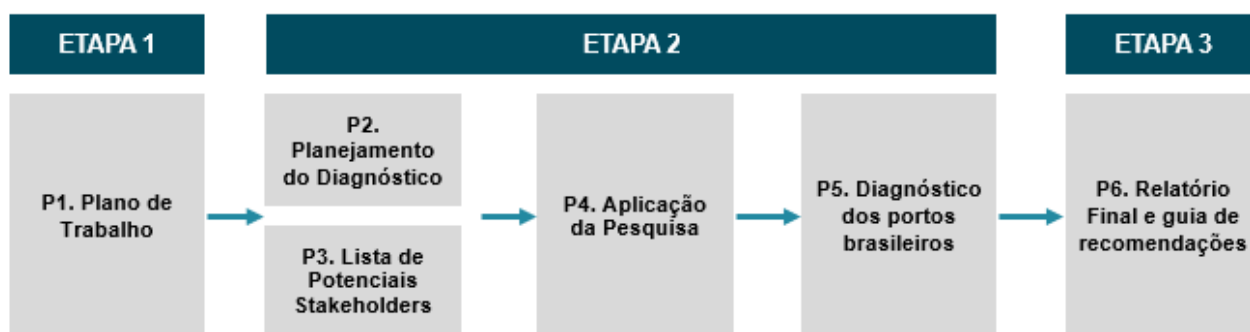


Figura 1. Etapas do desenvolvimento do Estudo de Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

3.1 Mapeamento de Stakeholders

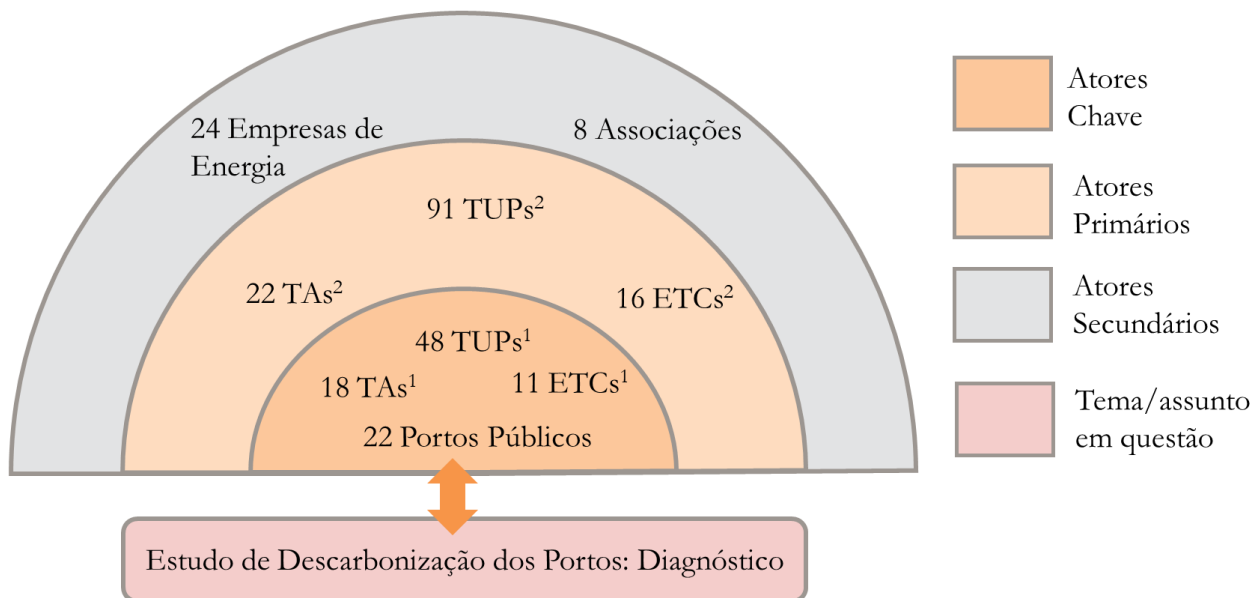
O público-alvo definido para a pesquisa é composto por todas as instalações portuárias registradas no Brasil, nas seguintes categorias: portos públicos, terminais de uso privado (TUPs), terminais arrendados (TAs) e estações de transbordo de carga (ETCs). O levantamento de stakeholders se baseou nas bases de dados da ANTAQ, em especial o Anuário Estatístico de 2022 e o Índice de Desempenho Ambiental (IDA). Foram definidos critérios de priorização, conforme a Tabela 1, para definir os stakeholders para os quais foi desempenhado um nível de engajamento maior e assim garantir a representatividade da amostra.

Tabela 1. Critérios de priorização por tipo de stakeholder.

Tipo de Stakeholder	Critérios de priorização
Portos Públicos (Autoridades Portuárias)	Todos os portos públicos, representados pelas Autoridades Portuárias, são prioritários para a realização do diagnóstico.
Terminais de Uso Privado (TUPs), Terminais Arrendados (TAs) e Estações de Transbordo de Carga (ETCs)	Foram considerados prioritários, os TUPs, TAs e ETCs que juntos representam 90% da carga bruta movimentada em 2022, garantindo representatividade em cada região geográfica.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

Adicionalmente, foi realizado um levantamento de empresas que já firmaram parcerias de investimento ou possuem projetos em andamento relacionados à tecnologia de hidrogênio verde e de derivados no Brasil, com foco nas instalações portuárias. Foram mobilizadas também as associações do setor portuário. Apesar de não estarem no público-alvo do questionário, a presença dessas empresas e associações foi considerada importante nas atividades de engajamento, disseminação do conhecimento e reuniões consultivas, que participaram do workshop e das reuniões consultivas. A Figura 2 apresenta o mapeamento de atores do diagnóstico, elaborado de acordo com o método denominado Capacity WORKS (GIZ, 2015), que propõe uma estrutura de transparência e cooperação. A Tabela 2 explica os critérios para classificações dos atores.



1. Terminais de Uso Privado (TUPs), Estações de Transbordo de Cargas (ETCs) e Terminais Arrendados (TAs) **considerados prioritários** para o estudo por critérios de movimentação de cargas e representatividade geográfica.

2. Terminais de Uso Privado (TUPs), Estações de Transbordo de Cargas (ETCs) e Terminais Arrendados (TAs) **considerados não prioritários** para o estudo por critérios de movimentação de cargas e representatividade geográfica.

Figura 2. Mapa de atores do diagnóstico.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

Tabela 2. Metodologia de classificação dos atores.

Classificação dos atores	Critérios de classificação
Atores Chave	Atores relevantes mapeados para garantir a representatividade do diagnóstico e priorização para participação de forma presencial no Workshop de Engajamento e Nivelamento. No desenvolvimento do diagnóstico, foram realizados contatos com os atores prioritários visando atingir maior envolvimento.
Atores Primários	Atores com menor relevância para o estudo, mas incluídos na pesquisa do diagnóstico. Foram convidados para participação online no Workshop de Engajamento e Nivelamento.
Atores Secundários	Atores relevantes para o tema, que foram convidados para participação presencial no Workshop de Engajamento e Nivelamento, mas não fazem parte do público-alvo definido para o formulário preparado para o diagnóstico.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

3.2 Workshop de Nivelamento e Engajamento

Foi realizado um Workshop de Nivelamento e Engajamento, no dia 18/09/2023, com o intuito de nivelar o conhecimento sobre o projeto, como objetivos do trabalho, desafios de descarbonização do setor, atividades do diagnóstico, expectativas de resultados e orientar os pontos-focais responsáveis pelo preenchimento dos questionários e entrevistas. O workshop teve caráter informativo e propositivo, estimulando propostas de intervenções e recomendações. O objetivo do evento foi engajar os diferentes públicos no projeto, de modo a garantir o atendimento ao questionário, incluindo aberturas para alinhamentos com o público. O workshop ocorreu no formato híbrido (virtual/presencial - Brasília) com a participação de representantes do setor portuário em nível estratégico, gerencial e operacional, além de representantes do setor de energia que estão investindo em projetos ligados ao hidrogênio verde e associações de terminais privados. O evento teve duração de 3 horas.

Para o formato presencial, foram convidados os atores definidos como prioritários na lista de stakeholders, enquanto os atores definidos como secundários receberam o convite apenas para o formato virtual. No total, o evento contou com a participação de 43 convidados, no formato presencial, e 45 no formato virtual. A Tabela 3 apresenta o resultado do engajamento realizado para o evento no formato presencial e o Apêndice B informa a programação detalhada do evento.

Tabela 3. Convites enviados e confirmações de presença para o Workshop, no formato presencial.

Tipo de Stakeholder	Convites enviados	Confirmados
Porto Público	44	17
TUP	48	15
ETC	4	1
Terminal Arrendado	8	2
Empresas - Setor de Energia	23	2
Associações	8	6
Total	135	43

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

3.3 Questionário e Aplicação da Pesquisa

O método de pesquisa foi baseado na coleta de informações quantitativas e qualitativas por meio de formulário eletrônico, respondido por representantes de cada um dos stakeholders levantados. As perguntas foram embasadas por um estudo prévio de oportunidades de descarbonização do setor, potencial do hidrogênio verde e outros combustíveis renováveis, maturidade do setor frente às adaptações necessárias, bem como expertise da WayCarbon na agenda e setor portuário, de transporte marítimo e energia. O questionário, apresentado em sua versão completa no Apêndice A, é dividido em 4 seções, apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Seções do questionário.

Seção	Objetivo
Informações Gerais	Dados sobre a identificação da instalação portuária e do responsável pelo preenchimento das informações, além do termo de consentimento para a utilização dos dados pessoais.
Informações Gerais da Instalação Portuária	Características gerais da instalação portuária, como tipo de mercadoria mais movimentado, estrutura fornecida para embarcações, duração da atracação, tipo de combustível mais usado, etc., com o objetivo de qualificar a amostra da pesquisa.
Gestão de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)	O primeiro passo para adentrar a agenda da transição para uma economia de baixo carbono é possuir um diagnóstico consistente das emissões de GEE. Sendo assim, essa primeira seção se dedica a identificar a elaboração de um inventário de emissões e detalhar o seu nível de aprofundamento e publicização, descrever as metas de redução de emissões e realização de reportes públicos.
Iniciativas de redução de emissões, estrutura portuária, oportunidades e desafios	Diagnosticar as iniciativas de descarbonização dos portos e serviços portuários, tendo um foco nas iniciativas que reduzem as emissões de GEE, mas também possíveis aplicações de combustíveis, hidrogênio e derivados, a preparação das infraestruturas portuárias para receber embarcações que utilizam combustíveis de baixa emissão, as oportunidades e desafios relacionados à transição energética, com foco na tecnologia de hidrogênio verde.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

O questionário foi aplicado por meio da plataforma eletrônica *SurveyMonkey*, para facilitar a sistematização das respostas, e teve um prazo de preenchimento inicial de 15 dias. Por solicitação dos participantes e com anuência da GIZ e ANTAQ, o prazo foi prorrogado por mais 7 dias, para a data de 10/10/2023. O envio do questionário foi acompanhado por um documento de Instruções de Preenchimento / Perguntas Frequentes para auxiliar os respondentes. Visando garantir o maior número de respondentes e a completude das respostas, foi realizado o acompanhamento do questionário junto aos respondentes. Foram desempenhadas as seguintes atividades:

- Acompanhamento sistemático após o envio inicial para prover auxílio no preenchimento das informações;
- Análise crítica ou feedback dado pelo receptor das perguntas inicialmente inseridas para potenciais ajustes/adequações;
- Validação e tabulação dos resultados: Análise quantitativa e qualitativa do levantamento técnico;
- Reuniões consultivas para coleta das percepções e iniciativas de descarbonização para discussão das respostas dada ao questionário; e
- Relatório de acompanhamento de aplicação da pesquisa: resultados do levantamento realizado com informação sobre o número de participantes efetivos e a aderência dos entrevistados ao questionário, com avaliação do número de respostas obtidas, de dados e informações levantadas, para identificar a completude das respostas; além de dificuldades de contatos com os respectivos pontos focais.

A metodologia adotada para as reuniões consultivas foi de entrevista semiestruturada, a partir dos cinco pontos-chave definidos para a elaboração do diagnóstico:

- i) a maturidade do setor frente à transição energética e transição a uma economia de baixo carbono;
- ii) melhores práticas de descarbonização, tendo em vista os portos objeto da pesquisa, diretrizes de referência e literatura, dando uma oportunidade para novas tecnologias como os derivados do hidrogênio;
- iii) perspectivas futuras do setor;
- iv) oportunidades e desafios, limitadores tecnológicos, mercadológicos e regulatórios, focado no tema de transição energética;
- v) potenciais parceiros e atores-chave para viabilizar a descarbonização do setor e as aplicações de hidrogênios e seus derivados.

Para os atores que responderam ao questionário (Portos Públicos, TUPs, TAs e ETCs), as perguntas foram direcionadas a partir de um diagnóstico preliminar dos resultados, assim como das respostas específicas dos atores presentes. No caso de associações e empresas de energia, a proposta foi coletar as percepções dos atores que não participaram do questionário. No total, foram realizadas 5 reuniões consultivas, com participação de 43 pessoas, sem contabilizar os membros das equipes da GIZ, ANTAQ e WayCarbon.

4 RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir foram baseados em análise quantitativa e qualitativa das respostas ao formulário recebidas. Foram produzidos gráficos com o objetivo de destacar os elementos da pesquisa mais relevantes para os objetivos propostos para o diagnóstico. Foram consideradas as respostas abertas enviadas e os comentários feitos nas reuniões consultivas. Para fins de apresentação dos resultados, os tipos de stakeholder foram agrupados nas categorias "Portos Públicos" e "Terminais (TUPs, TAs e ETCs)", sendo que esta última agrega os Terminais de Uso Privado (TUPs), Terminais Arrendados e Estações de Transbordo de Carga (ETCs).

4.1 Caracterização da Amostra

A Tabela 5 apresenta a sistematização da amostra e a análise de engajamento, comparando o número de atores respondentes com o número de atores mapeados. Foi atingido um engajamento de 87% para Portos Públicos e 31% para Terminais (TUPs, TAs e ETCs). Quando se considera como referência a soma da movimentação portuária de cada uma das instalações, esses indicadores aumentam para 88% e 70%, comprovando a representatividade da amostra obtida.

Tabela 5. Análise de Engajamento – Número de atores e Movimentação Portuária.

Categoria de Stakeholder	Número de atores			Movimentação Portuária ¹ em 2022 (t)		
	Atores Mapeados	Atores Respondentes	Percentual de engajamento	Atores Mapeados	Atores Respondentes	Percentual de engajamento
Portos Públicos	31	27	87%	421.037.122	371.541.679	88%
Terminais (TUPs, TAs e ETCs)	213	66	31%	955.412.679	672.956.176	70%
Total	244	93	38%	1.376.449.801	1.044.497.855	76%

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

4.2 Gestão de Emissões de GEE

O Inventário de Emissões de GEE é uma ferramenta de gestão que permite o mapeamento das fontes de emissão de uma atividade, processo, organização, setor econômico, cidade, estado ou até mesmo de um país, seguida da quantificação, monitoramento e registro dessas emissões, além de ser fundamental para o acompanhamento de metas e de avaliação da performance dos investimentos em equipamentos, tecnologias e processos de baixa emissão. A elaboração de inventários de GEE deve seguir padrões e metodologias internacionalmente reconhecidas para uma maior confiabilidade e comparabilidade dos resultados entre organizações. Além disso, é importante que eles sejam disponibilizados em plataformas públicas para maior transparência.

Uma das principais referências é o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, através das Diretrizes de 2006 para a Elaboração de Inventário Nacionais de Gases de Efeito Estufa. No Brasil, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCTi) é responsável pela produção das estimativas, relatórios e comunicações nacionais referentes às emissões de GEE do Brasil e

¹ A soma da movimentação portuária dos portos públicos e terminais foi realizada apenas para fins da análise de engajamento. A movimentação portuária de um porto público, por exemplo, pode englobar a movimentação dos terminais arrendados presentes na sua área. Logo, os valores totais apresentados aqui não devem ser considerados como um indicador real da soma da movimentação portuária de todas as instalações.

pela manutenção da plataforma do Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE). Lá são disponibilizados dados por setor de emissão, mas não há uma categoria específica para o setor portuário e marítimo, que fazem parte do setor de “Serviços de transporte”. Atualmente, o painel do SIRENE inclui informações relatadas voluntariamente por organizações, por meio de Acordo de Cooperação Técnica com o CDP (*Carbon Disclosure Project*) América Latina, mas ainda não permite a submissão direta de inventários pela plataforma e a visualização de resultados por organizações, funcionalidades que serão incluídas futuramente.

Outra referência importante é o *GHG Protocol*, que define padrões de contabilização de emissões de GEE para o setor corporativo, cadeias de valor, cidades, entre outros. O projeto inclui diretrizes, orientações, ferramentas e treinamentos para a medição e gerenciamento de emissões por empresas e governos, constituindo-se na principal metodologia utilizada mundialmente por organizações privadas e cidades (WRI, 2015). O Programa Brasileiro GHG Protocol, desenvolvido em 2008 pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV (FGVces) e o *World Resources Institute* (WRI), em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e atores do setor empresarial, é responsável pela adaptação do método do *GHG Protocol* ao contexto brasileiro. Além da produção de publicações e ferramentas e a realização de treinamentos, o programa mantém o Registro Públicos de Emissões, plataforma para divulgação dos inventários corporativos de empresas privadas ou públicas, além de entidades do terceiro setor. Entre as 434 organizações que aderiram à iniciativa até 2022, dentro da categoria “Transporte, armazenagem e correio”, estão alguns atores do setor portuário, como o BTP – Brasil Terminal Portuário, Hidrovias do Brasil, Porto do Açu, Porto Itapoá, Porto Sudeste do Brasil, Portos RS, VLI e Wilson Sons (FGV EAESP, 2023). Neste contexto, cabe citar também a norma ABNT NBR ISO 14064:2007-2, que traz orientações para quantificação de emissões e elaboração de relatórios.

Ainda não existe, no âmbito nacional, uma publicação com diretrizes específicas para a elaboração de inventários de organizações do setor portuário. Um exemplo internacional é a *Ports Initiative*, iniciativa da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) voltada para portos e terminais, que possui uma série de publicações técnicas direcionadas ao monitoramento, gestão e redução das emissões de GEE e outros poluentes atmosféricos. Entre elas, está o *Port Emissions Inventory Guidance: Methodologies for Estimating Port-Related and Goods Movement Mobile Source Emissions*, guia detalhado para estimar as emissões de fontes móveis em áreas portuárias, mas que também contém premissas que podem ser usadas para o cálculo de outras fontes de emissão.

Diante dos enormes desafios associados à descarbonização, o primeiro passo nessa jornada é a elaboração do Inventário de Emissões de GEE, uma ferramenta indispensável para entender as fontes de emissão e os fatores que influenciam a intensidade de carbono nas atividades portuárias. A Figura 3 apresenta a situação atual da realização de inventários de GEE nos portos e terminais, em que se observa uma notável diferença de perfil entre Portos Públicos e Terminais (TUPs, TAs e ETCs). Entre os terminais, há um maior percentual de instalações que possuem Inventários de Emissões de GEE, o que pode ser atribuído a várias razões.

Primeiramente, a realização do inventário não é uma obrigação regulatória, o que significa que a motivação para adotar essa prática varia consideravelmente. Um dos principais impulsionadores para os terminais privados é a exigência por parte do mercado e as exigências de reporte da área de sustentabilidade. Além disso, muitos terminais são administrados por grandes empresas, como a Petrobras, Transpetro, Vale e Cargill, que já realizam inventários de emissões de GEE para todas as suas operações. Consequentemente, essas empresas incluem as operações portuárias em seus relatórios, o que aumenta a transparência em relação às emissões de GEE. Outra motivação importante mencionada para a elaboração de inventários de GEE é o Índice de Desempenho Ambiental (IDA), iniciativa da ANTAQ. Instalações que buscam melhorar sua classificação no IDA frequentemente veem a realização do inventário como um meio de melhorar seu desempenho ambiental e, consequentemente, sua classificação no índice. Outras instalações citaram que o inventário veio como uma exigência do licenciamento ambiental.

A elaboração de inventários de GEE envolve vários desafios, entre eles a falta de capacitação, dificuldades na coleta de dados, equipe insuficiente e falta de recursos financeiros. A elaboração de um inventário requer conhecimentos técnicos e capacidade de coletar e analisar dados complexos relacionados às emissões de GEE, que muitas vezes não estão disponíveis. Mesmo quando a capacitação está presente, muitas instalações não têm pessoal suficiente para conduzir efetivamente o processo de inventário, que, por não ser uma exigência regulatória para a maioria das organizações, não é considerado uma iniciativa prioritária. Além disso, a realização de um inventário de GEE pode envolver custos significativos, desde a coleta de dados até a análise e relatórios, e muitas instalações podem enfrentar restrições financeiras que dificultam a alocação de recursos para esse fim.

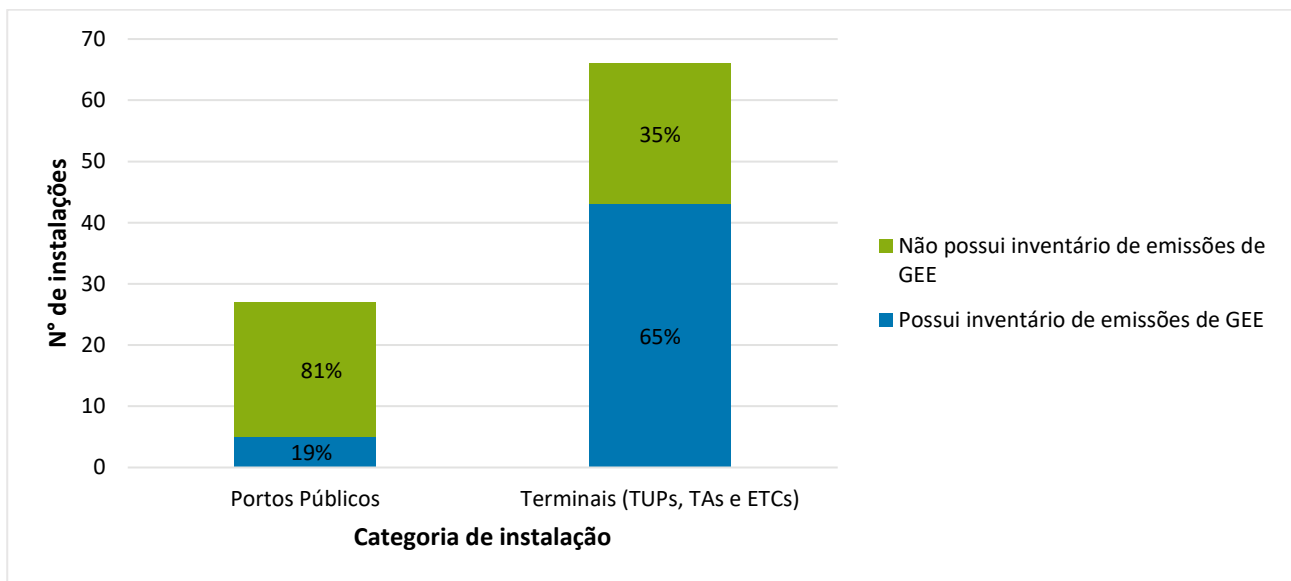


Figura 3. Inventário de Emissões GEE por categoria de instalação.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

De acordo com o *GHG Protocol*, o inventário de emissões de GEE deve seguir cinco princípios: relevância, abrangência, consistência, transparência e exatidão (WRI, 2015). Geralmente, o primeiro inventário é mais sucinto em relação às fontes de emissão consideradas. Entretanto, à medida que as organizações avançam nessa trajetória, tais inventários se tornam mais completos, incorporando técnicas e aprimorando sua metodologia para aumentar a precisão das medições. Os inventários de emissões de GEE compreendem três escopos distintos:

- Escopo 1: emissões diretas que estão sob controle e responsabilidade da organização.
- Escopo 2: emissões associadas à energia elétrica adquirida para a execução das operações da organização.
- Escopo 3: emissões indiretas, que não estão sob controle direto da autoridade portuária ou da empresa que administra o terminal. Isso inclui, por exemplo, as emissões das embarcações de terceiros que se movimentam na área do porto.

A Figura 4 apresenta um panorama dos escopos inventariados entre as instalações que declararam já possuir inventários de emissões de GEE. Entre os terminais, 56% consideram os Escopos 1 e 2, enquanto 44% já levam em conta os Escopos 1, 2 e 3. Boa parte desses terminais é administrado por grandes empresas que já elaboram o inventário há mais tempo e sofrem maior pressão do mercado pela sua completude. Por outro lado, no caso dos portos públicos, apenas cinco deles afirmaram realizar inventários: Porto de São Sebastião, Porto de Fortaleza, Porto de Santos, Porto de Suape, Porto do Itaquí, sendo que apenas os três últimos consideram todos os três escopos, o que demonstra uma dificuldade maior dos portos públicos em avançar nesse ponto.

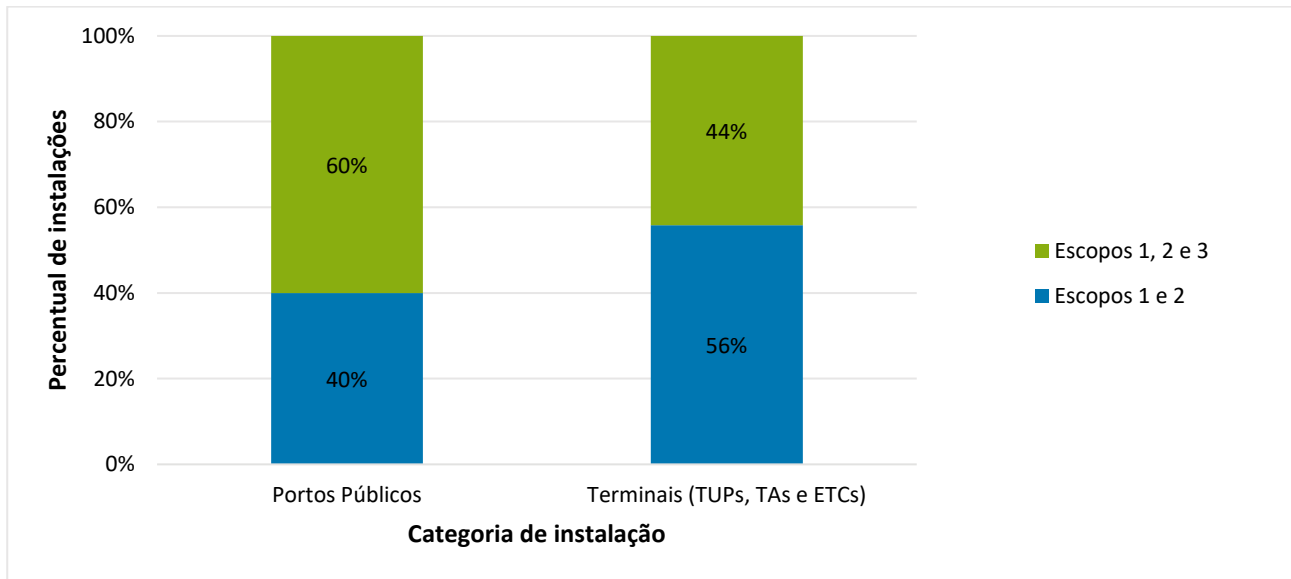


Figura 4. Escopos contabilizados no inventário de emissões de GEE

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

Mesmo entre as instalações que realizam o inventário com o Escopo 3, existe uma diferença entre as categorias consideradas. No total, são 14 categorias, sendo que cada uma envolve desafios específicos para ser calculada. De acordo com as respostas ao formulário, as categorias mais presentes no Escopo 3 das instalações são: Resíduos gerados nas operações, Deslocamento de funcionários (casa-trabalho) e Viagens a negócios. Há uma dificuldade maior para calcular, por exemplo, as categorias Bens e Serviços comprados, Transporte e distribuição (*upstream*) e Transporte e distribuição (*downstream*). Isso se deve ao fato de que, muitas vezes, elas envolvem a articulação com fornecedores e clientes para a obtenção de informações.

Outro ponto importante que diferencia os inventários de emissões de GEE é o nível de transparência e confiabilidade dos dados, analisado no gráfico da Figura 5. Nota-se que um maior avanço dos terminais nesse sentido, já que 65% dos que realizam o inventário, o têm publicado e auditado por terceira parte. Isso pode ser explicado pela maior pressão do mercado e a necessidade de atendimento a exigências de transparência de informações associadas aos reportes feitos pelas companhias. De toda forma, chama atenção o fato de que 28% possuem inventário, mas não o tornaram disponível publicamente. No caso dos portos públicos, apenas duas instalações divulgam seus inventários: Porto de Itaquí e Porto de Santos.

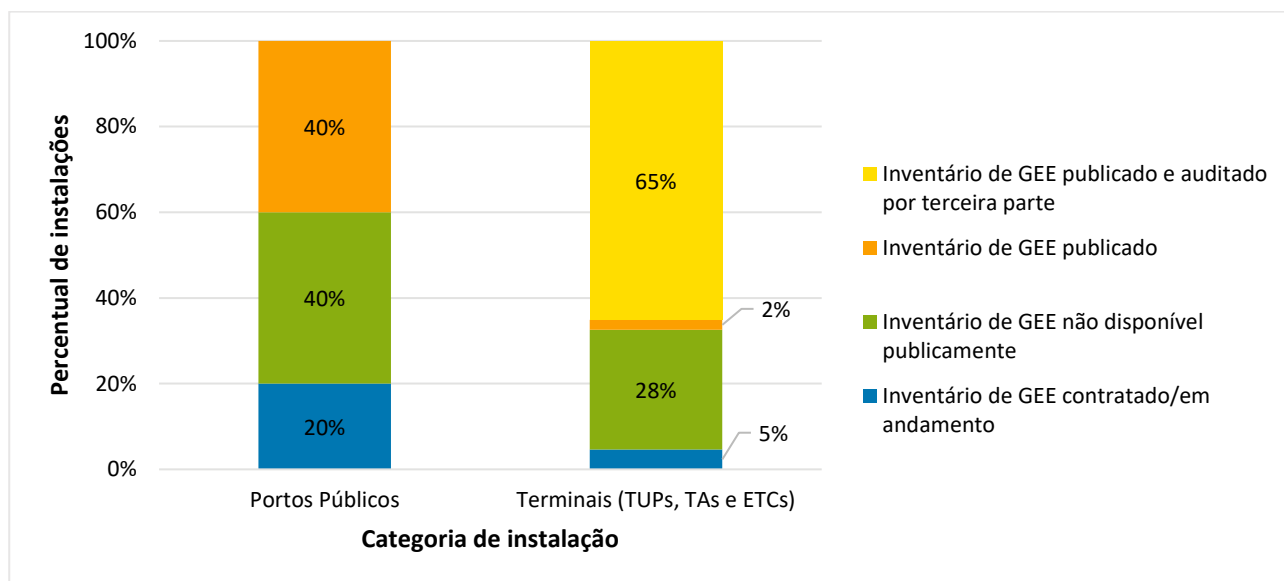


Figura 5. Reporte e verificação do Inventário de Emissões de GEE.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

Uma das funções primordiais de um inventário de emissões de GEE é fornecer as bases necessárias para a formulação de metas de redução de emissões, que por sua vez, orientam a priorização e detalhamento das iniciativas a serem tomadas. A Figura 6 apresenta um panorama da situação das instalações portuárias em relação a esse tópico, que mostra uma lacuna significativa no estabelecimento de compromissos mensuráveis para a descarbonização. Apenas 26% dos terminais afirmaram possuir metas de redução de emissões de GEE. Porém, cabe observar que, dentre os 74% que indicaram a sua ausência, houve 10 casos de instalações que alegaram ter metas a nível corporativo, mas que ainda não foram transpostas para o seu contexto local. Isso evidencia a necessidade de alinhar as metas globais e nacionais com as ações diretas nas operações portuárias.

A situação é ainda mais desafiadora na categoria dos portos públicos, em que apenas 7% dos respondentes afirmaram possuir meta, o que corresponde a apenas duas instalações: Porto de SUAPE e Porto de Natal. Um dos principais motivos é a ausência de inventário de emissões de GEE. Algumas instalações estão no processo inicial de elaboração desses inventários, com a intenção de, posteriormente, estabelecer metas concretas e construir planos de descarbonização eficazes.

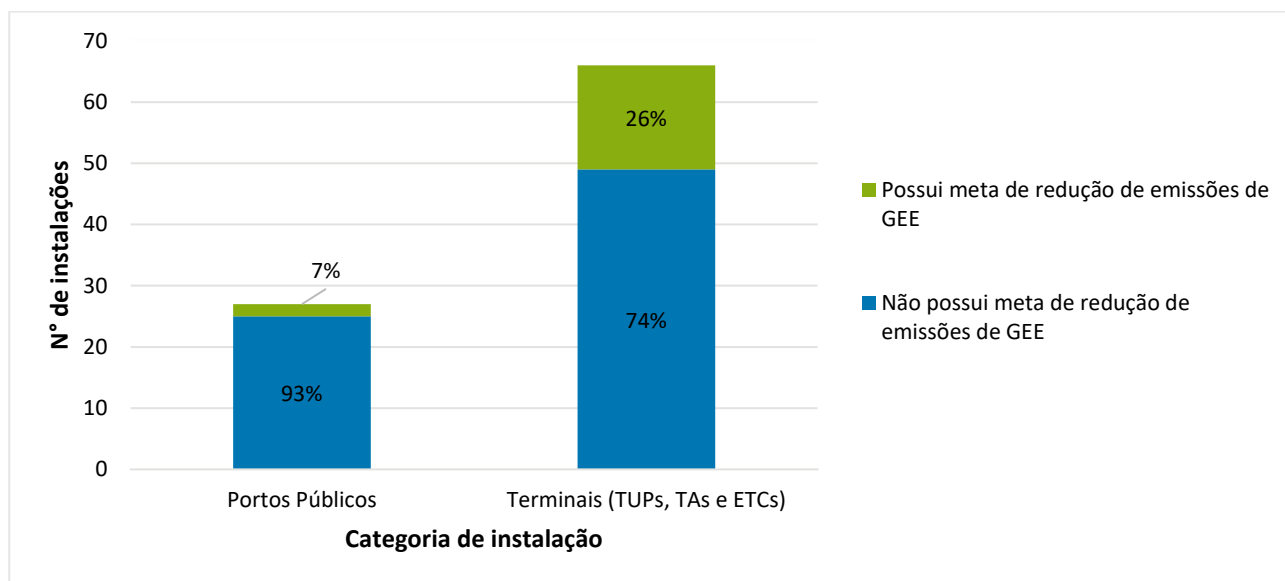


Figura 6. Meta de redução de emissões de GEE.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

A comunicação para o mercado e a sociedade como um todo do diagnóstico e das metas de redução de emissões de GEE deve ser feita por meio de reportes públicos, que seguem diferentes padrões. O panorama da elaboração e publicação de reportes pelas instalações portuárias é apresentado na Figura 7. Nota-se que 24% não realizam nenhum tipo de reporte público. Entre as instalações que o fazem, o Relatório de Sustentabilidade, padronizado pela *Global Reporting Initiative* (GRI), é o mais comum, estando presente das práticas de 49% dos respondentes. Em seguida, está o *GHG Protocol*, que estabelece padrões e diretrizes para contabilização e relato das emissões de GEE, e a Agenda Ambiental Institucional, instrumento de planejamento e gestão da sustentabilidade dos portos que faz parte dos critérios de pontuação do IDA – Índice de Desenvolvimento Ambiental. Por fim, 25% das instalações relatam no CDP, sistema global de divulgação de informações, e 11% atendem aos requisitos de reporte do ISE B3, o Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bolsa de Valores. Na categoria “Outros”, foi citado principalmente o Relato Integrado, outra abordagem de relatórios corporativos.

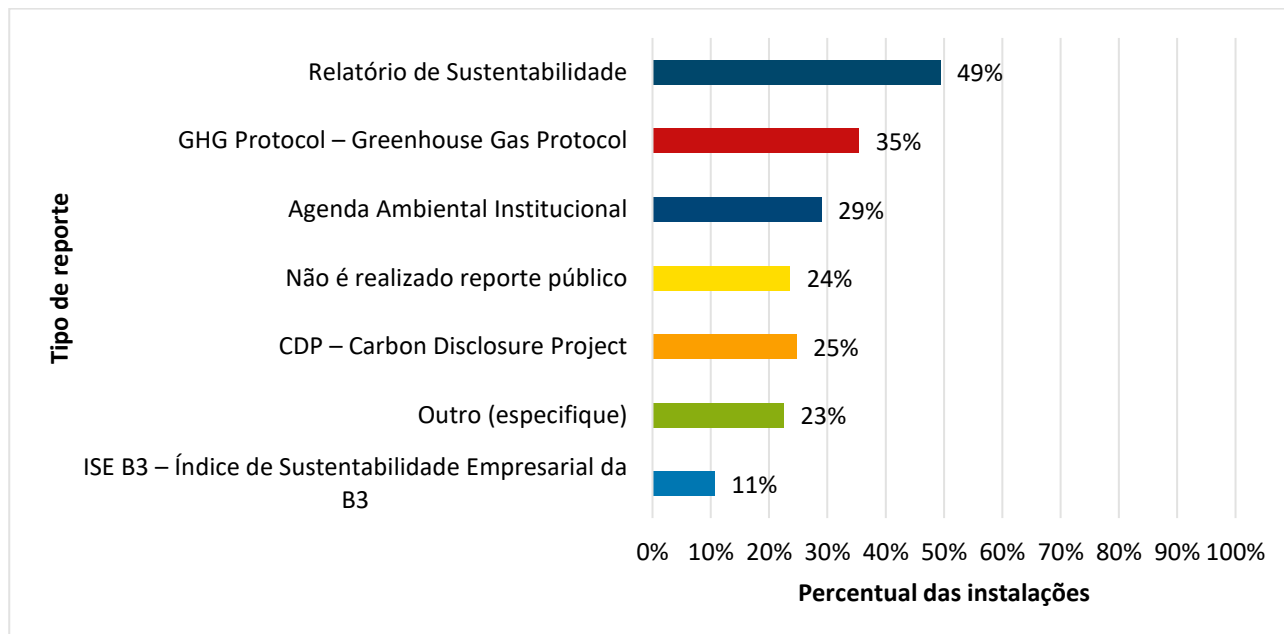


Figura 7. Tipos de reporte feitos pelas instalações portuárias.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

4.3 Iniciativas de Redução de Emissões de GEE e possíveis aplicações de combustíveis renováveis, hidrogênio verde e derivados.

A descarbonização das instalações portuárias precisa de uma abordagem integrada que envolve iniciativas em diversas dimensões, como eletrificação de equipamentos portuários, geração e uso de energias renováveis, adoção de medidas voltadas para eficiência energética, utilização de sistemas inteligentes, incentivo ao uso de combustíveis alternativos, como o hidrogênio e seus derivados, implementação de estruturas para fornecimento de energia ou combustíveis renováveis às embarcações, entre outros. Para diagnosticar a efetivação dessas medidas, os respondentes foram convidados a classificar 15 tipos de iniciativas de acordo com o seu estágio de implementação, considerando a seguinte escala:

Estágios de implementação

N6 - Implementada

N5 – Em implementação

N4 – Projeto-piloto

N3 – Acordo ou memorando de entendimento assinado

N2 – Planejada (incluída no planejamento estratégico ou algum plano de ação da instalação)

N1 – Não implementada

N0 - Não aplicável ao tipo de operação

A Figura 8 apresenta os resultados desse levantamento, sendo que as iniciativas estão ordenadas segundo o maior percentual de respostas classificadas como “N6 – Implementada”. As iniciativas que mais se destacam pelo estágio de implementação mais avançado são os sistemas inteligentes de gerenciamento da logística portuária, o fornecimento de combustíveis menos poluentes, o planejamento e implementação de medidas de eficiência energética e a geração de energia renovável para atividades operacionais e administrativas.

Chama atenção o Sistema OPS (*On-Shore Power Supply*), tecnologia de fornecimento de energia elétrica em terra para os navios atracados, em substituição à utilização de motores movidos a combustíveis fósseis, que possui alto potencial de redução de emissões de GEE e já é um dos critérios avaliados no IDA. Apenas 1 (uma) instalação declarou estar em fase de projeto piloto: o Terminal de Petróleo TPET/ TOil – Açu, cujo sistema inicial já atende rebocadores e embarcações de apoio para atuação em emergências, com planejamento de expandir para navios-tanque de posicionamento dinâmico (DPSTs) e navios petroleiros de grande porte (VLCCs). Nenhuma instalação possui o sistema completamente implementado e 15% das instalações incluiu estar em fase de planejamento, a exemplo da autoridade portuária Portos RS, que incluiu no seu plano estratégico, entre outras medidas, a implantação de um sistema de fornecimento de energia OPS.

Quanto às iniciativas relacionadas à cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono e seus derivados, foram avaliadas quatro iniciativas: produção, abastecimento de embarcações, infraestrutura atual para exportação e importação e a adaptação da infraestrutura para esses fins. De forma geral, nenhuma das instalações possui alguma dessas ações implementada ou em implementação. Na média entre as iniciativas apresentadas, cerca de 59% não as considera aplicáveis ao seu tipo de operação e em torno de 31% as classificou como “N1 – Não implementada”. Por outro lado, considerando que se trata de uma tecnologia nova, já existe um número significativo de atores que incluíram alguma(s) dessas medidas em seu planejamento. No estágio de implementação “N2 – Planejada”, o percentual de respostas foi de 12% para adaptação da infraestrutura, 8% para infraestrutura atual, 6% para abastecimento e 5% para produção. Considerando o estágio “N3 – Acordo ou memorando de entendimento assinado”, esse percentual foi 2% para adaptação da infraestrutura, 0% para infraestrutura atual, 2% para abastecimento e 4% para produção.

É importante evidenciar aqui as instalações portuárias que já estão mais engajadas em iniciativas relacionadas ao hidrogênio de baixo de carbono:

- Cinco (5) instalações já apresentam ao menos uma das iniciativas relacionadas ao hidrogênio de baixo de carbono com acordo / memorando de entendimento assinado: Porto de Suape, Porto de Antonina e Porto de Paranaguá, entre os portos públicos; Terminal Portuário do Pecém e Porto do Açu, entre os terminais.
- Quatorze (14) instalações ainda não possuem acordo assinado, mas já incluíram esse tipo de iniciativa em seu planejamento estratégico.
 - Terminais (TUPs, TAs e ETCs): Terminal Marítimo Ponta da Madeira, Hidrovias do Brasil - Vila do Conde S. A. (ETC Tapajós - HBSA), Hidrovias do Brasil - Vila do Conde (TUP) e Terminal de Petróleo TPET/ TOil – Açu.
 - Portos públicos: Porto de Pelotas, Porto de Porto Alegre, Porto de Santos, Porto de Aratu, Porto de Ilhéus, Porto de Salvador, Porto de Angra dos Reis, Porto de Itaguaí, Porto de Niterói, Porto do Rio de Janeiro.

Outras medidas avaliadas são os incentivos econômico-financeiros e a substituição de equipamentos operacionais utilizados na área portuária, por modelos elétricos e/ou movidos a biocombustíveis ou hidrogênio e derivados. No primeiro caso, a pontuação em índices de eficiência energética e intensidade de carbono, como o *Environmental Ship Index* (ESI)², é utilizada como critério para o oferecimento de descontos nas taxas portuárias. Com relação aos equipamentos operacionais, 5% das instalações já implementaram medidas de eletrificação, 4% estão em processo de implementação e outros 3% em fase de projeto piloto.

² O *Environmental Ship Index* (ESI) é um índice de desempenho ambiental que classifica as embarcações em relação aos padrões de emissões de GEE definidos pela IMO, permitindo identificar aquelas que atendem ou superam as regulamentações atuais. A iniciativa é liderada pelo *World Ports Sustainability Program* (WPSP), programa internacional de sustentabilidade vinculado à Associação Internacional de Portos (IAPH) (WPSP, 2024).

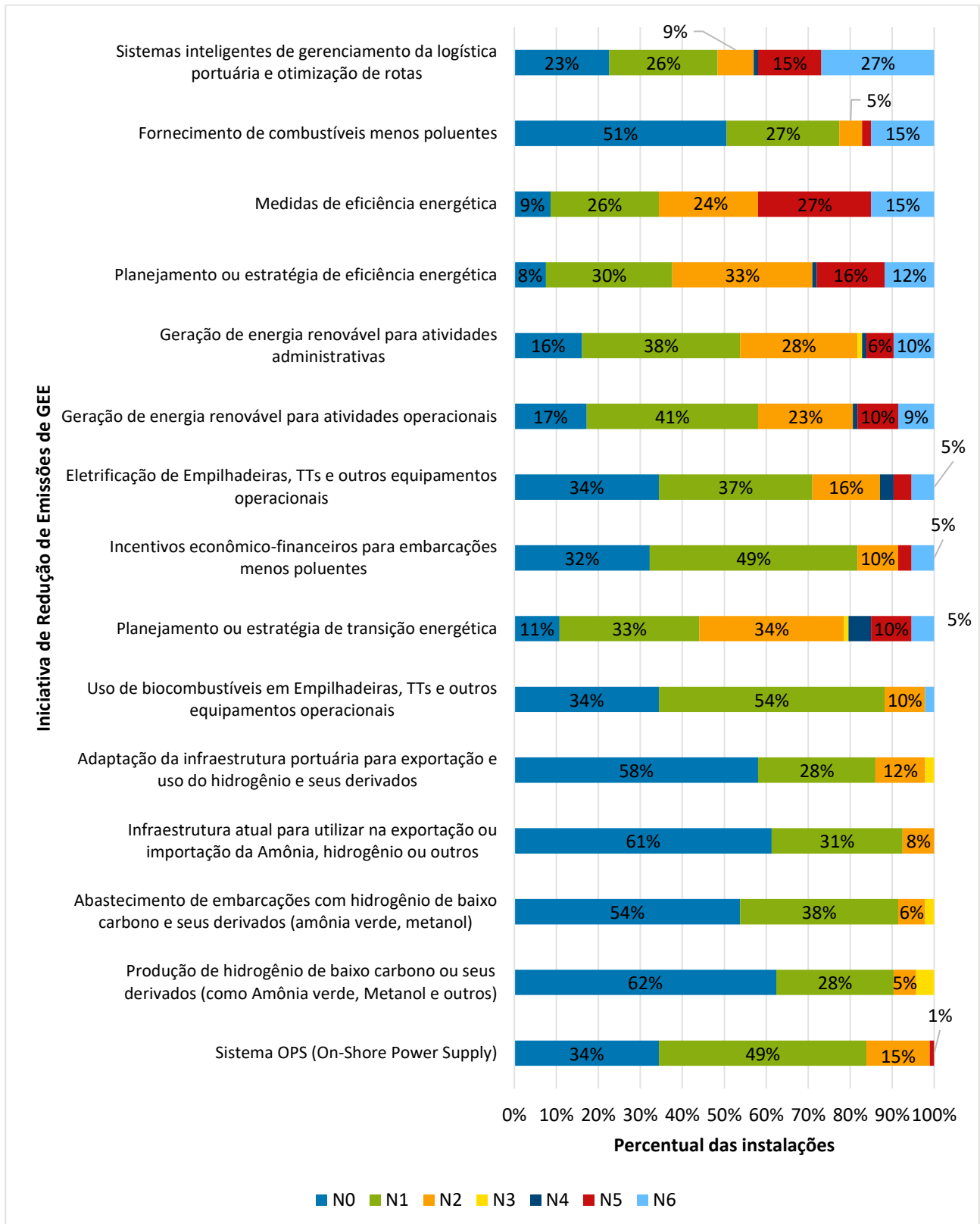


Figura 8. Iniciativas de Redução de Emissões de GEE.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

Para complementar a avaliação sobre as iniciativas de fornecimento de combustíveis menos poluentes, foi analisado o perfil dos combustíveis mais utilizados pelas embarcações. Pela Figura 9, pode-se verificar que há predominância na utilização de combustíveis fósseis, como o diesel marítimo e o bunker convencional, com uma parcela das instalações adotando o bunker com baixo teor de enxofre. As opções de combustíveis menos emissores, como o biodiesel, GNL e metanol, ainda são pouco utilizadas. Além disso, apenas 11 instalações (1 Porto Público e 10 Terminais) reportaram que possuem registro de atracações de navios que utilizam combustíveis com baixo teor de carbono, vide Figura 10. Esses resultados reforçam a percepção de um cenário atual de dependência significativa de combustíveis fósseis e uso ainda incipiente de combustíveis alternativos, o que torna ainda mais desafiadora a transição para combustíveis menos emissores.

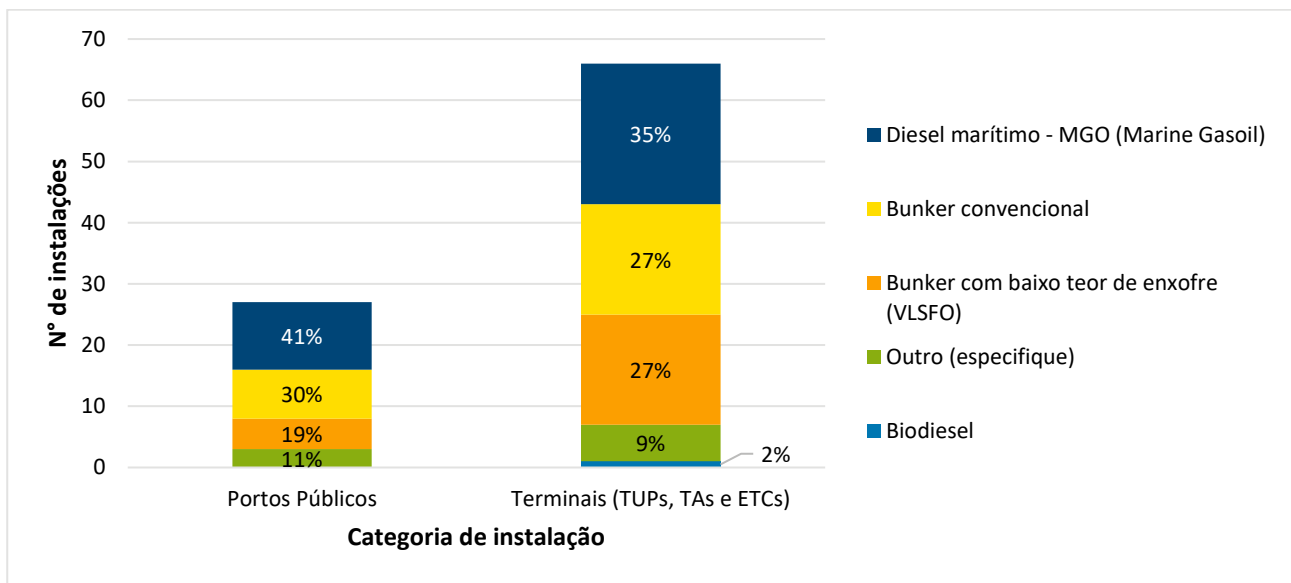


Figura 9. Combustível atualmente mais usado pelas embarcações.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

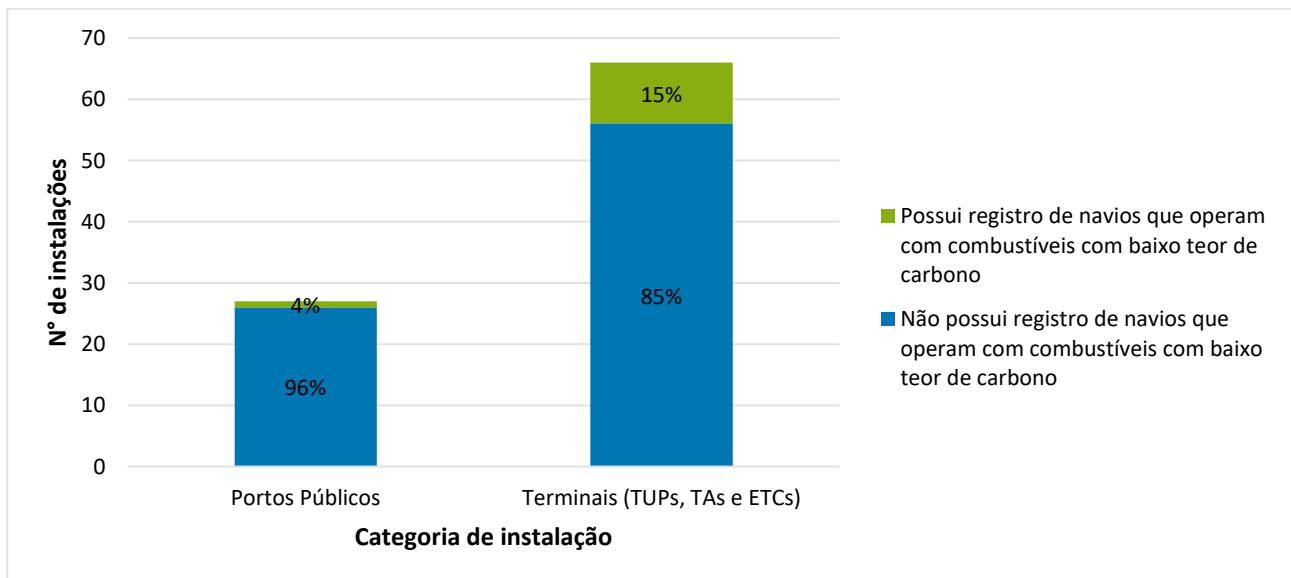


Figura 10. Instalações que possuem registro de navios que operam com combustível com baixo teor de carbono por categoria de instalação.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

4.4 Desafios da Transição para uma Economia de Baixo Carbono

Todas as medidas apresentadas na seção anterior envolvem sérios desafios de implementação, de caráter tecnológico, mercadológico, regulatório, financeiro, entre outros. A Figura 11 apresenta o panorama dos desafios considerados pelos respondentes como mais relevantes para cada uma das iniciativas apresentadas. Os desafios de caráter financeiro predominam na grande maioria das ações, enquanto os desafios tecnológicos se destacam mais nas medidas ligadas à produção e exportação de hidrogênio de baixo carbono e seus derivados, nos sistemas OPS (*On-Shore Power Supply*), medidas de eficiência energética e eletrificação. O caráter mercadológico aparece como o mais relevante nas ações de fornecimento de combustíveis menos poluentes, e tem uma participação significativa nas ações de sistemas inteligentes de gestão portuária, planejamento da transição energética e nas ações ligadas ao hidrogênio de baixo carbono. O desafio menos citado pelos respondentes como o mais relevante foi o regulatório. Nos comentários enviados junto ao formulário e nas reuniões consultivas, foi possível coletar algumas percepções dos atores sobre esses desafios, que são detalhadas nos parágrafos seguintes.

Apesar de o aspecto regulatório não ter aparecido como um dos mais relevantes no levantamento apresentado na Figura 11, um dos temas citados por vários respondentes foi a carência de regulamentação e incentivos para a sustentabilidade no setor portuário. A ausência de incentivos fiscais, políticas regulatórias claras e tecnologias para aquisição de equipamentos e insumos destinados à produção de energia limpa representa um desafio significativo. Muitas ações relacionadas à descarbonização enfrentam obstáculos devido à complexidade e burocracia das políticas regulatórias, o que pode resultar em longos períodos de espera para a obtenção de licenças e autorizações.

Para promover a descarbonização das operações portuárias, é essencial que os órgãos reguladores do setor se envolvam em parceria com outros Ministérios, incentivando investimentos e obras nessa direção. A criação de iniciativas, como uma linha do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) voltada para a descarbonização de portos, poderia ser uma solução relevante. Além disso, a União pode desempenhar um papel crucial ao exigir que as operações portuárias adotem equipamentos de baixa emissão de carbono. Para impulsionar esses esforços, a implementação de políticas públicas, como incentivos econômicos e tributários, se faz necessária, particularmente no que se refere à aquisição de novos equipamentos e à transição para fontes de energia mais limpas. No entanto, para que essas medidas sejam eficazes, é fundamental ter uma clareza maior da demanda de mercado das tendências regulatórias, a fim de direcionar adequadamente os investimentos no sentido da descarbonização.

Uma iniciativa considerada importante pelos participantes do diagnóstico é o Projeto de Lei 2308/23, aprovado recentemente na Câmara dos Deputados, alterando a Lei do Petróleo (Lei nº 9.478/1997) para incluir oficialmente o hidrogênio verde e o hidrogênio combustível na matriz energética nacional e definir critérios legais para sua classificação. O projeto ainda seguirá para o Senado e pode sofrer alterações. Enquanto isso, o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), instituído pela Resolução nº 6/2022 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) publicou em agosto de 2023 o seu Plano Trienal 2023-2025, que coloca como estratégia de curto prazo (até 2025) a disseminação de plantas piloto de hidrogênio de baixo carbono em todas as regiões do país. No médio prazo (até 2030), o objetivo é consolidar o Brasil como o mais competitivo produtor no mundo e, no longo prazo (até 2035), consolidar hubs de hidrogênio de baixo carbono no país. Com relação aos desafios associados à tecnologia, outra iniciativa citada nas reuniões consultivas como um caminho promissor é o estabelecimento e fomento de parques tecnológicos voltados à inovação e empreendedorismo. Dois exemplos são o Porto do Futuro, localizado em frente ao Terminal Hidroviário de Belém, e o Porto Digital, localizado próximo ao Porto de Recife.

Especificamente sobre o sistema OPS, afirmou-se que, enquanto não houver uma regulação nacional sobre o tema, com imposição de uso, dificilmente ocorrerá uma mobilização suficiente para realizar as adaptações necessárias nos navios de forma a passarem a utilizar energia de terra enquanto atracados. É fundamental a existência de financiamentos facilitados para provimento da infraestrutura necessária nos portos/terminais, cujos projetos não são viáveis financeiramente caso a amortização do investimento precise ser revertida em aumento da tarifa, afinal a prioridade dos armadores é o custo da energia

fornecida. Na mesma linha, outro comentário afirma que, como o sistema é caro, não interessa aos armadores, e só ocorrerá por força de regulação.

Quanto às medidas de substituição de equipamentos operacionais, é aguardado ainda o avanço de tecnologias ou mesmo a disponibilidade no mercado de combustíveis sintéticos a preços competitivos. O tempo de carregamento de equipamentos eletrificados por baterias ainda é um desafio, pois a tecnologia atual ainda não é robusta o suficiente do ponto de vista de potência e duração das cargas. Outra questão reside no espaço importante que a estrutura de armazenamento e recarga dos equipamentos irá ocupar nos terminais, que já estão com o limite de ocupação se esgotando. Esses fatores dificultam a eletrificação, dando espaço à possibilidade dos combustíveis sintéticos.

A transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis nos portos é uma tarefa complexa que requer estudos aprofundados para determinar as vocações específicas de cada porto ou região do país. Essa análise deve considerar fatores como os tipos de cargas movimentadas, os tipos de navios operantes e as demandas do mercado. A discussão sobre a viabilidade de soluções energéticas específicas para cada localidade é essencial para garantir uma transição eficaz. Essa abordagem ajudará a direcionar investimentos estratégicos, seja em hidrogênio, amônia ou outras alternativas energéticas.

É importante destacar que a tecnologia necessária para essa transição ainda é cara e, em muitos casos, inacessível. O custo de implementação é uma barreira significativa e a transição implica investimentos substanciais em infraestrutura e tecnologia, o que pode ser complicado devido às estruturas existentes nos portos. A incerteza em relação às novas legislações e regulamentações sobre energia torna imperativa a cooperação entre todas as partes interessadas, que tem potencial de reduzir o tempo, o esforço e, em muitos casos, os custos envolvidos na transição para fontes de energia mais sustentáveis nos portos.

Adicionalmente, foram levantados alguns desafios para avançar na construção de uma estratégia de descarbonização:

- Instalações portuárias
 - Gestão interna das instalações portuárias, como a falta de autonomia do setor de meio ambiente e a pouca interação com o setor de engenharia.
 - Dificuldade para contratação de uma consultoria especializada que fosse capaz de propor um plano de descarbonização aderente à realidade portuária.
- Autoridades portuárias
 - Dificuldade em influenciar os operadores e terminais portuários privados a implementar medidas de transição energética e descarbonização.
 - Deficiência nas infraestruturas, que muitas vezes precisam de melhorias para receber embarcações maiores e mais modernas (menos poluentes), abrindo a oportunidade de negócios.
 - Dificuldades regulatórias e a falta de investimento financeiro.

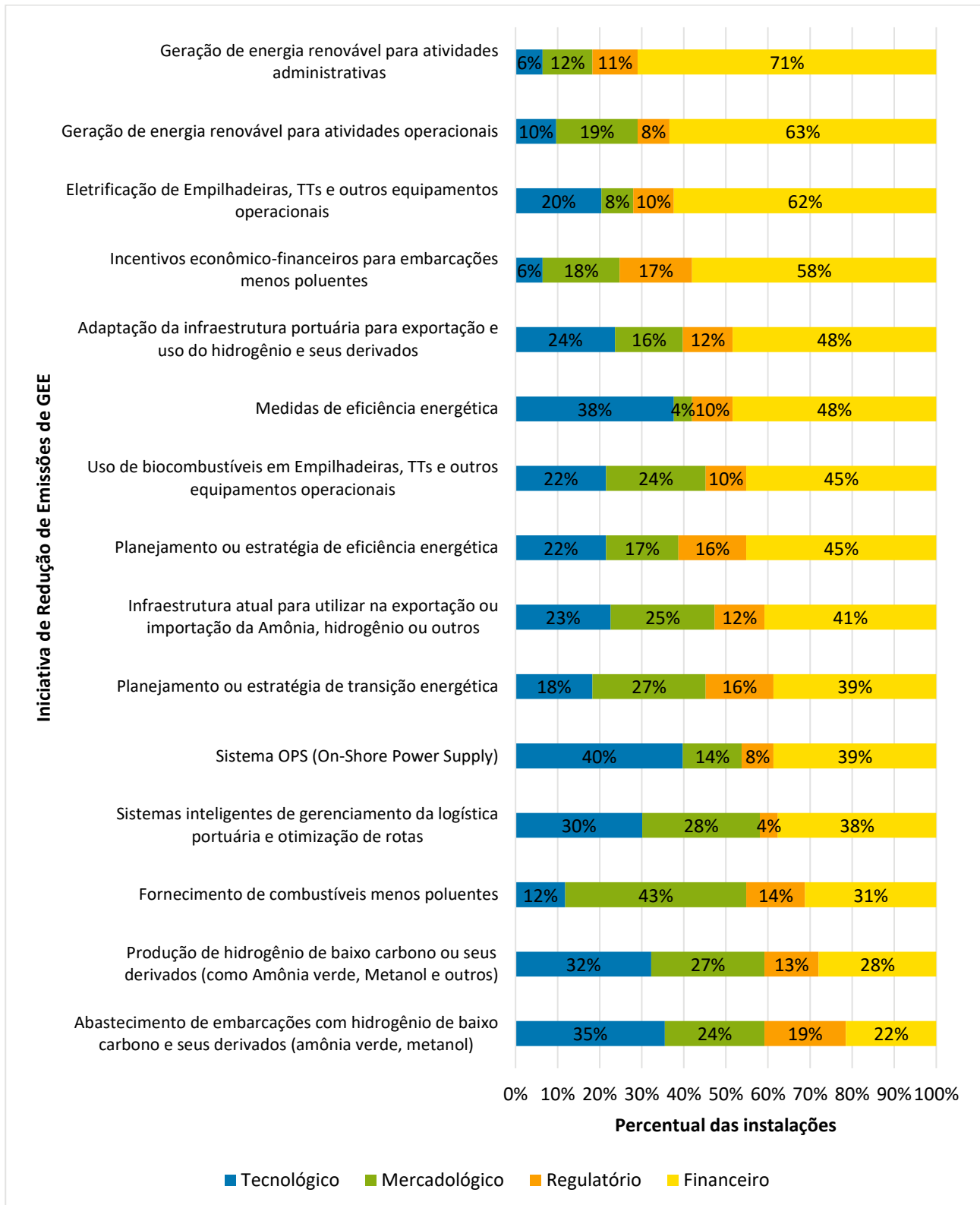


Figura 11. Desafios mais relevantes para a implementação de medidas de descarbonização.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

4.4.1 Perspectivas Futuras do Setor e parceiros-chave

Uma das perguntas do formulário questionava sobre a existência de demanda anunciada das embarcações para fornecimento do combustível renovável, sobretudo hidrogênio e derivados. Cinco (5) atores (Porto do Açu, Porto do Itaquí, Terminais de Tubarão e Praia Mole, e Cattalini Terminais Marítimos) responderam que acreditam haver essa demanda anunciada, citando a amônia, o biocombustível, HVO e etanol. Também foram citados outros combustíveis não renováveis, mas de emissão reduzida em relação aos que são mais usados atualmente, sendo eles o GNL e o VLSFO misturado com biocomponentes.

Embarcações do futuro terão que migrar para combustíveis de baixo carbono, para atingimento de metas da IMO. Como exemplo no cenário internacional, a Maersk encomendou o primeiro navio porta-contêiner movido a metanol e que entrará em operação no início de 2024. Além disso, a empresa possui encomenda de mais 24 navios movidos a metanol para serem entregues entre 2024 e 2027 (EPBR, 2013). Apesar de ainda não receber demanda de embarcações para o serviço, percebe-se que existe a compreensão de parte das instalações quanto à importância da preparação de infraestrutura necessária. Os armadores que trabalham no Brasil estão entendendo quais rumos o mercado está tomando e não seria viável custear instalações sem ter uma contrapartida, ou ainda, a regulação do mercado local ou nacional que exija o avanço dessas tecnologias. Por outro lado, um dos atores respondeu que uma pesquisa informal realizada indicou não haver sequer interesse no assunto por parte dos navios.

Também foi realizado um levantamento sobre como cada instalação portuária entende sua vocação em relação à cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono, apresentado na Figura 12. Chama atenção a grande parcela de respondente que afirmou não enxergar potencial nesse mercado ou desconhecer as suas possibilidades de aplicação. No caso dos terminais, essa proporção é de 82%, contra 37% no caso dos portos públicos. O restante dos terminais se divide entre 8% que enxergam oportunidades na criação de um hub de hidrogênio verde, outros 8% no abastecimento de embarcações e apenas 3% na exportação, sendo que nenhum destacou a possibilidade de produção. Por outro lado, entre os portos públicos, chama a atenção a significativa parcela de 26% que consideram que sua vocação está ligada à produção de hidrogênio verde, seguida pela criação de um hub, com 19%, a exportação, com 11%, e o abastecimento, com 7%. A Tabela 6 apresenta algumas iniciativas de destaque dos portos públicos e terminais na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono, levantadas a partir das respostas ao formulário e complementadas com informações disponíveis publicamente.

Uma hipótese para essa diferença de panorama nas respostas de portos públicos e terminal é o próprio perfil dos grupos de atores que compuseram a amostra da pesquisa. Apesar das diferenças na movimentação de carga, a categoria Portos Públicos abrange uma amostra mais homogênea de atores, que são as autoridades portuárias responsáveis pelo gerenciamento desses portos. Enquanto isso, a categoria Terminais abrange uma grande quantidade de Terminais de Uso Privado (TUPs), Terminais Arrendados e Estações de Transbordo de Carga (ETCs), que possuem características muito diversas com relação ao porte, tipo de operação, de serviços prestados, aumentando a possibilidade de incluírem atores para os quais as oportunidades relacionadas ao hidrogênio não apresentam um potencial tão significativo.

Um fator estratégico para o sucesso de iniciativas de hidrogênio de baixo carbono nas instalações portuárias é a presença de indústria em sua área, que poderiam consumir parte do hidrogênio e seus derivados produzidos, como fonte de energia ou matéria-prima para produção de produtos de baixa emissão. 59% das instalações respondentes possui ao menos uma indústria em sua área de operação, com destaque para os setores de grãos líquidos e gasosos (20%), petroquímico (12%), naval e offshore (11%), alimentos e bebidas (11%), geração de energia (10%), siderurgia (9%) e metalurgia (9%). Os setores industriais de refinaria, fertilizantes e aço, por exemplo, já consomem grandes quantidades de hidrogênio produzido a partir de combustíveis fósseis e as instalações portuárias poderiam se beneficiar da proximidade de indústrias como essas.

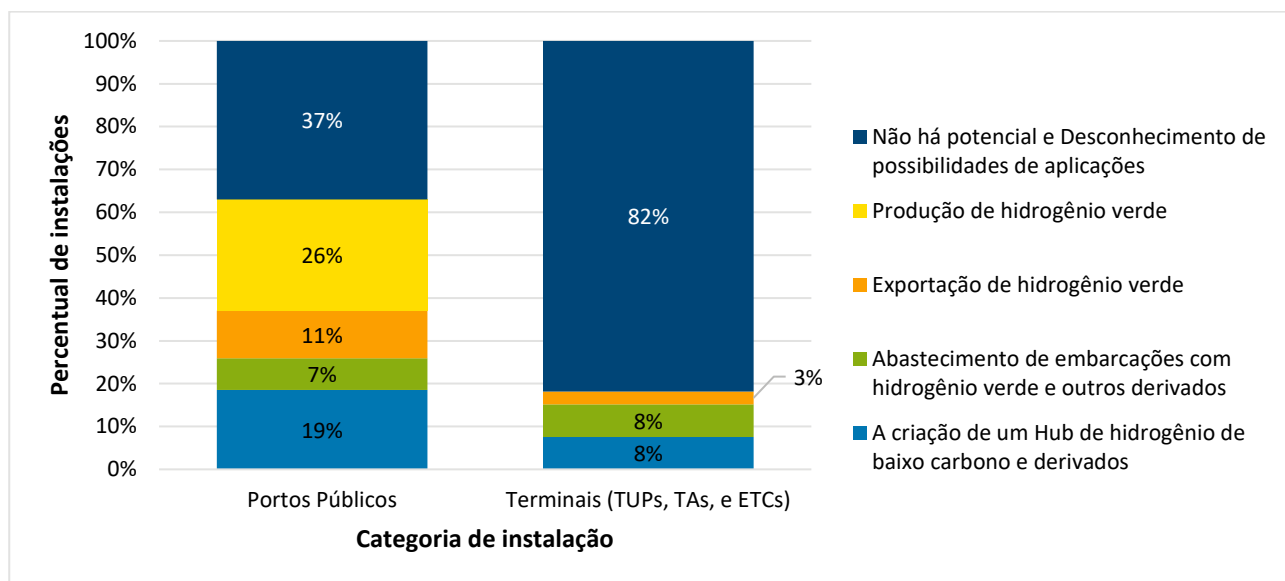


Figura 12. Vocação da instalação portuária em relação à cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono. .

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

Tabela 6. Iniciativas de destaque dos portos públicos e terminais na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono.

Instalação Portuária	Iniciativas na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono
Complexo Industrial e Portuário do Pecém	Lançado em 2021, o Hub de Hidrogênio Verde do Complexo do Pecém é resultado de entre o Governo do Estado do Ceará, a Federação das Indústrias do estado do Ceará (FIEC) e a Universidade Federal do Ceará (UFC), com o objetivo de transformar o estado em um grande fornecedor global desse combustível. Desde então, foram assinados cerca de 30 memorandos de entendimento com várias empresas com interesse em se instalar na área para produzir e exportar o hidrogênio verde. Três das parcerias, com a AES, a Casa dos Ventos e a Fortescue evoluíram para pré-contratos de implantação, com a intenção de construir uma estrutura dentro do porto para o transporte e embarque do combustível. Em maio de 2023, foram assinados os acordos para a criação do Corredor de Hidrogênio Verde entre o Porto do Pecém e o Porto de Roterdã, e da <i>Green Ports Partnership</i> , entre o Ceará e os Países Baixos. Em setembro de 2023, foi aprovada a licença ambiental para implantação do Hub. O memorando de entendimento com a Qair prevê mais de R\$ 32 bilhões na instalação do parque eólico offshore Dragão do Mar, em licenciamento no Ibama.
Porto do Açu	Está em processo de licenciamento ambiental a implantação de um hub de hidrogênio verde de 100 ha na área do Porto do Açu. Nos últimos anos, a instalação portuária vem buscando parceiros para investir em plantas de produção hidrogênio verde, energia solar fotovoltaica, eólica offshore, biomassa, biogás e indústrias que fazem parte dessa cadeia de valor. O Porto do Açu já firmou parcerias para instalar plantas de hidrogênio com a Shell Brasil, a Linde, Comerc, Casa dos Ventos, Comerc e Neoenergia. Para produção de energia eólica offshore, os parceiros até o momento são a EDF Renewables, a TotalEnergies, a SPIC e a Neoenergia. A costa do Porto do Açu já conta com 33GW de projetos de eólica offshore em licenciamento no Ibama, tornando o porto-indústria uma plataforma para a industrialização de baixo carbono. Além disso, foram estabelecidas parcerias com a ZEG Biogás e Geo Biogas & Tech para instalação de plantas de biogás.
Complexo Industrial Portuário de Suape	Em 2022, foi lançada a proposta do TechHub Hidrogênio Verde, com o objetivo de transformar o Complexo Industrial Portuário de Suape em um espaço de pesquisa, desenvolvimento e inovação com foco no combustível do futuro. Resultado de uma

Instalação Portuária	Iniciativas na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono
	parceria entre CTG Brasil, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o governo do Estado de Pernambuco, a iniciativa visa concentrar em Suape a implementação de projetos inovadores focados na produção, transporte, armazenamento e gestão de hidrogênio verde (H2V), com uma previsão de investimentos iniciais de até R\$ 45 milhões. Em 2023, o TechHub foi um dos selecionado pela chamada bilateral Brasil-Alemanha para desenvolver tecnologias destinadas à produção de hidrogênio verde (H2V), com um montante total de financiamento será de R\$ 21 milhões.
Portos de Paranaguá e Antonina	A autoridade portuária Portos do Paraná, que administra os Portos de Paranaguá e Antonina, assinou em 2023 um memorando de entendimento com o Porto de Rotterdam para promover iniciativas sustentáveis, como parte do programa de <i>colaboração Green Ports Partnership</i> . Com duração de três anos, o acordo envolve uma parceria para estabelecer o desenvolvimento de energias renováveis nos portos de Paranaguá e Antonina, com foco em energia eólica e hidrogênio verde. Além disso, o governo do Estado do Paraná sancionou a Política Estadual do Hidrogênio Renovável e criação do Programa de Energia Verde, que inclui o estabelecimento de incentivos econômicos para o setor.

Fonte: Complexo do Pecém (2023), Porto do Açu (2023), Portal da Indústria (2022), Suape (2023) e Governo do Estado do Paraná (2023).

Outra pergunta do formulário diz respeito à existência de acordos de cooperação local e internacional, MoU (memorando de entendimento) ou *letter of intent* (carta de intenção) com outros portos e empresas para iniciativas e projetos de hidrogênio de baixo carbono e seus derivados, sendo que sete atores que responderam sim. A partir dos comentários enviados e das reuniões consultivas, foi possível compilar alguns atores-chave para o processo de descarbonização, apresentados na Tabela 7. Cabe destacar que se trata de uma lista não exaustiva, que inclui apenas os atores citados pelos participantes do diagnóstico ao longo do estudo.

Tabela 7. Atores-chave para a descarbonização identificados pelos participantes do diagnóstico.

Tipo de stakeholder	Atores-chave
Atores internacionais cooperações/coalisões	Plataforma de Ação pelo Clima e GT Negócios Oceânicos do Pacto Global da ONU, Porto de Rotterdam, Porto de Aveiro, programa de colaboração <i>Green Ports Partnership</i> , <i>Clean Energy Marine Hubs</i> , <i>CEM-Hubs Getting to Zero Coalition – LATAM Task Force</i>
Fóruns e redes	CEBDS -Câmara Temática CT Clima, FIRJAN - GT Clima e ATP – Sustentar, Cubo Itáú
Entidades e associações setoriais	Senai, Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás), Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), Associação de Terminais Portuários Privados (ATP) e outras associações do setor portuário
Empresas de energia	Galp, Casa dos Ventos, Neoenergia, Qair, Biocarbono, Casa dos Ventos, EDP Renewables, Lorinvest, Shell, Total Energies, Universal Kraft, Linde/White Martins, SPIC, Ocean Winds e GeoTech
Atores estatais	ANTAQ, MPOR, ANP, MCTi, MMA, Ministério da Fazenda, governos estaduais (foram citados Ceará, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, que já possuem algum tipo de política ou iniciativa para o hidrogênio verde), concessionárias de energia (foi citada a Copel), empresas de saneamento (foi citada a Sanepar), universidades (foi citada a Universidade Federal do Maranhão)

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como tratado nos resultados, a elaboração do Inventário de Emissões de GEE é um passo crucial na jornada de descarbonização dos portos. A compreensão das fontes de emissão e dos fatores que afetam a intensidade de carbono nas operações portuárias é fundamental para a formulação e implementação eficaz de medidas de redução de emissões de GEE. Embora haja diferenças marcantes entre portos públicos e terminais em relação à realização de inventários, de forma geral nota-se uma lacuna significativa nesse sentido, por conta de fatores como falta de capacitação, equipe insuficiente e o financiamento limitado. A elaboração do inventário de emissões é uma grande oportunidade para viabilizar a identificação e avaliação de projetos de redução de emissões de GEE, assim como definir as metas de descarbonização.

A descarbonização das instalações portuárias é uma necessidade premente que exige uma abordagem integrada, envolvendo combinação de diversos tipos de ações para atingir uma redução significativa das emissões, que devem ser avaliadas e selecionadas de acordo com a realidade local de cada instalação portuária. Os resultados do levantamento demonstram que algumas iniciativas já demonstram um avanço maior, especialmente em áreas como sistemas inteligentes de gerenciamento logístico, fornecimento de combustíveis limpos, medidas de eficiência energética e geração de energia renovável. Medidas que incentivam a eficiência energética por meio de descontos nas taxas portuárias e a substituição de equipamentos operacionais por modelos mais limpos demonstram um avanço positivo, embora ainda em estágios iniciais. Por outro lado, medidas com alto potencial de redução de emissões, como o Sistema OPS, encontram maiores dificuldades de implementação.

A descarbonização das instalações portuárias enfrenta uma série de desafios, que variam desde barreiras tecnológicas e financeiras até complexidades regulatórias e mercadológicas. Verificou-se a prevalência dos desafios financeiros como mais relevantes em muitas iniciativas, indicando que a disponibilidade de recursos para a sua implementação é uma preocupação central. Além disso, a falta de regulamentação e incentivos claros para a sustentabilidade no setor portuário representa um obstáculo importante que requer ação por parte dos órgãos reguladores e do governo. Também foram relatados pelos participantes do diagnóstico desafios internos às organizações, como a falta de autonomia do setor de meio ambiente e pouca interação dele com outras áreas. Diante desse cenário, a promoção de políticas públicas e incentivos financeiros têm o potencial de viabilizar e acelerar a transição para operações portuárias mais sustentáveis.

Para atingir as metas de redução de emissões de GEE da IMO para 2050, serão necessárias mudanças profundas na tecnologia e nos combustíveis usados pelas embarcações. Uma das soluções mais promissoras a longo prazo é a utilização do hidrogênio de baixo carbono e de seus derivados, como a amônia e o metanol, em substituição aos combustíveis fósseis. Isso exigirá adaptações da infraestrutura de produção, armazenamento e distribuição, e as instalações portuárias têm o potencial de liderar esse movimento. A maior parte (60%) dos respondentes do diagnóstico não enxerga potencial ou desconhece as aplicações do hidrogênio de baixo carbono. Por outro lado, já existe uma compreensão por parte de 40% dos respondentes com relação ao potencial desse mercado, sendo que cerca de 7,5% enxergam uma vocação para a produção de hidrogênio, 5,4% para exportação e 7,5% para abastecimento de embarcações. Quase 11% de instalações percebem como vocação a criação de um hub de hidrogênio de baixo carbono e derivados, o que já está sendo planejado ou implementado em alguns portos brasileiros, com destaque para o Complexo do Pecém, o Porto do Açu, o Complexo de SUAPE e os Portos de Paranaguá e Antonina. O Brasil reúne boas condições para ser protagonista no mercado de hidrogênio de baixo carbono e seus derivados, em especial devido à capacidade instalada e potencial de geração de energia limpa, e à perspectiva de conseguir produzir combustível de baixa emissão a custos competitivos no futuro.

A cooperação entre as partes interessadas, a promoção de políticas públicas eficazes e o investimento em tecnologias acessíveis são elementos-chave para superar esses desafios. A jornada em direção à descarbonização deve continuar com uma abordagem colaborativa e estratégica, visando a um futuro mais sustentável para as instalações portuárias. Com base nos resultados do diagnóstico realizado, foram elaboradas recomendações para as instalações portuárias, estruturadas a partir dos passos necessários para atingir maior maturidade em relação ao processo de descarbonização. Além disso, foram propostos os próximos passos para uma atuação setorial, que traçam possíveis caminhos para uma ação conjunta dos atores para

potencializar a descarbonização do setor de forma ampla. A seguir, são apresentadas as recomendações e próximos passos, que visam oferecer um direcionamento para a ação das instalações portuárias e dos atores setoriais de forma ampla.

5.1 Recomendações para as Instalações Portuárias

As recomendações para as instalações portuárias abrangem as possibilidades de ação dos Portos Públicos e Terminais (TUPs, TAs e ETCs) para avançarem na estratégia de redução de emissões. A Figura 13 apresenta uma trilha de passos a serem seguidos para amadurecer e desenvolver a estratégia de descarbonização nas instalações portuárias. A seguir, cada uma dessas recomendações é contextualizada e detalhada.

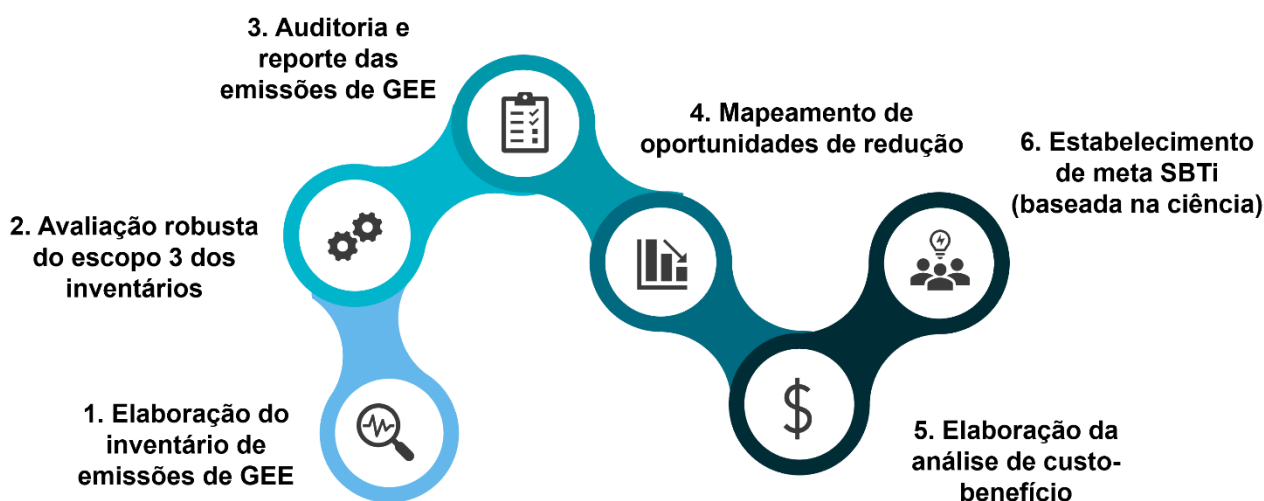


Figura 13. Trilha de ações para atingir uma maior maturidade na gestão de emissões de GEE.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

1. Elaborar o Inventário de Emissões de GEE das instalações portuárias.

Como apontado pelo diagnóstico, 35% dos Terminais (TUPs, TAs e ETCs) e 81% dos Portos Públicos ainda não possuem inventário de emissões de GEE. Identificar, caracterizar e quantificar as fontes de emissão é o primeiro passo na jornada da descarbonização. O perfil de emissões de cada instalação portuária pode variar significativamente, a depender do tipo de operação e serviços prestados, as embarcações empregadas, os combustíveis utilizados e as tecnologias usadas na área portuária, o que torna importante a realização de um diagnóstico localizado e uma coleta de dados robusta. A partir do inventário, é possível identificar tendências e oportunidades para redução de emissões, embasando o estabelecimento de metas e a priorização de investimentos. A atualização periódica do inventário leva à construção de uma série histórica, que permite medir o progresso alcançado com as iniciativas de redução de emissões de GEE.

2. Avaliação robusta do Escopo 3 dos Inventários de Emissões de GEE existentes

De acordo com as diretrizes do *GHG Protocol*, os Inventários de Emissões de GEE são elaborados considerando três escopos: Escopo 1 – Emissões Diretas; Escopo 2 – Emissões Indiretas de Energia Elétrica; Escopo 3 – Outras Emissões Indiretas. Pelo mapeamento realizado no diagnóstico, 54% das instalações que possuem inventário reportam apenas os escopos 1 e 2. Os primeiros inventários realizados pelas organizações geralmente apresentam um número mais restrito de fontes de emissão.

Mas é importante que, com o tempo, se empenhem na maturidade e expansão da abrangência do inventário, visto que o escopo 3 é requisito para o estabelecimento de metas SBTi (*Science Based Targets Initiative*).

3. Auditoria e publicação de reportes para maior confiabilidade e transparência dos inventários de emissões de GEE

Um fator importante que diferencia os inventários de emissões de GEE é o nível de transparência e confiabilidade dos dados. O *GHG Protocol* recomenda que os inventários sejam auditados por terceira parte e disponibilizado publicamente, o que é a realidade de 58% das instalações que afirmaram ter inventário. Parcela significativa (29%) possui inventário, mas não publicou, enquanto o restante está ainda desenvolvendo o inventário ou até já fez a publicação, mas ainda não contratou auditoria. Os inventários são um instrumento não só de gestão, mas também de comunicação, na medida em que permitem apresentar ao mercado e à sociedade como um todo o progresso das ações de descarbonização. Neste mesmo contexto, se insere a publicação de reportes de sustentabilidade, como a Agenda Ambiental Institucional, o Relatório de Sustentabilidade, o *GHG Protocol – Greenhouse Gas Protocol* e o CDP – *Carbon Disclosure Project*. Seguir padrões consagrados internacionalmente, como o GRI – *Global Report Initiative*, são um diferencial para o posicionamento dos portos e instalações portuárias e podem ajudar a qualificá-los para oportunidades de investimentos e obtenção de financiamentos.

4. Mapeamento de oportunidades de redução de emissões de GEE

Devido à complexidade das infraestruturas e operações portuárias, a elaboração da estratégia de descarbonização desse setor exige a combinação de diversos tipos de ações para a redução significativa de emissões, o que deve ser avaliado de acordo com a realidade de cada instalação portuária. O mapeamento de oportunidades permite avaliar as iniciativas, projetos e desafios para redução de emissões. A partir do estudo de diagnóstico realizado, as principais oportunidades de redução de emissões foram agrupadas em três frentes:

- **Eficiência energética e operacional:** o tempo de atracação, a velocidade e o tempo de espera para a carga e a descarga, dentre outros indicadores operacionais, variam entre as instalações e possuem implicações nas emissões de GEE dos navios que estão no porto. Os sistemas inteligentes de logística portuária atuam na otimização de rotas e processos e já foram implementados ou estão em implementação em 39% das instalações, índice similar ao das medidas de eficiência energética. Outra possibilidade é a geração de energia renovável para atividades administrativas e/ou operacionais, implementadas / em implementação em cerca de 18% dos respondentes. Por fim, a eletrificação e o uso de biocombustíveis dos equipamentos operacionais é uma tecnologia já disponível, mas que já é aplicada em apenas 5% das instalações.
- **Fornecimento de energia e combustíveis menos poluentes:** uma das medidas com maior potencial de redução de emissões é a implementação de sistemas OPS (*On-Shore Power Supply*), que proporcionam o fornecimento de energia em terra e permitem que os motores auxiliares das embarcações sejam desligados enquanto eles estão atracados. Nenhuma das instalações que participaram do diagnóstico possui esse sistema, em função do custo da tecnologia e ausência de regulação que normatize e obrigue a sua implementação. Quanto ao combustível utilizado pelas embarcações, 39% das instalações possuem estrutura para fornecê-lo, sendo que o diesel marítimo e o bunker com baixo teor de enxofre são os mais comuns. No caso dos combustíveis alternativos, 6% indicaram possuir estrutura para fornecer GLP, 4% para biodiesel e 2% para metanol. As regulações da Organização Marítima Internacional (IMO) para a descarbonização do transporte marítimo tendem a aumentar progressivamente a demanda por combustíveis alternativos. Uma outra forma de potencializar esse processo é o incentivo financeiro a

embarcações menos poluentes, com desconto nas taxas portuárias para aquelas que possuírem uma boa pontuação em índices como o ESI (*Environmental Ship Index*)³.

- **Atuação na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono e seus derivados:** para atingir as metas de redução de emissões de GEE da IMO para 2050, serão necessárias mudanças profundas na tecnologia e nos combustíveis usados pelas embarcações. Uma das soluções mais promissoras a longo prazo é a utilização do hidrogênio de baixo carbono e seus derivados, como a amônia e metanol, em substituição aos combustíveis fósseis. Isso exigirá adaptações da infraestrutura de produção, armazenamento e distribuição, e as instalações portuárias têm o potencial de liderar esse movimento. Porém, os desafios tecnológicos ainda são significativos, tanto em relação à segurança e eficiência do transporte e armazenamento como ao custo de produção. A maior parte (60%) dos respondentes do diagnóstico não enxerga potencial ou desconhece as aplicações do hidrogênio de baixo carbono. Por outro lado, já existe uma compreensão por parte de 40% dos respondentes com relação ao potencial desse mercado, sendo que cerca de 7,5% enxergam uma vocação para a produção de hidrogênio, 5,4% para exportação e 7,5% para abastecimento de embarcações. Quase 11% de instalações percebem como vocação a criação de um Hub de hidrogênio de baixo carbono e derivados, o que já está sendo planejado ou implementado em alguns portos brasileiros, com destaque para o Complexo do Pecém.

Box 1: Hidrogênio Verde

Iniciativas relacionadas ao hidrogênio de baixo carbono e seus derivados vêm sendo realizadas em diversas instalações portuárias. A complexidade da cadeia aponta a construção de Hubs como uma forma de viabilizar a produção, armazenamento e transporte, por meio de parcerias entre governos, universidades e empresas. A partir dos hubs em portos, a produção do hidrogênio pode ser associada à geração de energia elétrica de fonte renovável, em especial solar fotovoltaica e eólica offshore, além de permitir a aproximação de indústrias que façam parte dessa cadeia de valor. O estabelecimento de parcerias com outros países também vem sendo realizado pelas instalações portuárias nacionais, mediante a criação de corredores de hidrogênio verde entre os países e aportes de financiamento para o desenvolvimento das estruturas necessárias.

Importante destacar que o hidrogênio verde e seus derivados são potenciais alternativas aos combustíveis fósseis utilizados no transporte marítimo, para tal, a construção dos hubs de hidrogênios em portos auxilia na disponibilidade do combustível e seus derivados para as embarcações.

5. Elaboração da análise de custo-benefício das medidas de redução de emissões

Projetos de redução de emissões possuem custos atrelados que precisam ser medidos para avaliar a sua efetividade e custo-benefício. Um exemplo de ferramenta utilizada para esse propósito é a Curva de Custo Marginal de Abatimento (Curva MAC), que permite estimar qual o custo associado à redução de uma determinada quantidade de gases de efeito estufa para cada um dos projetos analisados. O custo é calculado pelo Valor Presente Líquido, que considera, dentro do horizonte temporal de implementação e atividade do projeto, a soma dos fluxos de caixa ano a ano, submetidos a uma taxa de desconto, determinada pelo custo de oportunidade do dinheiro. O fluxo de caixa considera as receitas e as despesas de capital (CAPEX) e operacionais (OPEX). Já o cálculo das emissões reduzidas de um projeto corresponde à diferença do nível de emissões em um cenário de linha de base (sem a implementação do projeto) e a projeção de emissões no cenário de projeto. O resultado da Curva MAC é um gráfico que combina os eixos de “emissões cumulativas abatidas [tCO₂e]” e “custo marginal de abatimento [R\$/tCO₂e]”,

³ O *Environmental Ship Index* (ESI) é um índice de desempenho ambiental que classifica as embarcações em relação aos padrões de emissões de GEE definidos pela IMO, permitindo identificar aquelas que atendem ou superam as regulamentações atuais. A iniciativa é liderada pelo *World Ports Sustainability Program* (WPSP), programa internacional de sustentabilidade vinculado à Associação Internacional de Portos (IAPH) (WPSP, 2024).

permitindo fazer um ranqueamento das iniciativas de descarbonização em termos de custo-efetividade e identificar se os projetos avaliados serão suficientes para o alcance de uma meta já estabelecida.

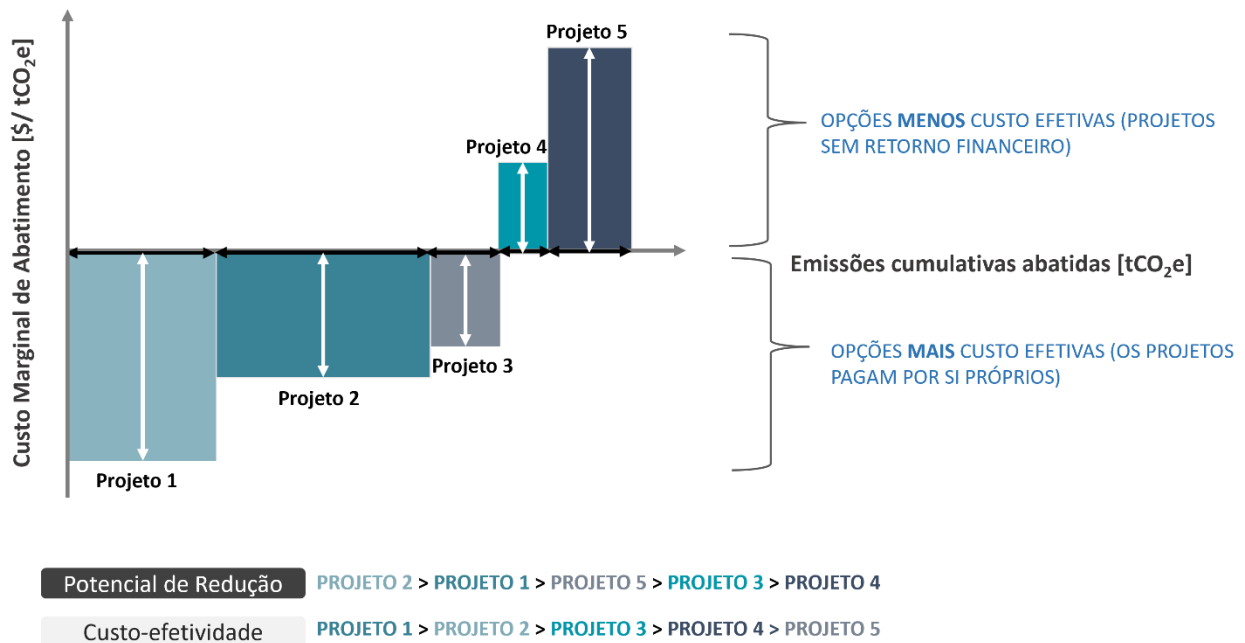


Figura 14. Exemplo de Curva de Custo Marginal de Abatimento (Curva MAC).

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

6. Estabelecimento de meta SBTi (baseada na ciência)

O Acordo de Paris, aprovado em 2015 por 195 países parte da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), estipulou o limite do aumento da temperatura global abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais e se esforçando para que não exceda 1,5°C, o que implica alcançar emissões líquidas zero até 2050. Isso levou muitas organizações, públicas e privadas, a assinarem compromissos e estabelecerem metas Net Zero. O Padrão SBTi parte da necessidade de estabelecer um entendimento comum do que são metas de emissões líquidas zero, com base na ciência climática mais recente e atualizada, fornecendo orientações, fundamentos, critérios e recomendações para a sua definição. As metas de redução de emissões baseadas na ciência (SBTi) oferecem uma base sólida para as estratégias de mudança climática de longo prazo das organizações, incluindo metas de curto prazo alinhadas a trajetórias de 1,5°C, metas de longo prazo para reduzir as emissões a um nível residual, a mitigação além da sua cadeia de valor e a neutralização de quaisquer emissões residuais.

5.2 Próximos Passos para Desenvolvimento de uma Estratégia de Descarbonização Setorial

Os próximos passos para uma atuação setorial traçam possíveis caminhos para uma atuação conjunta de todos os atores para potencializar a descarbonização do setor de forma ampla. A Tabela 8 apresenta um compilado, organizado em algumas categorias de ação: Capacitação e Mobilização, Estudo Setorial e Regulação. Em seguida, cada uma delas será contextualizada e detalhada.

Tabela 8. Próximos passos para uma atuação setorial.

Nº	Categoria	Próximos Passos
1	Capacitação e Mobilização	Programa de conscientização para a elaboração de inventários e estratégias de descarbonização
2	Capacitação e Mobilização	Estruturação de fórum nacional de discussão que articule as diversas redes que tratam da descarbonização
3	Estudo Setorial	Elaboração de Inventário Setorial de Emissões de GEE
4	Estudo Setorial	Desenvolvimento de trajetória de emissões setoriais com levantamento de projetos e construção da análise de custo-benefício
5	Estudo Setorial	Incorporação de mais questões sobre descarbonização no formulário do IDA
6	Regulação	Definição de mecanismos indutores para a implantação de Sistema OPS
7	Regulação	Regulamentação que promova a utilização de combustíveis alternativos em embarcações, em articulação com o Ministério de Minas e Energia

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

1. Programa de conscientização para a elaboração de inventário e estratégias de descarbonização

A elaboração de inventário de emissões de GEE é amparada pela existência de padrões e bases de dados internacionais, como o GHG Protocol, as diretrizes para inventários do IPCC e a Norma ISSO 14064-1:2016. Porém, o setor portuário possui especificidades para identificação e caracterização de fontes de emissão, definição e coleta de dados de entrada, métodos de cálculo e fatores de emissão. Ao mesmo tempo, existe uma variação muito grande em termos do nível de conhecimento das instalações portuárias sobre a gestão de emissões e a os princípios para construção de uma estratégia de descarbonização. Um exemplo internacional é a *Ports Initiative*, iniciativa da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) que, entre outras ações, publicou em 2022 o relatório *Ports Emissions Inventory Guidance: Methodologies for Estimating Port-Related and Goods Movement Mobile Source Emissions*. Trata-se de um guia detalhado para estimar as emissões de fontes móveis em áreas portuárias, mas que também contém premissas que podem ser usadas para o cálculo de outras fontes de emissão. É importante que esse tipo de conhecimento seja adaptado à realidade nacional e disseminado, contribuindo para o início da jornada da descarbonização pelas instalações portuárias e para a mobilização em torno do assunto.

2. Estruturação de fórum nacional de discussão que articule as diversas redes que tratam da descarbonização

Diante de um cenário incerto quanto à descarbonização do transporte marítimo e a necessidade de superar profundas barreiras tecnológicas, financeiras e regulatórias para viabilizar a transição das instalações portuárias em direção a uma economia de baixo carbono, fica evidente a necessidade de se estabelecer parcerias e espaços de cooperação, troca de conhecimentos e experiências. Essa percepção é reforçada pela significativa presença e visível interesse constatados nas atividades interativas realizadas no âmbito do “Estudo de Descarbonização dos Portos: Diagnóstico”: o Workshop de Nivelamento e Engajamento,

que reuniu 43 atores presencialmente em Brasília, além de 45 participantes no modo virtual, e as reuniões consultivas, em que estiveram presentes 43 representantes de portos públicos, terminais e associações do setor portuário. Já existem algumas redes e coalizações que discutem o tema, como o Comitê de Sustentabilidade da ATP - Associação de Terminais Portuários Privados – Sustentar e Grupo de Trabalho de Negócios Oceânicos, lançado neste ano pelo Pacto Global da ONU no Brasil. É necessário, porém, criar um espaço de articulação das redes existentes, que mobilize de forma ampla e abrangente todos os atores envolvidos na descarbonização do setor portuário. O escopo desse fórum nacional de discussão poderia abranger todo o setor de logística do país, já que a redução de emissões nas instalações portuárias depende da sua integração com os modos de transporte rodoviário, ferroviário e aéreo, assim como o setor industrial.

3. Elaboração de Inventário Setorial de Emissões de GEE

A elaboração de um inventário de emissões de GEE para o setor portuário permitirá mapear as principais fontes de emissão das operações dos terminais e portos públicos brasileiros e identificar oportunidades de redução, podendo embasar políticas públicas e a construção de estratégias setoriais. Como exemplo, a IMO elabora o inventário do setor marítimo com abrangência mundial, tendo publicado em 2020, a quarta edição do relatório (*Fourth IMO GHG Study 2020*). Para o setor portuário brasileiro, o inventário setorial pode auxiliar no desenvolvimento de uma estratégia de descarbonização e o estabelecimento de metas de redução. Adicionalmente, para as instalações que ainda não elaboraram o seu inventário, o diagnóstico setorial pode servir de referência para o entendimento das fontes de emissão mais relevantes.

4. Desenvolvimento de trajetória de emissões setoriais com levantamento de iniciativas de redução de emissões e construção da análise de custo-benefício

O desenvolvimento de trajetória de emissões setoriais com levantamento de projetos e construção da análise de custo-benefício complementa e aprofunda o diagnóstico do inventário setorial, na medida em que incluem a elaboração de cenários futuros de emissões e o mapeamento de estimativas de redução de emissões e custos associados a diferentes ações de descarbonização. Uma das metodologias utilizadas para a análise de custo-benefício é a Curva de Custo de Abatimento Marginal (Curva MAC), comumente empregada em estudos setoriais. Um exemplo internacional é o relatório *National Port Strategy Assessment: Reducing Air Pollution and Greenhouse Gases at U.S. Ports*, publicado em 2016 pela EPA, que avalia estratégias para redução de emissões de fontes móveis da operação portuária, através da construção de cenários futuros. Outro exemplo correlato no âmbito nacional é o projeto Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave, desenvolvido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), em que foi realizada uma análise integrada de iniciativas de redução de emissões de GEE em setores-chave da economia brasileira (vide Figura 15). O projeto incluiu análise dos setores industriais, edificações e transportes com a elaboração de cenários futuros de emissões de GEE e cálculo do custo marginal de abatimento de cada uma das opções de mitigação estudadas. A realização de um estudo como esse para o setor portuário é muito importante para ampliar a visão dos atores sobre as possibilidades e cenários da descarbonização, ao mesmo tempo que pode inspirar e subsidiar a elaboração de planos de ação pelas instalações portuárias. É essencial que esse estudo esteja alinhado o desenvolvimento e as diretrizes do Plano Nacional sobre Mudança do Clima (Plano Clima), atualmente em discussão pelo governo federal.

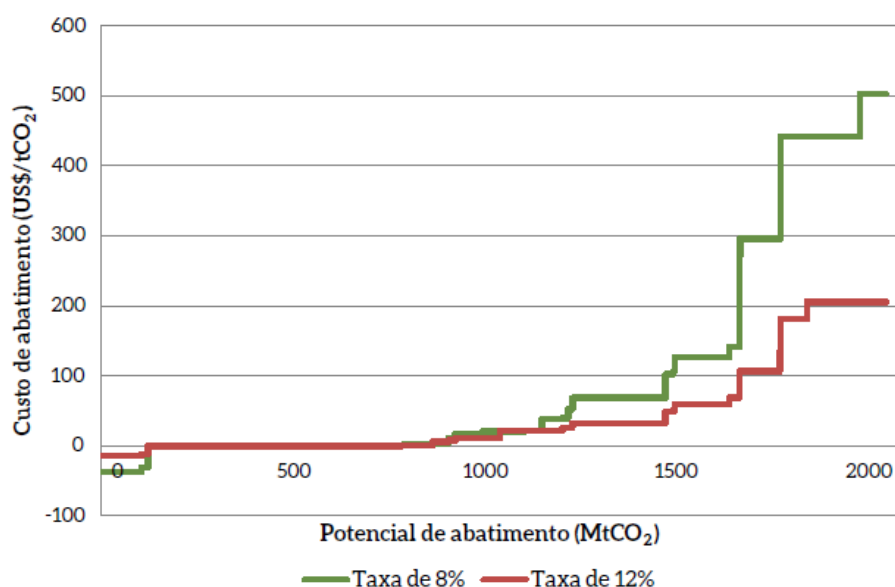


Figura 15. Curva de Custo Marginal de Abatimento (Curva MAC) para o setor de transporte

Fonte: MCTI (2018).

5. Incorporação de mais questões sobre descarbonização no formulário do IDA

O Índice de Desempenho Ambiental (IDA) é uma iniciativa da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), que desde 2012 mapeia 38 indicadores da operação e gestão dos Portos Públicos e Terminais de Uso Privado (TUPs) do Brasil, relacionados a temas como governança ambiental, segurança, gerenciamento de energia, agenda ambiental, entre outros. A cada indicador, é atribuído um peso, permitindo o cálculo de um índice geral e a elaboração de um ranking anual das instalações portuárias. Essa iniciativa desempenha um papel importantíssimo no monitoramento, publicização de informações e mobilização dos atores. Nas reuniões consultivas realizadas para o diagnóstico, o índice foi citado por alguns participantes como um incentivo para o avanço na gestão de emissões de GEE. O IDA já monitora pontos importantes na temática da descarbonização, como geração de energia limpa e renovável e o fornecimento de energia para navios, mas seria interessante incluir mais perguntas específicas sobre o assunto, de forma a continuar o monitoramento de alguns aspectos avaliados neste diagnóstico. Em uma possível futura revisão da metodologia do IDA, sugere-se incluir mais perguntas sobre gestão de emissões de GEE, ações de descarbonização ainda não mapeadas, p. ex. eletrificação de equipamentos operacionais, e o fornecimento de combustíveis menos poluentes.

6. Definição de mecanismos indutores para a implantação de Sistema OPS

O Sistema OPS (On-Shore Power Supply) é uma tecnologia de fornecimento de energia em terra para os navios atracados, em substituição à utilização de motores auxiliares movidos a combustíveis fósseis, responsáveis por parcela significativa das emissões de GEE na área das instalações portuárias. No diagnóstico realizado, a medida não foi implementada por nenhum dos terminais e portos públicos participantes. Os principais motivos citados são o alto custo de implantação do sistema e da energia que seria fornecida, o que desincentiva a sua adoção, e a inexistência de normatização dos equipamentos utilizados na implementação dessa tecnologia, que dificulta a padronização da operação do sistema em diferentes instalações portuárias e embarcações. Outro ponto que precisa ser estudado é a adequação da infraestrutura elétrica atual e a necessidade de eventuais adaptações para possibilitar a implantação do OPS. É importante destacar que o sistema não apresenta viabilidade técnica e financeira para todas as instalações. De toda forma, foi recorrente entre os stakeholders do diagnóstico a percepção de que, enquanto não houver alguma iniciativa nacional sobre o tema, que organize e induza o seu uso, dificilmente ocorrerá uma mobilização suficiente para realizar as adaptações necessárias nos navios de forma a passarem a utilizar energia de terra

enquanto atracados. Devido ao alto potencial de redução de emissões do Sistema OPS, é importante que sejam discutidos e implementados mecanismos indutores para implantação de Sistema OPS.

7. Regulamentação que promova a utilização de combustíveis alternativos em embarcações, em articulação com o Ministério de Minas e Energia

Está cada vez mais evidente que é necessário acelerar a transição energética do transporte marítimo, mas há uma percepção generalizada de incerteza quanto às melhores alternativas para se conduzir esse processo. Como mapeado no diagnóstico, 98% da frota ainda é abastecida com combustíveis fósseis e apenas 21% dos navios que estão sendo produzidos adotam combustíveis alternativos, como GNL e metanol. Ao longo dos últimos anos, a IMO vem adotando medidas para fomentar a redução de emissões, que incluem um convite aos Estados Membros para fornecerem incentivos ao setor portuário para apoiar e promover a descarbonização do transporte marítimo, com destaque para o abastecimento seguro e eficiente de combustíveis de baixo carbono ou não emissores. Além das incertezas sobre os rumos do mercado, os investimentos necessários para viabilizar a sua produção e abastecimento são muito altos e podem gerar aumento de custo e redução da margem de lucro no curto prazo. Por isso, é necessária uma regulamentação que promova a utilização de combustíveis alternativos em embarcações, definindo diretrizes, metas e instrumentos para viabilizar essa transição, incluindo mecanismos de financiamento que ajudam a equilibrar o risco dos investidores. Uma oportunidade é o Plano Nacional do Hidrogênio, que poderia incluir políticas direcionadas para o setor marítimo e portuário para produção de hidrogênio em conjunto com geração de energia renovável, como eólica offshore, biomassa e solar fotovoltaica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTAQ. **Impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos costeiros brasileiros**. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/antag/pt-br/noticias/2021/copy_of_SumrioANTAGIZMudancaClimatica.pdf. Acesso em: 09/08/2023.

ANTAQ. **Estatístico Aquaviário 2.1.4.**, 2023. Disponível em: <http://ea.antag.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=painel%5Cantag%20-%20anu%3%A1rio%202014%20-%20v0.9.3.qvw&lang=pt-BR&host=QVS%40graneleiro&anonymous=true>. Acesso em: 09/08/2023.

ANTAQ. **Índice de Desempenho Ambiental (IDA)**, 2023. Disponível em: <http://resultadosida.antag.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=Painel%2FANTAQ%20-%20Anu%3%A1rio%202014%20-%20v0.9.3.qvw&host=QVS%40graneleiro&anonymous=true&sheet=Principal>. Acesso em: 09/08/2023.

COMPLEXO DO PECÉM. **Hub de Hidrogênio Verde do Complexo do Pecém**. 2023. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/hubh2v/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

EPA. **EPA Ports Initiative**. 2017. Overviews and Factsheets. Disponível em: <https://www.epa.gov/ports-initiative/about-epa-ports-initiative>. Acesso em: 22 nov. 2023.

EPBR. **Maersk adapta navio porta-contêineres para navegar com metanol verde**. 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/maersk-adapta-navio-porta-conteineres-para-navegar-com-metanol-verde/> Acesso em: 19 dez. 2023.

EPBR. **O futuro multicombustível do transporte marítimo** 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/o-futuro-multicombustivel-do-transporte-maritimo/> Acesso em: 19 dez. 2023.

EPBR. **Primeiro navio a metanol verde do mundo será abastecido pela Equinor**. 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/equinor-vai-abastecer-primeiro-navio-a-metanol-verde-do-mundo/> Acesso em: 19 dez. 2023.

ESPO. **ESPO Green Guide 2021, a Manual for European Ports Towards a Green Future**. 2021. Disponível em: <https://www.espo.be/publications/espo-green-guide-2021-a-manual-for-european-ports-> Acesso em: 22 nov. 2023.

GIZ. **Cooperation Management for Practitioners: Managing Social Change with Capacity Works**. Eschborn, Germany: GIZ GmbH, 2015. Disponível em: <https://www.giz.de/expertise/html/60619.html>. Acesso em: 09/08/2023.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Portos do Paraná e Porto de Rotterdam firmam parceria para promover sustentabilidade**. 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Portos-do-Parana-e-Porto-de-Rotterdam-firmam-parceria-para-promover-sustentabilidade>. Acesso em: 29 nov. 2023.

ICCT. **Brazilian coastal shipping: New prospects for growth with decarbonization**. 2022. Disponível em: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/07/brazilmarinebrazil-coastal-shipping-new-prospects-growth-decarbonization-jul22.pdf>. Acesso em: 09/08/2023.

IMO. **MEPC 75-18-Add 1**. Amendments to the annex of the protocol of 1997 to amend the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto. 2020. Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/MEPC.324%2875%29.pdf>. Acesso em: 03/08/2023.

IMO. **MEPC.377. 2023** IMO Strategy on reduction of GHG emissions from shipping. 2023. Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/PressBriefings/Documents/Clean%20version%20of%20Annex%201.pdf>. Acesso em: 03/08/2023.

MCTI. **Inventários Organizacionais**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/emissoes/inventarios-organizacionais>. Acesso em: 28 nov. 2023.

MCTI. **Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/arquivos/opcoes-de-mitigacao-de-emissoes-de-gee-em-setores-chave>. Acesso em: 22 nov. 2023.

MME. **Plano Nacional do Hidrogênio – PNH2**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1> Acesso em: 22 nov. 2023.

MME e EPE. **Ministério de Minas e Energia - MME**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/PlanodeTrabalhoTrienalPNH2.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2023.

SUAPE. **Complexo de Suape terá suporte internacional para desenvolver hidrogênio verde**. 2023. Disponível em: <https://www.suape.pe.gov.br/pt/noticias/1762-complexo-de-suape-tera-suporte-internacional-para-desenvolver-hidrogenio-verde?highlight=WyJoaWRyb2dcdTAwZWZuaW8iXQ==>. Acesso em: 29 nov. 2023.

PACTO GLOBAL. **Pacto Global da ONU no Brasil lança GT de Negócios Oceânicos para impulsionar a descarbonização de portos e transportes marítimos**. 2023. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/noticia/676/pacto-global-da-onu-no-brasil-lanca-gt-de-negocios-oceanicos-para-impulsionar-a-descarbonizacao-de-portos-e-transportes-maritimos>. Acesso em: 22 nov. 2023.

PORTAL DA INDÚSTRIA. **TechHub de Hidrogênio Verde é lançado com investimento inicial de R\$ 45 mi**. 2022. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/techhub-de-hidrogenio-verde-e-lancado-com-investimento-inicial-de-r-45-mi/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

PORTO DO AÇU. **Projetos Renováveis**. 2023. Disponível em: <https://portodoacu.com.br/projetos-renovaveis/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

SBTi. **Getting started guide for the SBTi net-zero standard**. 2022. Disponível em: <https://sciencebasedtargets.org/resources/files/Getting-Started-Guide.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2023.

SBTi. **Science Based Target Setting for the Maritime Transport Sector**. Disponível em: <https://sciencebasedtargets.org/resources/files/SBTi-Maritime-Guidance.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2023.

UNCTAD. **Review of Maritime Transport 2021**. [S. l.: s. n.]. (Review of Maritime Transport). *E-book*. Disponível em: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021_en_0.pdf. Acesso em: 29 nov. 2023.

UNCTAD. **Review of Maritime Transport 2023** | UNCTAD. 2023. Disponível em: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2023>. Acesso em: 22 nov. 2023.

WPSP. **ESI Portal**. 2024. Disponível em: <https://www.environmentalshipindex.org/>. Acesso em: 8 mar. 2024.

WRI. **The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard - REVISED EDITION**. Washington, D.C: WRI, 2015. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Estudo de Descarbonização dos Portos: Diagnóstico

A Agência Nacional de Transportes Aquaviário, a Secretaria Nacional de Portos e Transportes Aquaviários/MPOR, o projeto H2Uppp, financiado pelo Ministério da Economia e Ação Climática (BMWK) da Alemanha e implementado pela agência alemã de cooperação GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH) e a WayCarbon estão realizando o projeto "Estudo de Descarbonização, de infraestrutura e aplicação do hidrogênio nos Portos: Diagnóstico", com o objetivo de avaliar a preparação das infraestruturas portuárias para receber embarcações que utilizam combustíveis zero carbono, mapear iniciativas de redução de emissões nos portos, identificar o potencial do hidrogênio de baixo carbono para a descarbonização dos portos e, a partir desse diagnóstico, divulgar guia de boas práticas sobre o assunto.

O questionário a seguir foi enviado para todas as autoridades portuárias e representantes dos Terminais de Uso Privado (TUPs), Terminais Arrendados e Estações de Transbordo de Cargas (ETCs) para os quais foram mapeados contatos. A sua participação é muito importante para que possamos obter uma amostra representativa das instalações portuárias brasileiras.

A plataforma SurveyMonkey permite salvar respostas parciais para finalizar o preenchimento depois. Para isso, é necessário clicar no botão "Próximo" ou "Concluído" e continuar o preenchimento no mesmo dispositivo em que foi iniciado.

Prazo para preenchimento: 02/10/2023

INFORMAÇÕES GERAIS

1. Nome completo [Texto]

2. E-mail [Texto]

3. Telefone [Texto - Opcional]

4. Cargo [Texto]

5. Tipo de instalação portuária [Escolha única]

- Porto Público
- Terminal de Uso Privado (TUP)
- Terminal Arrendado
- Estação de Transbordo de Cargas (ETC)

6. Nome da Instalação Portuária [Texto]

7. Termo de Consentimento

A WayCarbon atuará em conformidade com o General Data Protection Regulation (GDPR) e com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), se responsabilizando pelas medidas técnico-organizacionais para o cumprimento da lei e se prestando a colaborar com eventuais demandas no contexto de proteção de dados e de segurança da informação. Suas informações pessoais serão utilizadas exclusivamente para fins de revisão interna e externa da WayCarbon e ANTAQ. Os dados serão retidos por um período de 02 anos em servidores internos da WayCarbon e ANTAQ. Qualquer uso adicional de seus dados estará sujeito a um novo consentimento. Seus dados não serão utilizados para fins de marketing e serão repassados à WayCarbon e ANTAQ para fins de consulta. A GIZ não receberá seus dados pessoais. O seu consentimento poderá ser revogado a qualquer tempo mediante notificação à (Way Carbon e ANTAQ) por meio de envio de e-mail para o endereço: seep@antaq.gov.br. A revogação do consentimento não afeta a legalidade do tratamento até o momento da notificação da

revogação. Para prosseguir com as respostas ao formulário, é preciso estar de acordo com as condições acima, pois é necessário registrar o responsável pelo preenchimento, para fins de gestão interna dos resultados. [Escolha única]

- Estou de acordo com a utilização dos meus dados pessoais de acordo com as condições acima.

INFORMAÇÕES GERAIS - INSTALAÇÃO PORTUÁRIA

8. Quais são os tipos de produtos mais movimentados na instalação portuária? Por favor, citar quantidades. [Texto]

9. Qual o número médio de atracação de navios por dia? [Texto]

10. Qual o tipo predominante de atracação? [Escolha única]

- Comercial
- Turística
- Outra (descreva)

11. Qual a média de dias que um navio fica atracado no porto? [Texto]

12. Qual é o combustível atualmente mais usado pelas embarcações? [Texto]

- Bunker convencional
- Bunker com baixo teor de enxofre (VLSFO)
- Diesel marítimo - MGO (Marine Gasoil)
- Biodiesel
- Amônia
- Metanol
- HVO
- GLP
- Outro (descreva)

13. Quais são as estruturas oferecidas para as embarcações? [Texto]

GESTÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE)

14. A instalação portuária possui inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)? [Escolha única]

- Sim
- Não

[Se a resposta à pergunta 14 for “Sim”, são apresentadas as questões 15, 16 e 17 para detalhar o inventário de emissões de GEE. Se a resposta for “Não”, é apresentada a questão 18.]

15. Sobre o reporte e verificação do Inventário de Emissões de GEE [Escolha única]

- Inventário de GEE contratado/em andamento
- Inventário de GEE não disponível publicamente
- Inventário de GEE publicado
- Inventário de GEE publicado e auditado por terceira parte

16. Quais escopos são contemplados no Inventário de Emissões de GEE? [Escolha única]

- Escopo 1
- Escopos 1 e 2
- Escopos 1, 2 e 3

[Se a resposta à pergunta 16 for “Escopos 1, 2 e 3”, é apresentada a questão 17 para detalhar as categorias consideradas no Escopo 3 do inventário de emissões de GEE. Se a resposta for “Escopo 1” ou “Escopos 1 e 2”, é apresentada a questão 18.]

17. Quais categorias são contabilizadas no Escopo 3? [Seleção múltipla]

- Bens e Serviços comprados
- Bens de capital
- Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2
- Transporte e distribuição (*upstream*)
- Resíduos gerados nas operações
- Viagens a negócios
- Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)
- Bens arrendados (a organização como arrendatária)
- Transporte e distribuição (*downstream*)
- 10 - Processamento de produtos vendidos
- Uso de bens e serviços vendidos
- Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos
- Bens arrendados (a organização como arrendadora)
- Franquias
- Investimentos

18. A instalação portuária possui meta de redução de emissões de GEE? [Seleção única]

- Sim
- Não

Descreva as metas de redução de emissões assumidas pela instalação portuária (ano-base, anos meta e percentual de redução projetado para cada horizonte temporal, entre outros detalhes) [Caixa de Comentários - Texto]

19. Quais tipos de reporte são feitos pela instalação portuária? [Seleção múltipla]

- *GHG Protocol – Greenhouse Gas Protocol*
- *CDP – Carbon Disclosure Project*
- Relatório de Sustentabilidade
- Agenda Ambiental Institucional
- ISE B3 – Índice de Sustentabilidade Empresarial da B3
- Outra (descreva)
- Não é realizado reporte público

INICIATIVAS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES, ESTRUTURA PORTUÁRIA, OPORTUNIDADES E DESAFIOS

20. Qual o estágio de implementação de cada uma das iniciativas de redução de emissões na instalação portuária? [Matriz, com seleção única por linha]

Estágios de implementação

N6 - Implementada

N5 – Em implementação

N4 – Projeto-piloto

N3 – Acordo ou memorando de entendimento assinado

N2 – Planejada (incluída no planejamento estratégico ou algum plano de ação da instalação)

N1 – Não implementada

N0 - Não aplicável ao tipo de operação

Iniciativa	N	N1	N2	N3	N4	N5
Sistema OPS (On-Shore Power Supply)						
Planejamento ou estratégia de eficiência energética						
Medidas de eficiência energética						
Planejamento ou estratégia de transição energética						
Sistemas inteligentes de gerenciamento da logística portuária e otimização de rotas						
Incentivos econômico-financeiros para embarcações menos poluentes						
Fornecimento de combustíveis menos poluentes						
Eletrificação de Empilhadeiras, TTs e outros equipamentos operacionais						
Uso de biocombustíveis em Empilhadeiras, TTs e outros equipamentos operacionais						
Geração de energia renovável para atividades administrativas						
Geração de energia renovável para atividades operacionais						
Produção de hidrogênio de baixo carbono ou seus derivados (como Amônia verde, Metanol e outros)						
Abastecimento de embarcações com hidrogênio de baixo carbono e seus derivados (amônia verde, metanol)						
Infraestrutura atuais para utilizar na exportação ou importação da Amônia, hidrogênio ou outros						
Adaptação da infraestrutura portuária para exportação e uso do hidrogênio e seus derivados						

Apresente mais detalhes sobre as iniciativas que estão planejadas ou em alguma fase de implementação na instalação portuária.
[Caixa de Comentários - Texto]

21. Qual desafio você considera mais relevante para a implementação de cada uma dessas medidas de descarbonização, aplicação do hidrogênio e transição energética? [Matriz, com seleção única por linha]

Iniciativa	Tecnológico	Mercadológico	Regulatório	Financeiro
Sistema OPS (On-Shore Power Supply)				
Planejamento ou estratégia de eficiência energética				
Medidas de eficiência energética				
Planejamento ou estratégia de transição energética				
Sistemas inteligentes de gerenciamento da logística portuária e otimização de rotas				
Incentivos econômico-financeiros para embarcações menos poluentes				
Fornecimento de combustíveis menos poluentes				
Eletrificação de Empilhadeiras, TTs e outros equipamentos operacionais				
Uso de biocombustíveis em Empilhadeiras, TTs e outros equipamentos operacionais				
Geração de energia renovável para atividades administrativas				
Geração de energia renovável para atividades operacionais				
Produção de hidrogênio de baixo carbono ou seus derivados (como Amônia verde, Metanol e outros)				
Abastecimento de embarcações com hidrogênio de baixo carbono e seus derivados (amônia verde, metanol)				

Iniciativa	Tecnológico	Mercadológico	Regulatório	Financeiro
Infraestrutura atuais para utilizar na exportação ou importação da Amônia, hidrogênio ou outros				
Adaptação da infraestrutura portuária para exportação e uso do hidrogênio e seus derivados				

Comente sobre a situação atual da instalação portuária em relação à descarbonização e as oportunidades, desafios e limitações tecnológicos, mercadológicos e, sobretudo, regulatórios, identificados pelos portos para definitiva implementação de medidas de transição energética em sua infraestrutura e serviços prestados. [Caixa de Comentários - Texto]

22. A instalação portuária possui estrutura para fornecimento de quais combustíveis? [Seleção múltipla]

- Bunker convencional
- Bunker com baixo teor de enxofre (VLSFO)
- Diesel marítimo - MGO (Marine Gasoil)
- Biodiesel
- Amônia
- Metanol
- HVO
- GLP
- Outro (descreva)
- Não fornece nenhum combustível.

23. Apresente mais detalhes sobre estrutura de fornecimento de combustíveis (localização, capacidade de abastecimento, etc.). [Texto]

24. A instalação portuária possui registro de atracções de navios que operam com combustíveis com baixo teor de carbono? [Seleção única]

- Sim
- Não

25. Existe demanda anunciada das embarcações para fornecimento do combustível renovável, sobretudo hidrogênio e derivados? Qual seria? [Texto]

Comente sua resposta [Caixa de Comentários – Texto]

26. O porto possui acordos de cooperação local e internacional, MoU (memorando de entendimento) ou letter of intent (carta de intenção) com outros portos e empresas para iniciativas e projetos de hidrogênio de baixo carbono e seus derivados? Descreva.

27. Qual você considera a vocação da instalação portuária em relação à cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono?

- Produção de hidrogênio verde
- Abastecimento de embarcações com hidrogênio verde e outros derivados
- A criação de um Hub de hidrogênio de baixo carbono e derivados
- Exportação de hidrogênio verde
- Outra (descreva)
- Não enxergo potencial da instalação em relação a esse mercado.
- Desconheço as possibilidades de aplicações de hidrogênio verde

28. Que indústrias e de que áreas estão localizadas no porto? [Seleção múltipla]

- Alimentos e bebidas
- Geração de energia
- Farmacêutico
- Granéis líquidos e gases
- Materiais de construção
- Metalurgia
- Naval e offshore
- Petroquímico
- Siderurgia

APÊNDICE B – AGENDA DO WORKSHOP

Data: 18 de setembro de 2023

Horário: das 14h30 às 17h30

Tipo: Híbrido

Local: Auditório ANTAQ / Microsoft Teams

Tabela B 1. Agenda do Workshop de engajamento e nivelamento.

Horário	Atividade	Responsáveis
14:00-14:30	Credenciamento dos participantes	
14:30-14:50	Abertura: Falas Institucionais Eduardo Nery, Diretor Geral da ANTAQ Dr. Johannes Michael Kissel, Diretor de Energias Renováveis e Eficiência Energética da GIZ Otto Luiz Burlier, Diretor de Modernização e Gestão Portuária do MPOR	GIZ, ANTAQ e MPOR
14:50-15:15	Apresentação Geral sobre o Projeto	GIZ e ANTAQ
15:15-15:45	Contextualização: o papel dos portos na descarbonização <ul style="list-style-type: none">Contextualização Geral: Conceitos Mudança do ClimaDescarbonização dos Portos: Papel dos portos na descarbonização do transporte marítimoHidrogênio de Baixo Carbono: Potencial do Brasil Plano H2V Brasil	WayCarbon
15:45-16:15	Apresentação da etapa de Diagnóstico do Estudo Descarbonização dos Portos <ul style="list-style-type: none">Objetivo e cronograma do projetoApresentação da pesquisa de diagnóstico	WayCarbon
16:15-16:45	Sessão de dúvidas e esclarecimentos	WayCarbon e GIZ
16:45-17:00	Encerramento	GIZ e ANTAQ

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

