



ESCOLA NAVAL

ta sainte & bi-faire



ASPOF M João Francisco dos Reis Ferreira

Segurança da navegação e operações SAR nas
proximidades de estruturas de energias renováveis
offshore

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências Militares Navais, na especialidade de Marinha



Alfeite

2025



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



ASPOF M João Francisco dos Reis Ferreira

*Segurança da navegação e operações SAR nas
proximidades de estruturas de energias renováveis offshore*

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências Militares Navais, na especialidade de Marinha

Orientação de: CFR M Isabel Maria Morais Gonçalves Bué

Co-orientação de: CMG M RES António José Duarte Costa Canas

O Aluno Mestrando,

A Orientadora,

João Reis Ferreira

Isabel Gonçalves Bué

Alfeite
2025

“O mar é o nosso passado, presente e futuro. Proteger os nossos mares é proteger a nossa soberania e garantir a segurança de todos os que dele dependem.”

- Almirante António Silva Ribeiro

Aos meus pais e à minha irmã, os meus pilares.

Sem vós, nada disto seria possível.

Obrigado por me tornarem no homem que sou.

Agradecimentos

Este trabalho representa o culminar do meu percurso na Escola Naval, um marco que só foi possível graças ao apoio inestimável daqueles a quem dedico os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, gostaria de expressar a minha profunda gratidão à minha Orientadora, CFR Isabel Maria Morais Gonçalves Bué, pela honra e privilégio de me ter acompanhado nesta jornada. Apesar dos desafios que enfrentou neste último ano, esteve sempre presente, disponível e dedicada, orientando-me da melhor forma possível. A sua incansável orientação, a partilha dos seus vastos conhecimentos e os valiosos conselhos foram fundamentais para a concretização desta dissertação. Por tudo isto, dirijo-lhe um especial e sentido agradecimento, bem como a toda a guarnição do NRP *Polar*.

À equipa do CGEOMETOC, pelo acolhimento caloroso e auxílio no desenvolvimento deste trabalho. A vossa colaboração foi crucial para o sucesso deste projeto.

À Escola Naval, em particular aos meus camaradas de curso, Chefe de Divisão da Armada António Lopes da Costa e Almeida, por tornarem estes cinco anos inesquecíveis e por me mostrarem o verdadeiro significado da camaradagem. Os momentos que partilhámos ficarão para sempre na minha memória. *Do Esforço Derradeiro, Nascerá a Eterna Glória.*

Aos meus amigos, agradeço pela compreensão e pelo apoio incondicional, mesmo durante as longas ausências que a carreira naval exigiu. A vossa amizade foi um pilar fundamental ao longo desta jornada.

Aos meus pais, João e Anabela, por serem a base da minha existência, por sempre acreditarem em mim, pela educação, pelos valores e por toda a dedicação que colocaram na minha formação.

À minha irmã, Joana, pelo teu apoio incondicional, pela alegria constante e pelo companheirismo que foram essenciais em cada etapa do meu crescimento.

Ao Bruno, meu cunhado, pelo teu constante incentivo e pela positiva influência que trouxeste à nossa família.

À minha querida sobrinha, Maria, que teve a gentileza de escolher o dia da entrega deste trabalho para nos presentear com a sua chegada, trazendo um novo sentido de felicidade e esperança neste momento tão especial.

À minha namorada, Inês, pela tua compreensão e apoio incondicional ao longo deste percurso. Agradeço por estares sempre cá, mesmo nos silêncios mais longos e por me receberes de braços abertos a cada regresso.

Por fim, mas não menos importante, expresso a minha gratidão a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos, o meu Muito Obrigado.

Resumo

Portugal assumiu o compromisso de atingir a neutralidade carbónica até 2050, o que implica uma reestruturação profunda da sua matriz energética. Neste contexto, o espaço marítimo nacional surge como uma oportunidade estratégica para a expansão das energias renováveis, dado o seu elevado potencial, decorrente da exposição direta aos elementos do oceano Atlântico. Esta transição energética materializa-se na promoção e implementação de projetos de energia renovável offshore, que, por sua vez, introduzem novos desafios no domínio da segurança marítima, nas suas dimensões ambientais, económicas, sociais e geopolíticas.

O presente trabalho tem como principal objetivo contribuir para a definição de um quadro normativo e técnico, homogéneo no contexto internacional, garantindo a segurança da navegação e a eficácia das operações de busca e salvamento marítimo (*Search and Rescue*, SAR) nas imediações de estruturas renováveis *offshore*. Para tal, procedeu-se à identificação, análise e consolidação de normativos e recomendações internacionais, com o intuito filtrar e avaliar a possível implementação em contexto nacional. O normativo analisado inclui regulamentos de sinalização marítima e aérea, regras de segurança e a definição de distâncias de segurança, a avaliação das interferências eletromagnéticas sobre os sistemas de bordo e os procedimentos a serem adotados durante as operações SAR nestas áreas.

Complementarmente, é realizada uma análise de risco sobre as áreas propostas no Plano de Afetação para Energias Renováveis Offshore 2025 para Portugal Continental, com base em dados AIS, de forma a aferir os padrões de navegação existentes na área, com o intuito final de avaliar a implementação do normativo analisado.

Esta dissertação visa, assim, fornecer uma base sólida e integrada para apoiar o planeamento, regulamentação e operação segura das futuras áreas de exploração *offshore* em Portugal Continental, salvaguardando simultaneamente a liberdade de navegação e a eficácia da resposta a emergências no mar.

Palavras-chave: Segurança Marítima, Energia Renovável Offshore, Ordenamento do Espaço Marítimo

Abstract

Portugal has committed to achieving carbon neutrality by 2050, which requires a profound restructuring of its energy matrix. In this context, the nation's maritime space emerges as a strategic opportunity for renewable energy expansion, given its significant potential stemming from direct exposure to Atlantic Ocean conditions. This energy transition materializes through the promotion and implementation of offshore renewable energy projects, which, in turn, introduce new challenges in maritime safety across environmental, economic, social, and geopolitical dimensions.

This study primarily aims to contribute to the development of a standardized international regulatory and technical framework that ensures navigational safety and effective maritime Search and Rescue (SAR) operations near offshore renewable energy installations. The methodology involves identifying, analyzing, and consolidating international regulations and recommendations to evaluate their potential implementation in the Portuguese context.

The regulatory analysis comprehends maritime and aerial marking standards, safety rules and safety distance requirements, assessment of electromagnetic interference with onboard systems and specific SAR operational procedures for these areas. Additionally, the research includes a risk assessment of proposed areas in Portugal's 2025 Offshore Renewable Energy Allocation Plan for mainland Portugal, using AIS data to analyze existing navigation patterns and evaluate the feasibility of implementing the examined regulations.

By integrating these elements, this dissertation seeks to establish a comprehensive foundation to support the safe planning, regulation, and operation of future offshore energy developments in mainland Portugal, while simultaneously safeguarding freedom of navigation and maintaining effective emergency response capabilities at sea. The study ultimately aims to balance renewable energy expansion with critical maritime safety considerations, providing policymakers with evidence-based recommendations for Portugal's blue energy transition.

Keywords: Maritime Safety, Offshore Renewable Energy, Maritime Spatial Planning

Índice

Introdução	1
1 Enquadramento Técnico e Estratégico	13
1.1 Energia Renovável <i>Offshore</i> : Conceito e Tipologias	13
1.1.1 Energia Eólica <i>Offshore</i>	13
1.1.2 Estruturas Energia Eólica <i>Offshore</i> (EEO)	15
1.1.3 Turbinas Eólicas <i>offshore</i> Flutuantes	16
1.2 Estado Atual da Exploração da EEO	17
1.2.1 Contexto Mundial	17
1.2.2 Contexto Europeu	18
1.2.3 Contexto Nacional	20
1.3 Estratégia Europeia e Nacional para o mar	21
1.3.1 Estratégia de Segurança Marítima da União Europeia	21
1.4 PAER	23
2 Enquadramento Legal	27
2.1 Referências Internacionais	27
2.1.1 Nações Unidas	27
2.1.2 UNESCO	28
2.1.3 IMO	28
2.2 Recomendações Internacionais	29
2.2.1 CNUDM	29
2.2.2 Disposições Gerais sobre o Planeamento de Rotas de Navegação	31
2.2.3 Normas para a Manobrabilidade dos Navios	33
2.3 Ordenamento do Espaço Marítimo	35
2.4 Definições Jurídicas	35
2.4.1 Limites do Espaço Marítimo	35
3 Segurança da Navegação	37
3.1 <i>Maritime Space Planning</i>	37

3.2	Configuração do Assinalamento Marítimo	38
3.2.1	Visibilidade e Aparência	39
3.2.2	Assinalamento Provisório	40
3.2.3	Assinalamento Visual Diurno	41
	Identificação	41
	Pintura	42
3.2.4	Assinalamento Visual Noturno	43
	Sinalização Individual	43
	Sinalização de Grupos de Estruturas	43
3.2.5	Assinalamentos Adicionais	44
	Sinalização Sonora	44
	Sinalização Aeronáutica	44
3.2.6	Ajudas Eletrônicas	46
3.2.7	Disponibilidade dos Equipamentos	47
3.3	Cálculo das Distâncias de Segurança	47
3.3.1	Análise do Tráfego	47
3.3.2	Considerações do RIEAM	48
3.3.3	Largura de um Canal que Atravessa um PEO	51
3.3.4	Áreas de Restrição e Fundeadouros	53
3.4	Interferência Eletromagnética	54
3.4.1	Interferência RADAR	56
3.4.2	Interferência em Sistemas VHF	57
4	Resposta à Emergência	59
4.1	Planeamento de Emergência Marítima	59
4.2	Plano de Contingência	60
4.3	Operações SAR em Ambiente Offshore	61
4.3.1	Disposição de um PEO	62
4.3.2	Helicópteros SAR	65
4.3.3	Navios e Embarcações SAR	66
4.3.4	Outras Considerações	68
5	Análise de Dados	71
5.1	Análise Descritiva	71
5.2	Tratamento de Dados	72
5.3	Discussão de Resultados	73
5.3.1	Viana do Castelo	74
5.3.2	Leixões	75

5.3.3	Figueira da Foz	77
5.3.4	Sines	79
6	Análise de Risco	83
6.1	Análise SIRA	83
6.1.1	Riscos Associados a PEO	86
6.2	Mitigação do Risco	88
	Conclusão	90
	Bibliografia	95
	Apêndices	101
A	Mapas de Densidade de Tráfego nas Áreas PAER	101
B	Gráficos de Distribuição de Comprimentos e Velocidades dos Navios nas Áreas PAER	139
	Anexos	145
I	Evolução das Áreas propostas no PAER	145
II	Ajudas à Navegação	147
III	Distâncias de Segurança	149
IV	Análise de Risco baseada na distância	151
V	IALA G1111-3 Producing Requirements for RADAR	153
VI	Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima (GMDSS)	155
VII	Configuração das Pás em Operações SAR	157
VIII	Métodos de Navegação	159

Lista de Figuras

1	Temperatura média global	2
2	Objetivo 55	3
3	Projeto <i>Windfloat</i>	5
4	Áreas previstas	6
1.1	Evolução das turbinas eólicas	14
1.2	Tipos de fundações de turbinas eólicas <i>offshore</i>	15
1.3	Montagem e transporte de uma turbina flutuante	17
1.4	Aumento da capacidade de produção	17
1.5	Parques em aprovação	18
1.6	Parques em operação e planeados na UE	19
2.1	Manobra de rotação	34
2.2	Limites do mar	36
3.1	<i>Maritime spatial planning</i>	38
3.2	Marca especial	40
3.3	Identificação das turbinas eólicas	41
3.4	Marcação turbinas eólicas	42
3.5	Sinalização de um parque eólico <i>offshore</i>	44
3.6	Distância de segurança entre PEO e EST	51
3.7	Espaço de manobra adjacente a um EST	52
3.8	Cálculo de largura do canal no interior de PEO	53
3.9	Áreas de restrição e fundeadoiro	53
3.10	Interferência RADAR	55
3.11	Setores sombra	55
4.1	Modelo conceptual da segurança marítima	60
4.2	PEO com duas linhas de orientação	63
4.3	Influência da disposição irregular nos corredores SAR	63
4.4	Ocultação de contactos SAR	64
4.5	Conceito de corredor SAR	64

4.6	Configuração Y	66
4.7	Configuração Y	67
4.8	Sistema VTS em PEO	69
5.1	Cálculo da densidade de tráfego	73
5.2	Densidade de tráfego dos navios de carga na área PAER Viana do Castelo no ano de 2023	74
5.3	Densidade de tráfego dos navios de pesca na área PAER Viana do Castelo no verão de 2023	75
5.4	Densidade de tráfego dos navios de pesca na área PAER Leixões no verão de 2023	76
5.5	Densidade de tráfego dos navios de pesca na área PAER Figueira da Foz no verão de 2023	77
5.6	Densidade de tráfego dos navios de carga na área PAER Figueira da Foz no ano de 2024	78
5.7	Densidade de tráfego dos navios de carga na área PAER Sines no ano de 2024	79
5.8	Densidade de tráfego dos navios de pesca na área PAER Sines no ano de 2023	80

Lista de Tabelas

1.1	Áreas de exploração	21
3.1	Distância de detecção visual	39
3.2	Categorias de ajudas à navegação e respectivos objetivos de disponi- bilidade.	47
6.1	Fatores de risco associados à navegação junto de PEO	84
6.2	Probabilidade de ocorrência	85
6.3	Gravidade das ocorrências	85
6.4	Matriz de risco	86
6.5	Medidas de controlo	86
6.6	Classificação do risco	87

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

AMN	Autoridade Marítima Nacional.
APREN	Associação Portuguesa de Energias Renováveis.
CNUDM	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia.
DGRM	Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos.
EEO	Energia Eólica <i>Offshore</i> .
EES	Estratégia Europeia de Segurança.
ENM 2021-2030	Estratégia Nacional para o Mar 2021-2030.
ERO	Energia Renovável <i>Offshore</i> .
ESM-UE	Estratégia de Segurança Marítima da União Europeia.
EST	Esquema de Separação de Tráfego.
FAP	Força Aérea Portuguesa.
GEE	Gases com Efeito de Estufa.
IALA	<i>International Organization for Marine AIDs to Navigation.</i>
IMO	<i>International Maritime Organization.</i>
IPCC	Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas.

NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization.</i>
OQP	Oficial de Quarto à Ponte.
PAER	Plano de Afetação para Exploração de Energias Renováveis.
PEE	Pacto Ecológico Europeu.
PEM	Planeamento de Emergência Marítima.
PEO	Parque Eólico <i>Offshore</i> .
PIB	Produto Interno Bruto.
PMI	Polícia Marítima Integrada.
PSOEM	Plano de Situação do Ordenamento do Espaço Marítimo Nacional.
RIEAM	Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar.
RNC 2050	Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050.
SIG	Sistemas de Informação Geográfica.
SIRA	<i>Simplified IALA Risk Assessment Method.</i>
TEOF	Turbinas Eólicas <i>Offshore</i> Flutuantes.
TUPEM	Título de Utilização Privativa de Espaço Marítimo.
UE	União Europeia.
UNCLOS	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.
ZEE	Zona Económica Exclusiva.

Introdução

Contextualização

O aumento da temperatura média global é a grande preocupação ambiental da atualidade, devido às graves repercussões que este aumento poderá ter no futuro. O Relatório Especial do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC), afirma que a sociedade será alvo de fenómenos climáticos extremos, escassez de recursos essenciais e de transformações profundas nos ecossistemas comprometendo a habitabilidade do planeta (Masson-Delmotte et al. 2018).

O aumento de temperatura a nível global, é consequência de uma taxa positiva de libertação de Gases com Efeito de Estufa (GEE), isto é, uma libertação superior à absorção, já que para além dos elevados níveis de emissão provocados por atividades principalmente humanas, como a queima de combustíveis fósseis ou a exploração intensiva da agro pecuária, também os denominados reservatórios de carbono, com capacidade de absorção destes gases, como florestas e recifes de coral, estão sob ameaça devido à exploração destas áreas para outros fins. A solução é clara, neutralizar a taxa de libertação, através da redução de emissões e da criação de mais reservatórios de carbono, sejam eles naturais ou artificiais (Masson-Delmotte et al. 2018).

A subida da temperatura média tornou-se uma preocupação mundial, pelo vasto e profundo impacto que as alterações climáticas irão provocar na habitabilidade do planeta Terra, sendo necessário encontrar soluções para abrandar e mitigar estas alterações. Assinado em 2015, o Acordo de Paris, apresenta-se como um marco histórico na luta contra as alterações climáticas a nível mundial, ao criar uma união de esforços, entre 195 países, para abrandar e travar a subida da temperatura média global. O acordo tem como principal objetivo impedir o aumento da temperatura média global para além dos 2°C acima dos níveis pré-industriais, com a ambição de limitar a subida a 1,5°C, um cenário pouco provável segundo os dados de 2024 (Acordo de Paris 2015).

Observando a figura 1, os dados demonstram uma clara tendência de aumento da temperatura média global, sendo que, em 2024, este valor ultrapassou pela primeira vez o valor de 1,5°C acima da média pré-industrial (C3S 2024). Para que a temperatura média global estabilize nos 1,5°C, o pico de emissões de GEE deverá ocorrer em 2025 (este ano). Posteriormente, as emissões deverão diminuir em cerca de 45%, face aos níveis de 2010, atingindo a neutralidade carbónica em 2050 (Acordo de Paris 2015).

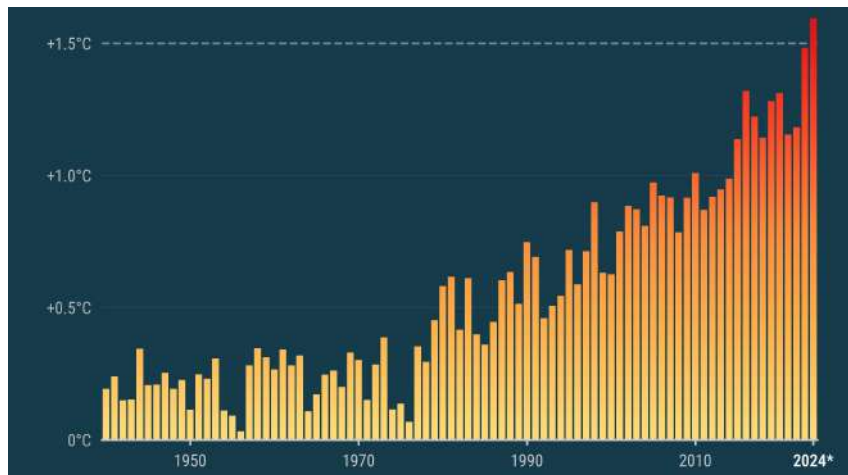


FIGURA 1: Variação da temperatura média global anual comparativamente ao período pré-industrial (Fonte: (C3S 2024)).

O segundo cenário pretendido, prevê que para garantir uma temperatura média global abaixo de 2°C, as emissões deverão reduzir 25% até 2030, face aos níveis de 2010 e alcançar a neutralidade carbónica em 2070. O Relatório Especial do IPCC, reforça que a adoção tardia das medidas necessárias para atingir a neutralidade carbónica irá implicar necessariamente mais custos para reverter o panorama, sendo necessário uma ação célere na implementação de soluções para reduzir a taxa de emissão de GEE (Masson-Delmotte et al. 2018).

A implementação do Acordo de Paris, requer transformações a nível económico e social, direcionando os esforços para implementar soluções verdes. Citando o Artigo 4º do Acordo de Paris:

"A fim de alcançar o objetivo de temperatura a longo prazo (...), as partes visam cumprir o limite máximo mundial das emissões de gases com efeito de estufa o mais rapidamente possível(...) e efetuar reduções rápidas em seguida, de acordo com os melhores conhecimentos científicos disponíveis, de modo a alcançar um equilíbrio entre as emissões antropogénicas e as

remoções por reservatórios de gases com efeito de estufa na segunda metade deste século (...)." (Acordo de Paris 2015)

Contudo, o acordo não estabelece o plano de ação para que os países participantes atinjam a neutralidade carbónica. Contrariamente, este apenas define as linhas orientadoras, para que, os países a título individual, proponham um plano de neutralidade carbónica adequado às suas dimensões económicas, sociais e geográficas. Após a apresentação da estratégia nacional e do respetivo plano de ação para atingir os objetivos propostos, os mesmos devem ser revistos com uma regularidade de cinco anos, garantindo o cumprimento do plano e a incorporação de novas soluções, mais ambiciosas, que possam incrementar a eficiência e celeridade do processo de descarbonização (Acordo de Paris 2015).

A União Europeia (UE), como união económica e política, criou uma estratégia comum para atingir os objetivos propostos pelo Acordo de Paris. O Pacto Ecológico Europeu (PEE) estabelece um pacote de iniciativas estratégicas que permitem uma transição ecológica em paralelo com uma economia moderna e competitiva. O pacto prevê um pacote de legislação, denominado por *objetivo 55*, que tem como finalidade reduzir as emissões de GEE da UE em, pelo menos, 55% até 2030.

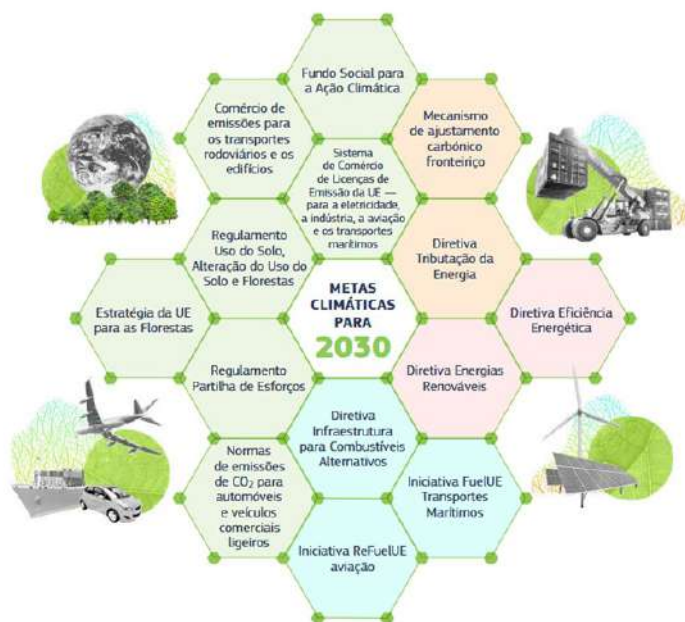


FIGURA 2: Objetivo 55 (Adaptado de: (União Europeia 2021)).

Este pacote legislativo permite facilitar processos burocráticos, garantir inovação e a competitividade da indústria da UE e o financiamento de novos projetos

e pesquisas de tecnologias alternativas. Contudo, é importante frisar que este pacote, para além de facilitar o objetivo de redução das emissões de carbono em 55%, torna-o numa obrigação legal, ou seja, a UE impõe aos seus Estados-Membros um compromisso vinculativo para com este objetivo (União Europeia 2021).

A adesão ao Acordo de Paris e a implementação do PEE, conduziram à redefinição das estratégias nacionais de descarbonização, levando Portugal a materializar as suas metas no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050). Em consonância com os documentos que levaram à sua criação, o RNC 2050 está organizado em diversas áreas de atuação, tais como: o setor eletroprodutor, os transportes, a indústria, o setor da construção e a agricultura. A produção de eletricidade apresenta-se como um dos principais focos, uma vez que, atualmente, representa cerca de 29% das emissões de GEE. Adicionalmente, a descarbonização de outros setores irá provocar um aumento do consumo energético, como por exemplo o setor dos transportes, onde motores a combustão serão gradualmente substituídos por motores elétricos. Consequentemente, o setor eletroprodutor terá um desafio acrescido, ao ser responsável não só pela transição para as energias verdes, como pelo aumento da produção atual, representando um contributo indireto significativo na descarbonização da economia em geral (RCM n.º107/2019 1 de julho). No entanto, os acordos ambientais não seriam os únicos impulsionadores da transição verde. No ano de 2022, a Comissão Europeia, lança o projeto *REPowerEU*, como resposta à necessidade de reforçar a segurança energética do continente europeu, ao reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados. No decorrer do conflito entre a Federação Russa e a Ucrânia, a UE enfatiza a aceleração da implementação de energias renováveis, por forma a diversificar a sua matriz energética, garantindo a sua produção própria e reduzindo de forma significativa a sua dependência de gás natural russo (União Europeia 2022).

Dadas as premissas apresentadas, prevê-se uma rápida expansão das energias renováveis nos próximos anos, implicando a necessidade de ocupar novos territórios para a instalação das infraestruturas. Neste contexto, o espaço marítimo surge como uma solução estratégica para esta expansão, por se constituir como uma fonte privilegiada de recursos naturais propícios à exploração de energias renováveis, nomeadamente o vento (energia eólica) e a energia das ondas (ondulação e corrente). Adicionalmente, Portugal dispõe de uma Zona Económica Exclusiva (ZEE) com uma extensão aproximada de 1,7 milhões de km², a terceira maior da Europa, proporcionando um vasto potencial para o desenvolvimento de projetos de energia *offshore*. As metas estabelecidas pela UE em conjugação com o elevado potencial de exploração *offshore* da costa portuguesa, levaram a que o Governo fixasse a meta de 2GW

para a Energia Eólica *Offshore* (EEO) até 2030, estando prevista uma capacidade total na ordem dos 10GW na costa de Portugal continental, prevista pelo Plano de Afetação para Exploração de Energias Renováveis (PAER) promulgado em fevereiro de 2025 (Marques e Cardoso 2025).

Na ultima década, a industria nacional e internacional têm demonstrado um crescente interesse na exploração da EEO na ZEE portuguesa. No entanto, atualmente existe apenas um projeto em operação, constituído por três turbinas eólicas, a 10 MN ao largo de Viana do Castelo. O projeto *Windfloat*, apresentado na figura 3, iniciou-se em 2009, através do consórcio Windplus entre a empresa americana Principle Power, a EDP Inovação e a construtora metalomecânica A. Silva Matos. As 3 turbinas semi-submersíveis, operam numa área com uma profundidade superior a 100 m, representando no seu conjunto uma capacidade de produção de 25 MW, o que equivale ao fornecimento de energia a 25 000 habitações por ano. (Windfloat Atlantic 2020)

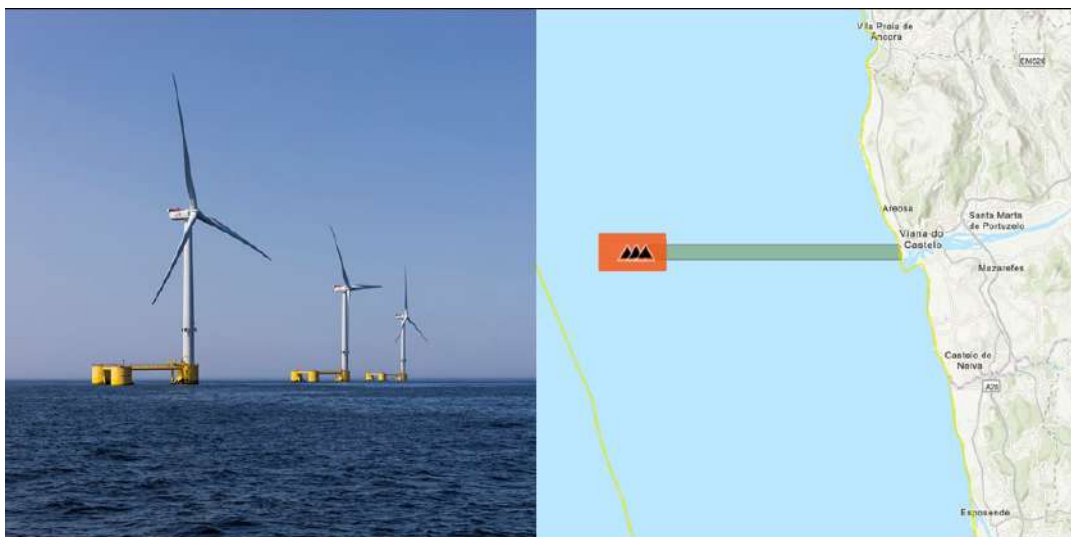


FIGURA 3: Projeto *Windfloat Atlantic* a operar ao largo de Viana do Castelo.(Adaptado de: (Windfloat Atlantic 2020)(DGRM 2025a))

Para que novos projetos possam ser desenvolvidos no mar português, as áreas de exploração autorizadas devem ser definidas e promulgadas para esse efeito. Trata-se de um processo estratégico que exige uma abordagem multidisciplinar, que envolve o cruzamento de dados entre áreas ambientais, técnicas, económicas e jurídicas. Este planeamento garante que a operação das infraestruturas ocorra de uma forma equilibrada e sustentável, garantindo a sua coexistência com a biodiversidade marinha, as atividades piscatórias e a navegação comercial. No contexto nacional, esta análise é feita através do PAER, que se encontra em constante atualização,

estando atualmente na sua terceira edição, promulgando as áreas representadas na figura 4 (Marques e Cardoso 2025).

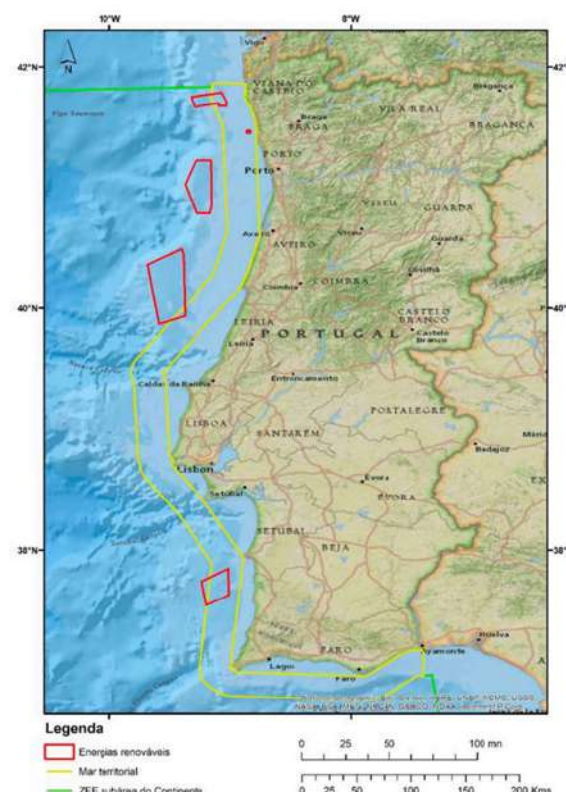


FIGURA 4: Áreas previstas para exploração de ERO no PAER
(Fonte: (Marques e Cardoso 2025)).

Atualmente, podemos encontrar no PAER a justificação e definição das melhores áreas marítimas para a exploração de Energias Renováveis ao longo da costa de Portugal continental. Estas integram e são consideradas como áreas da Rede Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) (DGRM 2025a). Encontra-se sob aprovação um plano semelhante para os Arquipélagos dos Açores e da Madeira, ainda sem data prevista para a sua promulgação, motivo para o qual este trabalho apenas abordará as áreas de Portugal continental (Região Autónoma dos Açores 2023).

A segurança marítima, nas suas dimensões ambiental, económica, social e geopolítica, é uma prioridade estratégica como forma de preservar o mar como ativo estratégico para a sustentabilidade ambiental, o crescimento da economia nacional, a geração de emprego, o bem-estar dos cidadãos e a afirmação internacional de Portugal enquanto país de tradição marítima. Por sua vez, a Estratégia Nacional para o Mar 2021-2030 (ENM 2021-2030) estabelece a segurança marítima como uma área de intervenção prioritária no domínio marítimo global, no qual as disputas marítimas são resolvidas por meios pacíficos, o direito internacional e a legislação

nacional são respeitados e aplicados, a liberdade de navegação é garantida e os cidadãos, as infraestruturas, o ciberespaço, o transporte, o ambiente e os recursos marinhos são protegidos. Nesta perspetiva, foi criada em 2023 uma comissão para a elaboração de uma proposta de linhas estratégicas para a segurança marítima nacional até 2030 (Despacho n.º 6633/2023 21 de junho), tendo como principal objetivo a elaboração de uma proposta que irá servir de suporte para a formulação e a operacionalização de uma Estratégia Nacional para a Segurança Marítima.

No que concerne aos aspetos relacionados com a segurança marítima e segurança da navegação nas imediações das EEO, o normativo internacional/mundial ainda se encontra em fase de desenvolvimento. Países com maior maturidade na construção e exploração de EEO, já possuem na sua legislação marítima, o normativo que garante a segurança da navegação junto a estas estruturas. Perante este cenário, poderá tornar-se confuso para o navegante realizar planeamentos ou executar a navegação sem o conhecimento adequado para estas áreas, se adicionalmente, o pouco normativo existente diferir de nação para nação. No entanto, a *International Organization for Marine Aids to Navigation* (IALA) começa agora a dar os primeiros passos neste sentido, muito em função das dificuldades sentidas e trazidas para discussão pelas autoridades das nações pertencentes à Associação, onde Portugal tem representantes da Direção de Faróis e do Instituto Hidrográfico. A curto prazo será submetida pela IALA à *International Maritime Organization* (IMO) uma proposta que visa alertar para a ausência de informação e de regras internacionalmente conhecidas e adotadas, relativas à Segurança Marítima e Segurança da Navegação nas imediações de Energia Renovável *Offshore* (ERO).

Relevância e motivação

A presente tese, intitulada *Segurança da Navegação e Operações SAR nas Proximidades de Estruturas Renováveis Offshore*, justifica-se pela necessidade de permitir a exploração de energias renováveis *offshore* garantindo a segurança no mar, um desafio crucial para as autoridades nacionais que regulam e garantem a segurança da navegação em todo o mundo. No contexto atual, as energias renováveis *offshore* apresentam-se como uma alternativa competitiva, levando a uma crescente tendência de ocupação do território marítimo, impondo novos desafios à segurança da navegação. O impacto das infraestruturas pode ser considerável, caso estas se encontrem localizadas em áreas de tráfego intenso, zonas de acesso a portos, exploração piscatória, zonas protegidas, entre outras condições complexas, que requerem análise prévia e que terão como resultados a escolha das áreas atribuídas, a par de

uma revisão e adaptação do normativo de segurança tradicionalmente aplicado. A segurança da navegação deve então ser considerada como o pilar central de todas as atividades económicas, sociais, científicas ou ambientais que ocorram no mar, atividades relevantes para a economia nacional, enquanto país de tradição marítima. A Marinha Portuguesa tem como missão "promover e proteger os interesses de Portugal no e através do mar"(Marinha Portuguesa 2022), estando incluída de forma implícita a segurança marítima.

A dissertação irá integrar os conhecimentos adquiridos nas áreas de Navegação, Operações de Autoridade Marítima e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) adquiridos ao longo do percurso académico na Escola Naval, por forma a responder às exigências emergentes do setor das ERO. Ao abordar a segurança da navegação e as operações SAR na proximidade das infraestruturas *offshore*, o estudo visa contribuir para uma proposta que irá auxiliar futuramente a definição de normativo e políticas que permitam reduzir a probabilidade de sinistros e abalroamentos no mar, garantindo em paralelo uma resposta rápida, eficaz e segura em situações de emergência nas imediações destas estruturas localizadas em espaços marítimos. Esta análise é essencial para garantir uma expansão das energias renováveis de forma segura em áreas marítimas, preservando a integridade do ambiente marítimo e garantindo a segurança dos navegantes que usufruem, ou simplesmente transitam em águas portuguesas. A relevância deste tema transcende o âmbito técnico operacional, devido à sua correlação com os compromissos ambientais assumidos a pela UE e pelo Governo Português no Acordo de Paris. Num cenário global em que a transição energética é necessária para a redução das emissões dos GEE, assegurar a compatibilidade entre a exploração de ERO e a segurança da navegação torna-se um imperativo estratégico, devendo esta estar legislada e em vigor.

Resumindo, este estudo justifica-se pela convergência de fatores como o crescimento exponencial das ERO, as implicações que a implementação destas infraestruturas em espaços marítimos poderão causar na segurança à navegação e a garantia da salvaguarda da vida humana no mar através das operações SAR, temas emergentes e que revelam urgência na definição de normativo e protocolos que promovam a segurança marítima perante novos desafios.

Objetivos da dissertação

A presente dissertação tem como objetivo central analisar o enquadramento nacional e europeu relativo à exploração de energias renováveis *offshore*, com especial foco na definição de regras de Segurança Marítima e de Segurança da Navegação aplicáveis nas imediações destas infraestruturas. Este estudo incide particularmente sobre aspetos como a definição de distâncias de segurança, medidas técnicas e operacionais a adotar, procedimentos de comunicação, *ship routing*, *maritime spatial planning*, passagem entre estruturas através de corredores navegáveis, bem como a regulamentação da atividade piscatória nestas zonas.

Com o intuito de dar resposta a este objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- **OE1:** Identificar os compromissos nacionais assumidos por Portugal, no âmbito da transição energética e da neutralidade carbónica, com particular atenção às metas estabelecidas para a implementação de energias renováveis *offshore*;
- **OE2:** Analisar o atual contexto internacional, procedendo à identificação das normas, recomendações e boas práticas em vigor nos espaços marítimos europeus, aplicadas com o intuito de garantir a segurança marítima e à segurança da navegação nas imediações (e/ou interiores) dos parques de energias renováveis *offshore*;
- **OE3:** Identificar quais as medidas e regras de Segurança Marítima/Navegação podem ser implementadas nas áreas de Exploração de Energias Renováveis nos espaços marítimos nacionais (Portugal Continental);
- **OE4:** Identificar procedimentos e medidas de busca e salvamento marítimo (SAR) que possam ser implementados nas imediações das áreas de exploração de energias renováveis *offshore*;
- **OE5:** Efetuar a análise comportamental do tráfego marítimo nas águas costeiras portuguesas (Portugal continental), com base na análise de dados AIS dos anos de 2023 e 2024, de forma a sustentar a proposta de medidas de segurança adaptadas à realidade operacional do país;
- **OE6:** Realizar uma análise de risco abrangente, que avalie os potenciais impactos e vulnerabilidades associadas à presença de infraestruturas *offshore* no ambiente marítimo.

Para cumprir os objetivos específicos definidos, procedeu-se ao tratamento e processamento dos dados AIS fornecidos pelo Instituto Hidrográfico, durante uma semana de trabalho no Centro de CGEOMETOC Marítimo, Secção de Informação Geoespacial. Deste processamento resultaram os gráficos apresentados nos anexos desta dissertação.

Paralelamente, foram solicitados pareceres técnicos à Força Aérea Portuguesa e à Autoridade Nacional de Aviação Civil sobre sinalização aérea, bem como sobre procedimentos de busca e salvamento por aeronave.

Considerando que as áreas com potencial para instalação de energias renováveis, identificadas no PAER, se encontram atualmente aprovadas apenas para Portugal Continental, o estudo foi delimitado às zonas marítimas contíguas ao território continental. No que diz respeito aos arquipélagos dos Açores e da Madeira, os respetivos documentos ainda não foram finalizados ou não concluíram a fase disponibilizada para consulta pública, pelo que a análise dessas áreas se considerou prematura, dada a ausência de aprovação oficial.

Estrutura da dissertação

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos principais, complementados por apêndices e anexos, com o objetivo de analisar, de forma integrada, os desafios relacionados com a segurança da navegação e das operações de busca e salvamento (SAR) nas proximidades de estruturas de energias renováveis *offshore*, com enfoque na área de Portugal Continental.

A Introdução contextualiza a pesquisa, destacando a importância global da transição energética e os compromissos assumidos por Portugal no âmbito do Acordo de Paris e do Pacto Ecológico Europeu. A relevância do tema é reforçada pela crescente ocupação do espaço marítimo com projetos eólicos *offshore* e pela necessidade de harmonizar essa expansão com a segurança marítima e com a própria segurança da navegação.

O Capítulo 1 fornece uma visão abrangente das energias renováveis *offshore*, com destaque para a energia eólica. São explorados os conceitos e tipologias de estruturas, analisando as suas vantagens e desafios tecnológicos. É analisado o contexto atual de exploração a nível mundial, europeu e nacional, com dados sobre capacidade instalada, projetos em operação e estratégias políticas que visam orientar o desenvolvimento sustentável do setor.

No Capítulo 2, é examinado o quadro normativo aplicável, incluindo instrumentos internacionais como a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, regulamentos da IMO, Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar (RIEAM) e a Convenção SOLAS. É explicado o conceito de Ordenamento do Espaço Marítimo, através da legislação nacional, como a Lei n.º 17/2014, que estabelece as bases do processo.

O Capítulo 3 concentra-se em medidas práticas para garantir a segurança nas proximidades de parques eólicos *offshore*. São detalhados os requisitos para o assinalamento marítimo, incluindo sinalização visual, sonora e eletrónica, com exemplos de padrões de pintura e iluminação. Este capítulo aborda métodos para calcular distâncias de segurança, baseados no RIEAM e em dados empíricos, considerando manobras de emergência e características do tráfego local. Por fim, são discutidos os riscos operacionais, como interferências em sistemas RADAR, VHF e AIS, com propostas para minimizar os seus impactos.

O Capítulo 4 explora os desafios das operações SAR nas proximidades de estruturas offshore. São apresentados protocolos de planeamento de contingência, discutidos os *layouts* ideais para parques eólicos e a criação de corredores que permitam as operações de resgate. O capítulo aborda as características dos navios e aeronaves envolvidos neste tipo de operações, fazendo uma breve reflexão sobre os cuidados a adotar pelas equipas de socorro, antes de uma aproximação a estas áreas e durante a operação nas mesmas.

O Capítulo 5, tem como objetivo a análise dos dados AIS, nas áreas propostas para exploração, avaliando os padrões de tráfego nos anos de 2023 e 2024, como a densidade de tráfego por tipo de navio (pesca, carga, recreio) e as velocidades médias praticadas. Com base nesses dados, são propostas medidas de mitigação, tais como ajustes nas distâncias de segurança e rotas recomendadas, de modo a reduzir a probabilidade de incidentes.

O Capítulo 6 tem como objetivo principal avaliar os riscos associados à implantação de parques eólicos *offshore*. A metodologia adotada segue as diretrizes da IALA, focando-se na identificação de perigos, probabilidade de ocorrência e medidas de mitigação.

Na Conclusão, são sintetizados os resultados do estudo, bem como a informação de maior relevo, destacando contribuições para a regulamentação nacional e internacional.

Capítulo 1

Enquadramento Técnico e Estratégico

1.1 Energia Renovável *Offshore*: Conceito e Tipologias

A energia renovável é a energia derivada de fontes naturais que são reabastecidas a uma taxa superior à consumida (ONU 2024). A ERO pressupõem a geração de energia elétrica a partir de recursos marítimos. Incluídas nesta definição estão as turbinas eólicas localizadas no oceano ou em grandes lagos, bem como, estruturas com capacidade de extrair energia a partir da ondulação, marés, salinidade e fontes termais. Contudo, os projetos poderão ser considerados *offshore*, mesmo não estando no oceano, desde que façam emprego de energia produzida no mesmo. Poderemos tomar como exemplo uma turbina de corrente, instalada na foz de um rio, influenciada pela corrente e maré oceânica (NOEP 2017).

1.1.1 Energia Eólica *Offshore*

A energia eólica designa a conversão da energia cinética do vento em energia elétrica. Este processo de obtenção de energia exige que a energia cinética do ar em movimento seja convertida em energia mecânica e, posteriormente, em energia elétrica através da utilização de turbinas eólicas. A produção de energia está diretamente relacionada com a dimensão das pás e a velocidade do vento. Duplicando o diâmetro de rotação, poderemos obter uma produção quatro vezes superior (DGEG 2023).

Nas áreas *offshore*, a qualidade do vento tende a ser superior, por apresentar uma maior intensidade e estabilidade (Maxwell et al. 2022). Consequentemente, nas

áreas onde é possível a instalação deste tipo de estruturas, a produção energética por unidade instalada é superior. Estas mesmas áreas, suficientemente afastadas da orla costeira, permitem eliminar os impactos visuais e auditivos destas estruturas, aumentando a sua eficiência, bem como incrementar a dimensão dos parques eólicos em área total de implantação, e por consequência, a instalação de estruturas de maiores dimensões (Bilgili, Yasar e Simsek 2011). Como podemos observar na figura 1.1, o aumento das estruturas estabelece uma correlação direta com a sua produtividade, sendo esta a tendência ao longo dos anos, de modo a atingir uma exploração cada vez mais eficiente. Estruturas maiores, causam impactos na habitabilidade, tanto para as populações como para o mundo animal (nas zonas terrestres), tornando-se assim o mar o local ideal para este crescimento (Bilgili, Yasar e Simsek 2011).

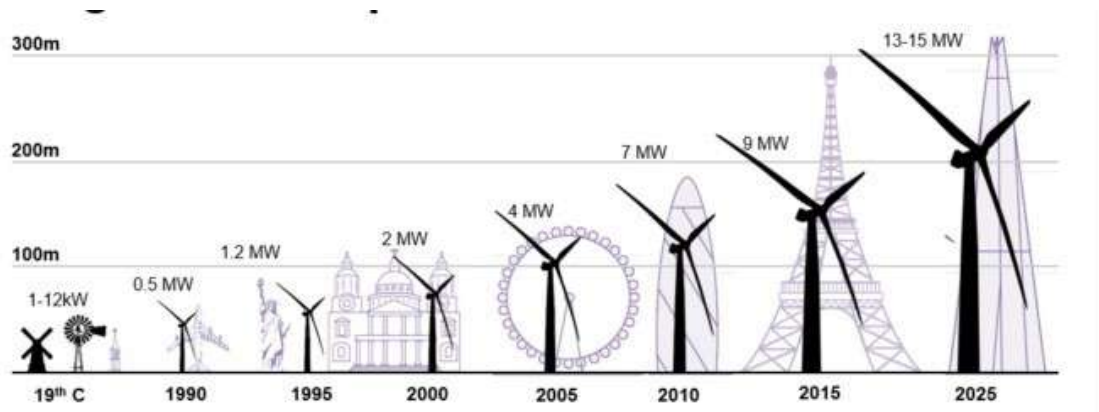


FIGURA 1.1: Evolução da dimensão e potência das turbinas eólicas, contrastando com estruturas de referência (Fonte: (REVE 2017)).

Todos estes fatores, permitem aumentar significativamente a produtividade dos parques eólicos *offshore* comparativamente aos já estabelecidos em terra. A via marítima permite uma maior facilidade no transporte de componentes de grandes dimensões, o que favorece a instalação de estruturas com maior potência. (Bilgili, Yasar e Simsek 2011)

O perfil de produção da EEO é complementar ao da energia solar, uma vez que apresentam o pico de produção energético em períodos distintos do ano, derivado dos intensos períodos de exposição solar no verão, contrastando com as fortes tempestades no inverno. Esta complementaridade tem uma relevância acrescida nos meses mais frios, em que a exposição solar é inferior, mas o consumo elétrico derivado do aquecimento e iluminação aumenta. A EEO está a conseguir reduzir consideravelmente os seus custos, atingindo valores inferiores ao da energia nuclear (Maxwell et al. 2022). Na próxima década, estão previstos a nível mundial vários projetos de EEO com um investimento total na ordem dos 263 milhões de Dólares

Americanos. A construção dos projetos terá um grande impacto socioeconómico e ambiental, podendo ainda proporcionar novos postos de trabalho (Maxwell et al. 2022).

1.1.2 Estruturas EEO

As turbinas eólicas *offshore*, diferenciam-se principalmente pela sua fundação, isto é, a estrutura que garante a sua estabilidade e imobilização. Existem dois tipos de fundação: as fixas e as flutuantes. As estruturas fixas, são erguidas e implantadas diretamente no fundo marinho, conseguindo a sua fixação através da perfuração ou peso, representada na secção esquerda da figura 1.2. As estruturas flutuantes assentam numa base flutuante, fixa através de cabos ao fundo marinho, e encontram-se representadas na secção direita da mesma figura (Rybachynska 2019).

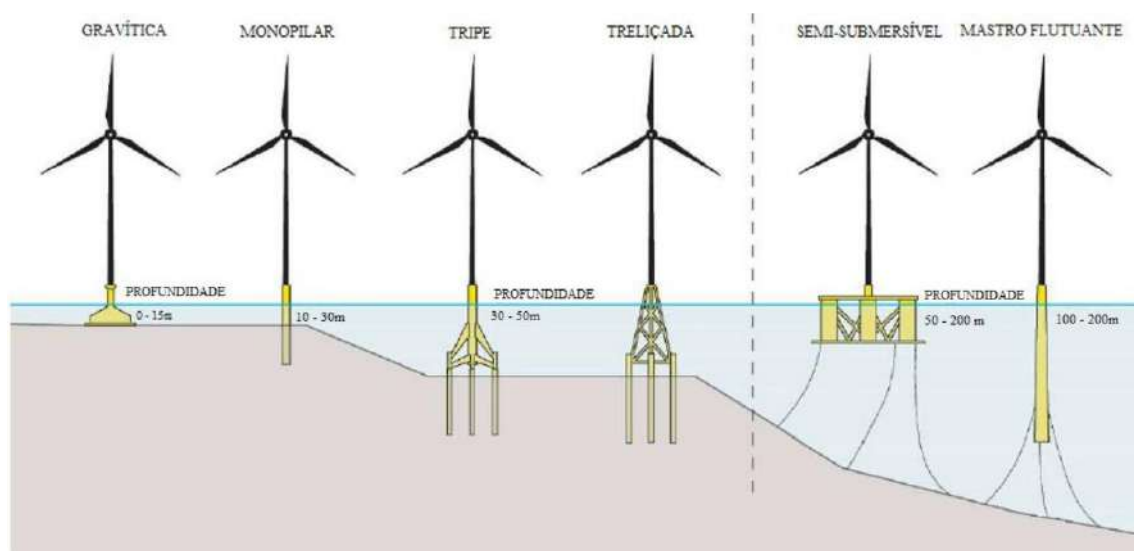


FIGURA 1.2: Tipos de fundações de turbinas eólicas *offshore* e respectivas profundidades de aplicação (Fonte: (Rybachynska 2019)).

Os primeiros projetos de EEO fizeram uso de fundações fixas denominadas de monopilar. Estas estruturas demonstraram uma alta fiabilidade e facilidade na sua instalação, representando 81% do mercado em 2019 (Ramírez, Fraile e Brindley 2019), encontrando-se atualmente em fase comercial (Marques e Cardoso 2025). Contudo, estas estruturas encontram-se limitadas pela sua profundidade de instalação, com um máximo de 60 m de profundidade (James e Ros 2015).

São raras as regiões no mundo que apresentam uma extensa plataforma continental com uma profundidade inferior a 60 metros. Podemos observar este exemplo no Mar do Norte e no Mar Báltico, que apresentam condições de excelência

para a construção de estruturas fixas, devido às baixas profundidades e à elevada intensidade do vento ao longo de todo o ano (Maxwell et al. 2022). Estas características, permitiram que esta região seja atualmente líder na operação de parques eólicos *offshore*, tema que será abordado no subcapítulo 1.2.

1.1.3 Turbinas Eólicas *offshore* Flutuantes

A limitação imposta pela profundidade máxima a que as estruturas fixas podem ser construídas, criou a necessidade de desenvolver uma estrutura capaz de operar em profundidades superiores, levando ao surgimento das Turbinas Eólicas *Offshore* Flutuantes (TEOF). Esta tecnologia permite estabelecer turbinas em zonas com profundidades entre os 60 m e os 1000 m, incrementando as áreas de potencial exploração (James e Ros 2015). Atualmente, os protótipos ainda se encontram na sua fase de teste e aceitação pelo mercado, não sendo possível medir com precisão o seu custo comparativamente às estruturas fixas. Contudo, apesar de apresentarem um custo de instalação e manutenção superior, as TEOF apresentam um conjunto de vantagens que as tornam mais competitivas (James e Ros 2015).

Em termo de comparação, as estruturas fixas possuem aspetos negativos durante a sua construção, operação e descomissionamento, uma vez que, o processo implica a perfuração do solo, afetando o fundo marinho, pela destruição do mesmo e devido à transmissão de vibrações durante a operação da turbina (Maxwell et al. 2022). As TEOF têm um impacto menor, uma vez que a sua fixação é feita através de cabos de amarração, um método menos invasivo. Outra grande vantagem deste sistema é a possibilidade de as próprias estruturas serem montadas previamente em terra, sendo posteriormente rebocadas para o local de implantação, como representado na figura 1.3, o que reduz, significativamente, a poluição sonora para a vida marinha (Maxwell et al. 2022). Esta mobilidade representa ainda uma vantagem estratégica, uma vez que as TEOF poderão ser movimentadas para outros locais por motivos económicos, técnicos, ambientais ou mesmo de segurança. (Maxwell et al. 2022)

Estes benefícios acarretam, contudo, diversos riscos adicionais tais como: colisão entre turbinas; colisão com navios; dificuldade no reboque e/ou implantação devidos às condições meteo-oceanográficas, alterações de posição ou ensarilhamento de cabos e amarras. O objetivo desta dissertação irá incidir nestas preocupações, por forma a garantir a segurança à navegação em coexistência com estas estruturas.



FIGURA 1.3: Projeto *Windfloat*, rebocado do seu local de montagem em Ferrol, Espanha (Fonte: (Fonseca 2023)).

1.2 Estado Atual da Exploração da EEO

1.2.1 Contexto Mundial

O mercado mundial da EEO observou um crescimento anual contínuo desde 2009 (Herzig 2023). Esta tecnologia deu os seus primeiros passos no continente europeu, onde foi possível demonstrar o seu potencial, levando ao panorama de investimento que encontramos atualmente a nível mundial. A capacidade instalada de EEO a nível mundial atingiu os 67,4 GW no final de 2023, estando previsto o aumento deste valor para os 400 GW dentro de uma década (Herzig 2023).

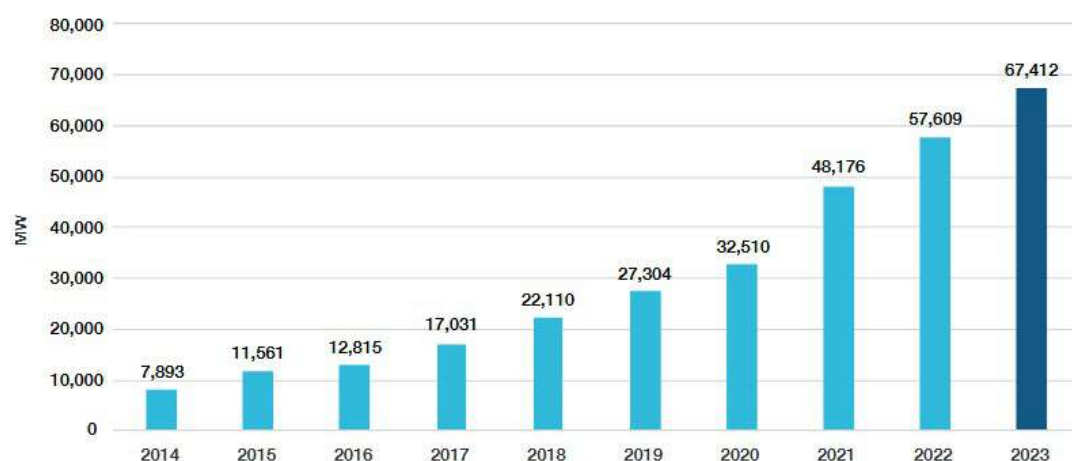


FIGURA 1.4: Capacidade de produção dos parques de EEO ao longo dos anos (Fonte: (Herzig 2023)).

Atualmente a China é líder na construção e exploração de EEO, tendo alcançando em 2023, 31,5 GW de capacidade instalada, correspondendo a cerca de 47% do total global. A rápida expansão chinesa resulta de políticas de incentivo internas, combinadas com uma forte aposta industrial na construção de turbinas de grande dimensão (até 16 MW) (Herzig 2023). Países com acesso privilegiado ao mar têm vindo a apostar na EEO como uma alternativa estratégica para diversificar a sua matriz energética, existindo atualmente inúmeros projetos de construção de parques eólicos *offshore* em fase de estudo e aprovação. Na figura 1.5, podemos observar os projetos planeados para a próxima década. Estes projetos foram publicados e encontram-se atualmente em fase de estudo por questões ambientais, financeiras ou de ordenamento do território (GEM 2025). A EEO, num futuro próximo, terá uma presença significativa nos mares a nível global, sendo essencial estabelecer normativo com celeridade, para permitir uma redução do risco junto destas plataformas (GEM 2025).

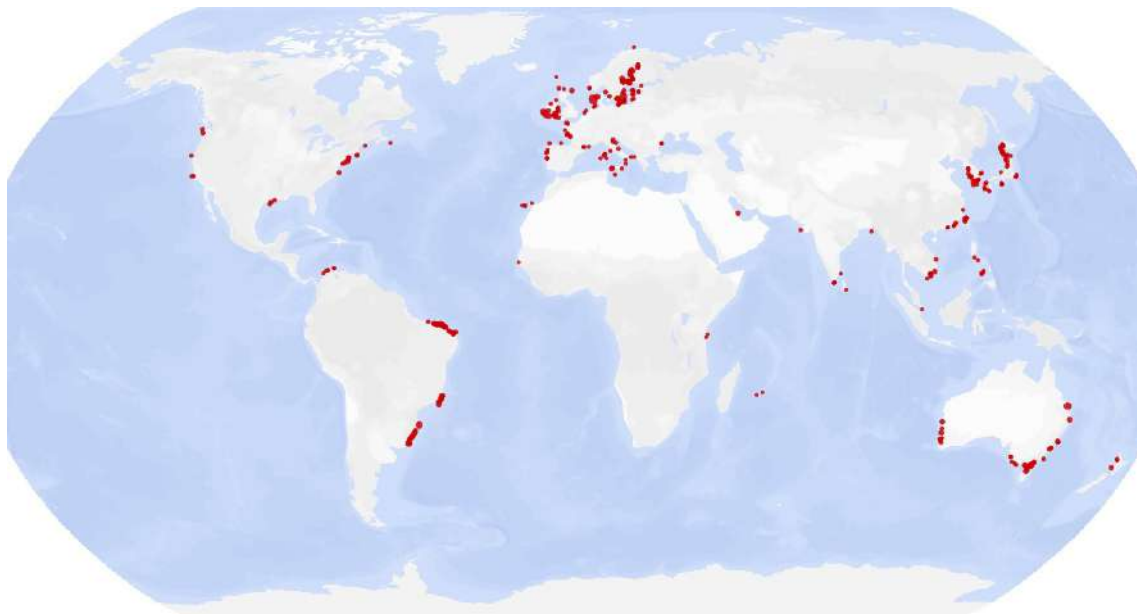


FIGURA 1.5: Parques eólicos *offshore* publicados, em fase de aprovação (pontos vermelhos) (Fonte: (GEM 2025)).

1.2.2 Contexto Europeu

A EEO apresenta-se como um ator relevante na transição energética europeia, refletindo a crescente aposta dos Estados-Membros na diversificação da sua matriz energética, na redução das emissões de carbono (União Europeia 2021) e na garantia da independência do setor eletroprodutor (União Europeia 2022). De acordo com o relatório da *WindEurope*, em 2024 a Europa alcançou um total de

285GW de capacidade eólica instalada, dos quais 37GW correspondem à componente *offshore*. A EEO encontra-se em fase de aceitação pelo mercado, representando um fração menor comparativamente ao *onshore*, que já se encontra em fase comercial desde o início do século. O setor *offshore* tem apresentado uma evolução significativa, motivada pelos avanços tecnológicos, melhorias na cadeia de abastecimento e crescente potencial demonstrado pelos parques em operação, estando em considerável crescimento, como é possível observar na figura 1.6 (Costanzo, Brindley e Tardieu 2024).



FIGURA 1.6: Do lado esquerdo, PEO a operar em 2024 e do lado direito os projetos em processo de aprovação (Adaptado de: (GEM 2025)).

No ano de 2024, foram adicionados à rede cerca de 2,6 GW de capacidade eólica *offshore* na Europa (Costanzo, Brindley e Tardieu 2024), com o Reino Unido, a Alemanha e a França a liderarem a construção de novas infraestruturas. Apesar de inferior ao registado em anos anteriores, como 2021 ou 2022, o setor apresenta uma tendência de crescimento, condicionada por atrasos na cadeia de abastecimento e constrangimentos na instalação de infraestruturas (Costanzo, Brindley e Tardieu 2024). Até ao final da década, está prevista a instalação de 187 GW de capacidade eólica na Europa, dos quais 25% pertencem ao setor *offshore* (Costanzo, Brindley e Tardieu 2024). Contudo, a EEO prevê uma subida expressiva, suportada por leilões e políticas de incentivo como o PEE e o REPowerEU, reforçando a necessidade de acelerar a implementação de parques *offshore*, sobretudo em áreas com elevado potencial, bem como o acesso a infraestruturas portuárias adequadas (Costanzo, Brindley e Tardieu 2024).

1.2.3 Contexto Nacional

A aposta nas energias renováveis em Portugal tem se concentrado, predominantemente, nas instalações *onshore*, em virtude das condições favoráveis aos projetos terrestres e do sub desenvolvimento das tecnologias *offshore* (DGE 2023). No entanto, a limitação de áreas disponíveis para a construção de novas estruturas *onshore*, aliada à necessidade de atingir os objetivos propostos pelo governo no Acordo de Paris e no PEE, incentivou a investigação e exploração de tecnologias eólicas no mar (DGE 2023). Relatórios elaborados pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGE) já referem na década 2000, o elevado potencial do mar português para a instalação de parques eólicos *offshore*, justificado pela consistência dos ventos predominantes ao longo da costa portuguesa e pela elevada dimensão da ZEE Portuguesa, estimada em cerca de 1,7 milhões de km². Atualmente este valor poderá crescer para os 2,15 milhões de km², devido à proposta de extensão da plataforma continental, submetida por Portugal em 2009, que se encontra em fase de aprovação (DGE 2023).

Na atualidade, o *Windfloat* é o único projeto eólico *offshore* a operar em Portugal. Ao largo de Viana do Castelo, este pequeno parque constituído por 3 turbinas semi-submersíveis tem uma capacidade de produção de 25 MW, o suficiente para alimentar cerca de 25 000 habitações anualmente. O projeto demonstrou um excelente desempenho, tanto na sua capacidade produtiva como na sua robustez estrutural, apresentando-se como uma solução viável a implementar e explorar (Windfloat Atlantic 2020). Contudo, a indústria nacional e internacional viram limitadas as suas possibilidades de exploração, devido à falta de áreas designadas pelo Governo português para a construção e exploração de ERO.

Dados de fevereiro de 2025 do PAER indicam que o Governo português irá adjudicar áreas para a instalação de projetos de EEO que, somados, possam atingir capacidades na ordem dos 10 GW, como representado na tabela 1.1 (áreas apresentadas anteriormente na Figura 4). Esta projeção baseia-se numa análise que considera fatores como a intensidade dos ventos, a profundidade dos fundos marinhos e a compatibilidade com outros usos/atividades marítimas, resultando nas áreas finais propostas para a exploração de EEO (Marques e Cardoso 2025).

Em outubro de 2024, o Governo português apresentou na sua proposta de Orçamento de Estado para 2025 a intenção de realizar o primeiro leilão eólico *offshore* (Lopes 2024). Após vários anos de adiamentos e revisões de metas, este poderá ser o primeiro passo na comercialização desta atividade, onde o Governo pretende

TABELA 1.1: Dimensão e potência das áreas propostas. (Adaptado de (Marques e Cardoso 2025))

Área	Km ²	Potência (GW)
Viana do Castelo	229	0,8
Leixões	722	2,5
Figueira da Foz	1 325	4,6
Sines	430	1,5
Aguçadoura	5,6	Área de teste

investir 9 mil milhões de euros no projeto de instalação de turbinas *offshore* semi-submersíveis (Lopes 2024). Esta iniciativa tem como objetivo atingir a meta dos 2 GW até 2030, um aumento considerável, face aos atuais 25 MW. A Associação Portuguesa de Energias Renováveis (APREN) prevê que este plano terá uma influência de 1,7 mil milhões de euros no Produto Interno Bruto (PIB) e a criação entre 5 000 e 13 000 novos postos de trabalho (Lopes 2024).

A exploração da EEO no contexto nacional apresenta um balanço positivo, tendo em conta as demonstrações de interesse de investimento por atores nacionais e internacionais e pelas intenções demonstradas pelo governo em lançar um leilão para atribuir as áreas de operação. Se o objetivo é alcançar 2 GW de capacidade instalada até 2030, é expectável o rápido crescimento dos parques eólicos *offshore*, o que implicará uma transformação significativa do território marítimo português e da sua ocupação (Lopes 2024). Deste modo, torna-se imperativo estabelecer normas e procedimentos que garantam a segurança da navegação e a eficácia das operações de busca e salvamento, aquando da efetivação destes projetos (Marques e Cardoso 2025). Com este subcapítulo é dada resposta ao **OE1**: Identificar os compromissos nacionais assumidos por Portugal, no âmbito da transição energética e da neutralidade carbónica, com particular atenção às metas estabelecidas para a implementação de energias renováveis *offshore*.

1.3 Estratégia Europeia e Nacional para o mar

1.3.1 Estratégia de Segurança Marítima da União Europeia

O mar apresenta-se como meio essencial ao crescimento e desenvolvimento da UE, assumindo um papel central em setores como comércio, transporte, segurança, turismo e preservação ambiental (Conselho da União Europeia 2014). É fundamental interiorizar que grande parte do comércio externo e interno é realizado

por via marítima, sendo a UE o terceiro maior importador e o quinto maior exportador mundial. Com mais de 70% das suas fronteiras externas de natureza marítima, os portos e as águas europeias movimentam centenas de milhões de passageiros e volumes significativos de carga, representando uma preocupação acrescida na manutenção da segurança deste meio, tendo em consideração o valor acrescentado que este traz para a UE (Conselho da União Europeia 2014). Neste enquadramento, em junho de 2014, é criada a Estratégia de Segurança Marítima da União Europeia (ESM-UE) com o objetivo de estabelecer um quadro abrangente para a segurança do domínio marítimo, a ser adotado pelos Estados membros. Em consonância com a Estratégia Europeia de Segurança (EES) e a Polícia Marítima Integrada (PMI), a ESM-UE visa garantir a segurança dos espaços marítimos e a proteção das infraestruturas essenciais, promovendo simultaneamente o crescimento sustentável da economia (Conselho da União Europeia 2014).

Por forma a garantir a segurança marítima, é necessário que todos os membros partilhem objetivos comuns e articulem esforços, garantindo a coerência entre as suas políticas setoriais, nacionais e da própria UE. Nesse sentido, a cooperação eficaz entre as autoridades nacionais é necessária para assegurar uma resposta célere e eficiente, face aos riscos e ameaças no domínio marítimo, otimizando simultaneamente a utilização dos seus recursos humanos e materiais. A ESM-UE tem como finalidade proteger os interesses da UE e dos seus Estados-Membros, no âmbito da segurança marítima, perante riscos e desafios à escala global. Fundamentada nos valores dos direitos humanos, da liberdade e da democracia esta abordagem assenta num modelo intersetorial, abrangente e coordenado, garantindo a sua eficácia em termos operacionais e de custos. Entenda-se a segurança marítima, como uma situação que implica necessariamente o cumprimento do direito internacional e nacional, a liberdade de navegação e a proteção dos cidadãos, infraestruturas, meio ambiente e recursos marinhos (Conselho da União Europeia 2014).

A ESM-UE assenta em quatro princípios orientadores:

1. **Abordagem intersetorial** – Deve ser garantida uma cooperação eficaz entre autoridades civis e militares dos Estados-Membros, devendo atuar de forma integrada. Paralelamente, os organismos da UE e do setor privado devem contribuir para uma resposta coordenada, respeitando a organização interna de cada entidade.
2. **Integridade funcional** – A Estratégia respeita as competências da UE e dos Estados-Membros, sem comprometer os seus direitos de soberania ou jurisdição das suas águas, nos termos do direito internacional. A sua implementação deve

basear-se nas políticas e instrumentos já existentes, otimizando os recursos disponíveis e evitando a criação de novas estruturas.

3. Respeito pelo quadro normativo – O cumprimento do direito internacional, dos direitos humanos e dos princípios democráticos são a base para a ESM-UE. A UE e os seus Estados-Membros gerem a resolução de disputas marítimas através dos mecanismos jurídicos previstos na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS).
4. Multiculturalismo marítimo – A cooperação internacional é um fator multiplicador para reforçar a segurança marítima. A UE deve articular-se com organizações globais e regionais, como as Nações Unidas e a *North Atlantic Treaty Organization* (NATO), para coordenação de esforços no domínio marítimo, não comprometendo a sua autonomia institucional e capacidade decisória.

No que diz respeito ao conhecimento situacional marítimo, a cooperação intersetorial e a interoperabilidade entre as autoridades nacionais são o elemento chave para atingir a vigilância marítima integrada. A partilha de informações entre Estados-Membros deve ser reforçada, permitindo um maior e melhor conhecimento situacional do espaço marítimo e das suas fronteiras (Conselho da União Europeia 2014). O uso e exploração do espaço marítimo deve ser sustentado por um desenvolvimento tecnológico e operacional eficiente. A identificação e partilha de tecnologias com características como, uma maior produtividade, um menor custo e um menor impacto para a biodiversidade marinha, permitem aos países europeus uma maior competitividade no mercado internacional, conseguindo paralelamente atingir os seus compromissos ambientais (Conselho da União Europeia 2014). A promoção de boas práticas, a partilha de análises de riscos e informações sobre ameaças, bem como a realização de exercícios conjuntos entre organismos civis e militares, contribuem para o alinhamento entre os diferentes intervenientes na segurança marítima (Conselho da União Europeia 2014).

1.4 PAER

O Plano de Afetação para Exploração de Energias Renováveis (PAER) é criado pela necessidade de expansão das energias renováveis para o mar, sendo responsável por "definir as áreas e os volumes do espaço marítimo nacional, na subdivisão do continente, para a exploração comercial de energias renováveis de origem ou localização oceânica" (Marques e Cardoso 2025). Este plano insere-se no atual quadro estratégico nacional, alinhando-se com as metas do Plano Nacional Energia

e Clima (PNEC) 2030 e do Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050. Estes documentos estabelecem uma série de objetivos ambientais, sendo o PAER criado para responder aos seguintes pontos:

- Estabelecer a produção de 2 GW de energia eólica *offshore* até 2030;
- Analisar e definir as áreas suscetíveis à exploração de ERO.

Face a esta necessidade, foi criado um Grupo de Trabalho através do Despacho n.º 11404/2022, de 23 de setembro, com a missão de elaborar um relatório com contributos e recomendações, que visassem propor um conjunto de áreas a afetar a centros eletroprodutores baseados em fontes de energia renovável de origem ou localização oceânica, no âmbito do Plano de Situação de Ordenamento do Espaço Marítimo Nacional (PSOEM), no qual o PAER se constitui como parte integrante, garantindo o uso múltiplo do espaço marítimo nacional, a sustentabilidade e respeito pelo meio marinho (DGRM 2025b).

Numa fase inicial, as áreas identificadas pelo referido Grupo de Trabalho, foram sujeitas a uma audição pública, num período de 30 dias para a formulação de sugestões e recolha de contributos, posteriormente integrados na primeira proposta de PAER, publicada em outubro de 2023, discutida e aprovada pela comissão consultiva que apoiou e acompanhou o desenvolvimento do plano, até à proposta final, elaborada pela Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos (DGRM).

Após a sua publicação o PAER foi novamente submetido a discussão pública entre outubro e dezembro de 2023. O processo teve uma grande participação por parte de todas as entidades afetadas pela construção das estruturas, na qual o setor piscatório foi aquele que manifestou maiores preocupações e impactos expectáveis face à ocupação dos espaços marítimos com estruturas eólicas (Marques e Cardoso 2025). Consequentemente, este setor foi também o que solicitou um maior número de reuniões e consultas adicionais junto das entidades responsáveis, com o objetivo de discutir e ajustar as áreas inicialmente propostas, de modo a mitigar os efeitos sobre a sua atividade económica e salvaguardar as zonas de pesca tradicionalmente utilizadas (Marques e Cardoso 2025), levando a uma redução ou até mesmo eliminação de algumas áreas no PAER publicado em fevereiro de 2025, como podemos observar no anexo I. O impacto na atividade costeira será também um dos pontos de reflexão na análise de dados AIS da presente tese.

No total o PAER abrange atualmente 2711,6 km² para Portugal continental, onde se inclui a área de 5,6 km² na Aguçadoura para projetos de investigação e

demonstrações comerciais, tendo a restante área uma capacidade de produção de 9,4 GW.

Capítulo 2

Enquadramento Legal

O presente capítulo tem como objetivo apresentar e analisar os principais instrumentos jurídicos e normativos de carácter internacional que orientam a atividade marítima no contexto da instalação e operação de estruturas de energias renováveis *offshore*. Serão retirados excertos das convenções, regulamentos e recomendações que influenciam diretamente o ordenamento marítimo, a definição de distâncias de segurança, considerações na segurança da navegação e questões de proteção ambiental.

2.1 Referências Internacionais

2.1.1 Nações Unidas

A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) constitui o principal instrumento jurídico internacional que regula o uso dos oceanos. Este documento é resultado da Terceira Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, realizada entre 1973 e 1982, tendo sido formalmente adotada em 1982, entrando em vigor em 1994. Esta convenção substituiu quatro tratados anteriores¹, datados de 1958, consolidando e atualizando o enquadramento legal aplicável aos espaços marítimos (Nações Unidas 1982).

A CNUDM define os direitos e deveres dos Estados no que respeita à utilização dos oceanos e mares, estabelece diretrizes para a exploração económica, proteção ambiental e gestão sustentável dos recursos marinhos. O documento estabelece conceitos como a delimitação das zonas marítima, a liberdade de navegação, os direitos de passagem e as obrigações de cooperação internacional (Nações Unidas 1982).

¹A Convenção sobre o Mar Territorial e a Zona Contígua, a Convenção sobre a Plataforma Continental, a Convenção sobre o Alto Mar e a Convenção sobre a Pesca e a Conservação dos Recursos Vivos em Alto Mar

2.1.2 UNESCO

A UNESCO, através da sua Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI), desempenha um papel fundamental ao garantir uma usufruição sustentável dos oceanos. Entre 2007 e 2009, desenvolveu o guia *Marine Spatial Planning: A Step-by-Step Approach toward Ecosystem-based Management* (Ehler e Douvere 2009), no qual é proposta uma metodologia clara e progressiva para a implementação do Ordenamento Marítimo, orientada para a gestão baseada nos ecossistemas.

Este guia, apresentado no *International Marine Conservation Congress* em 2009, tornou-se uma referência internacional, ao estruturar o processo de Ordenamento Marítimo (explorado no subcapítulo 3.1, desde a definição dos objetivos e análise da situação atual, até à implementação, monitorização e revisão adaptativa dos planos). O seu caráter prático e a inclusão de exemplos reais tornam-no particularmente relevante para a aplicação em contextos nacionais e regionais. Esta abordagem garante um equilíbrio entre a exploração de recursos marinhos, como a energia renovável *offshore*, e a preservação dos ecossistemas, assegurando a compatibilização entre atividades humanas e a sustentabilidade ambiental (Ehler e Douvere 2009).

2.1.3 IMO

A Organização Marítima Internacional (IMO) é a agência especializada das Nações Unidas com responsabilidade pela segurança e proteção da navegação marítima e pela prevenção da poluição causada por navios. Enquanto autoridade normativa global para o setor marítimo internacional, a IMO estabelece normas relativas à segurança, proteção e desempenho ambiental da navegação. O seu principal papel consiste em criar um quadro regulamentar justo, eficaz, universalmente adotado e aplicado, assegurando a harmonização global de procedimentos (IMO 1972).

Entre os documentos mais relevantes da IMO destaca-se a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS), adotada em novembro de 1974 e posteriormente ratificada por Portugal em 1983 (Assembleia da República 1983, DL. N.º. 79/83). Esta convenção é amplamente considerada como o tratado internacional mais importante em matéria de segurança da navegação, estabelecendo requisitos técnicos fundamentais para a construção, instalação de equipamentos e operação segura dos navios (IMO 1974).

Outro documento essencial é o Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar (RIEAM), de 1972, que, como próprio o nome indica, define as

normas de navegação, destinadas a evitar colisões entre navios no mar. Estas regras são particularmente relevantes no planeamento e conceção de parques eólicos *offshore*, uma vez que estabelecem as distâncias mínimas de segurança entre rotas de tráfego marítimo e estruturas fixas, auxiliando os projetistas e autoridades marítimas na mitigação do risco de colisão (IMO 1972).

Complementarmente, as Disposições Gerais sobre o Planeamento de Rotas de Navegação (GPSR) visam aumentar a segurança da navegação em áreas de convergência ou tráfego denso, bem como em zonas onde o espaço de manobra é limitado por profundidades reduzidas, obstáculos à navegação ou condições meteorológicas adversas. Estas disposições orientam a criação de esquemas de separação de tráfego e outras medidas que assegurem a previsibilidade e organização do fluxo marítimo, fator essencial para a coexistência segura de estruturas de energias renováveis *offshore* (IMO 2023).

2.2 Recomendações Internacionais

2.2.1 CNUDM

Artigo 21.º

De acordo com o Artigo 21.º da CNUDM, relativo a “Leis e regulamentos do Estado costeiro relativos à passagem inofensiva”:

1. O Estado costeiro pode adotar leis e regulamentos, de conformidade com as disposições da presente convenção e demais normas de direito internacional, relativos à passagem inofensiva pelo mar territorial sobre todas ou alguma das seguintes matérias:

- a. Segurança da navegação e regulamentação do tráfego marítimo;*
- b. Proteção das instalações e dos sistemas de auxílio à navegação e de outros serviços ou instalações;*

(Nações Unidas 1982, Art. 21º)

Artigo 60.º

De acordo com o Artigo 60.º da CNUDM, relativo a “Ilhas artificiais, instalações e estruturas na zona económica exclusiva”:

1. Na zona económica exclusiva, o Estado costeiro tem o direito exclusivo de construir e de autorizar e regulamentar a construção, operação e utilização em:

a. Ilhas artificiais;

b. Instalações e estruturas para os fins previstos no artigo 56.^o e para outras finalidades económicas²;

c. Instalações e estruturas que possam interferir com o exercício dos direitos do Estado costeiro na zona.

4. O Estado costeiro pode, se necessário, criar em volta dessas ilhas artificiais, instalações ou estruturas, zonas de segurança de largura razoável, nas quais pode tomar medidas adequadas para garantir tanto a segurança da navegação como a das ilhas artificiais, instalações e estruturas.

5. O Estado costeiro determinará a largura das zonas de segurança, tendo em conta as normas internacionais aplicáveis. Essas zonas de segurança devem ser concebidas de modo a responderem razoavelmente à natureza e às funções das ilhas artificiais, instalações ou estruturas, e não excederão uma distância de 500 metros em volta das ilhas artificiais, instalações ou estruturas, distância essa medida a partir de cada ponto do seu bordo exterior, a menos que o autorizem as normas internacionais geralmente aceites ou o recomende a organização internacional competente. A extensão das zonas de segurança será devidamente notificada.

6. Todos os navios devem respeitar essas zonas de segurança e cumprir as normas internacionais geralmente aceites relativas à navegação nas proximidades das ilhas artificiais, instalações, estruturas e zonas de segurança.

7. Não podem ser estabelecidas ilhas artificiais, instalações e estruturas nem zonas de segurança à sua volta, quando interfiram na utilização das rotas marítimas reconhecidas essenciais para a navegação internacional.

(Nações Unidas 1982, Art. 60^o)

A distância de segurança de 500 metros descrita no ponto 5, serve para proteção da estrutura, o que não implica que esta seja a distância necessária para

²O Artigo 56.^o da CNUDM, estabelece os direitos de soberania do Estado costeiro na ZEE para fins de exploração económica, gestão de recursos naturais, pesquisa científica marinha e proteção do meio marinho. As estruturas aqui referidas somente se legitimam quando diretamente vinculadas a estes fins específicos. (Nações Unidas 1982, Art. 56.^o)

manobrar em segurança de acordo com o RIEAM. A interferência referida no ponto 7, não é definida como uma distância *standard*, devendo as autoridades competentes analisar caso a caso, recorrendo à resolução A. 572 da IMO, referida no próximo ponto.

2.2.2 Disposições Gerais sobre o Planeamento de Rotas de Navegação

GPSR 1.1

O objetivo do planeamento de rotas de navegação (ships routing) é melhorar a segurança da navegação em áreas de convergência, zonas com elevada densidade de tráfego marítimo, ou locais onde a liberdade de manobra dos navios se encontra condicionada pelo espaço de manobra disponível, existência de obstáculos à navegação, profundidades reduzidas ou condições meteorológicas adversas.

(IMO 2023, GPSR 1.1)

Não obstante, durante o trânsito o navio deverá realizar a sua própria avaliação de risco, tendo em conta variáveis como a dimensão do navio, o estado da propulsão, as condições meteorológicas, o tráfego envolvente, entre outros.

Caso a rota definida obrigue o tráfego a navegar demasiado próximo das estruturas, os navios poderão optar por se desviar para o mesmo lado da via estabelecida, levando a um aumento da densidade de tráfego nessa zona. Esta concentração contraria o princípio fundamental do planeamento de rotas, que é precisamente o de dispersar e organizar o tráfego marítimo com vista ao aumento da segurança.

GPSR 6.4

As alterações de rumo ao longo de uma rota devem ser tão reduzidas quanto possível, devendo ser evitadas, sempre que viável, nas aproximações a zonas de convergência, interseções de rotas ou em áreas onde se preveja um tráfego cruzado intenso.

(IMO 2023, GPSR 6.4)

Tendo em conta que a navegação mantém uma distância segura em relação a determinadas estruturas, estas não devem ser posicionadas, de tal forma que, obrigue determinados navios a alterar o seu rumo, com o objetivo de garantir o de segurança.

GPSR 6.8

Os Esquema de Separação de Tráfego (EST) devem ser concebidos de forma a permitir que os navios que os utilizem, cumpram na íntegra e em todos os momentos o disposto na regra 10 do RIEAM, de 1972, com as respetivas alterações.

(IMO 2023, GPSR 6.8)

As distâncias seguras às estruturas devem ser definidas de modo a que uma embarcação possa manobrar de acordo com o RIEAM em qualquer circunstância, incluindo quando navega na proximidade de um EST.

GPSR 6.10

As rotas de tráfego marítimo devem ser concebidas de forma a otimizar a utilização das águas profundas e das zonas seguras à navegação, tendo em consideração a profundidade máxima alcançável ao longo de todo o percurso da rota. A largura das vias deve ter em conta a densidade do tráfego, o uso geral da área e o espaço marítimo disponível.

(IMO 2023, GPSR 6.10)

A determinação da largura de um canal no planeamento de rotas é um processo complexo. Nesta área, o estudo realizado pelo Instituto Marítimo dos Países Baixos tem-se revelado como um dos mais eficazes para o cálculo da largura de um canal destinado à navegação. A análise é baseada em dados AIS, considerando os seguintes fatores:

- Número de navios: com base em dados AIS, tendo em conta os desenvolvimentos futuros durante o ciclo de vida das estruturas envolventes;
- Dimensão máxima dos navios: considerando as tendências de crescimento do tamanho dos navios ao longo da vida útil das estruturas;
- Número de navios que utilizam a rota, assumindo um espaçamento de duas vezes o comprimento do navio:
 - Menos de 4.400 navios por ano: 2 navios lado a lado;
 - Entre 4.400 e 18.000 navios por ano: 3 navios lado a lado;
 - Mais de 18.000 navios por ano: 4 navios lado a lado.

$$L = n \times 2 \times c \quad (2.1)$$

Onde:

- L — Largura do canal (em metros);
- n — Número de navios lado a lado, determinado pela densidade do tráfego;
- c — Comprimento máximo das embarcações (em metros).

Poderemos tomar como exemplo uma via de tráfego que acomoda 18.000 navios por ano, com um comprimento máximo por navio de 400 metros. Para determinarmos a sua largura, teremos de multiplicar o número de navios lado a lado, neste caso 4, por serem superiores a 18.000, pelo dobro do comprimento máximo, os 400 metros, (ou seja, 4 navios $\times$ 2 comprimentos por navio $\times$ 400 m), chegando ao valor final de 3200 metros de largura.

2.2.3 Normas para a Manobrabilidade dos Navios

A Resolução MSC.137(76) da IMO, a qual estabelece as Normas para a Manobrabilidade dos Navios, juntamente com a circular MSC/Circ.1053 (também da IMO), que fornece notas explicativas, constituem-se como o quadro de referência técnico da IMO para a avaliação da manobrabilidade dos navios. Estas normas destinam-se a serem utilizadas na avaliação do desempenho da manobra dos navios e como suporte técnico para os profissionais responsáveis pela conceção, construção, reparação e operação dos navios (IMO 2002).

As normas foram definidas de forma a serem simples e não implicarem um aumento da complexidade das práticas atualmente em vigor. Partem do princípio de que a manobrabilidade de um navio pode ser adequadamente avaliada com base nos resultados obtidos em provas de mar (IMO 2002). As características de manobrabilidade abrangidas pelas normas da IMO referem-se a parâmetros de desempenho e capacidade de governo do navio, de interesse direto para a navegação em zonas de maior densidade de tráfego ou área de manobra reduzida. Estas características podem ser previstas durante a fase de projeto e são suscetíveis de serem medidas ou avaliadas por meio de manobras-tipo simples durante as provas de mar (provas de governo e manobra) (IMO 2002). Existem diversas provas de governo e manobra que são efetuadas a todos os navios assim que finalizada a sua construção. São exemplo de provas de governo e manobra: a prova de giração, paragem (extinção forçada da velocidade), zig-zag, espiral direta e desfazer a guinada (Marinha Portuguesa 2025).

Para os efeitos pretendidos nesta dissertação, neste capítulo apenas será descrita a manobra de rotação referente à prova de giração.

Manobra de Rotação

A manobra de rotação deve ser realizada para ambos os bordos, com um ângulo de leme de 35° ou com o ângulo máximo de leme previsto no projeto, consoante o que for permitido à velocidade de ensaio. A aplicação do leme deve ocorrer após uma aproximação estável, com taxa de guinada nula (Marinha Portuguesa 2025). As informações essenciais a obter com esta manobra são: diâmetro tático, avanço e transferência (ver figura 2.1). Esta manobra será utilizada no Capítulo 3 para explicar o conceito de dimensionamento da distância de segurança entre uma via de tráfego e um parque eólico *offshore*.

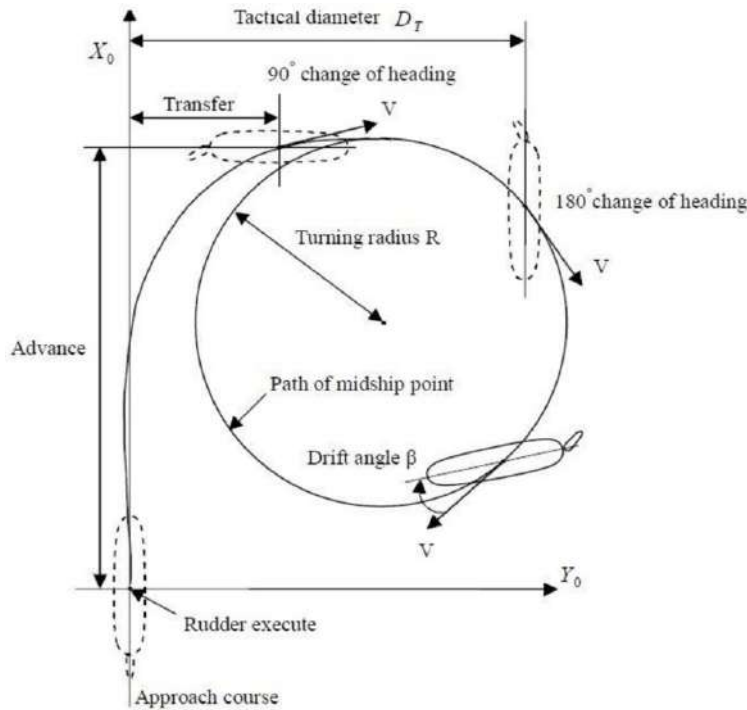


FIGURA 2.1: Definições utilizadas na manobra de rotação.(Fonte: (IMO 2002))

Com este subcapítulo é assim dada resposta ao **OE2**: Analisar o atual contexto internacional, procedendo à identificação das normas, recomendações e boas práticas em vigor nos espaços marítimos europeus, aplicadas com o intuito de garantir a segurança marítima e à segurança da navegação nas imediações (e/ou interiores) dos parques de energias renováveis *offshore*.

2.3 Ordenamento do Espaço Marítimo

De acordo com o artigo 15.º da Lei n.º 17/2014, o Espaço Marítimo Nacional é de uso e fruição comum, não estando sujeito a títulos de utilização, desde que respeite a lei e os condicionamentos definidos nos planos aplicáveis e não prejudique o bom estado ambiental do meio marinho e das zonas costeiras (República 2014). Contudo, as áreas marítimas destinadas a usos ou atividades que impliquem a ocupação de uma área, são sujeitas a um Título de Utilização Privativa de Espaço Marítimo (TUPEM). Concedido pelo Estado, este título permite a reserva de uma área ou volume por parte de uma entidade, pública ou privada, para aproveitamento e exploração do meio através da instalação de infraestruturas, exploração de recursos ou realização de atividades económicas (DGRM 2025c).

O Plano de Situação do Ordenamento do Espaço Marítimo Nacional (PSOEM) prevê duas tipologias de área para determinar a atribuição de um TUPEM, as Áreas Potenciais e as Áreas de Exclusão. Considere-se como uma Área Potencial, as zonas apropriadas para a instalação de determinados usos/atividades que requerem localizações específicas para a sua ocorrência. Por sua vez, as Áreas de Exclusão são zonas interditas à instalação de determinadas atividades. Estas áreas podem abranger vários usos/atividades em simultâneo, mas apenas o TUPEM irá definir a afetação dos mesmos a determinado espaço marítimo (DGRM 2025b).

2.4 Definições Jurídicas

2.4.1 Limites do Espaço Marítimo

No âmbito do direito internacional marítimo, a CNUDM estabelece conceitos fundamentais na organização e delimitação das zonas nas quais os Estados costeiros podem exercer a sua soberania, seja na aplicação da constituição ou na exploração de recursos marinhos. Esta divisão, representada na figura 2.2, pode ser descrita da seguinte forma:

- **Águas Territoriais:** Definido pelo Artigo 3.º, constitui a faixa de 12 milhas náuticas a partir da linha de base de um Estado costeiro, onde este exerce plena soberania. Dentro desta zona, o Estado pode regular e controlar o tráfego marítimo, embora deva permitir a passagem inofensiva de navios estrangeiros, desde que esta não comprometa a sua segurança e ordem pública.

- Zona Económica Exclusiva: Definido pelo Artigo 59.º, constitui a faixa que se estende até 200 milhas náuticas a partir da linha de base³. Nesta área, o Estado costeiro possui direitos exclusivos para explorar, conservar e gerir os recursos naturais, vivos ou não, presentes tanto na coluna de água como no leito marinho.
- Plataforma Continental: Definido pelo Artigo 60.º, constitui a extensão do leito marinho e subsolo, podendo ultrapassar as 200 milhas náuticas, desde que se cumpram os critérios previstos na UNCLOS, sendo sujeita a posterior aprovação. Este conceito é particularmente relevante na exploração de recursos naturais em águas profundas.
- Alto Mar: Definido pelo Artigo 86.º, constitui a área marítima onde nenhuma das áreas anteriormente referidas se enquadram, não sendo aplicada a jurisdição de nenhum Estado costeiro. No Alto Mar, aplica-se o princípio da liberdade de navegação, que permite a todas as embarcações transitar livremente sem restrições.

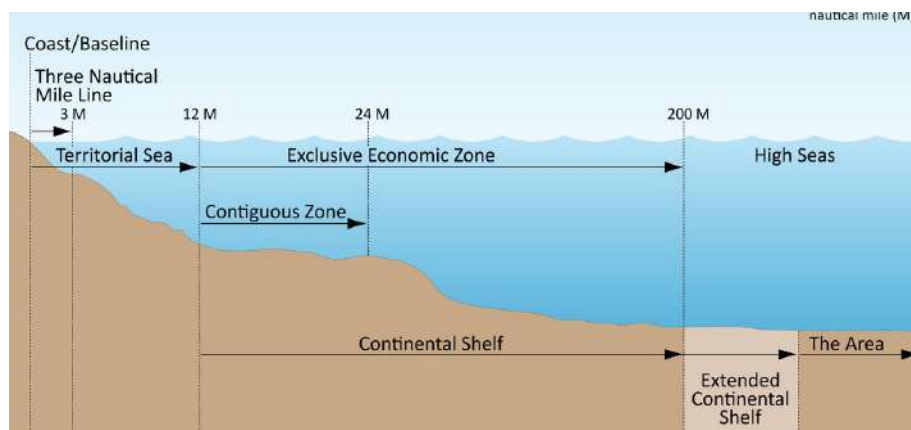


FIGURA 2.2: Divisões e limites das zonas definidas pela UNCLOS (Adaptado de: (Nações Unidas 1982)).

³A linha de baixa-mar ao longo da costa; Na foz de rios que desaguam diretamente no mar, nas rias e nas lagoas costeiras abertas ao mar, a linha reta traçada entre os pontos limites das linhas de baixa-mar das suas margens. (DGRM 2025a)

Capítulo 3

Segurança da Navegação

3.1 *Maritime Space Planning*

O Ordenamento do Espaço Marítimo, mais conhecido como *Maritime Space Planning* é definido pela UNESCO como o processo público de análise e alocação da distribuição espacial e temporal das atividades humanas nas áreas marinhas, com o objetivo de alcançar metas ecológicas, económicas e sociais, normalmente definidas por via do processo político. O OEM constitui um dos elementos essenciais da gestão do uso do mar (UNESCO 2009).

Historicamente, o OEM surgiu motivado pela necessidade de preservar zonas ecológicas, inicialmente implementado como abordagem de gestão para a conservação da natureza no Parque da Grande Barreira de Coral, há mais de 30 anos. Recentemente, tem sido adotado em mares mais congestionados de países europeus, bem como em vários países asiáticos, como a China e o Vietname, que utilizam o OEM para alcançar simultaneamente objetivos económicos e ambientais (UNESCO 2009).

Em 2006, a UNESCO organizou o primeiro *maritime space planning workshop*, tendo em 2009 publicado um guia metodológico passo-a-passo para a sua aplicação (figura 3.1), que abrange desde a criação de autoridades competentes até ao acompanhamento e avaliação do processo (UNESCO 2009).

O OEM constitui um processo de gestão estratégica que apresenta as seguintes características fundamentais (UNESCO 2009):

- a. Representa uma competência soberana de cada Estado costeiro;
- b. Aplica-se à sua Zona Económica Exclusiva;
- c. Incorpora uma visão integrada das atividades humanas no espaço marítimo;

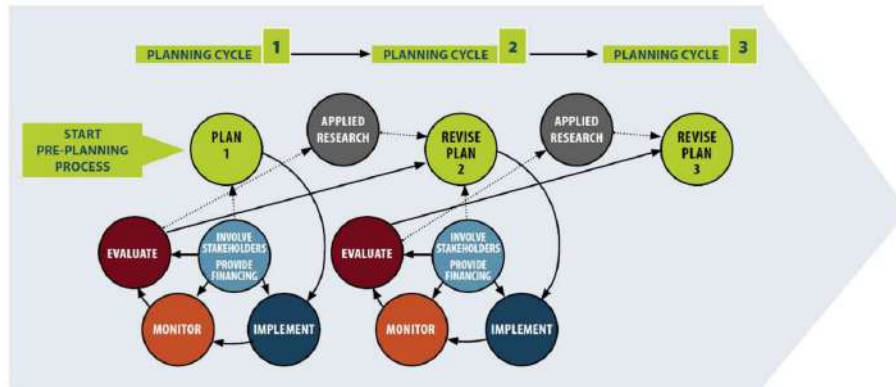


FIGURA 3.1: Processo de Ordenamento do Espaço Marítimo (Fonte: (UNESCO 2009)).

- d. Desenvolve-se com base em critérios geográficos específicos;
- e. Segue uma metodologia adaptativa e iterativa, evoluindo através de ciclos de planejamento sucessivos.

Embora todos os processos de OEM partilhem os mesmos fundamentos jurídicos internacionais e sigam as orientações da UNESCO, apresentam variações significativas de acordo com as políticas nacionais de cada Estado costeiro. Estas diferenças tornam-se evidentes quando se comparam planos de países vizinhos, como no caso do Mar do Norte (PIANC 2018). Tais divergências têm implicações diretas na gestão fronteiriça do espaço marítimo e na priorização setorial (como, por exemplo, o favorecimento de energias renováveis em detrimento da pesca comercial). Os projetos devem ser analisados caso-a-caso e com recurso a acordos entre Estados costeiros, para garantir um entendimento de ambas as partes (PIANC 2018).

3.2 Configuração do Assinalamento Marítimo

A segurança da navegação depende, em grande parte, da correta interpretação do assinalamento marítimo, cuja padronização global é estabelecida pela *International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities* (IALA). Fundada em 1957, a IALA tem como principal objetivo harmonizar os sistemas de assinalamento marítimo, garantindo que marítimos de diferentes nacionalidades compreendam de forma inequívoca a sinalização à sua volta (IALA 2021).

No contexto da configuração da sinalização marítima, a IALA desempenha um papel fulcral, recorrendo à adoção de normas que permitem uma navegação mais

segura, em áreas de tráfego intenso e onde os riscos de colisão ou encalhe são maiores (IALA 2021).

Neste capítulo, serão analisados os princípios técnicos da configuração de sinalização marítima conforme as diretrizes da IALA, abordando critérios de posicionamento, tipos de marcas e sua aplicação prática. A compreensão destes elementos é essencial para garantir uma harmonização da sinalização nos PEO, de modo a facilitar a sua identificação por parte dos navegantes (IALA 2021).

3.2.1 Visibilidade e Aparência

Um Parque Eólico *Offshore* (PEO) é, em condições meteorológicas favoráveis, facilmente detetável tanto visualmente como por meio de RADAR, devido à disposição organizada e à elevada altura das estruturas (MCA 2022). As turbinas têm a sua base pintada de amarelo, sendo a restante estrutura de cor branca. No topo da coluna, que pode alcançar os 200 metros de altura, encontra-se a *nacelle*, uma estrutura em formato de caixa onde se situa o alternador. Desta estrutura partem as 3 pás que constituem a turbina, com as pontas pintadas de vermelho para sinalização da aviação, podendo atingir comprimentos até 100 metros. No seu total, a estrutura pode alcançar alturas entre os 250 e os 300 metros, tornando-se um ponto conspícuo para a navegação (MCA 2022).

TABELA 3.1: Distância de deteção visual de turbinas eólicas *offshore* por tipo de embarcação (Adaptado de (MCA 2022)).

Tipo de Embarcação	Altura do Observador	Altura da Nacelle	Altura da Extremidade da Pá	Visibilidade Estimada
Pequena embarcação	3 m	150 m	-	28 MN
Pequena embarcação	3 m	-	250 m	34 MN
Cargueiro	28 m	150 m	-	34 MN
Cargueiro	28 m	-	250 m	40 MN

A tabela 3.1 representa um estudo realizado pela *Maritime and Coastguard Agency* do Reino Unido, onde foi determinada a distância máxima a que os navios conseguem detetar visualmente as turbinas eólicas *offshore* em condições atmosféricas normais. A análise considera dois pontos de referência distintos na turbina: a *nacelle* e a extremidade da pá no limbo superior da sua rotação. A visibilidade varia

de acordo com a altura do observador, sendo considerada uma pequena embarcação e um navio cargueiro.

3.2.2 Assinalamento Provisório

O assinalamento provisório aplica-se às fases de construção (implantação no terreno) e descomissionamento das estruturas *offshore*, durante as quais o sistema de assinalamento definitivo não se encontra instalado ou ativo (IALA 2021). Nestes períodos, é fundamental garantir a segurança da navegação nas imediações, através de um sistema temporário de assinalamento marítimo devidamente planeado.

A definição deste plano de assinalamento provisório deve resultar de um acordo entre a entidade exploradora e as autoridades responsáveis pelo assinalamento marítimo, bem como da segurança da navegação na jurisdição da área de implantação. O plano deve abranger todas as fases do projeto, incluindo a instalação das fundações do sistema de amarração e outras infraestruturas complementares, minimizando os riscos decorrentes dentro das áreas de implantação. Deverá ser efetuada uma análise para a área de estudo, por forma a definir a tipologia de marcas, a quantidade e o espaçamento adequado (IALA 2021).

A prática comum nos projetos recentes, caracteriza-se pela delimitação das áreas com marcas do tipo especial⁴, equipadas com luz amarela intermitente.⁵, representada na figura 3.2.



FIGURA 3.2: Marca especial (Fonte: (AISM-IALA 2013)).

⁴As marcas especiais são de cor amarela, podendo usar um alvo de cor amarela em forma de «X» (AISM-IALA 2013).

⁵Se possuírem luz, para evitar confusão entre cores amarela e branca em condições de má visibilidade, as luzes de marcas especiais não mostram nenhum dos ritmos empregues nas luzes de cor branca (AISM-IALA 2013).

As marcas devem apresentar características semelhantes e estar devidamente sincronizadas entre si, de modo a garantir a sua perceção clara e uniforme por parte dos navegantes. O alcance luminoso das marcas deve ser determinado pela autoridade competente, tendo em consideração a proximidade de outras ajudas à navegação, o tipo e intensidade do tráfego marítimo local, bem como a interferência provocada por outras fontes luminosas (MCA 2021).

3.2.3 Assinalamento Visual Diurno

Identificação

A sinalização das turbinas eólicas *offshore* deve garantir a sua visibilidade e identificação, de forma a assegurar a segurança da navegação nas suas imediações, sem prejudicar o tráfego marítimo e quaisquer atividades que previamente operavam na área. É recomendado que cada estrutura seja identificada por meio de um painel com letras ou números, de cor preta, com altura mínima de 1 metro, aplicados sobre um fundo amarelo de elevado contraste (figura 3.3). Estes painéis devem ser visíveis em todas as direções e assegurar boa legibilidade tanto durante o dia como durante a noite (IALA 2021).



FIGURA 3.3: Painel de Identificação das turbinas eólicas *offshore* do projeto *Seaward* (Fonte: (Seaward 2025)).

Para garantir a visibilidade noturna, os painéis devem ser iluminados ou conter material refletor. Caso seja optada a iluminação do painel, a sua intensidade deverá ser tal que não cause interferência com as ajudas à navegação nas proximidades (MCA 2021). As autoridades competentes devem definir o alcance mínimo de visibilidade destes painéis, em conformidade com os requisitos operacionais locais e a tipologia de tráfego marítimo.

A fonte tipográfica escolhida para os caracteres deve permitir uma distinção clara entre letras e números visivelmente semelhantes, como "O" e "0", ou "1" e "l". No Reino Unido, por exemplo, são adotadas as fontes UK Transport Heaux e DIN 1451/1 para este tipo de sinalização (MCA 2021). Em parques eólicos de grandes dimensões, é ainda recomendado que as turbinas interiores disponham de sinalética adicional indicando as saídas mais próximas do perímetro do parque, através de sinais de “exit”, facilitando a orientação e evacuação, nomeadamente em situações de emergência ou baixa visibilidade. Adicionalmente, a utilização de luzes de trabalho nas estruturas não deverão reduzir a conspicuidade da sinalização estabelecida (MCA 2021).

Pintura

Relativamente à pintura das estruturas, as turbinas devem ser pintadas na base com cor amarela, até uma altura mínima de 15 metros. Em estruturas fixas essa altura deverá ser medida a partir do nível da mais alta maré astronómica. Para estruturas flutuantes, deverá ser contabilizada a partir da linha da água (IALA 2021).

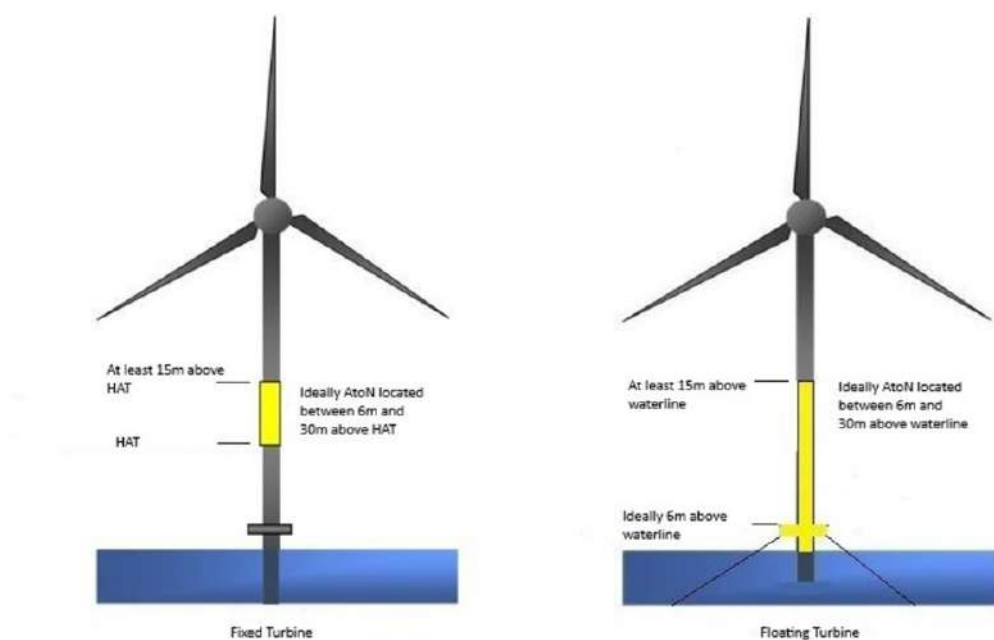


FIGURA 3.4: Marcação das turbinas eólicas *offshore* (fixas e flutuantes) (Fonte: (IALA 2021)).

3.2.4 Assinalamento Visual Noturno

Sinalização Individual

Uma turbina eólica *offshore*, quando isolada, deve garantir uma sinalização individual de especial importância para garantir a segurança da navegação nas suas imediações. Nestes casos, a turbina deve ser equipada com uma luz branca intermitente, emitindo em código Morse a letra “U”, com um ciclo igual ou inferior a 15 segundos ($M_o(U) \leq 15\text{ s}$). Este tipo de assinalamento luminoso identifica a estrutura como um obstáculo fixo e deve apresentar um alcance nominal superior a 10 MN, assegurando a sua perceção eficaz mesmo em condições meteorológicas adversas ou de fraca visibilidade. Complementarmente, deve ser instalada uma ajuda à navegação eletrónica, como um racon (radar beacon), posicionada na estrutura por baixo do limbo inferior da pá, garantindo uma elevação mínima de 6 metros acima do nível da água. Este dispositivo permite a deteção da turbina através de sistemas de radar de bordo, aumentando significativamente a segurança da navegação, especialmente em situações de navegação noturna ou visibilidade reduzida (IALA 2021).

Sinalização de Grupos de Estruturas

A sinalização marítima de grupos de estruturas, como os parques eólicos *offshore*, exige um tratamento distinto da sinalização individual. A acumulação dos mesmos sinais luminosos em todas as estruturas pode resultar numa sinalização confusa e de difícil interpretação para os navegantes, comprometendo a perceção clara dos limites e da extensão do parque (IALA 2021).

A sinalização de grandes agrupamentos de estruturas deve basear-se numa delimitação conspícua dos limites do parque através de plataformas estrategicamente seleccionadas e posicionadas, que ostentem ajudas à navegação distintas, como as representado na figura 3.5.

Estas estruturas são denominadas por Plataformas Periféricas (SPS⁶), devendo encontrar-se nos vértices do polígono formado pelo parque. Caso o parque apresente uma disposição irregular, deverão ser seleccionadas as estruturas que permitam delimitar o mesmo de forma perceptível. A sua sinalização deverá apresentar as características de uma marca especial, uma luz amarela intermitente com um alcance nominal mínimo de 5 MN. Em parques de grande extensão, a distância entre SPS não deverá exceder as 3 MN, podendo ser considerado o uso de Plataformas

⁶Do Inglês *Significant Peripheral Structure*

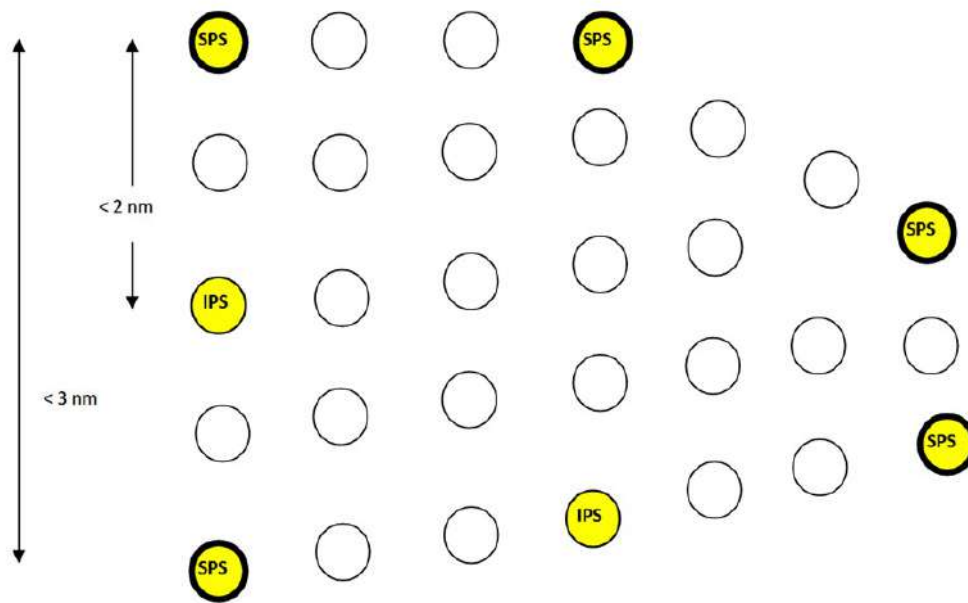


FIGURA 3.5: Exemplo de sinalização de um parque eólico *offshore* (Fonte: (IALA 2021)).

Intermédias (IPS⁷). À semelhança das SPS, as Plataformas Intermédias também deverão apresentar características de marca especial, mas com um sinal luminoso claramente distinto das SPS, com um alcance nominal mínimo de 2 MN, garantindo um espaçamento inferior a 2 MN entre si (IALA 2021).

3.2.5 Assinalamentos Adicionais

Sinalização Sonora

A sinalização sonora constitui-se como elemento essencial para a segurança da navegação em condições de visibilidade reduzida ou durante o arco noturno. No caso das plataformas situadas na periferia de um parque eólico offshore, recomenda-se a instalação de sinais sonoros capazes de emitir, em código Morse, a letra “U”, que identifica este tipo de plataformas. O sinal sonoro deverá ter um alcance não inferior a 2 MN, garantindo a sinalização das estruturas, em caso de falha de todas as outras ajudas à navegação (IALA 2021).

Sinalização Aeronáutica

A sinalização aeronáutica de estruturas elevadas visa garantir a segurança da navegação aérea, prevenindo colisões com obstáculos que possam interferir nas

⁷Do Inglês *Intermediate Peripheral Structures*

operações de voo, nomeadamente em situações de visibilidade reduzida, voos noturnos ou operações de busca e salvamento. Em Portugal, a doutrina em vigor é estabelecida pela Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC) e aplica-se à balizagem de aerogeradores e parques eólicos terrestres, não estando contemplados ainda, os aerogeradores *offshore*.

Segundo a doutrina atualmente publicada, a sinalização diurna dos aerogeradores deve incluir uma luz branca de 20.000 candelas, colocada no topo da *nacele*, com frequência de flash entre 20 e 60 impulsos por minuto, visível em 360 graus e ativa desde meia hora antes do nascer do sol até meia hora após o seu ocaso. Durante o período noturno, essa sinalização é substituída por luzes vermelhas de intensidade mínima de 2.000 candelas, igualmente localizadas no topo da *nacele* e sincronizadas entre si para todos os aerogeradores do parque. A nível cromático, as pás devem apresentar marcas vermelhas nas extremidades, com um comprimento mínimo de 1/7 do comprimento da pá, sendo esta nunca inferior a seis metros (ANAC 2003).

Contudo, esta orientação refere-se unicamente a estruturas em terra, não existindo ainda, segundo a própria ANAC, um regime detalhado aplicável à sinalização de parques eólicos *offshore*. Na sequência de um pedido de esclarecimento dirigido à Autoridade Aeronáutica, foi obtida uma resposta formal por parte da Direção de Infraestruturas e Navegação Aérea, que clarifica o seguinte:

"Os aerogeradores, desde que tenham uma altura superior a 100 m, são considerados obstáculos à navegação aérea, independentemente de se encontrarem em terra ou no mar. (...) No caso de parques eólicos localizados no mar, e não havendo ainda entre nós experiência na sua balizagem, nomeadamente na definição da distância máxima entre aerogeradores balizados, poderá esta distância ser superior [aos 900 metros preconizados em terra], uma vez que entre aerogeradores não existem as barreiras que se podem verificar em terra."

Esta resposta confirma a aplicabilidade geral das regras de sinalização a todas as estruturas com altura superior a 100 metros, incluindo as *offshore*, reforçando o entendimento que estas devem ser balizadas segundo as normas da Circular de Informação Aeronáutica (CIA). Ainda assim, reconhece-se que, devido à ausência de experiências nacionais consolidadas nesta matéria, poderá ainda existir alguma margem para adaptação técnica, designadamente no que diz respeito à distância entre unidades balizadas. A ANAC, refere também a Resolução do Conselho de Ministros n.º 19/2025, que aprova o Plano de Afetação para as Energias Renováveis Offshore (Marques e Cardoso 2025), destacando que este documento aponta a comunicação

com a Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN) como uma "boa prática". O PAER recomenda que sejam fornecidas à AAN informações detalhadas sobre a localização, características estruturais e sinalização dos parques eólicos *offshore*, com vista à salvaguarda da segurança aeronáutica, nomeadamente em operações de busca e salvamento.

Desta forma, embora exista uma doutrina estabelecida para a sinalização de parques eólicos terrestres, a sua aplicação direta aos parques *offshore* permanece, em certa medida, por consolidar. A ausência de uma regulamentação específica para o contexto *offshore* representa um desafio, mas também uma oportunidade para que autoridades aeronáuticas e marítimas, venham a definir critérios ajustados ao contexto marítimo, assegurando tanto a segurança aérea como a integração eficiente destas novas infraestruturas.

3.2.6 Ajudas Eletrónicas

À semelhança das ajudas visuais, as ajudas eletrónicas devem ser utilizadas criteriosamente, assegurando uma perceção clara da disposição do PEO, garantindo a conspicuidade dos pontos periféricos, evitando a saturação dos sistemas eletrónicos (IALA 2021).

No que concerne às estruturas classificadas como SPS, estas devem integrar uma ajuda à navegação do Tipo 3, bem como um transmissor AIS programado para emitir mensagens do Tipo 21 (como consta no Anexo II), as quais transmitem à navegação informações sobre as características da zona e os riscos associados à sua aproximação (IALA 2021). Adicionalmente, estas estruturas podem ser equipadas com RACONS⁸ configurados para emitir o código Morse "U", especificamente concebido para sinalizar estruturas eólicas *offshore* (IALA 2021).

Durante a fase de implementação, é essencial que as marcas especiais, que delimitam a área, sejam dotadas de refletores radar, de modo a potenciar a sua conspicuidade. Cada projeto deve ser objeto de análise individual, adaptando as ajudas à navegação às particularidades da área onde o PEO seja implementado. Não obstante, impõe-se que as autoridades competentes adotem critérios uniformizadores, garantindo uma perceção clara para toda a navegação (PIANC 2018).

⁸Os RADAR Beacons (RACONS) são dispositivos de receção/transmissão que operam nas bandas de frequência de radar marítimo. Ao detetar a presença do RADAR de um navio, envia um pulso característico. Essa resposta é representada no RADAR do navio como uma marca codificada (uma letra ou padrão). (IALA 2021)

3.2.7 Disponibilidade dos Equipamentos

TABELA 3.2: Categorias de ajudas à navegação e respectivos objetivos de disponibilidade.

Categoria	Disponibilidade	Definição
1	99,8%	Ajuda ou sistema de Ajudas considerado pela autoridade competente como sendo vital para a navegação .
2	99,0%	Ajuda ou sistema de Ajudas considerado pela autoridade competente como sendo importante para a navegação .
3	97,0%	Ajuda ou sistema de Ajudas considerado pela autoridade competente como sendo necessária para a navegação .

3.3 Cálculo das Distâncias de Segurança

3.3.1 Análise do Tráfego

Para uma caracterização abrangente do tráfego nas áreas junto a um PEO, torna-se relevante estudar as suas rotas, densidade das mesmas e tipologia de navio. Esta análise permite identificar as áreas efetivamente navegadas, fornecendo dados essenciais para a avaliação dos riscos associados à implantação de infraestruturas *offshore* (PIANC 2018).

Posteriormente à entrega de um projeto, recomenda-se a realização de um levantamento do tráfego na área de estudo, contemplando todos os tipos de embarcações presentes e abrangendo, no mínimo, um ano completo de dados. Esta abordagem assegura a consideração das variações sazonais nos padrões de navegação, operações de pesca e atividades recreativas (PIANC 2018). Neste contexto, os registos de dados AIS revelam-se particularmente úteis na análise do movimento marítimo. Adicionalmente, o estudo deve integrar uma projeção do tráfego futuro, tendo em conta tendências de mercado, investimentos em infraestruturas portuárias ou eventuais alterações nas rotas estabelecidas (PIANC 2018).

Um dos objetivos centrais desta análise consiste na definição precisa das rotas de navegação atualmente utilizadas na região. Embora os EST possam servir como referência inicial, a delimitação das rotas reais deve basear-se em estatísticas de tráfego devidamente registadas. Neste trabalho será realizada uma análise às áreas propostas no PAER, para a costa de Portugal continental, em detalhe no Capítulo 6.

3.3.2 Considerações do RIEAM

Ao estabelecer regras fundamentais de navegação, o RIEAM apresenta-se como um excelente ponto de partida para estimar as distâncias de segurança necessárias, no contexto da implementação de parques de ERO. Neste subcapítulo serão apresentados alguns excertos das regras presentes no documento, que demonstram ser relevantes para definir distâncias seguras a parques eólicos *offshore*.

Regra 2 - Responsabilidade

a) Nenhuma disposição das presentes Regras servirá para ilibar qualquer navio ou o seu proprietário, comandante ou tripulação das consequências de qualquer negligência quanto à aplicação das presentes Regras, ou quanto a qualquer precaução que a experiência normal de marinheiro ou as circunstâncias especiais do caso aconselham a tomar.

b) Ao interpretar e aplicar as presentes Regras, devem ter-se em devida conta todos os perigos da navegação e os riscos de abalroamento, bem como todas as circunstâncias particulares, nomeadamente as limitações de utilização dos navios em causa, que podem tornar necessário o não cumprimento exato das presentes Regras, para evitar um perigo imediato.

(IMO 1972, Regra 2)

O responsável pela manobra do navio deve garantir medidas de segurança apropriadas que permitam adequar a capacidade do navio e a influência de situações anómalas, como por exemplo, a condição de navio desgovernado, conceito definido no RIEAM (Regra 3.f.). Neste contexto, a navegação excessivamente próxima de zonas costeiras, ilhas ou áreas com concentração de estruturas *offshore* não se enquadra na prática comum de navegação segura. Um estudo que combinou dados AIS com relatórios da Guarda Costeira dos Países Baixos concluiu que, aproximadamente 90% dos incidentes em que os navios se encontravam desgovernados, estes derivaram durante cerca de uma hora, resultando numa distância média de deriva de 1,7 MN.

Este valor, embora indicativo, está fortemente condicionado pelas características locais, devendo ser analisado individualmente em função das condições ambientais e operacionais de cada região (PIANC 2018).

Regra 7 - Risco de Abalroamento

c) Não devem tirar-se conclusões a partir de informações insuficientes, especialmente se obtidas por radar.

(IMO 1972, Regra 7)

A aquisição de contactos em áreas onde existem múltiplas estruturas, deverá ser vigiado, já que o RADAR poderá alterar o seguimento dos navios para as estruturas, levando a uma falsa perceção de segurança. O cálculo do ponto de passagem mais próximo (CPA⁹) de um contacto, apenas será confiável após o seu afastamento da área. Poderá ser utilizada, se disponível, a informação AIS¹⁰, contudo, não é aconselhável determinar o risco de abalroamento através de métodos de navegação não autónomos (Anexo VIII). Os PEO causam interferência RADAR e erros na aquisição de contactos. A distância de segurança aconselhada por navegantes experientes juntos destas áreas é de 0,8 MN, contudo, simuladores RADAR elevam este valor a 1,5 MN, como a distância mínima (PIANC 2018).

Regra 15 - Navios em Rumos Cruzados

Quando dois navios de propulsão mecânica navegam em rumos que se cruzam, de tal forma que exista risco de abalroamento, o navio que vê o outro por estibordo deve afastar-se do caminho deste e, se as circunstâncias o permitirem, evitar cortar-lhe a proa.

(IMO 1972, Regra 15)

Regra 8 - Manobras para Evitar Abalroamentos

a) Qualquer manobra para evitar um abalroamento deve ser tomada de acordo com as Regras desta Parte e deve, se as circunstâncias o permitirem, ser executada de uma forma clara, com larga antecedência e de acordo com os usos e costumes marítimos.

(IMO 1972, Regra 8)

⁹Do inglês *Closest Point of Approach*

¹⁰Do inglês *Automatic Identification System*

Na situação em que um navio sem prioridade não age de acordo com o RIEAM, poderá levar o navio com direito a rumo, como último recurso, a desviar-se, realizando uma manobra de rotação. Esta manobra requer um determinado espaço de segurança, calculado por três fatores. A primeira fase em que o navio toma o seu tempo de resposta, uma vez que o Oficial de Quarto à Ponte (OQP), normalmente, realiza primeiro uma pequena alteração de rumo, a fim de avaliar o comportamento do outro navio. Esta primeira manobra implica um afastamento do rumo original, que se estima corresponder, no mínimo, a uma distância de 0,3 MN (IMO 2002).

A segunda fase corresponde à execução da manobra de rotação, cuja dimensão é regulada pelos padrões definidos pela IMO. Encontra-se estipulado que a distância de avanço não deve exceder 4,5 comprimentos de navio e o diâmetro tático da curva não deve exceder cinco comprimentos de navio, sendo a capacidade de rotação avaliada com o leme na sua amplitude máxima (IMO 2002). Importa referir que estes parâmetros são obtidos em condições ideais durante as provas de mar. Considerando que, em situação real, o OQP pode não estar preparado para reagir de forma imediata, é prudente considerar um comprimento de navio adicional aos previstos. Assim, estima-se que o diâmetro necessário para a manobra de rotação corresponda a seis comprimentos do navio.

Por fim, deve também ser garantido, que a manobra não ultrapassa o limite mínimo de segurança estabelecido em 500 metros de afastamento de qualquer obstáculo fixo ou estrutura, como é o caso dos PEO. O desvio é normalmente efetuado para estibordo (EB), podendo o mesmo não acontecer devido a outro contacto, sendo necessário guinar para bombordo (BB). Nesse caso o navio deverá iniciar logo a manobra de rotação, como representado na figura 3.6. (PIANC 2018)

Esta manobra poderá ser utilizada, não apenas em situações com risco de colisão, mas também em situação de navio desgovernado ou em manobras de recolha de Homem ao Mar. Numa situação real, é normal que o OQP hesite em utilizar a amplitude máxima de leme, especialmente em navios de passageiros ou porta-contentores, dada a possibilidade de a manobra brusca provocar danos significativos tanto na integridade física dos passageiros, como na carga transportada (PIANC 2018). Em situações como esta, a decisão de executar a manobra de rotação é ponderada com especial cautela, tendo em conta os riscos associados.

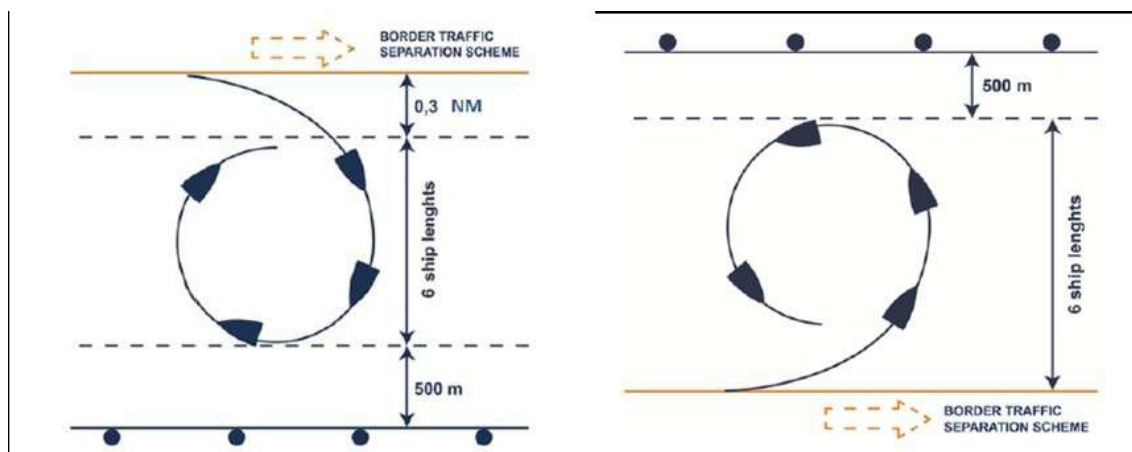


FIGURA 3.6: Espaço de manobra entre um EST e um PEO. Desvio para EB à esquerda, desvio para BB à direita (Adaptado de: (PIANC 2018)).

Regra 10 - Esquemas de Separação de Tráfego

- h) Um navio que não utiliza um Esquema de Separação de Tráfego deve evitar aproximar-se dele, tanto quanto possível.*
- j) Um navio de comprimento inferior a 20 metros ou um navio à vela não devem dificultar a passagem dos navios de propulsão mecânica que naveguem num corredor de tráfego.*

(IMO 1972, Regra 10)

As embarcações de pesca e de recreio utilizam habitualmente as zonas adjacentes aos EST, isto é, zonas marítimas situadas entre costa e os EST, tornando-se uma preocupação acrescida no cálculo do espaço de manobra necessário. Tomando como exemplo um EST, com navios que apresentam, no máximo 300 metros de comprimento, fazendo o uso dos 6 comprimentos, obtemos um valor aproximado de 1 MN. A este valor, conforme ilustrado na Figura 3.7, revela-se bastante limitado, especialmente para veleiros que, ao efetuar navegação à bolina, necessitam de um maior espaço de manobra. Este fator acresce a importância da análise de tráfego na área, para adaptar o espaço de manobra à situação no local.

3.3.3 Largura de um Canal que Atravessa um PEO

A doutrina britânica não se limita a estabelecer a distância de segurança a manter face a um PEO, considera também a largura de segurança de um canal, caso este atravessasse a área do parque (MCA 2021). Esta abordagem justifica-se pelo uso intensivo que o Reino Unido faz do seu espaço marítimo para o desenvolvimento e

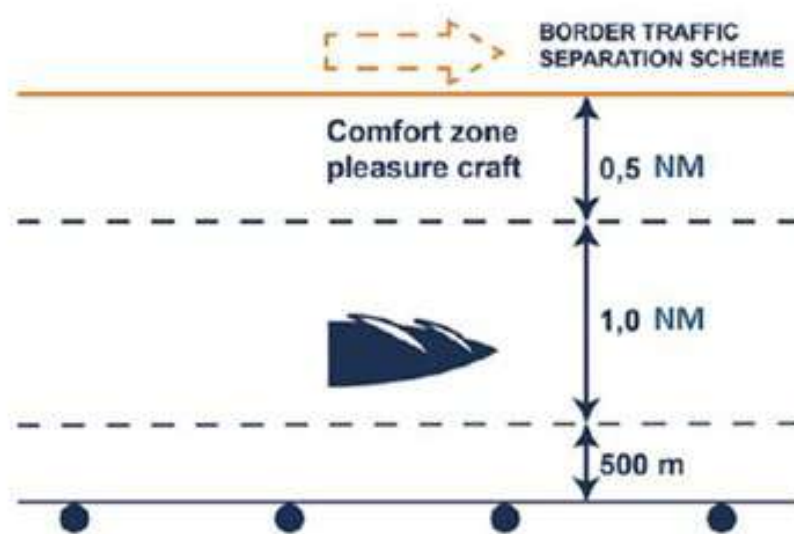


FIGURA 3.7: Espaço de manobra adjacente a um EST, necessário para embarcações (Adaptado de: (PIANC 2018)).

produção de energia eólica *offshore*, como referido no Capítulo 2, quanto ao contexto europeu. O país pretende ocupar uma parcela significativa do seu mar com este tipo de infraestruturas, beneficiando das condições ideais proporcionadas pela reduzida profundidade do Mar do Norte, que permite o uso de estruturas fixas (NOEP 2017).

Consequentemente, os britânicos definem corredores de navegação pré determinados, com base em cálculos empíricos, de modo a orientar o tráfego marítimo de forma segura e eficiente (MCA 2021). No entanto, esta realidade não é diretamente transponível para o contexto português, uma vez que a navegação em torno das áreas definidas pelo PAER continuará a dispor de um amplo espaço de manobra e os principais corredores de tráfego não intersectam essas mesmas áreas. Ainda assim, considerou-se pertinente mencionar esta questão, dada a possibilidade de futuros projetos que venham a exigir a implementação de corredores de navegação semelhantes. Ao contrário dos ambientes *inshore*, como os estuários, as áreas *offshore*, expostas aos elementos oceânicos, apresentam maiores desafios na execução do rumo planeado. Condições marítimas adversas ou avarias mecânicas, poderão impossibilitar a anulação do seguimento, resultando numa deriva igual ou superior a 20° (MCA 2021). Este fator deverá ser considerado no cálculo da largura dos canais que atravessam um PEO, tal como representado na figura 3.8.

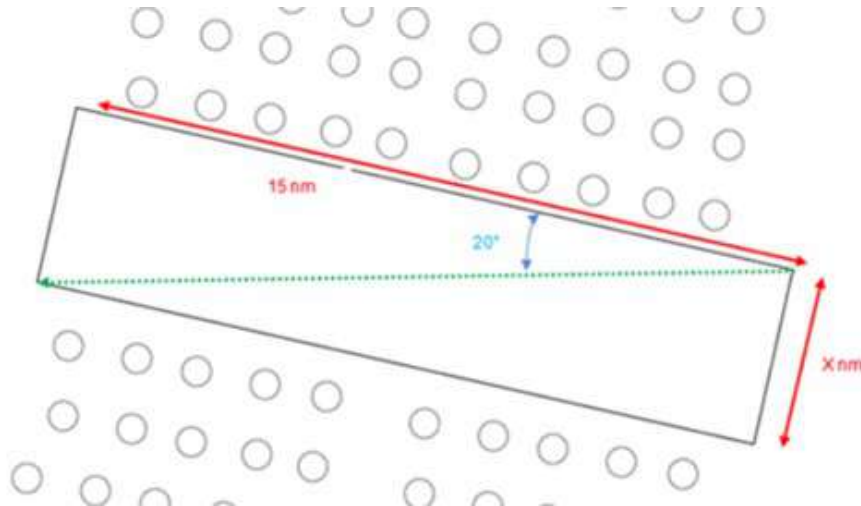


FIGURA 3.8: Método para calcular largura de um canal no interior de um PEO (Adaptado de: (MCA 2021)).

3.3.4 Áreas de Restrição e Fundeadouros

A energia elétrica produzida nos PEO, é transportada por cabos elétricos submarinos até uma estação de controlo em terra, para que possa ser integrada na rede elétrica (MCA 2021). À semelhança dos sistemas de fixação das turbinas, estas estruturas deverão também ser protegidas, por meio de restrições e distâncias de segurança, para que os cabos submarinos não sejam arrastados e danificados por ferros ou atividades de pesca como o arrasto.

Como podemos observar na figura 3.9, foi definida uma área entre o projeto *Windfloat* e o porto de Viana do Castelo para a passagem do cabo elétrico submarino, devidamente assinalada com os símbolos de proibição a atividades de pesca e de fundear. (Instituto Hidrográfico 2025)



FIGURA 3.9: Áreas de restrição e fundeadouro de Viana do Castelo nas proximidades do Projeto *Windfloat Atlantic* (Adaptado de: (Instituto Hidrográfico 2025)).

Podemos também visualizar no lado direito da imagem, o fundeadouro principal do porto de Viana do Castelo, área que deve manter uma distância apropriada dos PEO. O relatório MarCom WG161, conclui que, o espaço de manobra necessário para que um navio possa reiniciar as suas máquinas e manobrar com segurança, caso o seu ferro se encontre à garra, é de, pelo menos, 1,7 MN a partir da zona de segurança em torno de uma estrutura (PIANC 2018). Este mesmo intervalo revelou-se também suficiente para permitir manobras seguras durante a aproximação de navios ao fundeadouro naquela área específica. A Agência de Transportes e Comunicações Finlandesa, define apenas 0,8 NM, como distancia mínima de segurança entre um PEO e um fundeadouro.

Apesar de estas conclusões estarem baseadas num contexto geográfico concreto, fornecem uma referência útil em distâncias e considerações base (consultar anexo III) para o desenvolvimento destes projetos que poderá, ainda assim, carecer de novos estudos adaptados a outras áreas com características distintas.

3.4 Interferência Eletromagnética

A radiação eletromagnética compreende uma vasta gama de frequências, sendo no contexto marítimo, utilizada em variados sistemas essenciais à navegação, tais como: radares de navegação e vigilância, comunicações rádio, sistemas de posicionamento, sistemas de informação, sistemas de balizagem eletrónica, entre outros (MCA 2021).

As turbinas eólicas *offshore*, enquanto infraestruturas de grande porte e com componentes eletromecânicos ativos, representam fontes potenciais de interferência eletromagnética. Essa interferência pode manifestar-se de forma passiva, através da reflexão, refração e alteração de fase da radiação eletromagnética, ou de forma ativa, por meio da emissão de sinais indesejados ou campos eletromagnéticos residuais gerados por alternadores e cabos submarinos (TRAFICOM 2023). Estes fenómenos poderão levar à criação de ecos falsos, como demonstrado na figura 3.10 (detalhado no Anexo V) e à omissão e outros contactos devido ao setor sombra criado pelas turbinas, representado na figura 3.11.

Esta conjuntura resulta numa perceção errada do panorama real, tanto para os navegantes como para as estações de controlo costeiro, alimentando o processo de decisão com informação falsa, podendo levar a situações de aproximação excessiva ou abalroamento, ou de tomadas de decisão erróneas, baseadas em informações fictícias.

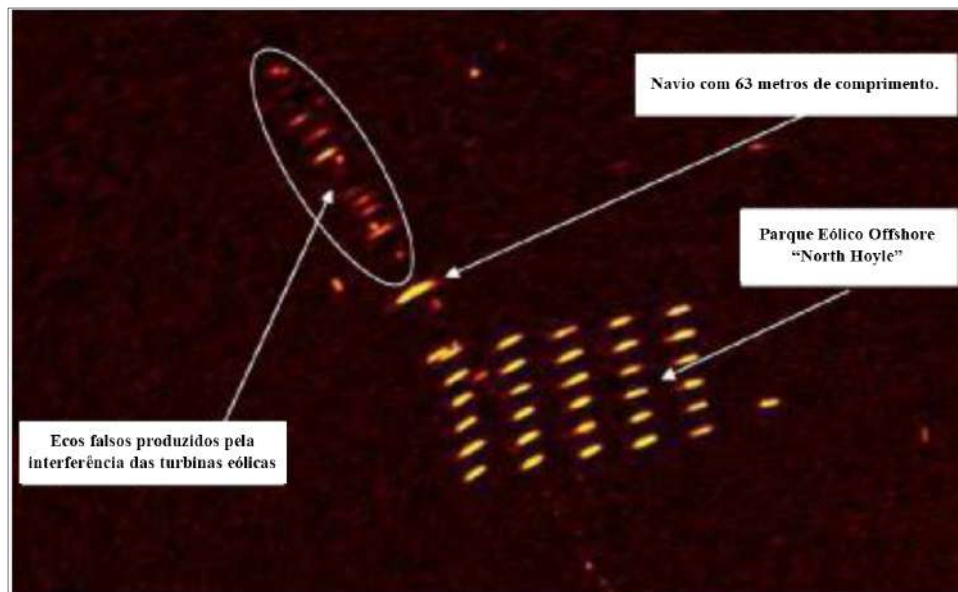


FIGURA 3.10: Fenómeno de Ecos Falsos provocado pela interferência eletromagnética causada por um PEO (Adaptado de: (PIANC 2018)).

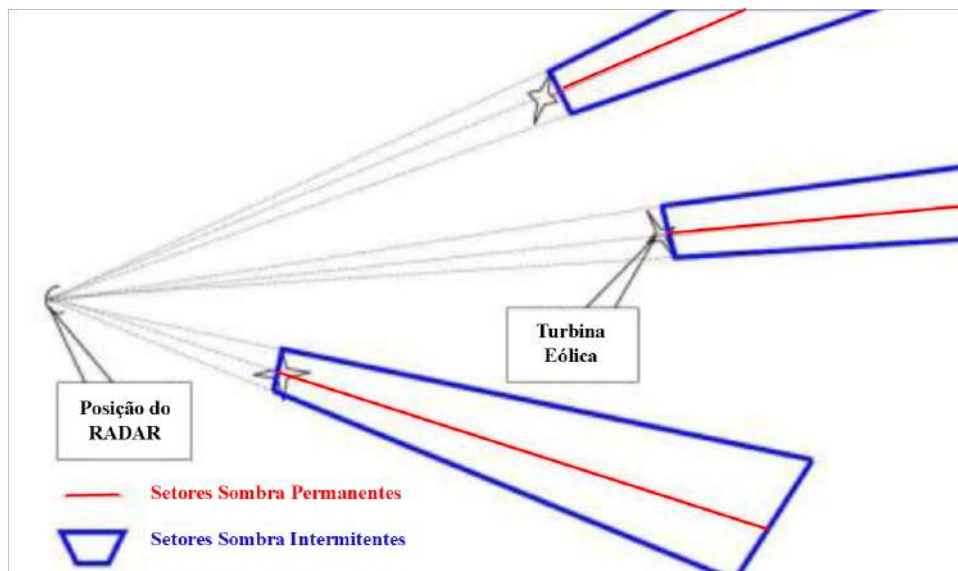


FIGURA 3.11: Setores sombra criados por turbinas Eólicas (Adaptado de: (PIANC 2018)).

Os efeitos negativos sobre os sistemas de bordo ocorrem frequentemente em situações nas quais os navios operam a distâncias inferiores às consideradas seguras, como acontece com navios de apoio técnico, navios de pesquisa ou meios de busca e salvamento que operam no interior dos PEO. Nessas circunstâncias, é possível registar anomalias na deteção, identificação e seguimento de contactos RADAR, interferências nas comunicações VHF, imprecisões dos sistemas de posicionamento e falhas das ajudas à navegação eletrónicas (PIANC 2018). Estes constrangimentos comprometem não apenas a segurança da navegação, mas também a capacidade de resposta a emergências no interior ou nas proximidades das estruturas offshore, devendo ser adotados métodos alternativos para garantir a eficácia das operações (PIANC 2018).

A presença de cabos submarinos com elevados fluxos elétricos, poderá gerar campos eletromagnéticos com influência direta no funcionamento de agulhas magnéticas e outros instrumentos semelhantes, operados em navios de conceção antiga ou embarcações de menor porte. Este fenómeno deverá ocorrer em águas pouco profundas, devendo toda a navegação ser alertada para este facto (MCA 2021). Normalmente, este tipo de informação encontra-se disponibilizada nas cartas náuticas de navegação.

3.4.1 Interferência RADAR

As entidades responsáveis pela exploração dos PEO, deverão obter aconselhamento junto de técnicos e especialistas da tecnologia RADAR antes de submeter o seu projeto de construção. Este período permitirá realizar uma série de simulações que permitam identificar os potenciais perigos e discutir junto das autoridades competentes soluções para mitigar quaisquer riscos. Entenda-se por técnico e especialista RADAR, todas as organizações com competência de Autoridade nos seguintes setores: Aeronáutica Civil, Defesa Nacional, Instituto Meteorológico e Serviços de Controlo Costeiro (PIANC 2018). As simulações realizadas devem garantir que os PEO permitam a monitorização do Espaço Aérea Nacional e de Tráfego Costeiro, não afetem o uso de áreas de exercício militares e não influenciem as previsões realizadas pelas estações meteorológicas (PIANC 2018).

Em torno das estações RADAR devem ser estabelecidas três áreas possíveis (PIANC 2018):

- a. **Áreas Protegidas**, onde o risco de interferência é elevado e não podem ser construídas turbinas eólicas;

- b. **Áreas Reguladas**, deve ser elaborada uma análise de risco, para avaliar o nível de interferência associado. Os PEO poderão ser construídos sob restrições, com recurso a métodos que permitam mitigar os efeitos ou poderá ser cancelado;
- c. **Áreas Autorizadas**, onde é autorizada a construção das turbinas eólicas.

No contexto português, esta análise já se encontra realizada, uma vez que as áreas definidas foram previamente analisadas, reajustadas e aprovadas como áreas seguras no PAER 2025 (Marques e Cardoso 2025). Não obstante, cada projeto deverá sofrer uma revisão, de modo a garantir a ausência de alterações ao panorama anterior.

3.4.2 Interferência em Sistemas VHF

Os sistemas de comunicação VHF (Very High Frequency) e o Sistema de Identificação Automática (AIS), poderão também ser alvos de interferência por parte dos PEO, em situações de proximidade, sendo ambos essenciais para uma navegação segura e para operações de emergência, referidas em maior detalhe no Capítulo 4.

Os sistemas VHF são vitais para a coordenação de manobras, chamadas de socorro, e gestão de operações SAR. Por sua vez, o AIS, que opera na banda VHF, permite a identificação de navios, partilhando informações como a posição, velocidade e rumo, sendo crucial para a prevenção de abalroamentos e controlo do tráfego costeiro, não sendo, contudo, de uso obrigatório em todas as embarcações. De acordo com a Convenção SOLAS, o AIS é obrigatório para os seguintes tipos de navios (IMO 1974):

- a. Navios de carga com Arqueação Bruta¹¹ igual ou superior a 300 toneladas em viagens internacionais;
- b. Navios de passageiros, independentemente do tamanho;
- c. Navios de pesca com comprimento total igual ou superior a 24 metros;
- d. Rebocadores e embarcações de apoio offshore que operem em águas internacionais;

¹¹A Arqueação Bruta é uma medida do volume total dos espaços internos de um navio, expressa em "Toneladas de Arqueação (GT – Gross Tonnage)", sendo que 1 GT = 100 pés cúbicos = 2,83 m³. Não se refere ao peso real do navio, mas sim à sua capacidade volumétrica, utilizada para regulamentação, aplicações tributárias e segurança. (IMO 1969)

- e. Qualquer navio que navegue em águas onde a legislação nacional exija o AIS, mesmo que não se enquadre nas categorias anteriores.

Estudos demonstram que os PEO podem reduzir o alcance operacional destes sistemas, especialmente para navios que navegam no lado oculto dos PEO, visto de terra, comprometendo a cobertura da Área Marítima A1 do Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima (GMDSS). (Ver Anexo VI). Sob certas condições, as interferências podem afetar não apenas as comunicações de voz analógicas, mas também os sinais digitais DSC (Digital Selective Calling) e AIS (IMO 2020).

Para mitigar estes riscos, é fundamental adotar medidas preventivas durante as fases de planeamento, construção e operação dos PEO. Semelhante ao processo do panorama RADAR, durante o planeamento, devem ser realizados estudos detalhados para avaliar os potenciais impactos nas comunicações VHF e AIS, em estreita colaboração com os Centros de Coordenação de Salvamento (RCC), os Serviços de Tráfego Marítimo (VTS) e as capitánias (IMO 2020).

Na fase de construção, recomenda-se a instalação de estações VHF adicionais no parque eólico, equipadas com sistemas multicanal (transmissor e recetor), para reforçar a capacidade de comunicação com o RCC. Após a entrada em funcionamento do PEO, devem ser efetuadas medições de propagação VHF no parque e nas suas imediações, cujos resultados devem ser partilhados com as entidades competentes para avaliação (IMO 2020).

Caso sejam detetadas interferências significativas, poderá ser necessária a instalação de uma estação costeira GMDSS como medida compensatória, garantindo a cobertura da Área A1. Para o AIS, a solução poderá passar pela instalação de estações base adicionais no parque eólico, consoante as necessidades identificadas. Se, por outro lado, os estudos não revelarem perturbações relevantes, deve ser avaliada a necessidade de manter os equipamentos adicionais, estabelecendo-se contratos de manutenção entre o operador do parque e as entidades envolvidas (IMO 2018).

Com este capítulo é dada resposta ao **OE3**: Identificar que medidas e regras de Segurança Marítima/Navegação podem ser implementadas nas áreas de Exploração de Energias Renováveis nos espaços marítimos nacionais (Portugal Continental).

Capítulo 4

Resposta à Emergência

4.1 Planeamento de Emergência Marítima

O Planeamento de Emergência Marítima (PEM) é parte integrante do Ordenamento do Espaço Marítimo Nacional, e constitui-se como instrumento estratégico para a gestão proativa de riscos e preparação para situações de emergência. Este quadro operacional, coordenado pela Autoridade Marítima Nacional (AMN), visa estabelecer protocolos de resposta eficazes que garantam a salvaguarda da vida humana no mar, a preservação de ecossistemas marinhos e a segurança de infraestruturas críticas (AMN 2025).

O PEM assenta em dois pilares fundamentais: a prevenção de acidentes através da identificação e mitigação sistemática de riscos, e a preparação de mecanismos de resposta rápida e coordenada para cenários de crise. Esta abordagem permite não só reduzir a probabilidade de ocorrência de sinistros, mas também minimizar os seus impactos quando estes se tornam inevitáveis. Na sua implementação, o PEM articula-se com os instrumentos de planeamento existentes, garantindo a coerência entre as políticas de ordenamento e as estratégias de segurança marítima (PIANC 2018).

O MEP é definido pela IMO como "o processo de análise de riscos e planeamento de contingência no âmbito do Ordenamento do Espaço Marítimo Nacional"(IMO 2018), tendo por base os seguintes objetivos:

- Identificação e mitigação proativa de riscos, através de metodologias estruturadas de avaliação;
- Preparação de mecanismos de resposta eficaz, assegurando a interoperabilidade entre entidades intervenientes;

- Coordenação operacional em cenários de crise, abrangendo operações SAR, controlo de poluição e proteção de infraestruturas;
- Garantia de resiliência pós-sinistro, promovendo a recuperação rápida das operações afetadas.

4.2 Plano de Contingência

Independentemente da origem de um sinistro marítimo, é imperativa a existência de um plano de contingência estruturado, dotado de diretrizes operacionais claras que permitam uma resposta imediata e eficaz. Tais planos devem ser objeto de análise exaustiva, assegurando, por um lado, a capacidade de resposta a um amplo espectro de eventualidades e, por outro lado, planos de atuação simples que permitam a sua flexibilidade e celeridade de atuação (PIANC 2018). Os planos de contingência, contudo, não devem ser estáticos. Na sequência de um sinistro marítimo, impõe-se a realização de uma análise exaustiva dos dados disponíveis, com vista a identificar as causas determinantes, avaliar potenciais melhorias que poderiam ter prevenido o incidente ou otimizar a resposta operacional e proceder à respetiva atualização dos protocolos (PIANC 2018). Este processo sistemático configura assim um ciclo virtuoso de aperfeiçoamento contínuo, essencial para a salvaguarda da vida humana no mar, como representado na figura 4.1.



FIGURA 4.1: Modelo Conceptual da Segurança Marítima (Fonte: (AMN 2025)).

O modelo conceptual adotado pela AMN apresenta uma estrutura bipartida, dividindo as medidas preventivas do sinistro, das medidas de atuação. Nas medidas preventivas do sinistro, encontramos as fases proativas, que antecedem qualquer eventualidade, onde se insere o primeiro esboço do plano de contingência, já que estas devem ser idealizados preferencialmente antes de um incidente (AMN 2025).

A fase de Mitigação constitui a primeira linha de defesa, focando-se na redução sistemática tanto da probabilidade de ocorrência como do potencial impacto de incidentes (PIANC 2018). Primeiramente, todo o navio deve cumprir com o normativo de segurança imposto pelas convenções internacionais, desde a sua fase de construção até ao desmantelamento. Durante este período, os navios deverão ser certificados e devem ser alvos de manutenção, verificação e controlo pelas autoridades competentes, garantindo o cumprimento dos requisitos de segurança. (IMO 1974). Complementarmente, são realizadas análises de risco, que resultam na criação de legislação, ações de treino ou sistemas auxiliares que permitam reduzir a probabilidade de ocorrência ou minimizar o nível de danos provocados (PIANC 2018).

Complementarmente à mitigação, a fase de preparação para a viagem assegura que todas as medidas preventivas idealizadas na fase anterior sejam efetivamente cumpridas. Aqui, destacam-se as verificações dos equipamentos de comunicação e salvamento, o planeamento meteorológico rigoroso, o estado de armazenamento da carga, entre outras questões de segurança (IMO 2010). Estes procedimentos são sistematicamente documentados através de listas de verificação que garantem o cumprimento do Código Internacional de Gestão da Segurança do Transporte Marítimo (ISM), criando uma barreira administrativa contra possíveis falhas humanas ou técnicas (IMO 2010). A fiscalização e o cumprimento das normas de segurança marítima não são responsabilidade exclusiva das autoridades competentes, cada navegante deve ser responsável por garantir que o seu navio cumpre as normas para uma navegação segura (IMO 2010).

4.3 Operações SAR em Ambiente Offshore

As operações de emergência em meio *offshore* enfrentam naturalmente condições operacionais complexas, agravadas pela exposição constante aos elementos oceânicos e às adversidades meteorológicas. Esta complexidade atinge níveis críticos na presença de PEO, onde as próprias estruturas impõem restrições significativas à manobra de navios e aeronaves de socorro, agravado pelas possíveis interferências nos sistemas de bordo, como descrito anteriormente.

Os desenvolvimentos mais recentes da tecnologia eólica *offshore*, levaram à criação de estruturas de maiores dimensões e a um maior afastamento da orla costeira, graças às estruturas flutuantes, abrangendo vastas áreas marítimas e afetando o espaço aéreo de baixa altitude. Esta expansão acarreta desafios operacionais acrescidos para os recursos SAR, com especial ênfase nas aeronaves, que apresentam uma autonomia limitada e a necessidade de operar no interior de complexos parques de turbinas eólicas, por vezes com visibilidade reduzida (IALA 2024).

Reconhecendo estes desafios, a IMO enfatiza a necessidade de incorporar considerações específicas no planeamento e operação destes parques (IMO 2018), tais como:

- Corredores SAR dedicados para operações de emergência;
- Sinalização clara e única, para navios e aeronaves SAR;
- Mecanismos de controlo e desativação rápida de grupos de turbinas durante ações SAR.

4.3.1 Disposição de um PEO

A disposição dos parques eólicos assume, assim, particular relevância para as operações SAR. A experiência internacional demonstra que *layouts* lineares, preferencialmente com duas linhas de orientação, proporcionam melhores condições para intervenções de emergência (figura 4.2) (AMSA 2024). Esta configuração permite rotas alternativas para navios e aeronaves de salvamento, facilitando o acesso, mesmo perante condições meteorológicas adversas. Quando apenas uma linha de orientação é considerada, os responsáveis pelo projeto devem apresentar uma justificação técnica detalhada às autoridades competentes, demonstrando como serão mantidos os níveis de segurança exigidos (AMSA 2024).

Disposições irregulares de PEO representam um desafio significativo para a execução eficaz de operações de busca e salvamento, comprometendo diretamente os parâmetros operacionais críticos que determinam o sucesso da missão. Esta limitação manifesta-se através de uma cadeia de efeitos interligados.

A largura de varredura (sweep width¹²) fica substancialmente reduzida nestes ambientes complexos devido à necessidade constante de manobras para contornar obstáculos. Cada desvio da rota planeada representa uma perda de área coberta,

¹²Medida de eficácia com que um determinado sensor consegue detetar um determinado objeto sob condições ambientais específicas (IMO and ICAO 2016), a largura do corredor de busca corresponde ao dobro deste valor.

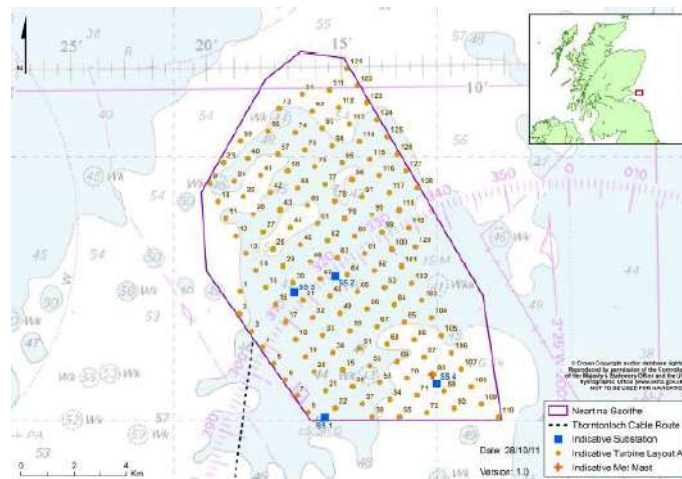


FIGURA 4.2: Exemplo de PEO com duas linhas de orientação em *Neart na Gaoithe*, no Reino Unido (Fonte: (Wind 2014)).

como visível na figura 4.3, exigindo a manutenção de distâncias de segurança adicionais como medida de precaução. Estas limitações tornam-se críticas em condições meteorológicas adversas, quando as margens de segurança operacional devem ser ampliadas.

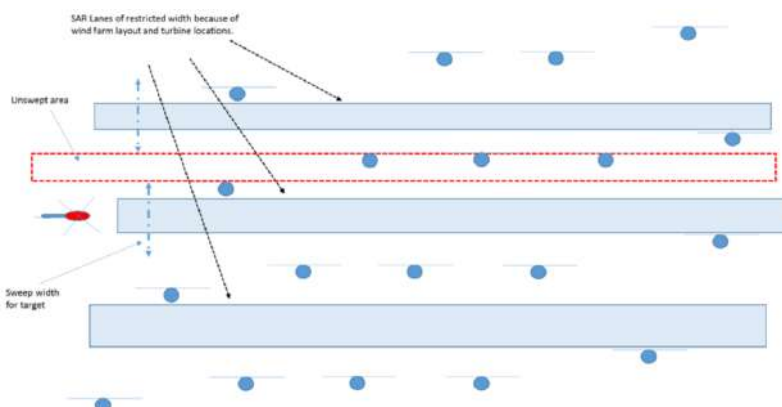


FIGURA 4.3: Influência da disposição irregular nos corredores SAR, reduzindo a probabilidade de detecção (Fonte: (MCA 2021)).

A redução da largura de varredura tem um impacto direto no fator de cobertura (coverage factor¹³) alcançável durante as operações. As trajetórias não lineares inevitavelmente criam zonas de sombra entre turbinas, áreas que ficam parcial ou totalmente fora do alcance visual efetivo das equipas de busca. Para compensar estas limitações, os operadores são forçados a reduzir a velocidade de progressão e a implementar sobreposições de área, soluções que, embora aumentem a segurança, diminuem a eficiência global da operação (MCA 2021).

¹³Razão entre o esforço de busca e a área efetivamente revistada. (IMO and ICAO 2016) Pode ser calculada como a razão entre a largura de varredura e o espaçamento entre rotas.

O efeito cumulativo destas restrições manifesta-se na probabilidade de deteção, que sofre uma redução significativa. O tempo de exposição visual reduzido, conjuntamente com o desvio de atenção das equipas com questões de segurança de voo, criam um ambiente operacional de buscas de baixo padrão, complementado pelos ângulos de visão frequentemente obstruídos pelas turbinas eólicas, como representado na figura 4.4.

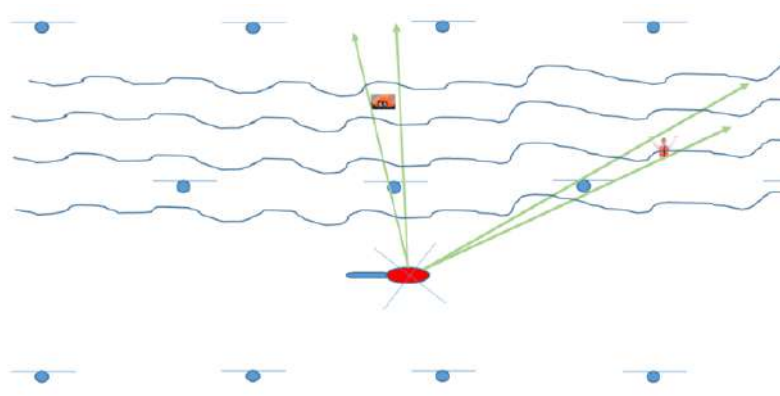


FIGURA 4.4: Os contactos SAR poderão ser ocultados pelas turbinas em momentos de deteção críticos (Fonte: (MCA 2021)).

A solução para este problema multidimensional passa pela adoção de uma disposição linear com múltiplos eixos de orientação, especificamente concebidos para operações SAR (figura 4.5) (MCA 2021). A criação de corredores dedicados com largura adequada, combinada com a padronização de distâncias entre turbinas que permitam manobras seguras, pode mitigar significativamente estes efeitos.



FIGURA 4.5: Conceito de corredor SAR. (Fonte: (MCA 2021))

Estudos realizados no Reino Unido demonstram que *layouts* não padronizados podem reduzir a probabilidade de deteção em até 40%, quando comparados com operações em mar aberto, uma diferença que pode ser crítica em situações de vida ou morte (MCA 2021). A implementação de corredores SAR dedicados, constitui-se

como outra medida essencial, criando vias de acesso desimpedidas para equipas de emergência. A sinalização adequada destas infraestruturas é igualmente essencial, devendo estar de acordo com o disposto no Capítulo 3.

4.3.2 Helicópteros SAR

Os helicópteros constituem um recurso crítico em operações de emergência *offshore*, destacando-se pela sua capacidade de resposta rápida e eficaz. Contudo, a sua operação no interior de PEO apresenta desafios específicos que exigem requisitos operacionais rigorosos. A segurança e eficácia destas operações dependem fundamentalmente de dois fatores: o espaçamento adequado entre turbinas e a capacidade de controlo preciso do posicionamento das estruturas eólicas (PIANC 2018).

No contexto de evacuações médicas urgentes, as operações diretas de resgate a partir do topo das *nacels*, representam o procedimento preferencial. Estas intervenções exigem protocolos rigorosos, incluindo o bloqueio imediato das pás das turbinas (MCA 2021). Este sistema de controlo deve garantir disponibilidade permanente, com capacidade de resposta em tempo útil, idealmente inferior a 10 minutos após a solicitação, para não comprometer a eficácia da missão de salvamento. O controlo remoto deverá conseguir bloquear as pás numa configuração conhecida como "pás em orelhas de coelho" ou "Y", figura 4.6. (outras configurações em Anexo VII). Complementarmente, a *nacel* deverá ser orientada, de acordo com as características da aeronave (MCA 2021). No caso da aeronave EH-101, utilizado pela Força Aérea Portuguesa (FAP), a localização do guincho no lado direito da aeronave impõe requisitos específicos de orientação da estrutura (FAP 2025). A impossibilidade de garantir estes parâmetros operacionais pode comprometer irremediavelmente a execução de uma missão de salvamento.

As operações de guincho em ambiente eólico *offshore* exigem infraestruturas especialmente concebidas para o efeito. As turbinas modernas devem incorporar áreas dedicadas a estas operações, equipadas com plataformas dotadas de superfícies antideslizantes, sistemas de iluminação adequados às condições operacionais noturnas ou de visibilidade reduzida, e dispositivos de fixação seguros para o pessoal de resgate e as vítimas, visível no lado direito da figura 4.6 (MCA 2021). A ausência destes elementos essenciais pode tornar impossível a execução de operações de guincho.

A navegação e execução de operações de busca no interior de PEO apresentam desafios técnicos significativos. Os sistemas de radar das aeronaves SAR sofrem interferências notórias nestes ambientes, com os ecos das turbinas a fundirem-se

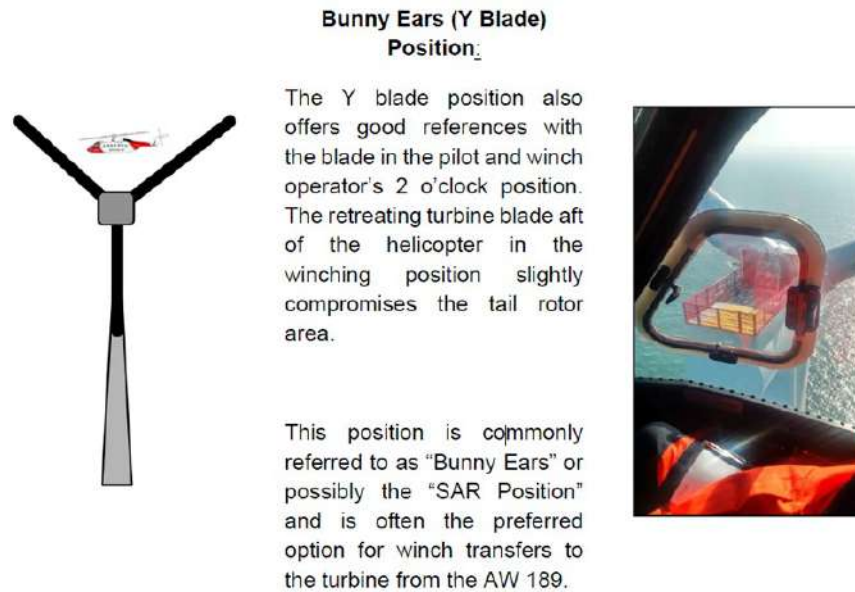


FIGURA 4.6: Configuração Y (Fonte: (MCA 2021)).

numa única imagem indistinta a distâncias médias e longas (entre 1,5 e 5 NM) (MCA 2021). Esta limitação técnica, combinada com a necessidade de manter velocidades reduzidas (entre 50 a 60 nós) e a constante exigência segurança de voo, reduz drasticamente a eficácia das operações de busca. Na prática, estas condicionantes operacionais limitam o número de elementos da tripulação disponíveis para tarefas de detecção visual, concentrando a atenção dos operadores em questões de segurança de voo em detrimento da eficácia da missão de busca (MCA 2021).

4.3.3 Navios e Embarcações SAR

Os navios e embarcações SAR constituem um elemento fundamental no sistema integrado de resposta a emergências em PEO, podendo atuar de forma autónoma ou em coordenação com meios aéreos.

A presença das estruturas eólicas *offshore* introduz fatores de risco adicionais, os quais intensificam os perigos inerentes às já desafiadoras condições meteorológicas e estados de mar característicos destas zonas. Esta realidade operacional exige que as embarcações SAR, disponham de equipamentos especializados e capacidades reforçadas para garantir a eficácia das missões de salvamento. Entre os sistemas essenciais destacam-se (MCA 2021):

Os sistemas de comunicação e localização, incluindo VHF, Personal Locator Beacons (PLB) e AIS, que constituem requisitos básicos para garantir a coordenação



FIGURA 4.7: Embarcação Salva-vidas Oceânica da Classe Vigilante a realizar exercício de resgate no projeto *Winfloat* (Fonte: (Windfloat Atlantic 2020)).

eficiente das operações. Complementarmente, a dotação de radares de alta resolução e equipamentos de detecção térmica permite uma navegação mais segura e a identificação de alvos em condições de visibilidade reduzida (MCA 2021). Devem ainda ser utilizadas luzes de busca redundantes, de forma a assegurar a continuidade operacional em situações de falha de equipamento, enquanto os equipamentos médicos avançados permitem a estabilização de vítimas durante o transporte. A capacidade de reboque de emergência completa o conjunto de requisitos críticos para estas embarcações (MCA 2021).

Os concessionários dos PEO têm a obrigação de integrar no seu Plano de Contingência a disponibilidade permanente de pelo menos uma embarcação operacional durante todo o período de atividade do PEO (PIANC 2018). Esta medida visa garantir resposta imediata a eventuais emergências, reduzindo os tempos de intervenção críticos em situações de acidente ou emergência médica. A embarcação designada deve manter permanente estado de prontidão, com tripulação treinada e equipamentos verificados, constituindo primeiro recurso de resposta no local (PIANC 2018).

Em cenários de emergência complexos, estas embarcações assumem considerável importância na evacuação de vítimas para zonas de transferência segura, onde os meios aéreos podem operar com menores restrições. Esta capacidade de atuação coordenada entre meios marítimos e aéreos é particularmente relevante em condições meteorológicas adversas, quando a operação direta de helicópteros no interior do parque eólico possa ser impossibilitada por qualquer motivo (MCA 2021).

4.3.4 Outras Considerações

Além dos aspetos operacionais relativos a meios aéreos e marítimos, as operações de Busca e Salvamento em PEO exigem a consideração de diversos fatores adicionais que poderão condicionar a eficácia das intervenções de emergência (PIANC 2018). Estes elementos complementares, embora frequentemente menos visíveis, são igualmente críticos para garantir a segurança das operações.

O controlo remoto das turbinas eólicas durante operações SAR revela-se um requisito operacional fundamental. Em situações de emergência, torna-se necessário imobilizar total ou parcialmente as turbinas, ajustando a sua orientação para permitir o acesso seguro dos meios de intervenção (MCA 2021).

Os concessionários dos PEO têm responsabilidades específicas na preparação para emergências, devendo dispor de recursos humanos e materiais adequados. Entre estes recursos destacam-se, pessoal devidamente treinado em técnicas de primeiros socorros e suporte básico de vida, embarcações de apoio totalmente equipadas e, em casos justificáveis, até mesmo helicópteros dedicados a operações de emergência. Esta preparação deve ser documentada nos planos de emergência e regularmente testada através de exercícios simulados (PIANC 2018).

O crescente recurso a sistemas de transferência direta *Walk to Work* (W2W) introduz novas variáveis no planeamento de emergências. Estes sistemas, que permitem a transferência segura de pessoal entre embarcações e estruturas offshore sem recurso a embarcações auxiliares, exigem a elaboração de planos de evacuação alternativos que contemplem a ausência de escadas convencionais (MCA 2021). A validação destes planos alternativos deve demonstrar inequivocamente a sua eficácia em condições operacionais reais, garantindo níveis de segurança equivalentes aos dos sistemas tradicionais. Esta abordagem preventiva é particularmente relevante em situações de emergência médica ou necessidade de evacuação rápida.

Os aspetos operacionais dos PEO influenciam diretamente a capacidade de resposta a emergências. A possibilidade de imobilização rápida de turbinas individuais ou em grupo revela-se crucial durante operações SAR, permitindo a aproximação segura de meios aéreos e/ou marítimos (MCA 2021). Estes protocolos devem ser coordenados com as autoridades de salvamento locais, assegurando tempos de resposta mínimos em situações críticas. A monitorização contínua do tráfego marítimo através de sistemas como o *Vessel Traffic Service* (VTS) contribui adicionalmente para a deteção precoce de potenciais incidentes. Estes sistemas, ao serem implementados

nas extremidades de um PEO (figura 4.8), garantem um controlo mais eficaz e detalhado, sem dependência de estações costeiras, que poderão estar a uma distância ineficiente ou com um panorama degradado devido aos setores sombra criados pelas turbinas (MCA 2021).



FIGURA 4.8: Sistema VTS instalado no projeto *Winfloat* (Fonte: (Windfloat Atlantic 2020)).

A integração destas medidas no planeamento de PEO representa um equilíbrio necessário entre o desenvolvimento de energias renováveis e a segurança marítima. A experiência acumulada em projetos internacionais demonstra que esta abordagem proativa, não só protege vidas humanas e o meio ambiente, como também contribui para a sustentabilidade a longo prazo da energia eólica *offshore*. A contínua evolução tecnológica e a partilha de melhores práticas entre setores serão determinantes para otimizar a compatibilidade entre estas infraestruturas energéticas e as operações de salvamento marítimo (PIANC 2018).

Com este capítulo é respondido o **OE4**: Identificar procedimentos e medidas de busca e salvamento marítimo (SAR) que possam ser implementados nas imediações das áreas de exploração de energias renováveis *offshore*.

Capítulo 5

Análise de Dados

O presente capítulo tem como objetivo principal caracterizar a intensidade do tráfego marítimo nas áreas definidas pelo PAER 2025 em Portugal continental, com vista a avaliar a sua compatibilidade com a exploração de energias renováveis. Esta informação permite caracterizar o perfil dos navios que operam nestas zonas, sendo particularmente relevante para a definição de distâncias de segurança, avaliação do risco e planeamento de eventuais alterações à organização do espaço marítimo.

5.1 Análise Descritiva

O conjunto de dados utilizado foi fornecido pelo Instituto Hidrográfico, tratando-se de registos de dados AIS recolhidos durante os anos de 2023 e 2024 abrangendo todos os navios que transitaram nas áreas em análise. O CGEOMETOC, localizado nas instalações do IH, disponibilizou-se para auxiliar no processamento dos dados, tendo o autor da tese passado uma semana a trabalhar nestas instalações, onde obteve o auxílio de elementos com bastante experiência no processamento desta tipologia de dados. Inicialmente, foi solicitado um conjunto completo de registos numa área compreendida entre a linha de base reta e as 60 MN, totalizando um volume significativo de 170 GB de dados brutos. Contudo, face às limitações computacionais existentes, optou-se por restringir a área de estudo através da criação de um buffer de 10 MN em torno dos polígonos definidos no PAER2025 (Viana do Castelo, Leixões, Figueira da Foz e Sines). Esta delimitação espacial, realizada através de uma *query* no sistema de dados do IH, permitiu reduzir substancialmente o volume de dados para 15 GB, mantendo apenas a informação relevante para as áreas em análise.

Os ficheiros originais, fornecidos em formato CSV, continham os seguintes metadados: *ship_id*, *mmsi*, *callsign*, *shipname*, *shiptype_id*, *code*, *classification*,

aistype, shipsize, draught, last_received, latitude, longitude, geom, turn, speed, accuracy, course, heading, maneuver, raim e radio.

5.2 Tratamento de Dados

O processo do tratamento de dados foi conduzido segundo uma metodologia sistemática e estruturada. Numa primeira fase, procedeu-se à limpeza e validação dos dados, visando garantir a integridade e a fiabilidade da amostra a analisar. Esta etapa incluiu a exclusão de todos os registos inválidos, nulos ou incompletos. Foram removidas, especificamente, as entradas com valores negativos de velocidade e comprimento dos navios, resultantes de erros de transmissão.

Posteriormente, os dados foram classificados e organizados em três categorias principais:

- **Navegação geral:** englobando todos os navios;
- **Pesca:** incluindo todas as embarcações dedicadas à atividade piscatória;
- **Carga:** abrangendo os navios comerciais como contentores e petroleiros.

Esta categorização permitiu uma análise diferenciada por tipo de tráfego marítimo, essencial para avaliar os padrões de utilização do espaço marítimo nas áreas em estudo. O pré-processamento garantiu a qualidade e consistência dos dados, criando as bases para as análises espaciais e estatísticas subsequentes.

Seguiu-se a fase de transformação dos dados, onde os registos foram agregados temporal e espacialmente, por forma a ser possível calcular as métricas de densidade de tráfego. Foi ainda definida uma grelha regular sobre as áreas de estudo, composta por células de 0,5 MN x 0,5 MN. O cálculo baseia-se na conversão das posições AIS em trajetórias, onde cada segmento de movimento de um navio é associado a um intervalo temporal correspondente, como representado na figura 5.1. Ao integrar o tempo total de permanência das embarcações em cada célula da grelha espacial definida, obtém-se o tempo acumulado de ocupação. Esse valor é posteriormente normalizado pela área da célula (neste caso, em milhas náuticas quadradas), resultando assim na métrica Hrs/MN².

Esta abordagem permite não apenas contabilizar o número de embarcações que atravessam a área, mas também quantificar a intensidade e permanência do tráfego marítimo nas respetivas áreas. Assim, zonas com elevado valor em Hrs/MN² correspondem a áreas onde existe maior concentração de tráfego ou permanência

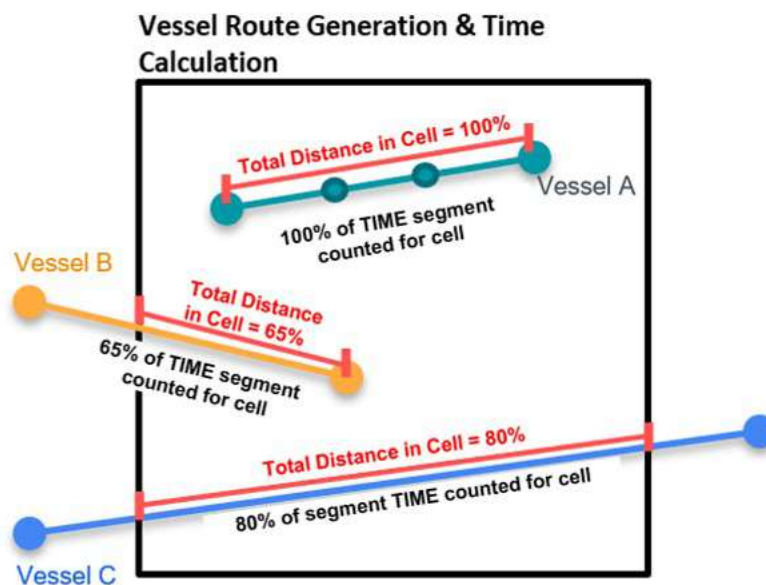


FIGURA 5.1: Cálculo da Densidade de Tráfego por tempo de permanência. (Fonte: (GMTDS 2025))

prolongada de navios, podendo indicar rotas principais, zonas de fundeadoiro, áreas de espera ou locais de manobra frequente.

O tempo de permanência das embarcações numa determinada área, em detrimento do método tradicional baseado unicamente no número de pontos registados, apresenta vantagens significativas, uma vez que a densidade medida pelo número de pontos pode ser enviesada por fatores como a frequência de transmissão dos dados AIS ou a velocidade do navio, conduzindo a interpretações erróneas. Em contrapartida, o cálculo baseado no tempo de permanência reflete, de uma forma mais fidedigna, a intensidade real de utilização do espaço marítimo, independentemente das variáveis mencionadas anteriormente.

5.3 Discussão de Resultados

O presente subcapítulo dedica-se à discussão dos resultados obtidos a partir da análise dos mapas de densidade de tráfego marítimo nas quatro áreas definidas pelo PAER 2025. No total, foram produzidos 72 mapas (consultar Apêndice A), dos quais se selecionaram os mais representativos e relevantes para a discussão. A análise incidirá sobre a proximidade das áreas a rotas principais de navegação e a zonas de fundeadoiro, avaliando a influência dessa distância na segurança da navegação. Serão igualmente identificadas e caracterizadas as rotas que atravessam

as áreas em estudo, estimando a largura necessária para a eventual implementação de canais de navegação dedicados. Adicionalmente, será feita uma avaliação dos padrões de atividade piscatória e do potencial conflito com a instalação de PEO, considerando a intensidade e distribuição espacial dessa atividade. Esta abordagem permitirá enquadrar os resultados no contexto da compatibilização entre a expansão das energias renováveis nos espaços marítimos contíguos a Portugal continental e a salvaguarda das funções de segurança, económicas e sociais associadas ao uso desses mesmos espaços marítimos.

5.3.1 Viana do Castelo

Analisando a área de Viana do Castelo, verifica-se que a distância ao fundeadoiro mais próximo é de 5,8 MN, valor substancialmente superior ao mínimo recomendado de 1,7 MN, conforme estabelecido pela PIANC, não se antecipando constrangimentos significativos nesse parâmetro. A área de passagem dos cabos submarinos encontra-se já definida e em funcionamento graças ao projeto *Windfloat*, não se justificando a proposta de novas zonas para esse efeito.

A figura 5.2 evidencia a existência de rotas de aproximação aos portos de Leixões e de Vigo.

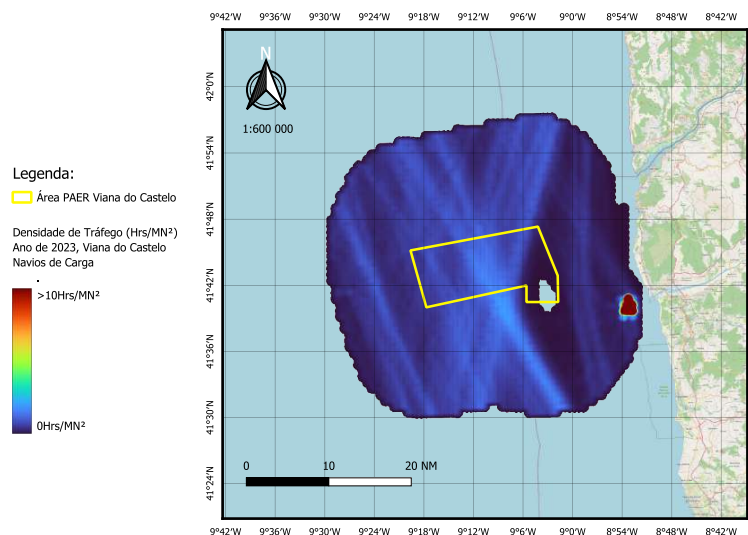


FIGURA 5.2: Densidade de tráfego dos navios de carga na área PAER Viana do Castelo no ano de 2023.

Perante a necessidade de estabelecer um canal de navegação, poderíamos calcular a sua largura através da aplicação do método do Instituto Marítimo dos Países Baixos. O resultado seria uma largura de cerca de 1500 metros, calculada a

partir do comprimento máximo registado de navio na área (380 metros, como descrito no Apêndice B), multiplicado por dois e considerando a passagem simultânea de dois navios, dado tratar-se de uma rota de baixa densidade. Contudo, dada a dimensão relativamente reduzida da área, a solução mais adequada consistiria no desvio da navegação em torno do perímetro do mesmo, evitando a necessidade de um canal.

No que respeita à interferência eletromagnética, tanto as principais rotas como os fundeadouros mais próximos situam-se a mais de 5 MN, não se prevendo impactos significativos causados pela interferência eletromagnética. Ainda assim, recomenda-se que toda a navegação mantenha um afastamento mínimo de 5 MN, de forma a prevenir potenciais interferências e/ou ocultações na deteção de outros navios.

Analisando a figura 5.3, podemos observar a norte do projeto *WindFloat* uma área retangular, com densidade de navegação praticamente nula, resultado da ausência de navegação, podendo representar uma área favorável para a exploração de projetos.

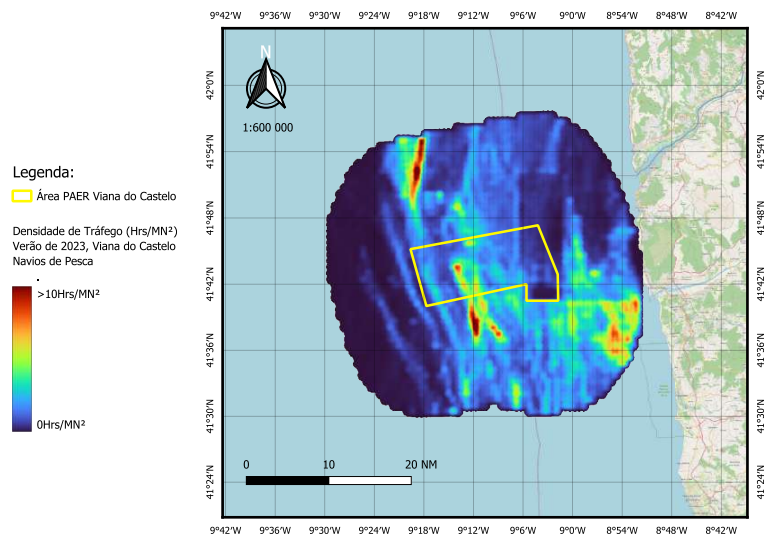


FIGURA 5.3: Densidade de tráfego dos navios de pesca na área PAER Viana do Castelo no verão de 2023.

5.3.2 Leixões

Na área de Leixões, o principal foco incide no limite oeste, que coincide com uma elevada intensidade de tráfego piscatório, como podemos observar na figura 5.4 que poderá evidenciar uma correlação significativa entre a profundidade máxima

admissível para a instalação de projetos *offshore* e a prática de pesca de arrasto na região.

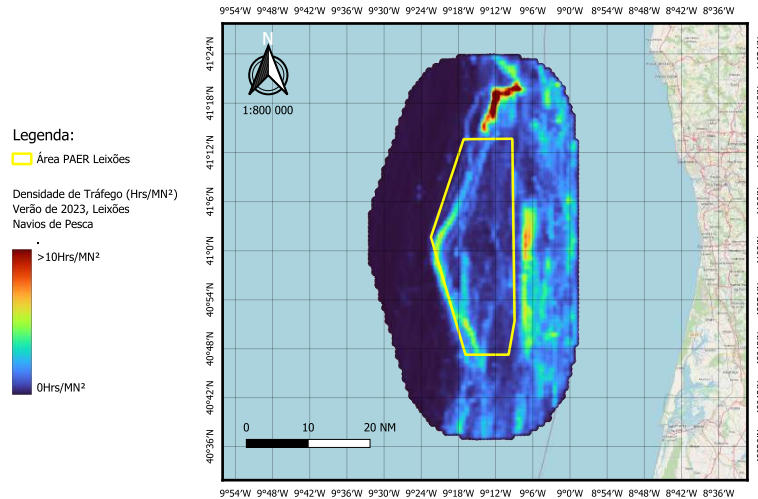


FIGURA 5.4: Densidade de tráfego dos navios de pesca na área PAER Leixões no verão de 2023.

Nesta área, verifica-se que a distância ao fundeadouro mais próximo é superior a 20 MN, valor largamente acima do mínimo recomendado de 1,7 MN, não se antecipando constrangimentos nesta métrica.

No que respeita à faixa de cabos submarinos, a área não possui, à data, qualquer estrutura por inexistência de projetos em curso. A definição futura da área para a passagem dos cabos deverá considerar, contudo:

- o tráfego marítimo elevado na proximidade do porto de Leixões e dos respetivos fundeadouros;
- a distribuição espacial da atividade piscatória, sendo que, apesar de não ser evidente no buffer de 10 MN, a leitura de dados AIS na faixa costeira indica menor densidade de pesca na zona de Esmoriz e Ovar;
- a necessidade de garantir locais adequados para instalações de estruturas de controlo do parque em terra, garantindo a operação e manutenção dos mesmos.

Assim, recomenda-se um compromisso que minimize o impacto na segurança da navegação e nas atividades piscatórias, assegurando simultaneamente a operacionalidade do empreendimento.

Os mapas de densidade de tráfego revelam a existência de rotas de aproximação ao porto da Figueira da Foz a cruzar a área. No entanto, não se justifica a

criação de um canal de navegação dedicado, uma vez que o desvio resulta num acréscimo de 5 a 10 MN, o que não se considera significativo. Desta forma, é garantida a continuidade operacional e redução do risco de conflitos de uso.

Relativamente a potenciais interferências eletromagnéticas, as rotas principais e os fundeadouros situam-se a mais de 5 MN da área em análise, não se prevendo impactos relevantes. Ainda assim, caso se proceda ao desvio da rota de aproximação à Figueira da Foz, deve ser feita uma recomendação a toda a navegação para garantir um resguardo superior a 5 MN, por prudência e para mitigar eventuais interferências e/ou ocultações na deteção de outras embarcações.

5.3.3 Figueira da Foz

A área da Figueira da Foz apresenta-se como uma das mais contestadas durante o período de discussão pública devido à elevada intensidade de atividades piscatórias em grande parte da área ao longo todo o ano, com particular incidência no verão, como observado na figura 5.5. Durante a discussão do PAER, foram debatidos assuntos como a “indemnização das empresas devida à inativação de alguma capacidade de pesca, nomeadamente ao nível da arte do arrasto” (Leiria 2023). As entidades municipais demonstram uma preocupação acrescida com “os impactos negativos na atividade económica da pesca (...) com a garantia da implementação de medidas de compatibilização da atividade da pesca com a existência dos parques eólicos” (Leiria 2023).

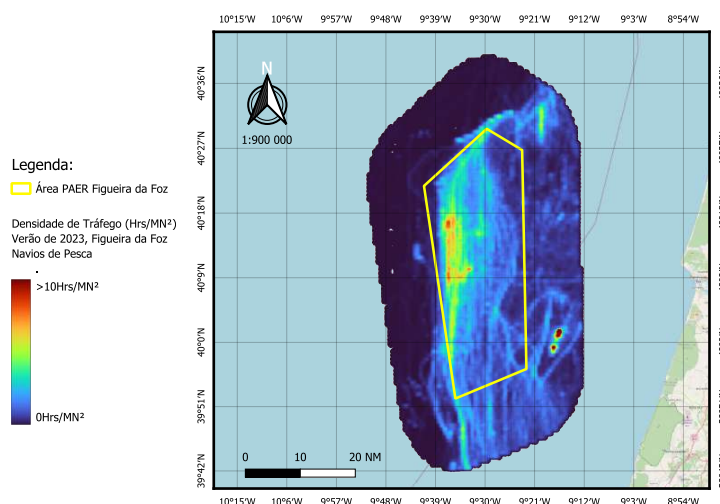


FIGURA 5.5: Densidade de tráfego dos navios de pesca na área PAER Figueira da Foz no verão de 2023.

Quanto aos fatores de segurança à navegação, verifica-se que a distância ao fundeadouro do porto da Figueira da Foz é de aproximadamente 21 MN, valor largamente superior ao mínimo recomendado de 1,7 MN, não se antecipando constrangimentos nesse parâmetro.

Relativamente à colocação de cabos submarinos, a leitura dos mapas de densidade, incluindo os dados mais próximos da faixa costeira, aponta a generalidade da área como favorável à instalação de cabos, com exceção imediata da zona junto ao porto da Figueira da Foz, onde a movimentação é elevada. A zona sul do polígono é a menos movimentada e, por isso, a mais adequada para o estabelecimento de cabos, devendo ser priorizada sempre que se pretenda reduzir o impacto sobre a pesca e a navegação costeira.

Podemos observar na figura 5.6 que a zona sul da área é atravessada pela rota de aproximação ao porto de Aveiro. Contudo, a rota é facilmente desviada, contornando a secção sul do polígono mediante um desvio inferior a 5 MN. A área encontra-se a 5,1 MN a este do principal corredor de tráfego da costa portuguesa que liga os EST. Dado o critério de resguardo aconselhado de 5 MN, a distância de 5,1 MN não ultrapassa o valor crítico e, portanto, não constitui um risco imediato.

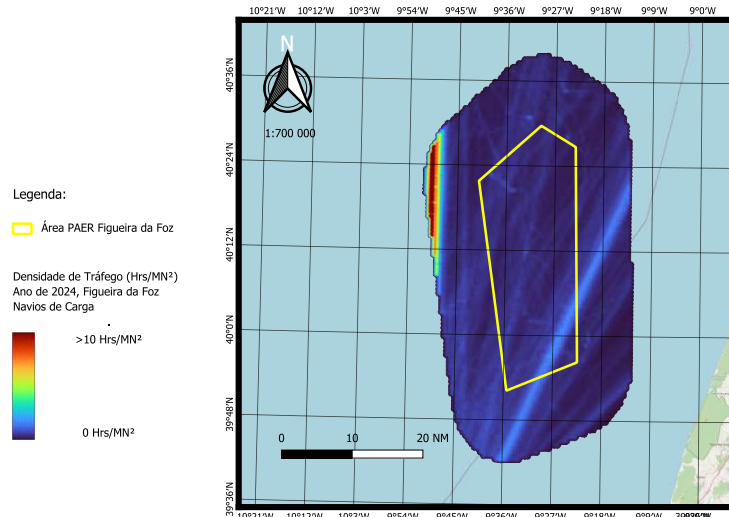


FIGURA 5.6: Densidade de tráfego dos navios de carga na área PAER Figueira da Foz no ano de 2024.

No que diz respeito à interferência eletromagnética, não se prevê interferência imediata, tendo em conta o critério de afastamento de 5 MN. Contudo, caso se proceda ao desvio da rota de aproximação ao porto de Aveiro, deverá ser recomendado um resguardo de 5 MN em relação ao parque.

5.3.4 Sines

A área de Sines encontra-se a aproximadamente 5,2 MN do fundeadouro de Sines, distância superior ao limite mínimo de 1,7 MN estabelecido. Embora cumpra o critério, trata-se da área com maior proximidade relativa ao fundeadouro, o que requer uma atenção acrescida no planeamento e implementação de medidas de mitigação.

A oeste da área observa-se a presença da rota de aproximação ao porto de Setúbal, cuja configuração permite o seu contorno sem necessidade de estabelecer um canal de navegação interno ao parque. Contudo, é visível na figura 5.7, não uma rota de aproximação, mas sim uma mancha dispersa, correspondente à área de espera para efetuar manobras de entrada ou de fundear, o que pode criar situações de incerteza na aquisição e diferenciação de contactos reais e das turbinas eólicas. A proximidade à zona de aproximação ao porto justifica a implementação de sinalização adequada, incluindo ajudas eletrónicas à navegação, e a recomendação expressa para que as embarcações mantenham um resguardo mínimo de 5 MN sempre que possível. Deverá igualmente ser incentivado o uso de redundância nos sistemas de deteção e navegação a bordo, como forma de garantir a deteção antecipada de contactos.

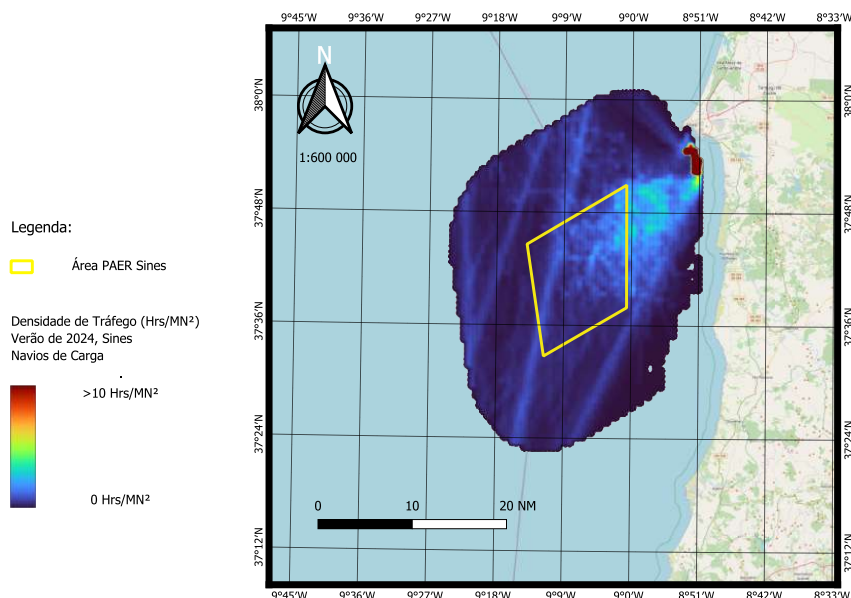


FIGURA 5.7: Densidade de tráfego dos navios de carga na área PAER Sines no ano de 2024.

No que respeita ao traçado de cabos submarinos, a zona norte do polígono apresenta maior proximidade quer ao fundeadouro, à zona de aproximação aproximação ao porto, pelo que não se revela a mais indicada para a sua colocação. A

zona sul, por apresentar menor densidade de tráfego e afastamento das áreas críticas, constitui a opção preferencial para a instalação dos cabos, reduzindo a probabilidade de conflitos com o tráfego de aproximação.

Na sua secção noroeste é também notória uma elevada concentração de atividade piscatória, como é visível na figura 5.8 o que poderá também trazer conflitos com a comunidade.

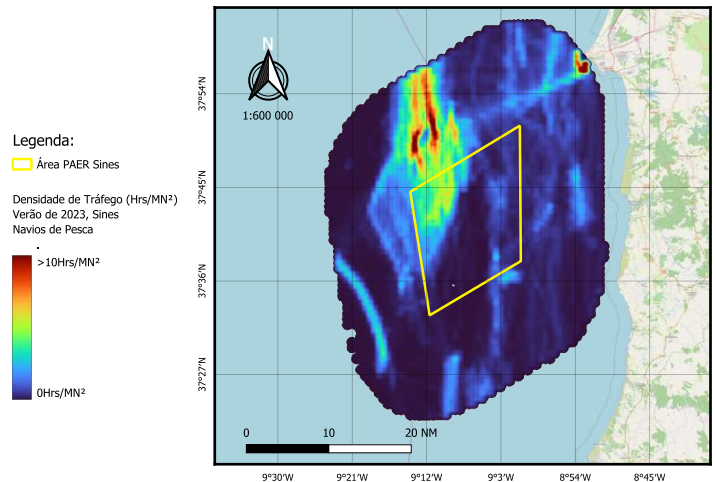


FIGURA 5.8: Densidade de tráfego dos navios de pesca na área PAER Sines no ano de 2023.

Com este capítulo é respondido o **OE5**: Efetuar a análise comportamental do tráfego marítimo nas águas costeiras portuguesas (Portugal continental), com base na análise de dados AIS dos anos de 2023 e 2024, de forma a sustentar a proposta de medidas de segurança adaptadas à realidade operacional do país.

A análise desenvolvida para as diferentes áreas PAER permitiu identificar, os principais fatores condicionantes à sua implementação segura e sustentável. Os resultados evidenciam que, embora todas as áreas cumpram os critérios mínimos estabelecidos relativamente a distâncias de segurança e coexistência com atividades económicas, estas devem ser analisadas de forma individual por forma a priorizar as que têm um impacto menor nas atividades marítimas, já que o processo de implementação irá decorrer de forma gradual.

De forma transversal, foram analisadas as zonas mais favoráveis à implementação de cabos submarinos, minimizando conflitos com a navegação mercante e piscatória, com preferência a zonas de menor densidade de tráfego e afastadas das áreas portuárias. Do mesmo modo, a avaliação das rotas de aproximação e a

possibilidade de desvios controlados demonstraram ser alternativas viáveis à abertura de canais de navegação, preservando a segurança operacional dos PEO sem comprometer a eficiência do tráfego marítimo.

Relativamente à interferência eletromagnética, constatou-se que as distâncias às principais rotas e fundeadouros se situam, acima do limiar recomendado de 5 MN. Ainda assim, a manutenção de resguardos mínimos, a implementação de sinalização marítima eficaz e o reforço da monitorização contínua são medidas essenciais para mitigar riscos e assegurar a compatibilidade das atividades.

Em síntese, os resultados obtidos reforçam a importância de um planeamento espacial integrado, que concilie as necessidades de produção de energia renovável com a salvaguarda da segurança da navegação e das atividades económicas associadas ao mar. A adoção de soluções adaptadas a cada área, suportadas por dados atualizados e pela cooperação entre autoridades, operadores e utilizadores do espaço marítimo, constitui-se como um elemento fundamental para o sucesso e sustentabilidade destes projetos.

Capítulo 6

Análise de Risco

A IALA é uma organização internacional responsável por promover a segurança da navegação e a proteção do meio marinho, através do desenvolvimento e harmonização de normas, recomendações e boas práticas a serem aplicadas de forma uniforme por todos aqueles que navegam. Entre as várias ferramentas que esta entidade disponibiliza às administrações marítimas e portuárias encontra-se o denominado *Simplified IALA Risk Assessment Method* (SIRA), um método de avaliação de risco simplificado concebido para apoiar a tomada de decisão relativamente à segurança da navegação em áreas específicas (IALA 2022a).

O SIRA integra a *IALA Risk Management Toolbox*, que reúne diferentes metodologias com graus distintos de sofisticação e requisitos de dados. Esta ferramenta caracteriza-se pela sua simplicidade de aplicação, baixo custo e adaptabilidade em contextos onde os recursos ou os dados disponíveis são limitados. É particularmente útil em fases preliminares de planeamento, nos projetos iniciais de definição de vias navegáveis ou em situações em que seja necessário obter rapidamente uma perceção estruturada dos riscos existentes e das medidas de mitigação necessárias (IALA 2022a).

6.1 Análise SIRA

A metodologia SIRA assenta em princípios de avaliação qualitativa de risco, seguindo uma lógica estruturada. O processo é habitualmente desenvolvido de forma conjunta, com a participação de técnicos, peritos e partes interessadas, tais como os promotores de PEO, entidades de segurança locais, elementos chave das comunidades (Proteção Civil, Capitánias, Armadores, Indústria, entre outros) permitindo a recolha de contributos multidisciplinares e a integração de diferentes perspetivas sobre os perigos associados a uma determinada área de navegação (IALA 2022b).

O ponto de partida é a identificação de perigos e a formulação de cenários de risco concretos, nos quais se descrevem situações indesejadas que possam comprometer a segurança da navegação. Na Tabela 6.1 estão representados os diversos fatores de risco considerados pela IALA, divididos em 7 áreas de influência. A azul encontram-se selecionados os fatores de risco considerados relevantes para a segurança à navegação nas imediações de plataformas de energia renovável *offshore* na área de Portugal continental.

TABELA 6.1: Fatores de risco associados à navegação junto de PEO

FATORES DE RISCO						
NATURAIS	ECONÓMICOS	TÉCNICOS	HUMANOS	OPERACIONAIS	ESPAÇO MARÍTIMO	COMPLEXIDADE DO CANAL
Profundidade mínima (m)	Ação Legal	Falha nas AtoN de bordo	Competência das tripulações	Impacte de pequenas embarcações	A existência de destroços ou novos perigos	Curvas acentuadas
Proximidade do perigo (NM)	Financiamento insuficiente para as AtoN	Qualidade dos navios	Fadiga	Atividades piscatórias	Volume de tráfego elevado	Largura do canal
Efeitos do vento, ondulação, maré e correntes		Qualidade e validade da informação cartográfica	Cultura de Segurança	Atividades sazonais	Existência de áreas restritas	Espaço de manobra
Gelo		Perda de controlo da embarcação	Influência de álcool e ou drogas	Planeamento de navegação inexistente ou mal feito		Considerações de tráfego
Visibilidade Mínima (NM)		Perda de comunicações	Disponibilidade e competência do VTS	Indicações inadequadas do canal de navegação		Profundidade disponível limitada
Problemas devidos ao sol baixo		Perda de conectividade	Competência do fornecedor das AtoN	Frac monitorização da rota		Obstruções novas ou existentes
Iluminação de fundo		Cyber interferências	Disponibilidade e competência dos pilotos	Frac promulgação das informações de segurança (MSI)		Instabilidade dos fundos
Perda de sinal PNT (obstruções geográficas)		Falha das AtoN	Pirataria e terrorismo	Frac resposta na marcação de novos perigos		Assoreamento do canal
Tremores de terra e tsunamis		Falha do PNT	Questões políticas	Navegação diurna/noturna		
		Embarcações de baixo padrão	Questões culturais e de linguagem			
			Problemas de saúde da tripulação			
			Distrações das tripulações			

Para cada cenário, procede-se à avaliação de dois fatores fundamentais:

- Probabilidade de ocorrência – estimada numa escala qualitativa de 1 a 5, em que 1 corresponde a uma probabilidade muito baixa (evento raro) e 5 a uma probabilidade muito elevada (evento frequente);
- Gravidade das ocorrências – também numa escala de 1 a 5, na qual 1 traduz um impacto insignificante e 5 um impacto catastrófico, com potenciais perdas humanas, danos ambientais graves ou prejuízos materiais significativos.

TABELA 6.2: Probabilidade de ocorrência

CLASSIFICAÇÃO	PESO	PROBABILIDADE
Muito Raro	1	Improvável, apenas ocorrerá em circunstâncias excepcionais e não mais que uma vez a cada 20 anos.
Raro	2	Pode ocorrer uma vez no período de 2 a 20 anos.
Ocasional	3	Pode ocorrer uma vez no período de 2 meses a 2 anos.
Frequente	4	Pode ocorrer uma vez por cada semana a 2 meses.
Muito Frequente	5	Pode ocorrer, pelo menos, uma vez o por semana.

TABELA 6.3: Gravidade das ocorrências

DESCRÇÃO	PESO	SERVIÇOS	PESSOAS	FINANCEIRO (INCLUI PERDAS TERCEIROS)	AMBIENTE
Insignificante	1	Sem interrupção de serviços, com exceção de alguns atrasos	Sem ferimentos em humanos, possibilidade de algum incômodo significativo	Inferiores a 1 000 €	Sem danos ambientais
Mínimo	2	Perda temporária dos serviços, por exemplo, fecho de barra ou de canal de navegação por um período inferior a 04H	Ferimentos ligeiros em um ou mais indivíduos, que podem requer necessidade de hospitalização	Entre os 1 000 € e 50 000 €	Danos a curto prazo para o ambiente, bastante limitados
Moderado	3	Interrupção constante de serviços como o fecho de barra ou canal de navegação por um período entre 04H a 24H	Ferimentos graves em vários indivíduos, com necessidade de hospitalização	Entre os 50 000 € e 5 000 000 €	Danos a curto prazo para o ambiente, limitados a uma pequena área
Grave	4	Interrupção prolongada de serviços como o encerramento de um porto principal ou canal de navegação por um período de t a 30 dias ou perda permanente ou irreversível de serviços	Ferimentos graves em vários indivíduos e/ou perda de vidas	Entre os 5 000 000 € e 50 000 000 €	Danos a longo prazo, ou irreversíveis, para o ambiente limitados a uma área
Catastrófico	5	Interrupção prolongada de serviços como o encerramento de um porto principal ou canal de navegação por meses ou anos	Ferimentos graves em n.º elevado de indivíduos e/ou perda de várias vidas	Superiores a 50 000 000 €	Danos irreversíveis para o ambiente numa área considerável

O nível de risco resulta da multiplicação da probabilidade pela gravidade da ocorrência, originando um valor que é posteriormente interpretado através de uma matriz de risco (ver tabela 6.4). Nesta matriz, os valores mais baixos correspondem a riscos aceitáveis (Baixo), enquanto os valores intermédios se classificam como Moderado e os mais elevados como Alto ou Extremo, exigindo intervenção imediata (ver tabela 6.5).

Uma vez identificado e avaliado o risco, são discutidas e propostas medidas de mitigação destinadas a reduzir a probabilidade ou a consequência do evento indesejado. Este processo conduz à determinação do risco residual, que deve ser

TABELA 6.4: Matriz de risco

		PROBABILIDADE				
		Muito Raro (1)	Raro (2)	Ocasional (3)	Frequente (4)	Muito Frequente (5)
Consequência	Catastrófico (5)	5	10	15	20	25
	Grave (4)	4	8	12	16	20
	Moderado (3)	3	6	9	12	15
	Mínimo (2)	2	4	6	8	10
	Insignificante (1)	1	2	3	4	5

TABELA 6.5: Medidas de controlo

CATEGORIA	NÍVEL DE RISCO / AÇÃO NECESSÁRIA
Verde	Risco Baixo - que não requer medidas adicionais para controlo do risco, a não ser que possam ser implementados com custos reduzidos em termos de tempo, dinheiro e esforço.
Amarelo	Risco Moderado - que deve ser reduzido ao nível "tão baixo quanto razoavelmente praticável" pela implementação de opções de controlo adicionais que provavelmente exigirão financiamento adicional
Laranja	Risco Elevado - sendo necessário esforços substanciais e urgentes para reduzi-lo ao nível tão baixo quanto razoavelmente praticável dentro de um período de tempo definido. É provável que seja necessário financiamento significativo e os serviços podem necessitar de ser suspensos ou restritos até que as opções de controlo de risco tenham sido acionadas.
Vermelho	Risco Muito Elevado e Inaceitável - necessárias melhorias substanciais e imediatas. Pode ser necessário um financiamento elevado e os portos e canais de navegação, provavelmente serão forçados a fechar até que o risco tenha sido reduzido a um nível aceitável.

verificado em função do princípio ALARP¹⁴. Considera-se que o risco é aceitável quando foi reduzido a um nível tão baixo quanto razoavelmente praticável, tendo em conta a relação entre benefícios, custos e viabilidade das medidas.

6.1.1 Riscos Associados a PEO

Aplicando o método SIRA à segurança da navegação em áreas de implementação de PEO, foram identificados diversos cenários de risco associados a potenciais colisões e a interações com atividades humanas no mar, descritos ao longo deste trabalho. Cada risco foi avaliado segundo os critérios de probabilidade de ocorrência e

¹⁴tão baixo quanto razoavelmente praticável, do Inglês *As Low As Reasonably Practicable*

gravidade das consequências, resultando no respetivo nível de risco (ver tabela 6.6).

TABELA 6.6: Classificação do risco

RISCO	DESCRIÇÃO	PROBABILIDADE	GRAVIDADE	NÍVEL DE RISCO
R1	Embate/colisão nas estruturas ou sistemas de amarração, durante a fase de construção do PEO, resultando em danos para as embarcações/navios ou estruturas.	2	4	8
R2	Embate/colisão nas estruturas ou nos sistemas de amarração das plataformas, provocado por condições de visibilidade reduzida.	2	4	8
R3	Embate/colisão nas estruturas ou nos sistemas de amarração das plataformas, provocado por degradação do sinal GNSS e ou RADAR.	2	4	8
R4	Embate/colisão nas estruturas ou nos sistemas de amarração das plataformas, provocado por confusão visual entre as luzes do PEO e da iluminação costeira.	2	4	8
R5	Atividades de Pesca que possam causar danos nas estruturas ou nos sistemas de amarração das plataformas.	1	3	3

O Risco R1 corresponde ao embate ou colisão de embarcações contra as estruturas ou sistemas de amarração durante a fase de construção do parque eólico offshore. Nesta fase, a presença simultânea de embarcações de apoio, equipamentos de construção e navios em manobra aumenta a complexidade operacional, embora o tráfego seja normalmente sujeito a planos de segurança reforçados e áreas de exclusão temporária. A probabilidade foi fixada em 2 (baixa), dado que, embora possível, a colisão é improvável perante as medidas de coordenação marítima habitualmente implementadas. Já a gravidade foi avaliada em 4 (grave), pois um impacto pode causar danos estruturais significativos às unidades em instalação e às embarcações envolvidas, com riscos adicionais de poluição ou lesões.

O Risco R2 refere-se a colisões provocadas por condições de visibilidade reduzida. Este fenómeno, comum em áreas marítimas, reduz a perceção visual dos navegantes, podendo comprometer a identificação e o desvio atempado de obstáculos. A probabilidade foi igualmente avaliada em 2 (baixa), considerando que os navios a navegar nas imediações destas áreas possuem RADAR e sistemas de navegação eletrónica que mitigam parcialmente erros de geolocalização e, por sua vez, o risco. Contudo, a gravidade manteve-se em 4 (grave), uma vez que, em caso de ocorrência, as consequências de uma colisão com estruturas fixas ou sistemas de amarração seriam severas, refletindo-se num nível de risco de 8.

O Risco R3 está associado à degradação do sinal GNSS ou à interferência RADAR, conduzindo a erros de navegação que podem resultar em colisões contra as plataformas. Este cenário, embora tecnicamente possível, é considerado improvável, uma vez que estas interferências são provocadas pela proximidade excessiva, o que só

deverá acontecer com navios e/ou embarcações de manutenção ou de busca e salvamento, pelo que foi atribuída uma probabilidade de 2 (baixa). Todavia, a gravidade foi novamente fixada em 4 (grave), dado que um navio que perca temporariamente capacidade de posicionamento e detecção pode colidir diretamente com as estruturas, originando danos sérios tanto para a plataforma como para o navio.

O Risco R4 corresponde à confusão visual entre as luzes do parque eólico offshore e as luzes da costa. Este risco advém sobretudo em situações de proximidade com o litoral e em condições noturnas, em que a distinção entre sinais distintos poderá ser menos clara. A probabilidade foi classificada como 2 (baixa), uma vez que a regulamentação internacional exige que as boias e balizas luminosas das estruturas sejam devidamente padronizadas e diferenciadas. Porém, não se pode excluir totalmente a possibilidade de confusão em situações específicas, pelo que o risco permanece presente, especialmente para guarnições inexperientes. A gravidade, tal como nos casos anteriores, foi avaliada em 4 (grave), em virtude da possibilidade de colisão direta em caso de erro de interpretação visual.

Finalmente, o Risco R5 diz respeito a atividades de pesca que possam danificar as estruturas ou sistemas de amarração das plataformas. Este risco foi avaliado com uma probabilidade de 1 (muito baixa), dado que em zonas de instalação de parques eólicos offshore é comum a existência de áreas de exclusão para atividades de pesca, bem como a monitorização de todas as atividades circundantes. Ainda assim, não se pode excluir totalmente a possibilidade de interação acidental, sobretudo em operações de arrasto. A gravidade foi fixada em 3 (moderada), considerando que os danos resultantes tenderão a ser localizados e reversíveis, sem implicar necessariamente perda de vidas humanas ou riscos ambientais significativos.

6.2 Mitigação do Risco

Os níveis de risco enumerados anteriormente poderão ser minimizados com recurso a medidas de mitigação exigindo uma abordagem integral, combinando medidas de ordenamento marítimo, assinalamento e balizagem, gestão do tráfego e procedimentos operacionais e de emergência. As medidas podem agrupar-se em várias dimensões complementares: ordenamento e disposição, assinalamento físico e eletrónico, monitorização e gestão do tráfego, medidas operacionais e de emergência, medidas técnicas para minimizar interferências nos sistemas de detecção e o papel da entidade de exploração.

Em primeiro lugar, o ordenamento e disposição do parque constituem a primeira e mais eficaz barreira de mitigação. A definição de distanciamentos mínimos entre linhas de turbinas e as rotas marítimas principais ou zonas de fundeadouro e a adoção de zonas exclusão são medidas recomendadas para preservar espaço de manobra suficiente e reduzir a probabilidade de abalroamento entre navios e as próprias estruturas.

Em segundo lugar, o assinalamento e a balizagem marítima são medidas centrais, devendo ser utilizadas de forma equilibrada, por forma a delimitar estas áreas de forma tão perceptível quanto possível. A sinalização visual e eletrónica devem ser utilizadas de forma complementar, para que se tornem visíveis nos variados sistemas de bordo, atuando como uma redundância à sua deteção.

Em terceiro lugar, a monitorização e gestão do tráfego por via de sistemas VTS de cobertura complementar, constituem-se como medidas operacionais que permitem detetar e gerir anomalias, bem como prestar apoio em tempo real a embarcações/navios de serviço ou em operações de emergência e salvamento marítimo. A implementação de vigilância contínua nas extremidades dos parques complementares à ação de centros de coordenação de busca e salvamento, dotados de procedimentos específicos para atuar no interior e nas imediações destes parques facilita a gestão de movimentos e a resposta a possíveis incidentes.

Em quarto lugar, as medidas procedimentais e operacionais incluem a definição de corredores de navegação no interior do parque para embarcações de serviço, regulamentação de operações como a transferência de pessoal e a implementação de limites meteorológicos para operações sensíveis. Estas medidas reduzem tanto a probabilidade de exposição a um perigo como a severidade das consequências aquando da ocorrência de um incidente.

Em quinto lugar, as medidas para operações de resposta a emergência exigem adaptações específicas tais como: definição de corredores SAR, pontos de aproximação seguros para helicópteros e procedimentos que permitam, sempre que tecnicamente possível, a paragem ou imobilização de turbinas em situação de emergência. A coordenação prévia entre operadores do parque, MRCC, serviços de emergência e autoridades portuárias, bem como a realização regular de exercícios conjuntos, são medidas práticas essenciais para reduzir tempos de resposta e complexidade operacional em resgates e evacuações.

Em sexto lugar, as medidas técnicas para minimizar interferências em sistemas de deteção e posicionamento incluem gestão da disposição do parque, testes

e calibração de equipamentos e a promoção de redundância nos meios de navegação a bordo.

Em sétimo lugar, as medidas de gestão e envolvimento da entidade que explora a atividade são fundamentais para a aceitação e eficácia das medidas técnicas: consulta e acordos com comunidades piscatórias, coordenação com operadores portuários e armadores e a realização de reuniões de análise de risco para validar cenários e medidas com as autoridades competentes. A partilha de dados AIS e a criação de processos participativos aumentam a qualidade das decisões e a probabilidade de cumprimento operativo das medidas.

Por último, a manutenção, inspeção e gestão contínua das ajudas à navegação e infraestruturas, incluindo inspeções periódicas de pintura e iluminação, planos de limpeza para remoção de destroços e procedimentos de manutenção programada, garantem que as medidas de mitigação se mantenham eficazes ao longo do tempo. Os planos de gestão das ajudas à navegação e os requisitos de disponibilidade operacional recomendados pela IALA são práticas consolidadas para reduzir o risco decorrente de falhas técnicas.

Em síntese, a evidência disponível aponta para a necessidade de um pacote integrado de medidas, centrado em boa localização espacial, balizagem e assinalamento robustos (físicos e eletrónicos), vigilância e gestão do tráfego, procedimentos operacionais e de SAR adaptados, mitigação das interferências eletromagnéticas e uma administração participativa. A combinação destas medidas permite reduzir simultaneamente a probabilidade de ocorrência e a severidade das consequências, criando condições para que a expansão planeada da energia eólica *offshore* ocorra sem comprometer a segurança da navegação, desde que mantida a monitorização contínua, procedimentos de manutenção rigorosos e capacidade de adaptação face a novos dados operacionais.

Com este capítulo é respondido o **OE6**: Realizar uma análise de risco abrangente, que avalie os potenciais impactos e vulnerabilidades associados à presença de infraestruturas *offshore* no ambiente marítimo.

Conclusão

A presente dissertação procurou articular, de forma integrada, as exigências da transição energética com as necessidades imperativas da segurança marítima, centrando-se na análise da segurança da navegação e das operações de busca e salvamento nas proximidades de Estruturas de Energias Renováveis Offshore. No decurso do trabalho procedeu-se à caracterização do enquadramento nacional e europeu para a expansão das energias renováveis offshore, que através do PAER, fixam uma meta intermédia de 2 GW de energia eólica offshore até 2030 e uma capacidade total prevista na ordem dos 10 GW na costa de Portugal continental.

No contexto europeu e global, o ritmo de construção é significativo, sendo que em 2024 foram adicionados cerca de 2,6 GW de capacidade eólica offshore na Europa, uma tendência crescente, que evidencia a urgência de dispor de um normativo de segurança marítima robusto, por forma a salvaguardar as atividades económicas do mar em coexistência com esta nova exploração.

A investigação desenvolvida centrou-se na avaliação integrada da segurança da navegação e das operações de busca e salvamento através de uma revisão normativa, análise de tráfego AIS e aplicação do método SIRA, com o objetivo de identificar, priorizar e propor medidas mitigadoras que permitam conciliar a expansão da capacidade eólica offshore em Portugal.

A revisão das normas e das boas práticas internacionais constituiu uma base técnica essencial para o trabalho, permitindo traduzir princípios gerais em requisitos operacionais concretos, designadamente no que respeita à balizagem, características luminosas, distâncias de segurança e configuração de corredores de navegação. Esta análise normativa demonstrou a utilidade de combinar ajudas à navegação físicas e eletrónicas, bem como a necessidade da adoção de critérios para evitar interferências nos sistemas RADAR e GNSS, propondo resguardos mínimos da ordem das cinco milhas náuticas para mitigar efeitos de proximidade nas rotas comerciais e de outras áreas de interesse para a navegação, como os fundeadouros.

A componente de análise comportamental do tráfego, baseada em dados AIS, permitiu caracterizar padrões de densidade e rotas predominantes nas áreas

em estudo (Viana do Castelo, Leixões, Figueira da Foz e Sines) e identificar pontos sensíveis com elevada atividade piscatória, aproximações portuárias e áreas de fundeadouro que exigem medidas localizadas.

A segurança da navegação e as operações SAR constituem o núcleo técnico da dissertação, articulando normas, avaliações técnicas e procedimentos práticos que visam permitir a coexistência segura entre o tráfego marítimo e os parques eólicos offshore. Foram desenvolvidas, de forma integrada, as linhas orientadoras para o ordenamento marítimo e para o assinalamento, com a especificação de distâncias de segurança, zonas de exclusão e corredores de navegação. É também detalhado o leque de ajudas à navegação a utilizar (visuais, sonoras e eletrónicas), bem como os requisitos de disponibilidade e de manutenção desses equipamentos, de modo a garantir um conhecimento situacional adequado.

Para além do enquadramento técnico da balizagem e da configuração das marcas, é abordado as interferências eletromagnéticas e os seus impactos sobre RADAR, VHF e sistemas GNSS, propondo medidas de disposição dos parques e a adoção de sistemas complementares de vigilância que permitam reforçar a segurança da área e dos navegantes. São ainda analisadas metodologias práticas para o cálculo de distâncias de segurança, baseadas no RIEAM e em dados empíricos sobre a deriva de navios em situações anómalas.

No domínio da resposta à emergência, são definidos princípios operacionais específicos para as operações SAR em ambiente offshore, nomeadamente a criação de corredores dedicados e de zonas que assegurem áreas de aproximações seguras de helicópteros e embarcações de salvamento. É igualmente salientada a importância da identificação prévia de pontos de aproximação e de atuação seguros, assim como a recomendação de capacidades técnicas por parte dos operadores dos parques, incluindo a possibilidade de imobilizar remotamente as turbinas em caso de emergência. Finalmente, sublinha-se a necessidade de planos de contingência robustos e da realização periódica de exercícios conjuntos entre operadores e autoridades competentes, garantindo assim uma resposta coordenada e eficaz.

A avaliação de risco realizada pelo método SIRA identificou como prioritários os perigos relacionados com colisões, interferências nos sistemas de deteção (RADAR e GNSS) e limitações de manobra. A aplicação deste método qualitativo permitiu priorizar cenários, propor um conjunto coerente de medidas mitigadoras e reavaliar o risco residual, demonstrando que a implementação integrada das medidas propostas tende a reduzir riscos, desde que se assegure monitorização contínua e inspeções periódicas que confirmem a eficácia destas medidas ao longo do tempo.

Reconhecem-se, contudo, limitações relevantes que condicionam a generalização dos resultados. A análise AIS foi realizada com cobertura temporal centrada em 2023–2024, sendo que, séries mais longas e um processamento contínuo aumentariam a robustez estatística e permitiriam capturar variações sazonais e eventos excepcionais com maior fidelidade. O âmbito geográfico do estudo foi limitado a Portugal Continental, pelo que as conclusões não são automaticamente transponíveis para os arquipélagos dos Açores e da Madeira, onde as condições oceanográficas e os padrões de utilização do espaço marítimo são significativamente diferentes. Complementarmente, a natureza qualitativa de parte da avaliação de risco aconselha a complementação com métodos probabilísticos e modelos de tráfego quando se exigem decisões finais.

Como linhas de investigação futura emergentes deste trabalho, destaca-se, em primeiro lugar, o desenvolvimento de estudos que permitam aprofundar a quantificação probabilística do risco de colisão, recorrendo a modelos avançados de simulação de tráfego marítimo. Em segundo lugar, justificam-se investigações experimentais sobre os efeitos que diferentes disposições de parques eólicos offshore podem ter na performance de radares e sistemas GNSS, permitindo avaliar e propor soluções de mitigação adequadas. Num terceiro plano, considera-se relevante a produção de algoritmos de monitorização em tempo real, que combinem dados de AIS e de radar com sistemas de inteligência artificial, de modo a possibilitar a deteção precoce de comportamentos anómalos e a emissão automática de avisos operacionais. Finalmente, importa salientar a relevância de estudos de longo prazo que considerem, de forma sistemática, os efeitos climáticos e sazonais, tanto na modelação do risco como na definição de corredores de navegação e de zonas de segurança.

Em síntese, o trabalho demonstra que a expansão planeada da energia eólica offshore em Portugal continental, pode coexistir com elevados níveis de segurança da navegação, desde que acompanhado por medidas de ordenamento marítimo, assinalamento e monitorização efetiva e por uma política de revisão do risco suportada por dados. As conclusões e recomendações aqui apresentadas fornecem um roteiro operativo para autoridades e operadores, conciliando a urgência da transição energética com o imperativo de salvaguardar a vida humana no mar, os bens e o ambiente marinho.

Bibliografia

- Acordo de Paris (2015). *21^a Conferência das Partes*. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement> (acedido em 20/03/2025).
- AIISM-IALA (2013). *Sistema de Balizagem Marítima e Outras Ajudas à Navegação*.
- AMN (2025). *Autoridade Marítima Nacional, Segurança Marítima*. <https://www.amn.pt/DGAM/SM/Paginas/SegurancaMaritima.aspx> (acedido em 16/06/2025).
- AMSA (2024). *Australian Maritime Safety Authority Policy on offshore renewable energy infrastructure*. Canberra: Australian Government.
- ANAC, Autoridade Nacional Aeronautica Civil (2003). *Circular de Informação Aeronautica 10/03 de 06 de maio - Limitações em altura e balizagem de obstáculos artificiais à navegação aérea*. Rel. téc. Aeroporto da Portela.
- Assembleia da República (1983). *Republica Portuguesa, Decreto 79/83, de 14 de Outubro, Aprova, para ratificação, a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar de 1974*.
- Bilgili, Mehmet, Abdulkadir Yasar e Erdogan Simsek (fev. de 2011). «Offshore wind power development in Europe and its comparison with onshore counterpart». Em: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15.2, pp. 905–915.
- C3S, Copernicus Climate Change Service (2024). *Copernicus: 2024 virtually certain to be the warmest year and first year above 1.5°C*. <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-virtually-certain-be-warmest-year-and-first-year-above-15degc> (acedido em 20/03/2025).
- Conselho da União Europeia (2014). *Estratégia de Segurança Marítima da UE*. Rel. téc. NR11205/2014.
- Costanzo, Giuseppe, Guy Brindley e Pierre Tardieu (2024). *2024 Statistics and the outlook for 2025-2030*. Rel. téc. Windeurope.
- Despacho n.º 6633/2023 (21 de junho). *Cria uma comissão para a elaboração de uma proposta de linhas estratégicas para a segurança marítima nacional até 2030*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/6633-2023-214607904> (acedido em 25/03/2025).
- DGEG, Direção Geral de Energia e Geologia (2023). *Energias Renováveis e Sustentabilidade*. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/> (acedido em 06/03/2025).

- DGRM Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos (2025a). *Geoportal - PSOEM - Plano de Situação Ordenamento do Espaço Marítimo RCM*. <https://webgis.dgrm.mm.gov.pt/portal/apps/webappviewer/index.html?id=9ea76f6fe4ca463a8ced196e30fcc2e1> (acedido em 25/03/2025).
- (2025b). *Ordenamento do Mar Português, Plano de Situação do Ordenamento do Espaço Marítimo Nacional*. <https://www.psoem.pt/> (acedido em 27/02/2025).
- (2025c). *Titulos de Utilização do Espaço Marítimo*. <https://www.dgrm.pt/as-om-tupem> (acedido em 27/02/2025).
- Ehler, Charles e Fanny Douvere (2009). *Marine Spatial Planning: A Step-by-Step Approach toward Ecosystem-based Management*. IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No. 6. Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000186559>.
- FAP (2025). *Força Aérea Portuguesa - EH 101 Merlin*. <https://www.emfa.pt/aeronave-17-agustawestland-eh101-merlin> (acedido em 20/06/2025).
- Fonseca, Francisco Correia da (2023). *Levar a eólica offshore a bom porto*. <https://pt.linkedin.com/pulse/levar-e%C3%B3lica-offshore-bom-porto-francisco-correia-da-fonseca> (acedido em 10/03/2025).
- GEM, Global Energy Monitor (2025). *Global Wind Power Tracker*. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-wind-power-tracker/> (acedido em 10/03/2025).
- GMTDS (2025). *Global Maritime Traffic Density Service, Vessel Density Calculation and Raster Development*. <https://globalmaritimetraffic.org/gmtds-data.html>.
- Herzig, Gunnar (2023). *Global Offshore Wind Report*. Rel. téc. Westwood Global Energy Group.
- IALA (2021). *International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, Guideline G- 1162 The Marking of Offshore Man-made Structures*. Rel. téc.
- (2022a). *IALA Guideline 1018, Risk Managment Edition 4.0*.
- (2022b). *IALA Guideline 1138, The use of the simplified IALA risk assessment method (SIRA) Edition 2.0*.
- (2024). *Enhancing the safety and Efficiency of Navigation Around offshore renewable energy installations (OREI)*.
- IMO (1969). *International Maritime Organisation - International Convention on Tonnage Measurement of Ships*. <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Tonnage-Measurement-of-Ships.aspx>.

- (1972). *Convenção sobre o Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar (RIEAM), 1972, com as alterações em vigor*. Aprovada a 20 de outubro de 1972; entrou em vigor a 15 de julho de 1977. Londres. <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/COLREG.aspx>.
 - (1974). *Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS), 1974, com as alterações em vigor*. Aprovada a 1 de novembro de 1974; entrou em vigor a 25 de maio de 1980. Londres. [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS).aspx).
 - (2002). *Resolution MSC.137(76): Standards for Ship Manoeuvrability and MSC/Circ.1053 Explanatory Notes*. Adopted by the Maritime Safety Committee at its 76th session, December 2002. London. [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.137\(76\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.137(76).pdf).
 - (2010). *International Maritime Organisation ISM - International Safety Management Code*. <https://maritimesafetyinnovationlab.org/wp-content/uploads/2014/02/ism-code.pdf>.
 - (2018). *Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) in the IMO Rule-Making Process*. MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2. London: IMO.
 - (2020). *SOLAS Chapter IV: Radiocommunications (GMDSS)*. International Convention. London: IMO.
 - (2023). *Ships' Routeing*. 15th. IMO Publication No. IMO-IB964E. London: International Maritime Organization. <https://www.imo.org/en/publications/Pages/IMO-Books.aspx>.
- IMO and ICAO (2016). *IAMSAR Manual, International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual*. Montréal, Quebec, Canada: International Maritime Organization e International Civil Aviation Organization.
- Instituto Hidrográfico (2025). *Geoportal Hidrográfico +*. <https://geomar.hidrografico.pt/> (acedido em 24/05/2025).
- James, Rhodri e Marc Costa Ros (2015). «Floating Offshore Wind: Market and Technology Review». Em: *The Carbon Trust*.
- Leiria, J. (2023). *Jornal de Leiria, Autarcas da região querem garantias que eólicas não prejudicam pesca e arte xávega*. <https://www.jornaldeleiria.pt/noticia/autarcas-da-regiao-querem-garantias-que-eolicas-nao-prejudicam-pesca-e-arte-xavega> (acedido em 27/06/2025).
- Lopes, Hélder (2024). *Investimento de mil milhões nas eólicas offshore e novo lei-lão em 2025 prometem transformar a economia portuguesa*. <https://www.>

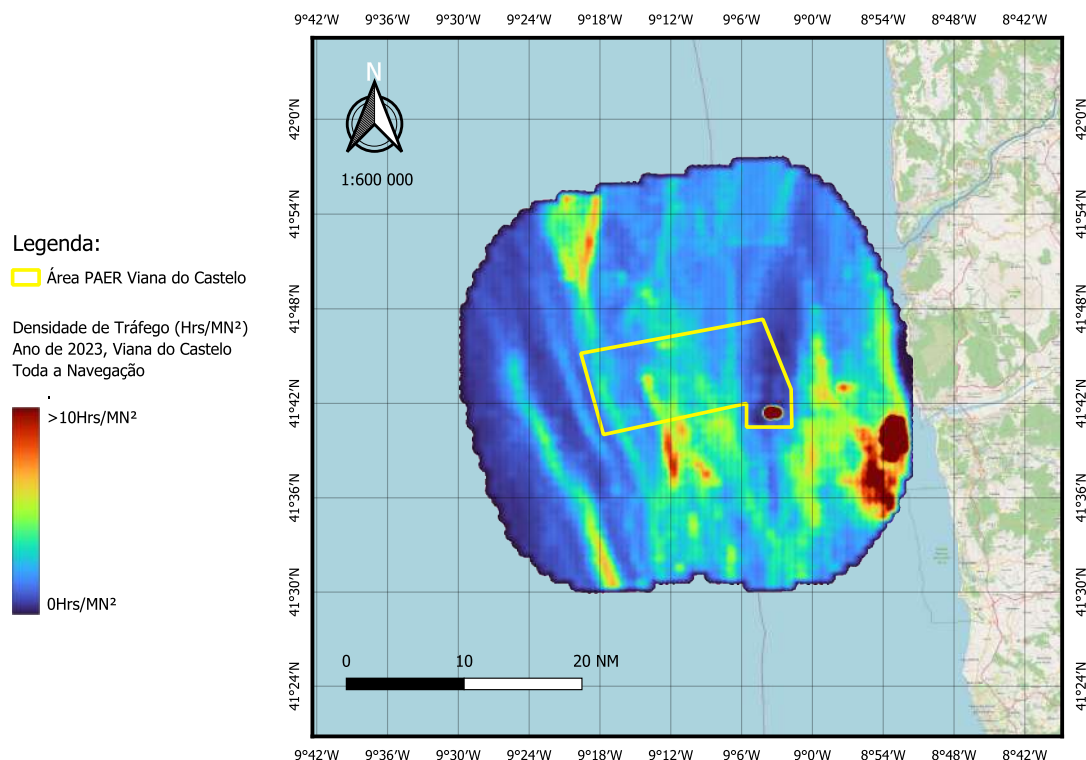
- tempo.pt/noticias/actualidade/investimento-de-mil-milhoes-nas-eolicas-offshore-e-novo-leilao-em-2025-prometem-transformar-a-economia-portuguesa.html (acedido em 01/04/2025).
- Marinha Portuguesa (2022). *Diretiva Estratégica da Marinha, 2022*, Alm. Henrique Gouveia e Melo.
- (2025). *Intruções de Navegação da Armada 2 (B)*, Disposições gerais e conceitos fundamentais da navegação.
- Marques, José e Ana Cardoso (2023). *Proposta de Plano de Afetação para as Energias Renováveis Offshore Versão para Consulta Pública*. Rel. téc. Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos.
- (2025). *Proposta de Plano de Afetação para as Energias Renováveis Offshore Versão para Consulta Pública*. Rel. téc. Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos.
- Masson-Delmotte, Valérie, Panmao Zhai, Hans-Otto Pörtner, Debra Roberts, Jim Skea, Priyadarshi R. Shukla, Anna Pirani e Wilfran Moufouma-Okia (2018). *Aquecimento Global de 1,5°C*. Rel. téc. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).
- Maxwell, Sara M., Francine Kershaw, Cameron C. Locke, Melinda G. Connors, Cyndi Dawson, Sandy Aylesworth, Rebecca Loomis e Andrew F. Johnson (abr. de 2022). «Potential impacts of floating wind turbine technology for marine species and habitats». Em: *Environmental Management* 307.114577, pp. 1–16.
- MCA, Maritime and Coastguard Agency (2021). *MGN 654 - Safety of Navigation: Offshore Renewable Energy Installations (OREIs) - Guidance on UK Navigational Practice, Safety and Emergency Response*. Rel. téc. UK government.
- (2022). *MGN 372 Amendment 1 (M+F) Safety of Navigation: Guidance to Mariners Operating in the Vicinity of UK Offshore Renewable Energy Installations*. Rel. téc. UK government.
- Nações Unidas (1982). *Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar*. Adotada a 10 de dezembro de 1982, em Montego Bay. https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_por.pdf.
- NOEP, National Ocean Economics Program (2017). *Offshore Renewable Energy*. https://www.oceaneconomics.org/NOEP/offshore_renewables/ (acedido em 06/03/2025).

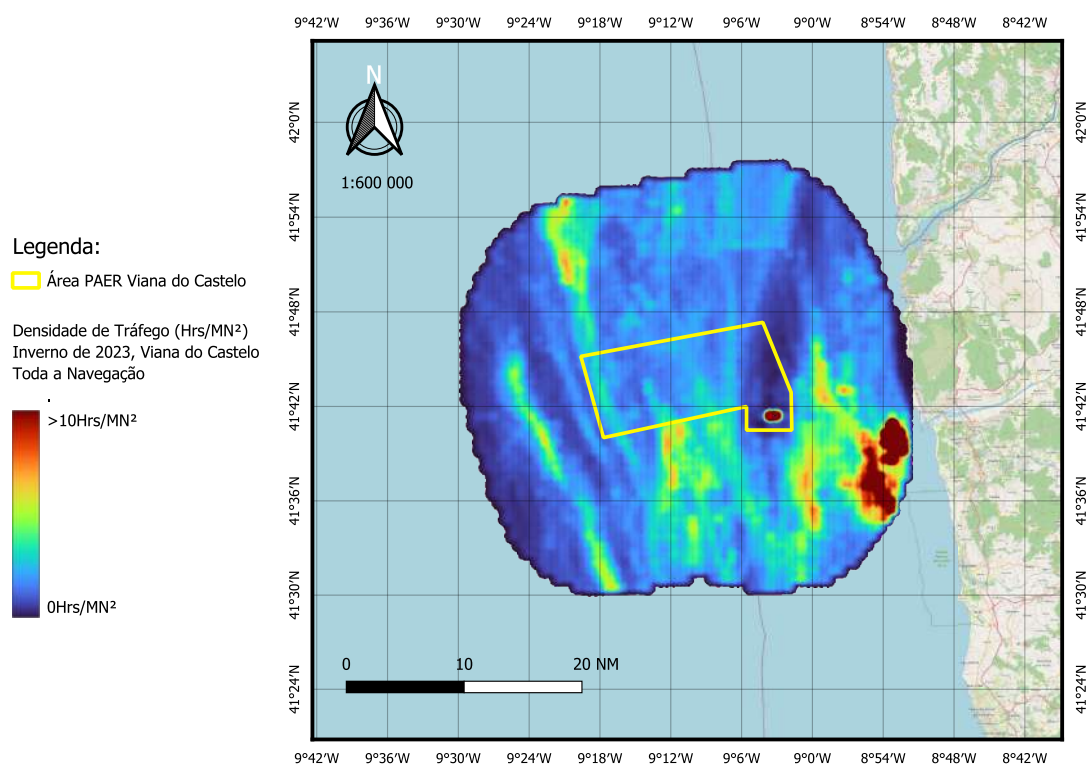
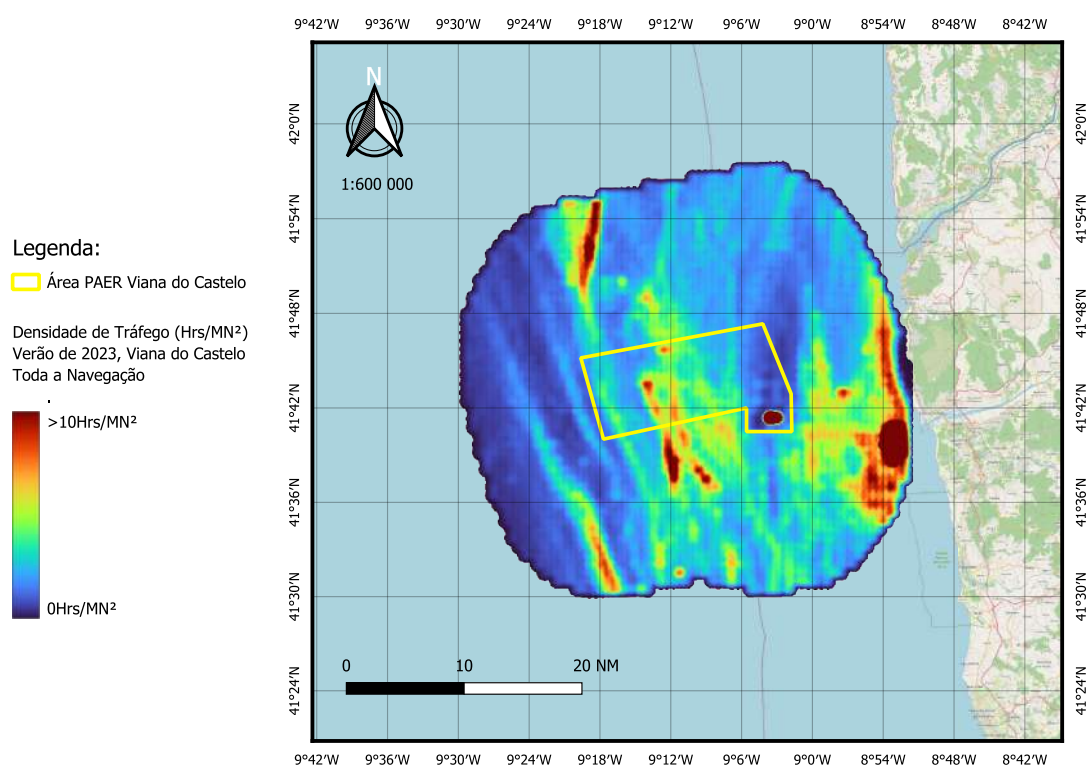
- ONU, Organização das Nações Unidas (2024). *What is renewable energy*. <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-renewable-energy> (acedido em 06/03/2025).
- PIANC (2018). *Interaction Between Offshore Wind Farms and Maritime Navigation*. MarCom Working Group Report No. 161. Brussels: The World Association for Waterborne Transport Infrastructure (PIANC). <https://www.pianc.org/publications/marcom/wg161>.
- Ramírez, Lizet, Daniel Fraile e Guy Brindley (2019). *Offshore Wind in Europe windeurope.org Key trends and statistics 2019*. Rel. téc. Windeurope.
- RCM n.º107/2019 (1 de julho). *Resolução do Conselho de Ministros n.º107/2019, Aprovar o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050)*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/107-2019-122777644> (acedido em 24/03/2025).
- Região Autónoma dos Açores (2023). *Secretaria Regional do Mar e das Pescas - Direção Regional de Políticas Marítimas, Diário da República n.º 248/2023, Série II de 2023-12-27, páginas 137 - 137, Aviso n.º 92/2023/A, Discussão pública do projeto de Plano de Situação do Ordenamento do Espaço Marítimo Nacional para a Subdivisão dos Açores (PSOEM-Açores)*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/17-2014-25343987>.
- República, Assembleia da (2014). *República Portuguesa, Lei n.º 17/2014 de 10 de abril, Estabelece as Bases da Política de Ordenamento e de Gestão do Espaço Marítimo Nacional*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/17-2014-25343987> (acedido em 27/02/2025).
- REVE, Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico (2017). *Renewables will increasingly challenge fossil fuels on cost*. <https://www.evwind.es/2017/09/19/renewables-will-increasingly-challenge-fossil-fuels-on-cost/61132> (acedido em 10/03/2025).
- Rybachynska, Hanna (2019). «Planeamento e hierarquização da instalação de Sistemas de Energia Renovável offshore em Portugal à luz da atual legislação». Tese de mestrado. Departamento de Geografia, Geofísica e Energia, Faculdade de ciências, Universidade de Lisboa.
- Seaward (2025). *Survey Underway at Neart na Gaoithe Offshore Wind Farm*. <https://www.seawardsafety.com/products/transition-piece-identification-name-plates/> (acedido em 19/06/2025).
- TRAFICOM (2023). *Finnish Transport and Communication Agency, Coordination offshore wind power, maritime transport and maritime transport infrastructure*. TRAFICOM/575684/03.04.01.01/2023. Helsinki.

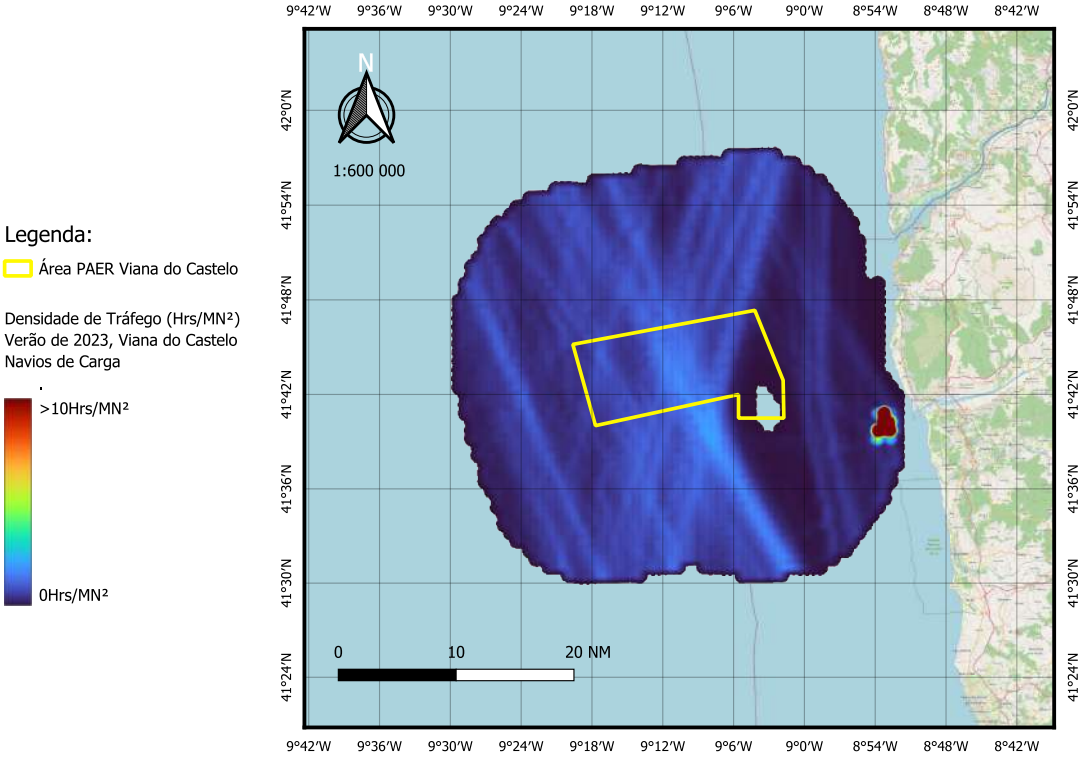
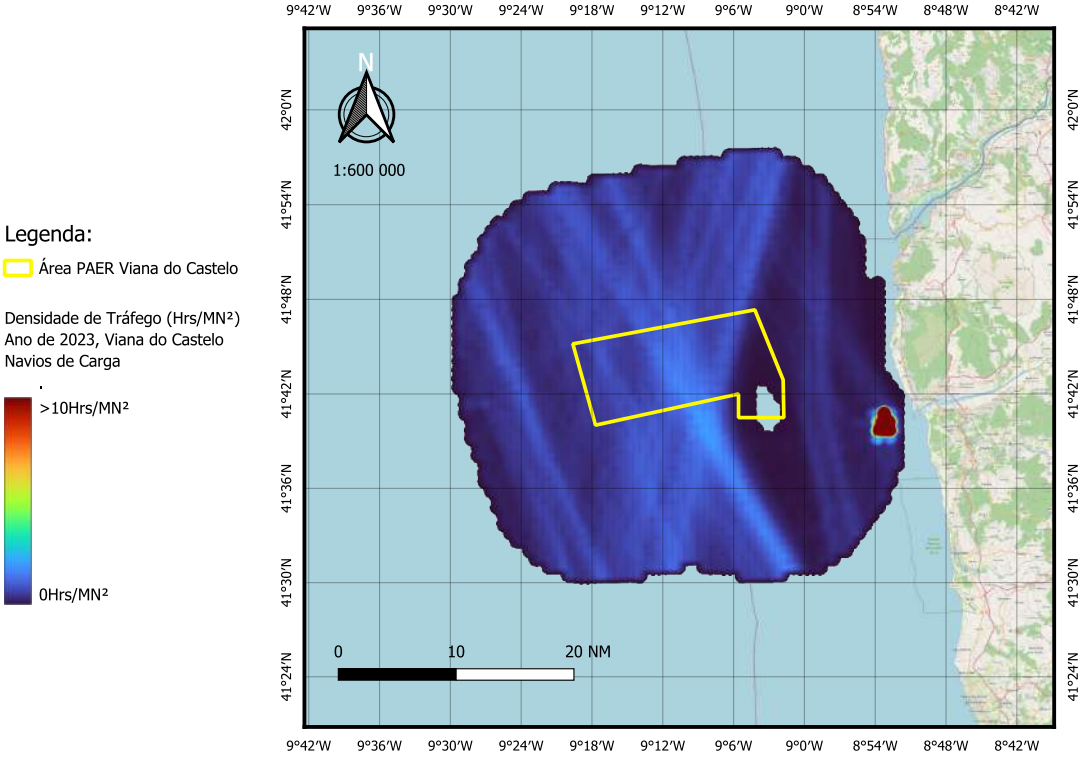
- UNESCO (2009). *Marine spatial planning, A Step-by-Step Approach toward Ecosystem-based Management spatial planning*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000186559/PDF/186559eng.pdf.multi>.
- União Europeia (2021). *Pacto Ecológico Europeu*. <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/european-green-deal/#what> (acedido em 22/03/2025).
- (2022). *REPowerEU - Affordable, secure and sustainable energy for Europe*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en (acedido em 24/03/2025).
- Wind, Offshore (2014). *Survey Underway at Neart na Gaoithe Offshore Wind Farm*. <https://www.offshorewind.biz/2014/01/06/survey-underway-at-neart-na-gaoithe-offshore-wind-farm/> (acedido em 16/06/2025).
- Windfloat Atlantic (2020). *O primeiro parque eólico marítimo flutuante semi-submersível do mundo*. <https://www.windfloat-atlantic.com/pt-pt/> (acedido em 24/03/2025).

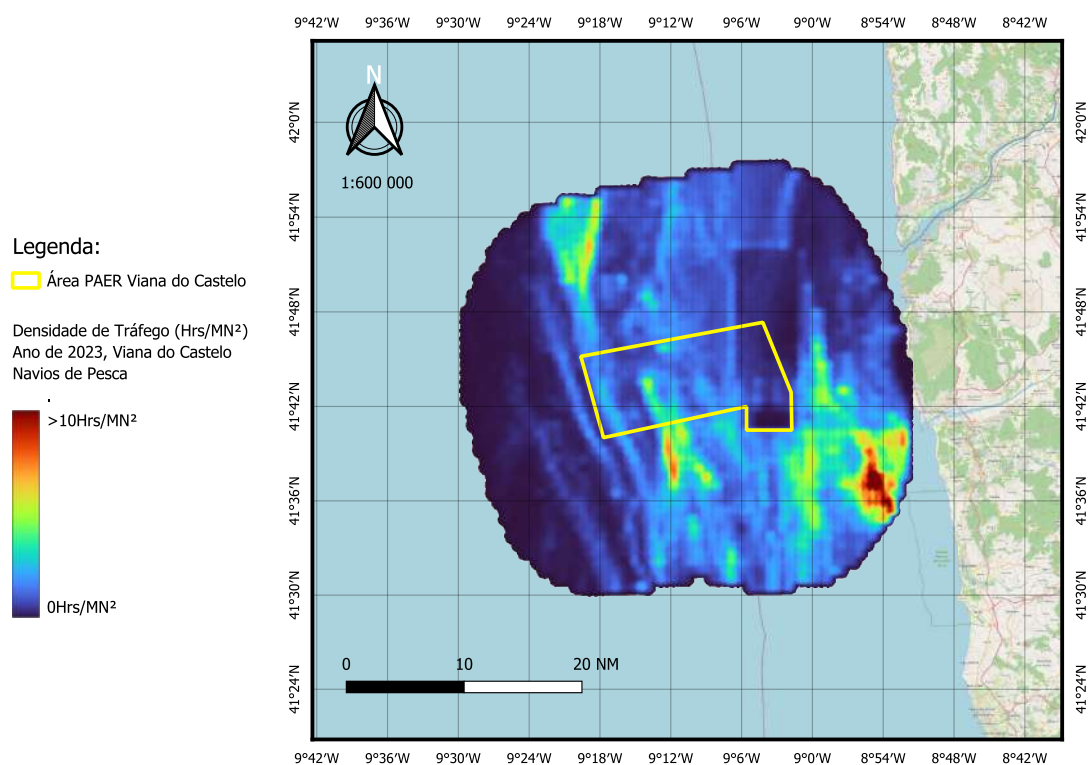
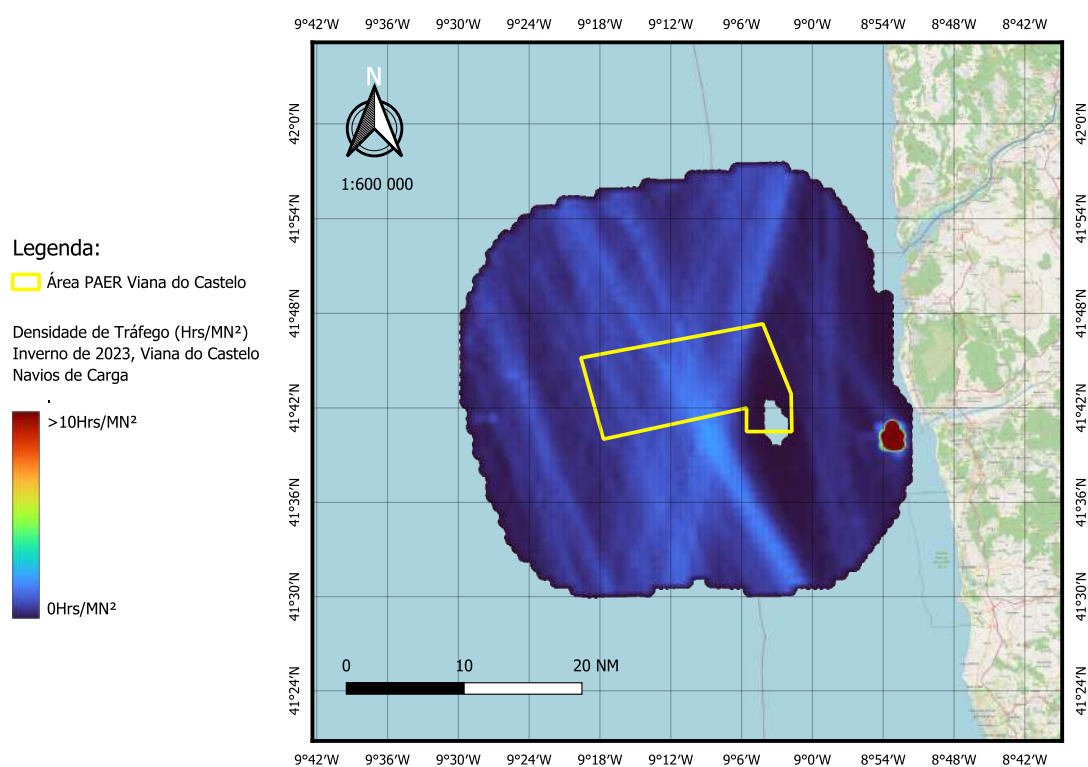
Apêndice A - Mapas de Densidade de Tráfego nas Áreas PAER

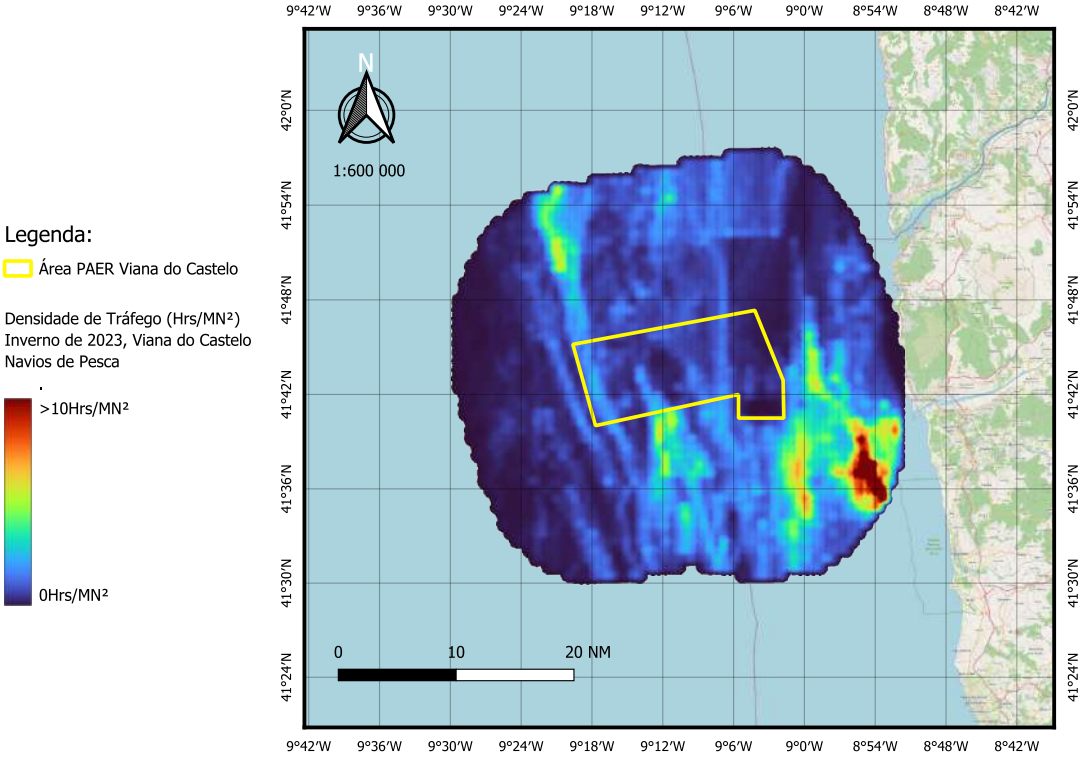
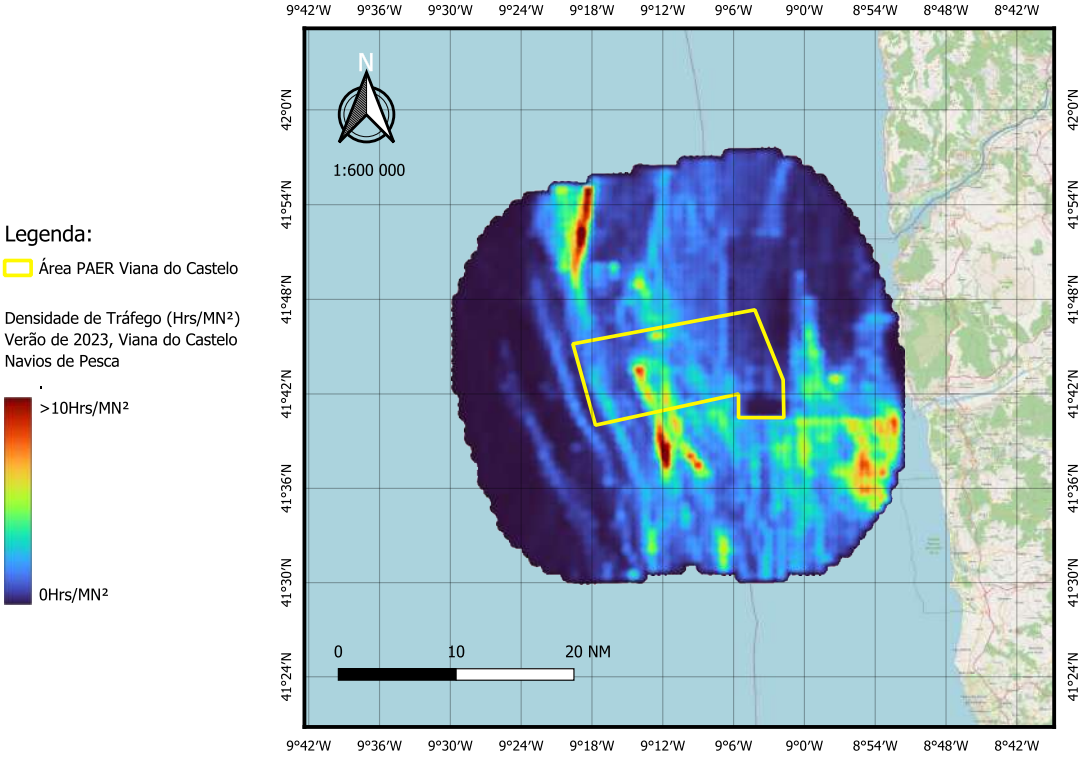
O presente Apêndice é constituído por 72 mapas de densidade, produzidos através do programa QGIS 3.40.3.. A densidade de tráfego marítimo apresentada nos mapas de densidade é expressa na unidade "horas por milha náutica quadrada" (Hrs/MN²), que representa o número de horas de permanência efetiva de navios numa determinada área normalizada por unidade de superfície marítima. Como base de dados, foram trabalhados os dados AIS fornecidos pelo IH, como referido em detalhe no capítulo 5. Os mapas de densidade apresentados analisam o tráfego marítimo nas quatro áreas definidas pelo PAER 2025, considerando três categorias distintas: toda a navegação, navios de pesca e navios de carga. A análise tem por base a média dos dados referentes aos anos de 2023 e 2024, permitindo ainda uma avaliação diferenciada entre as épocas sazonais de verão e de inverno.

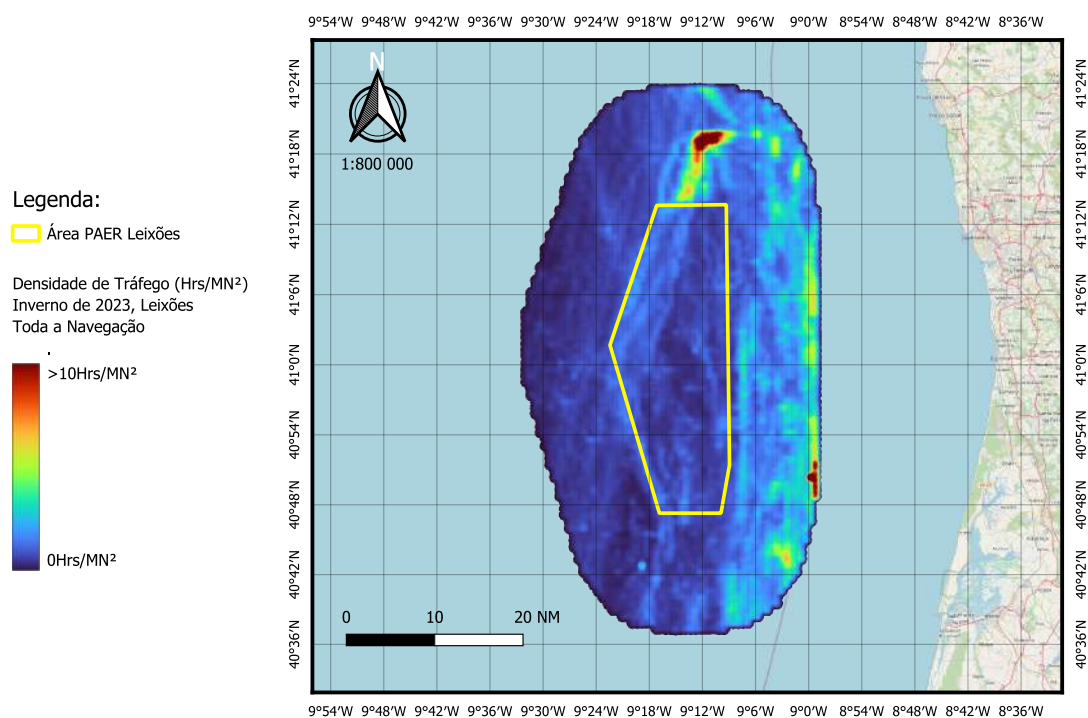
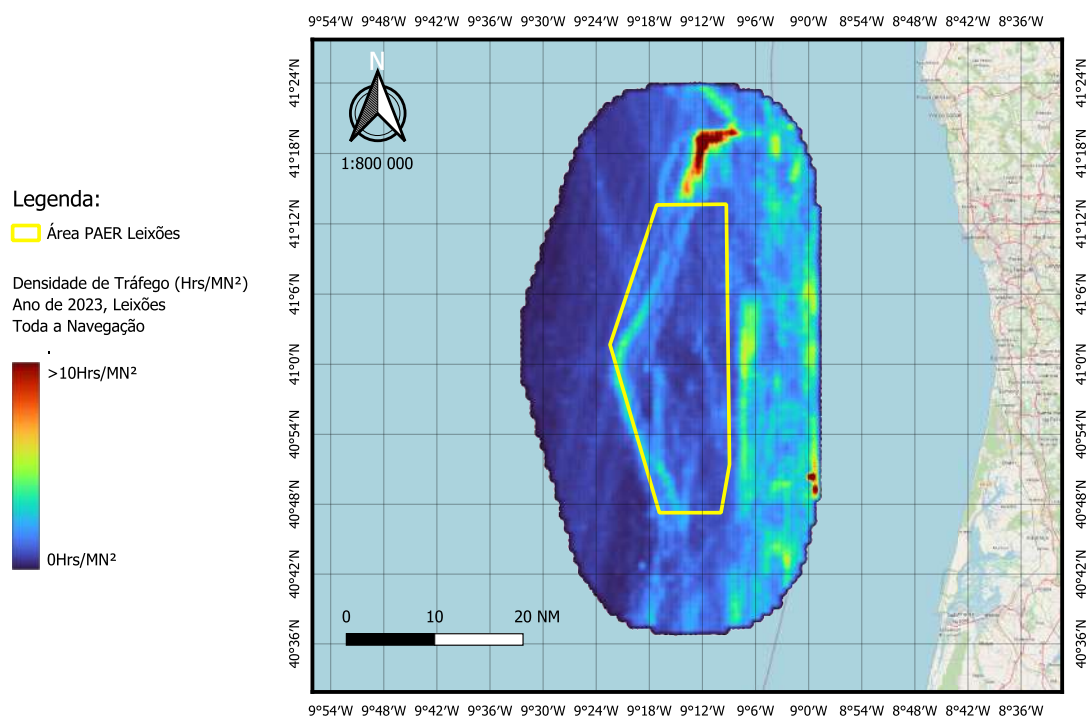


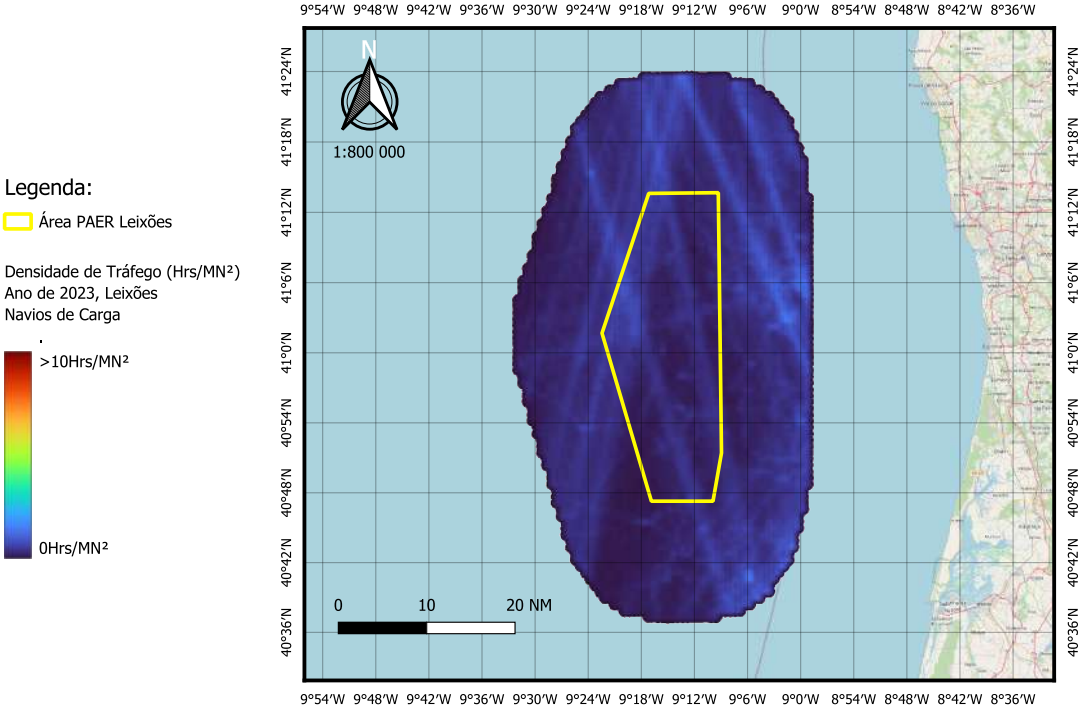
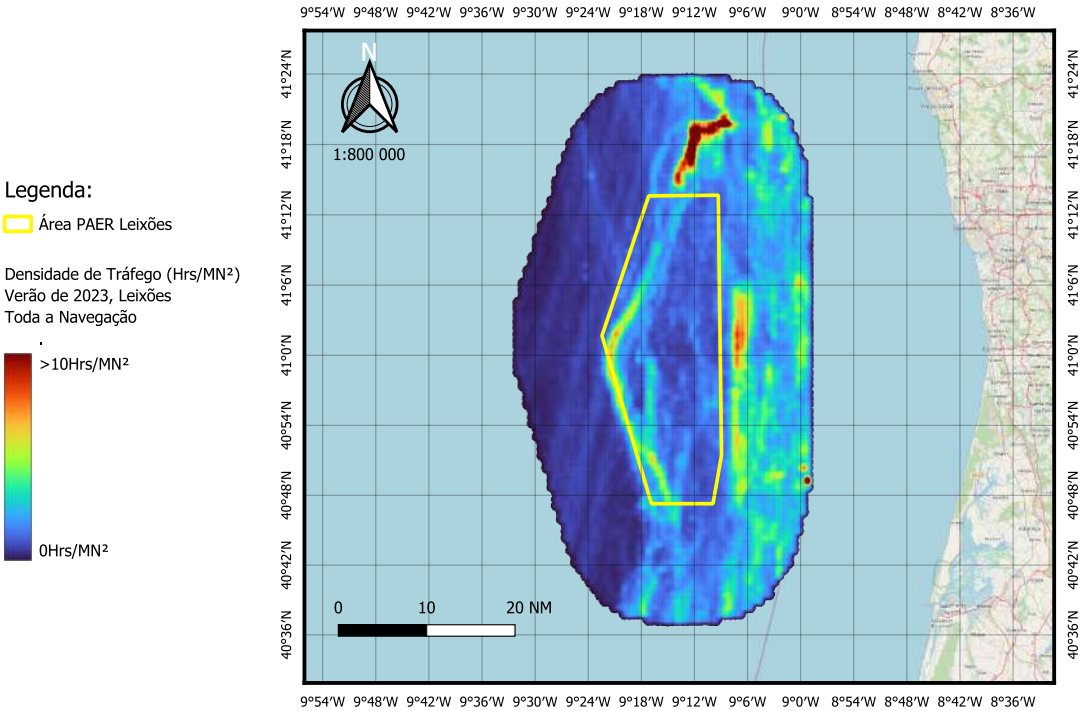


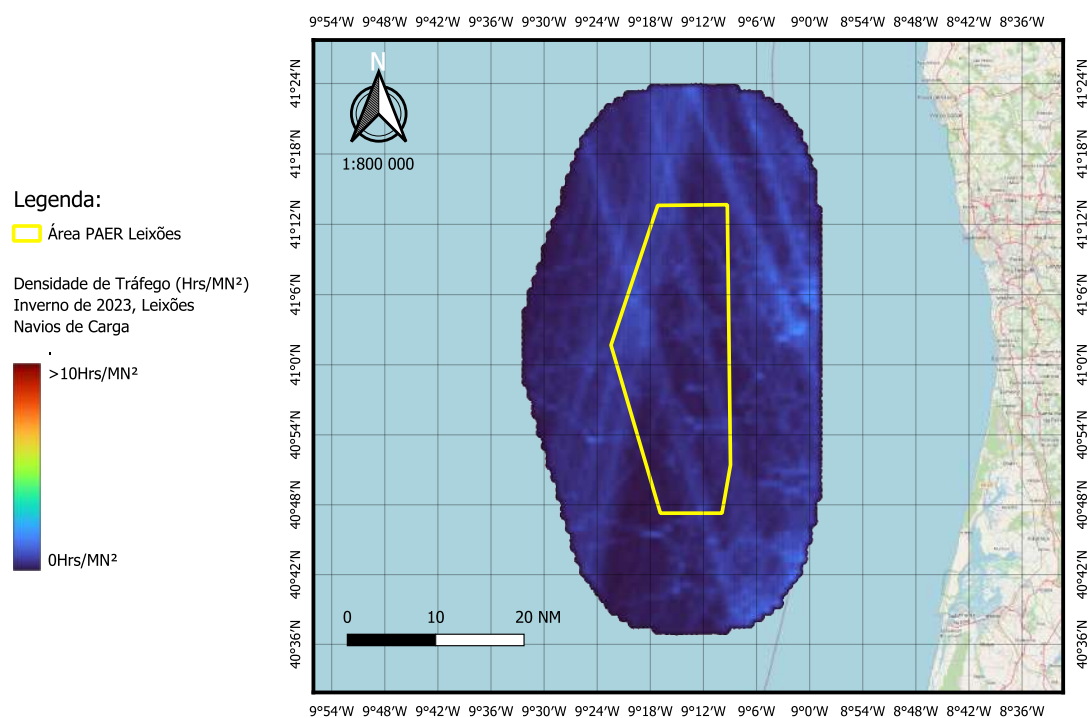
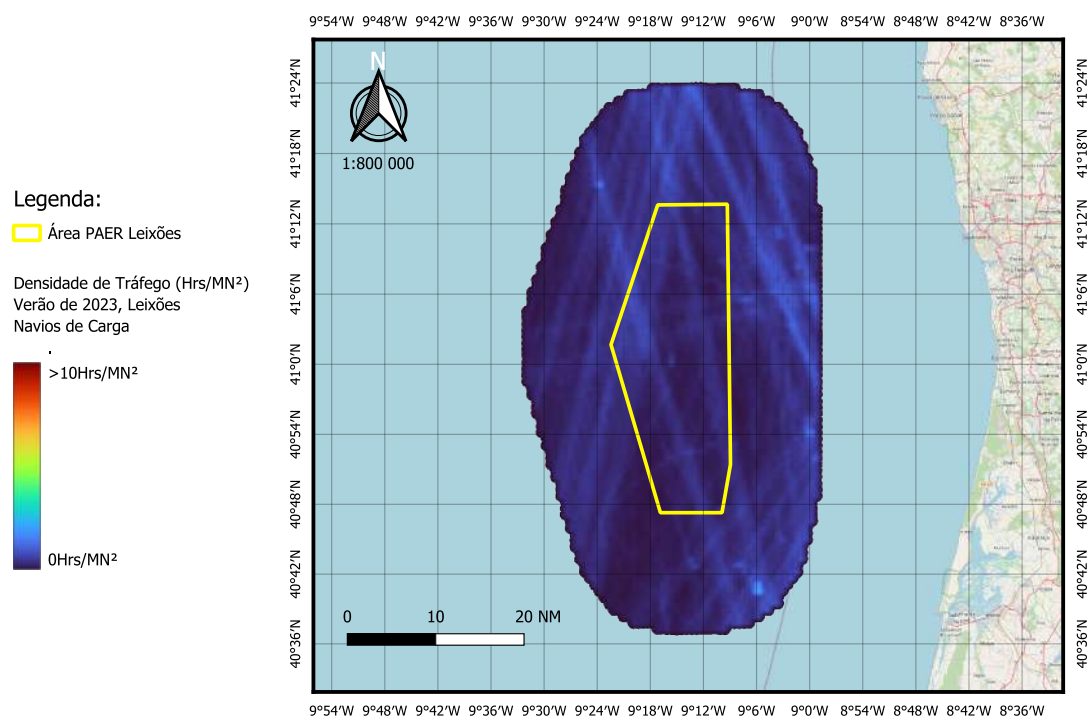


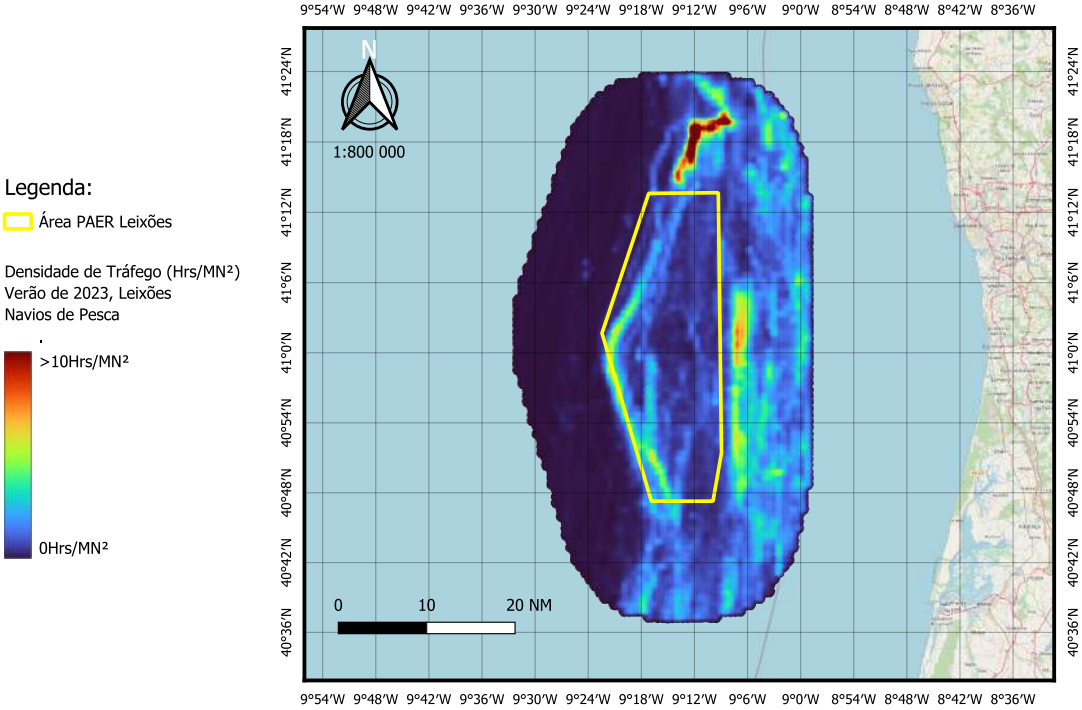
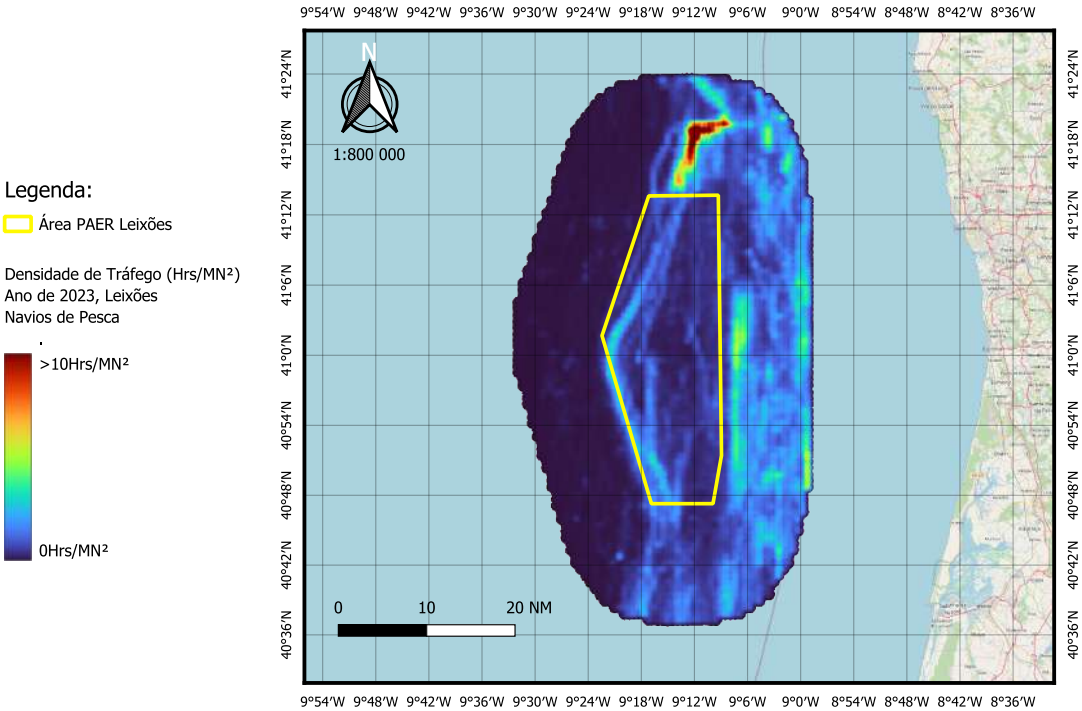


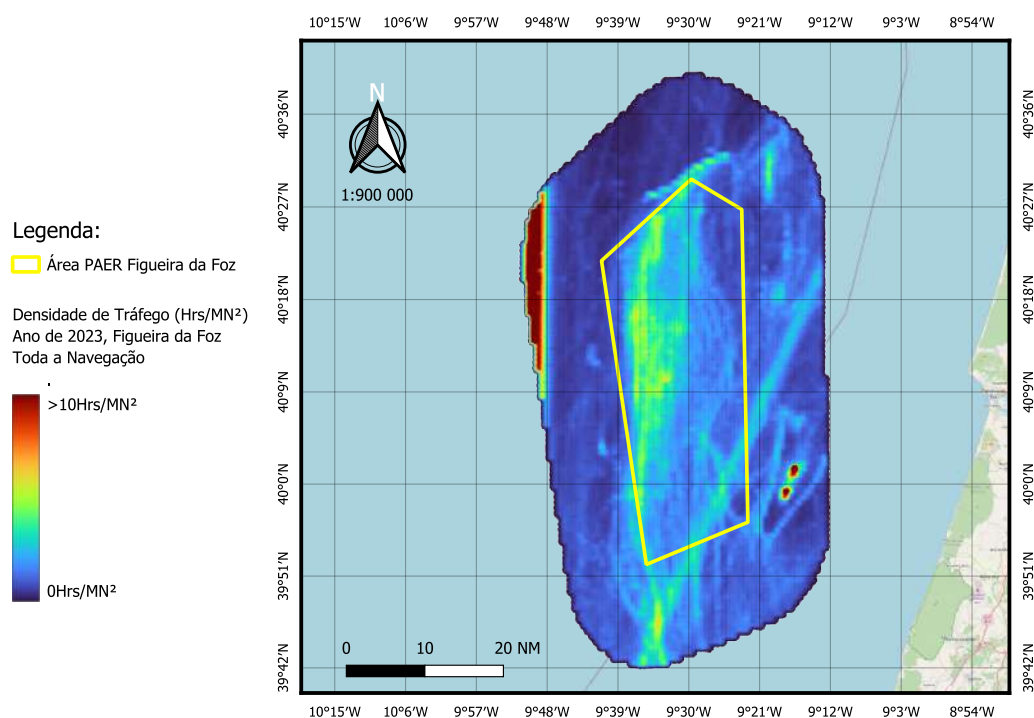
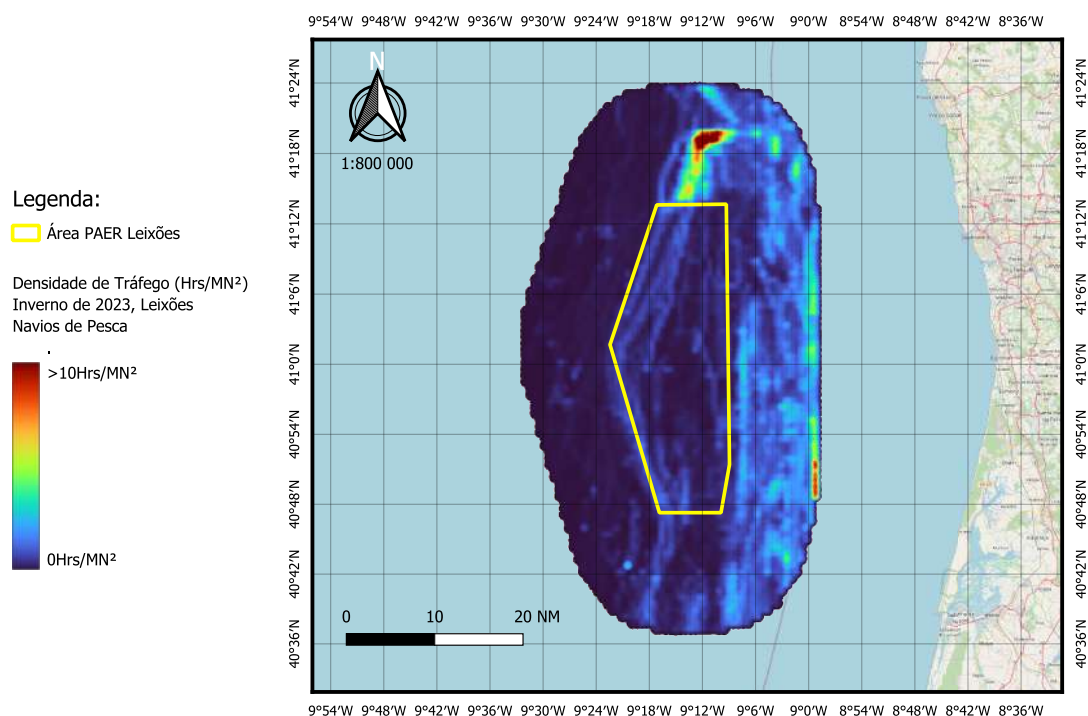


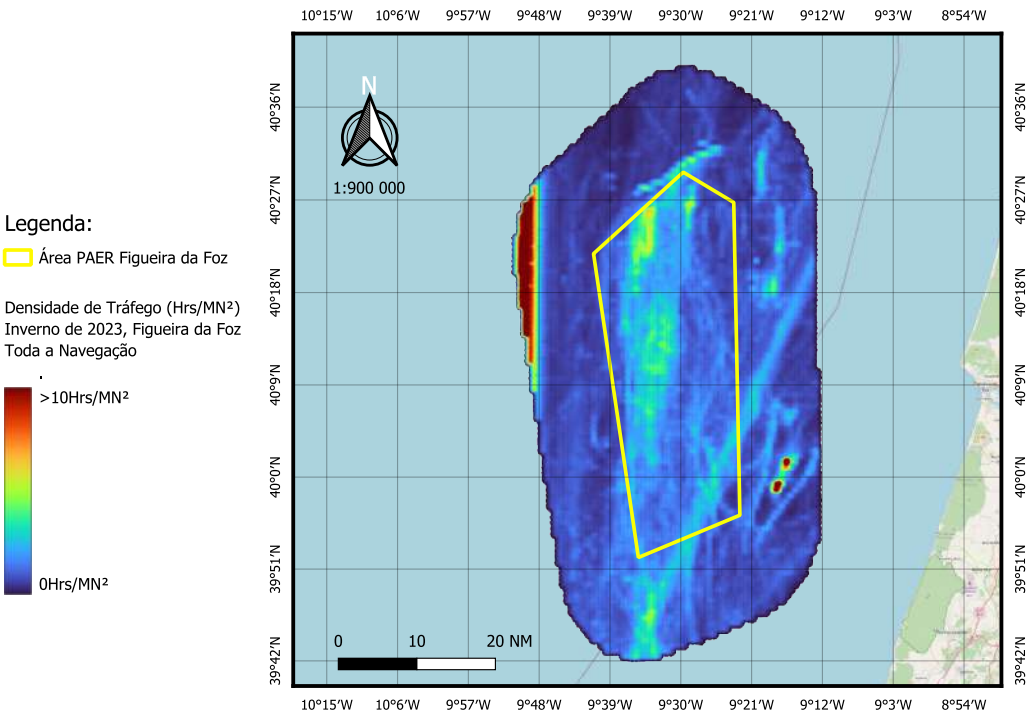
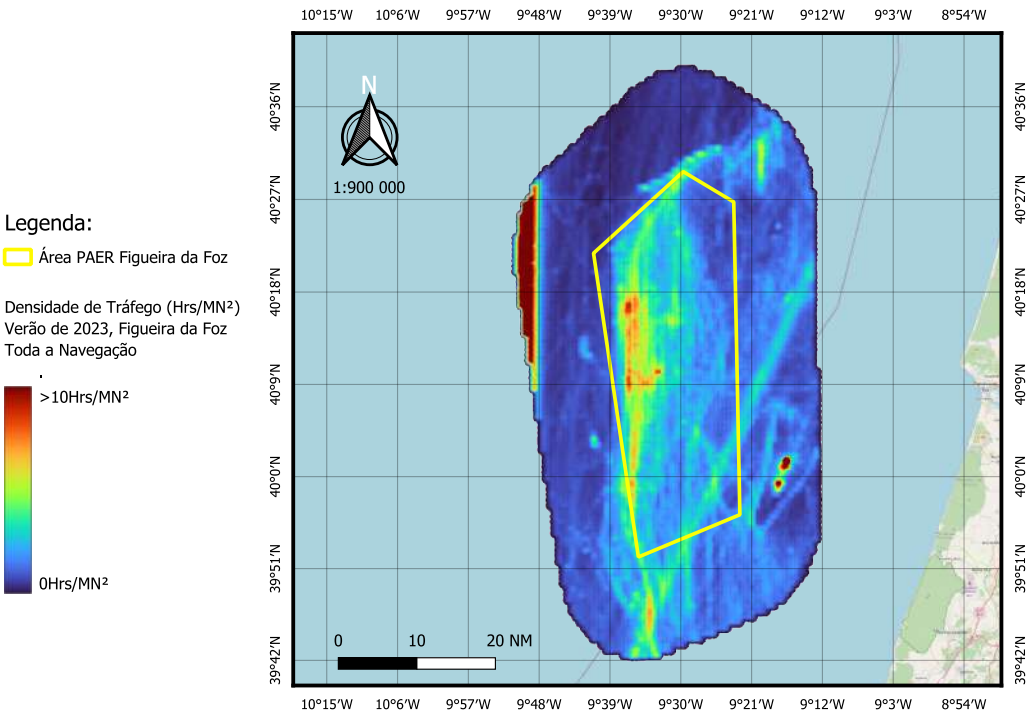


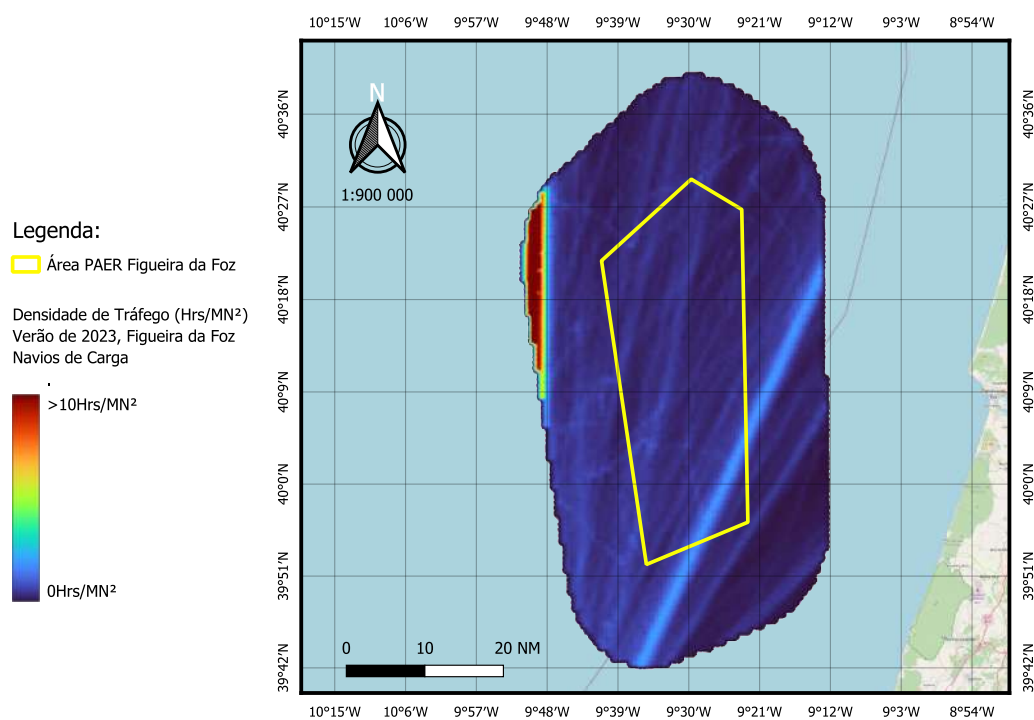
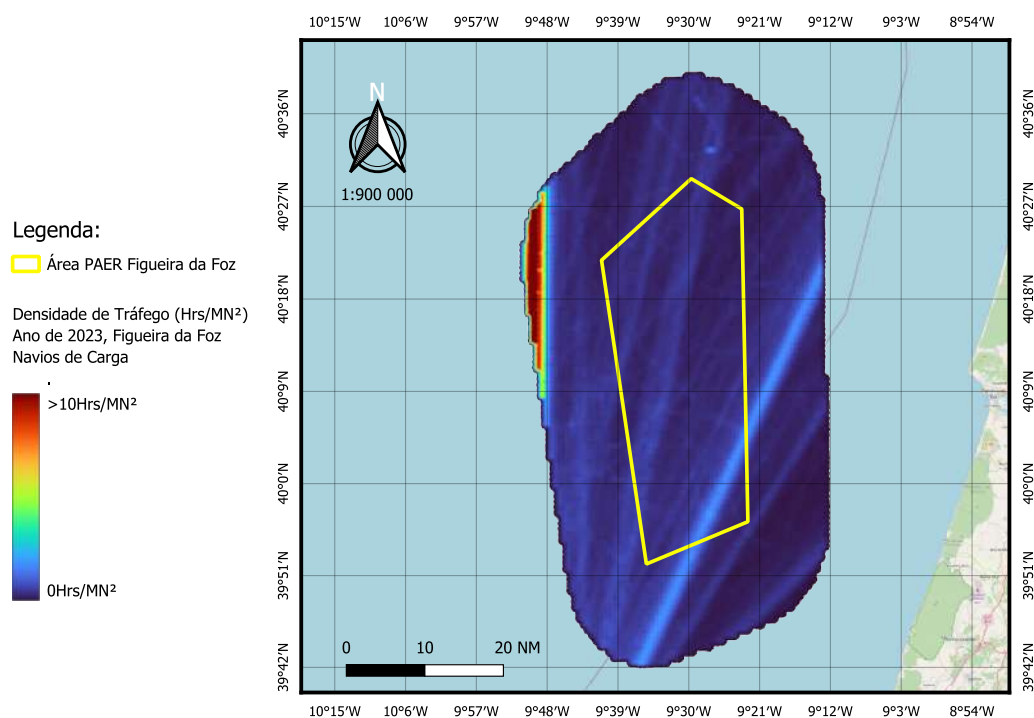


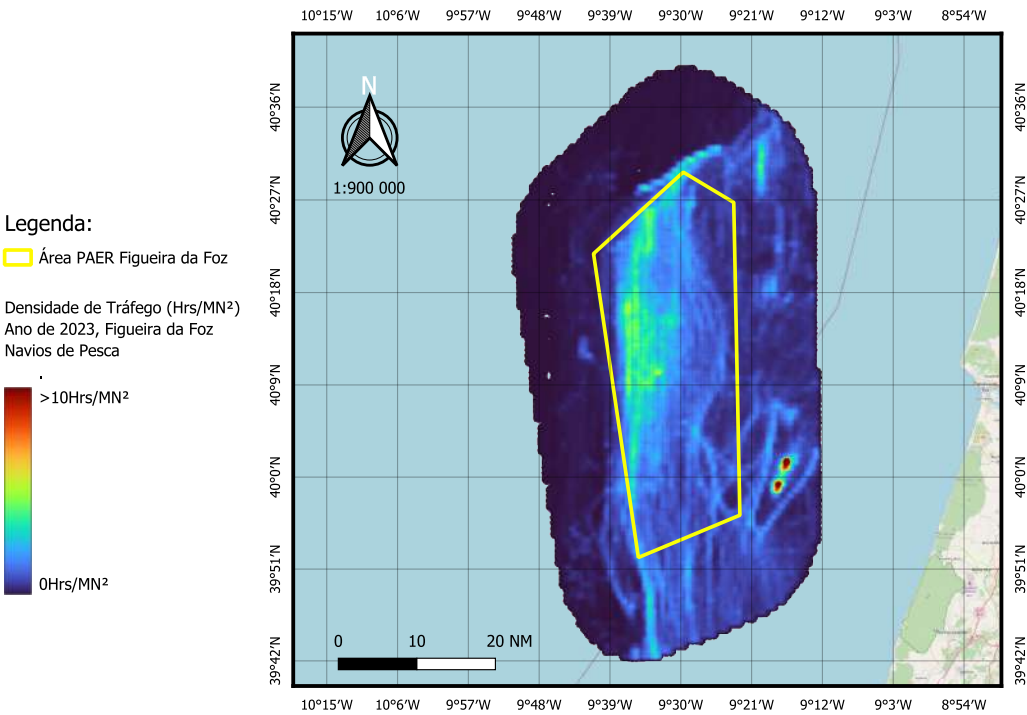
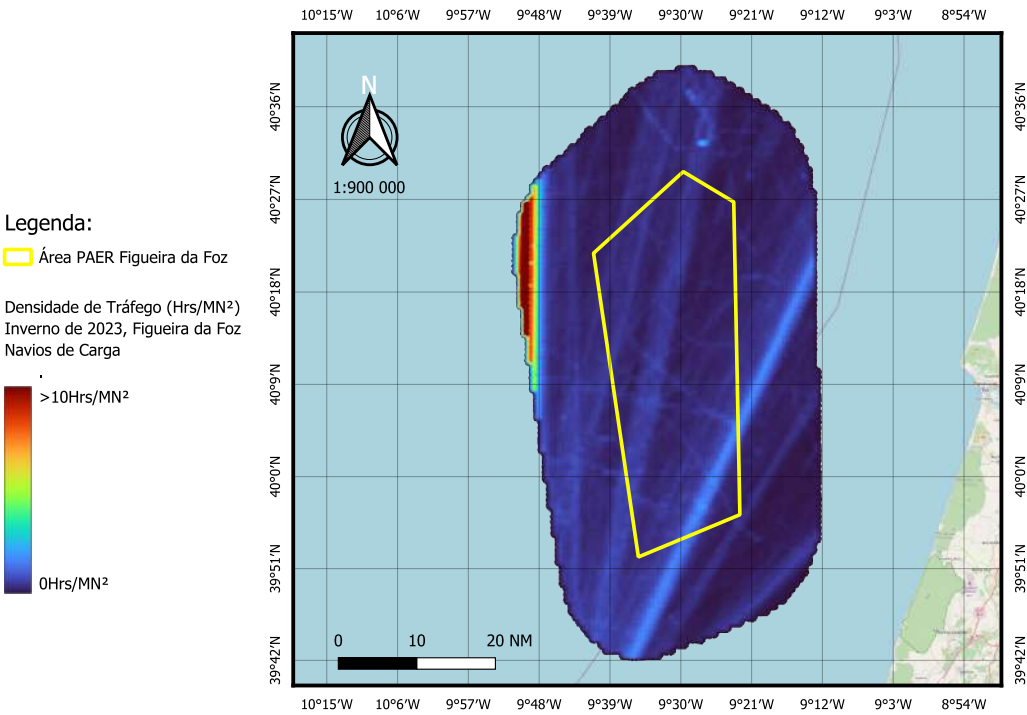


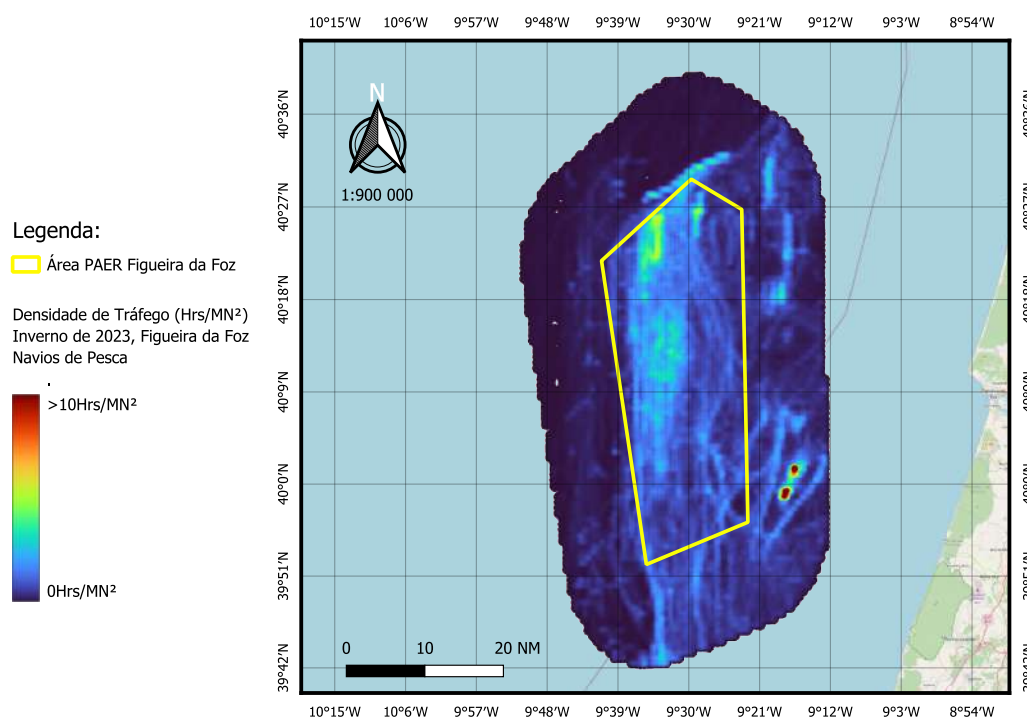
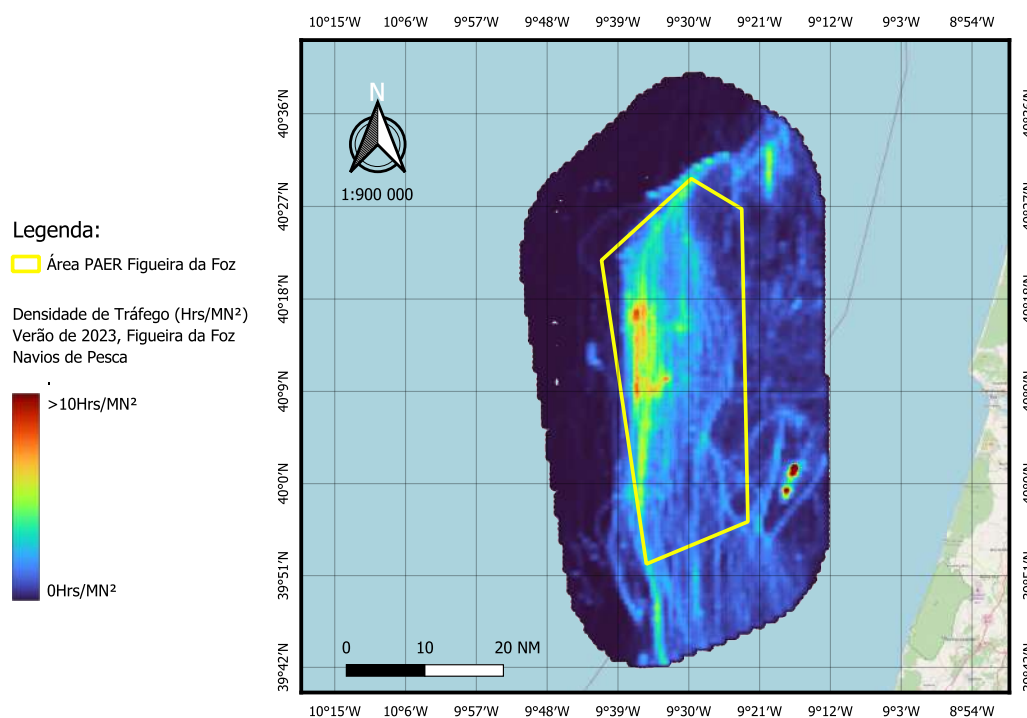


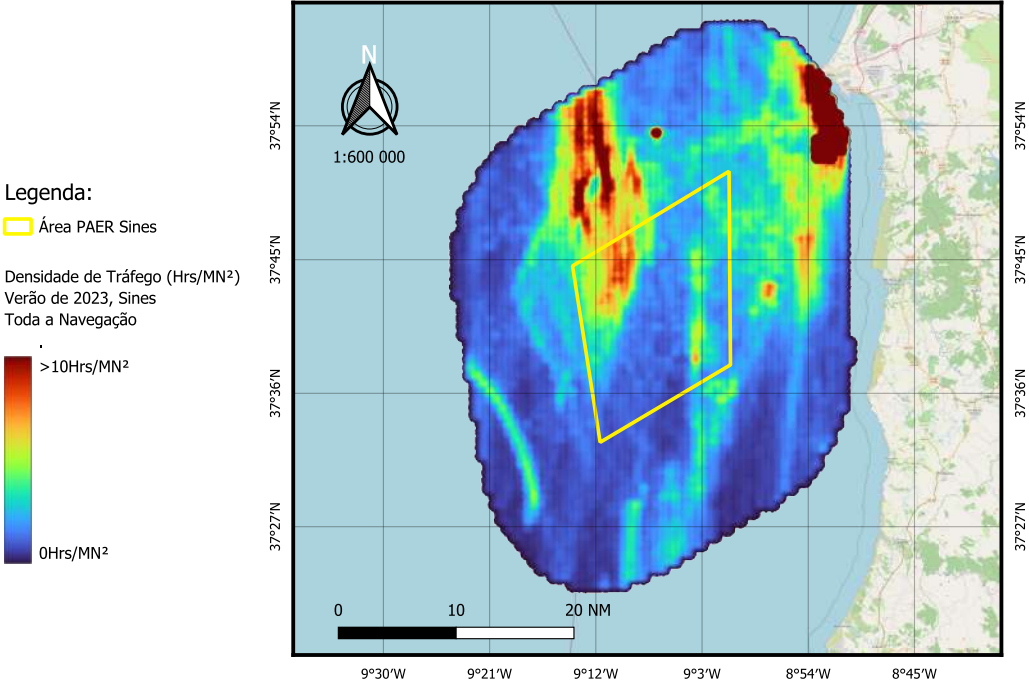
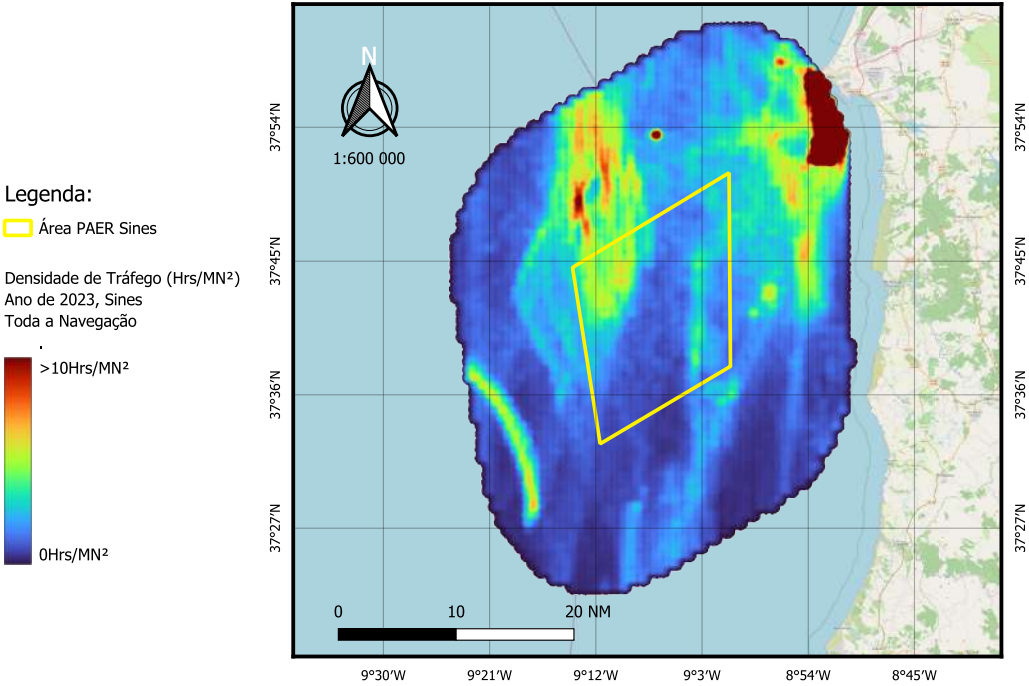


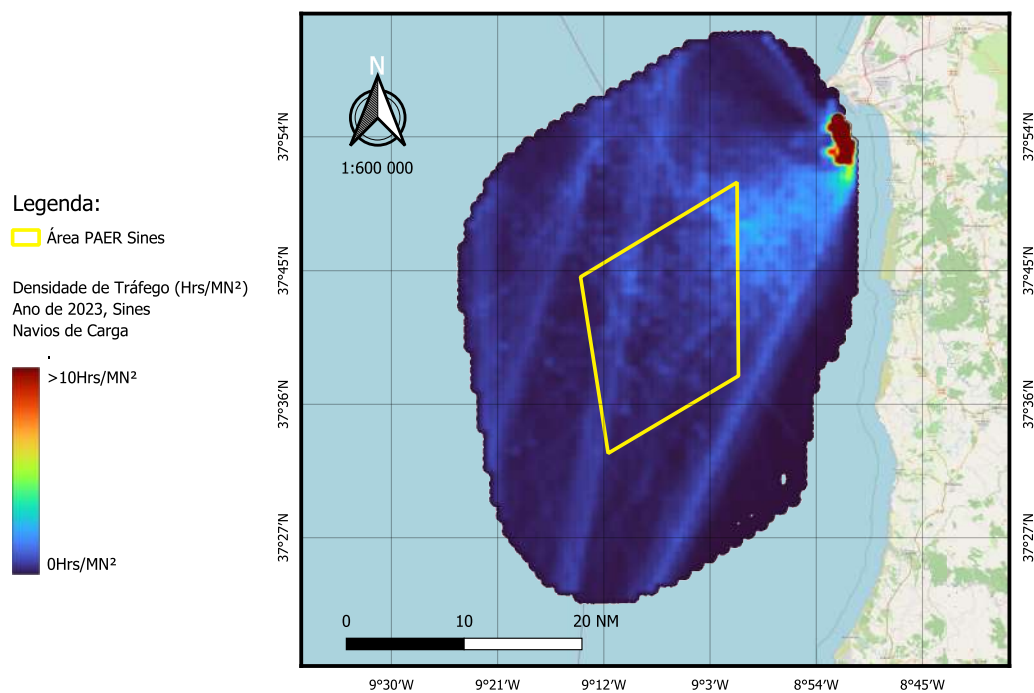
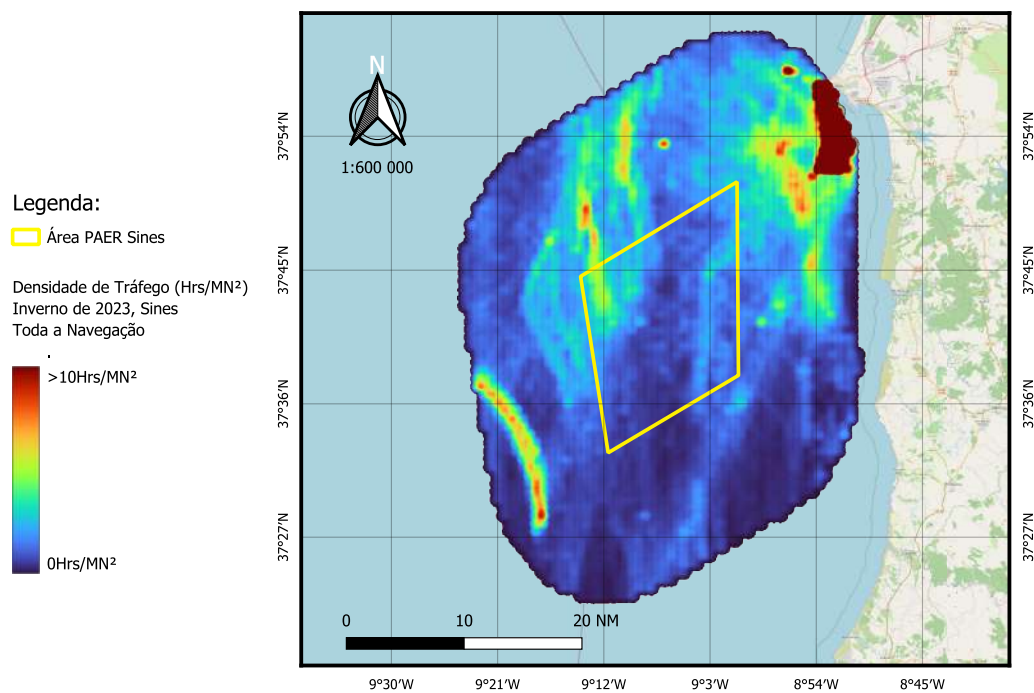


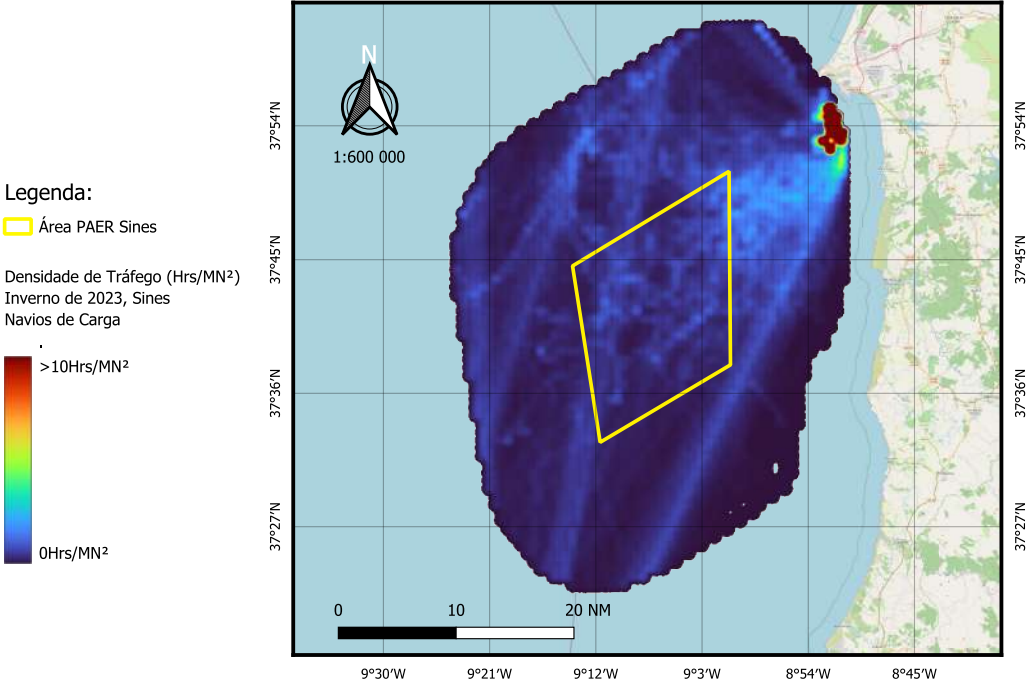
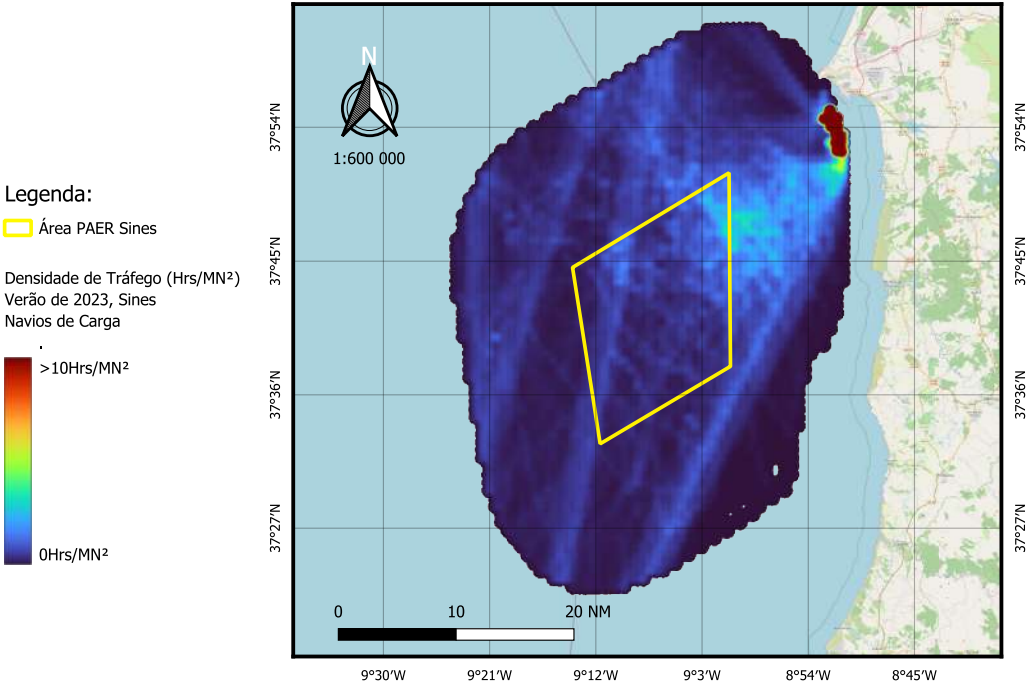


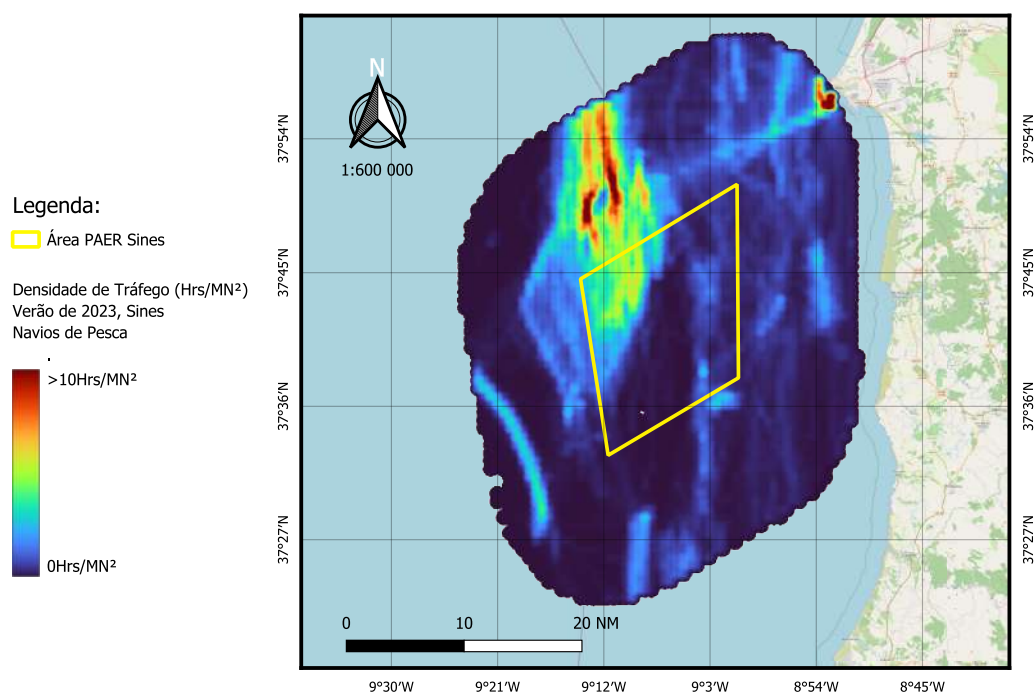
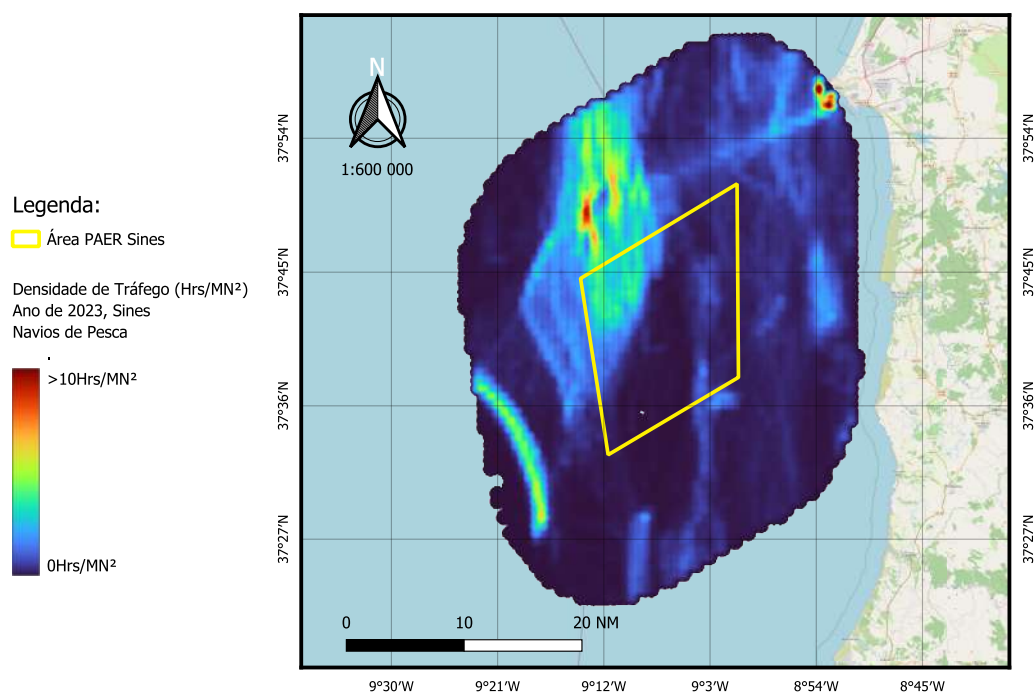


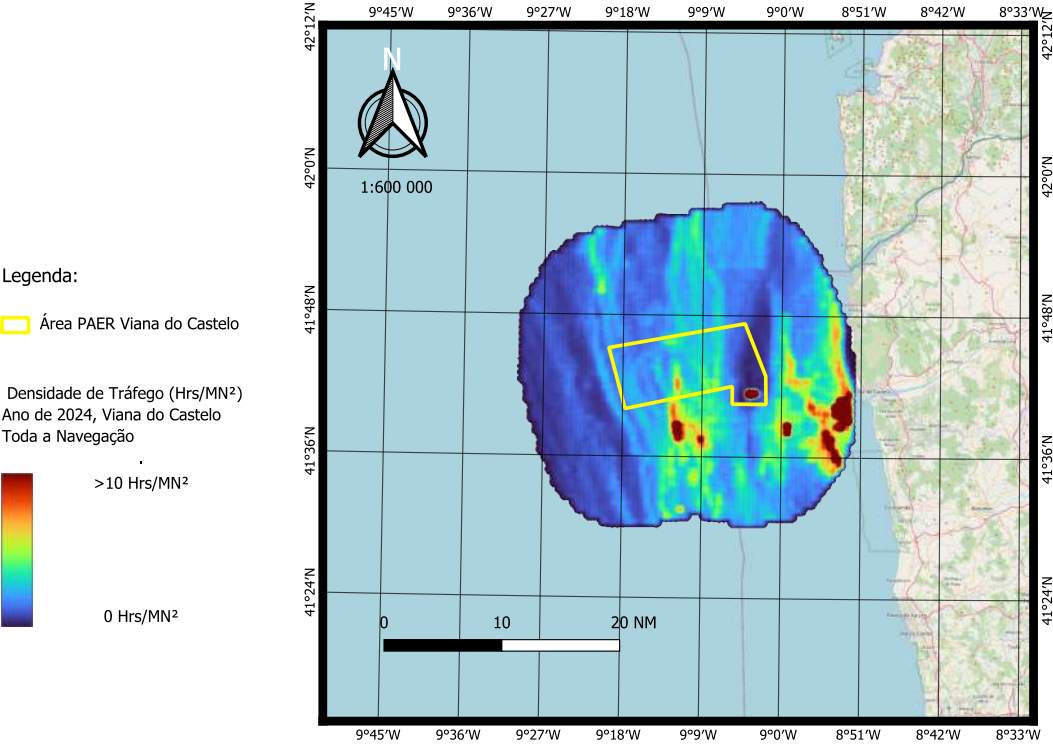
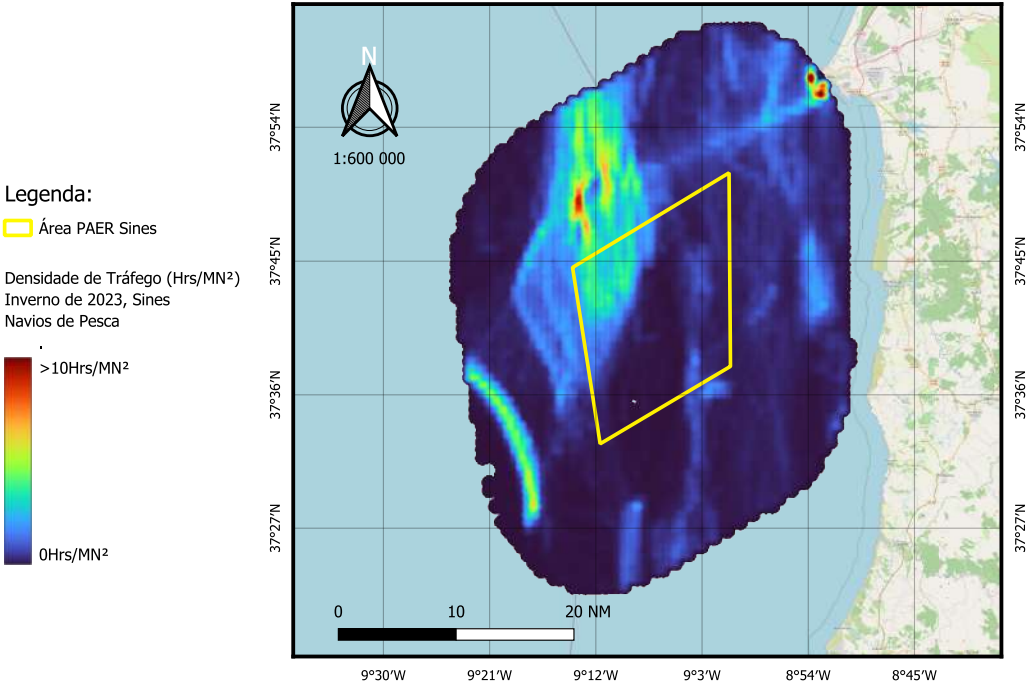


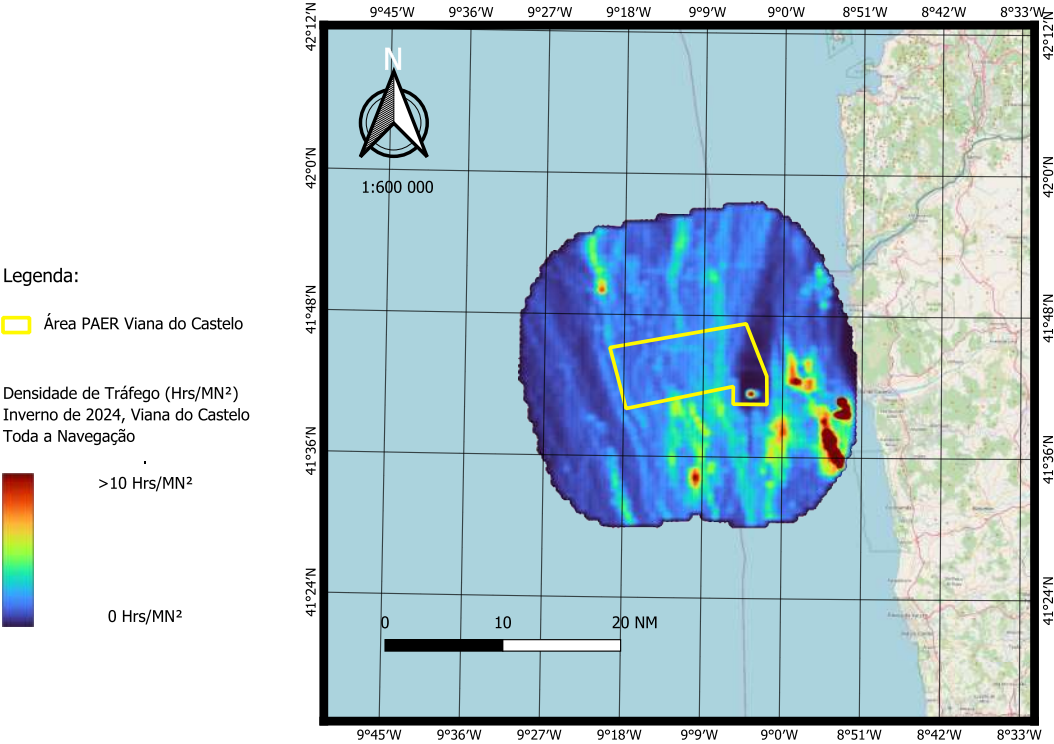
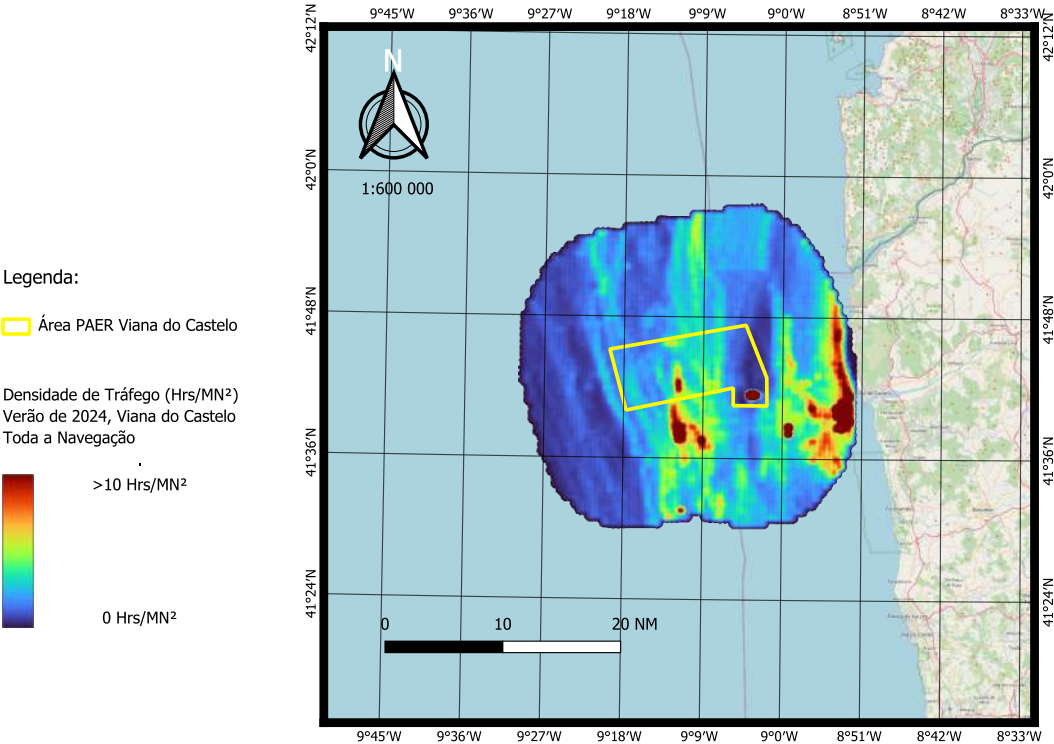


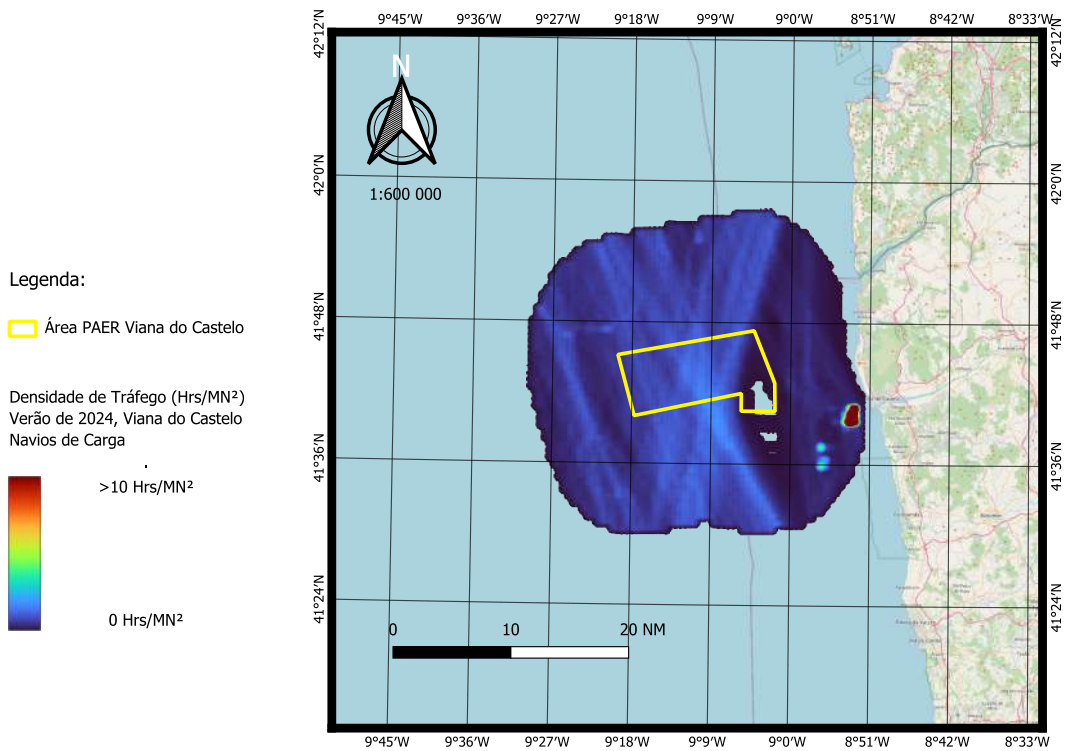
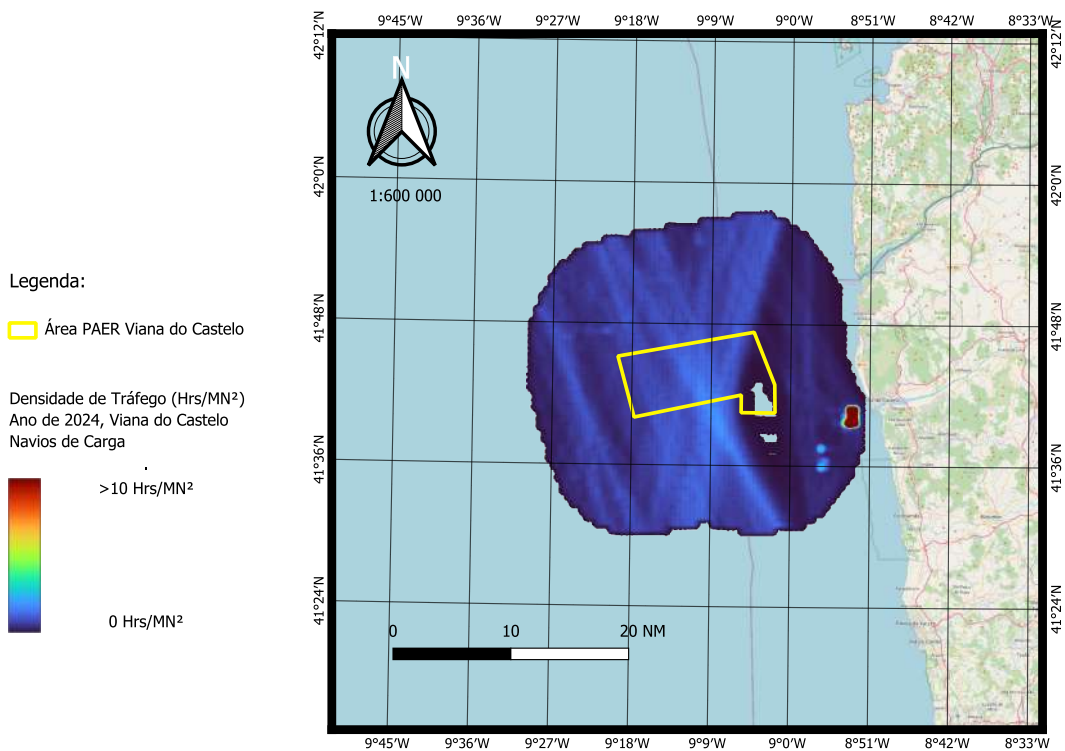


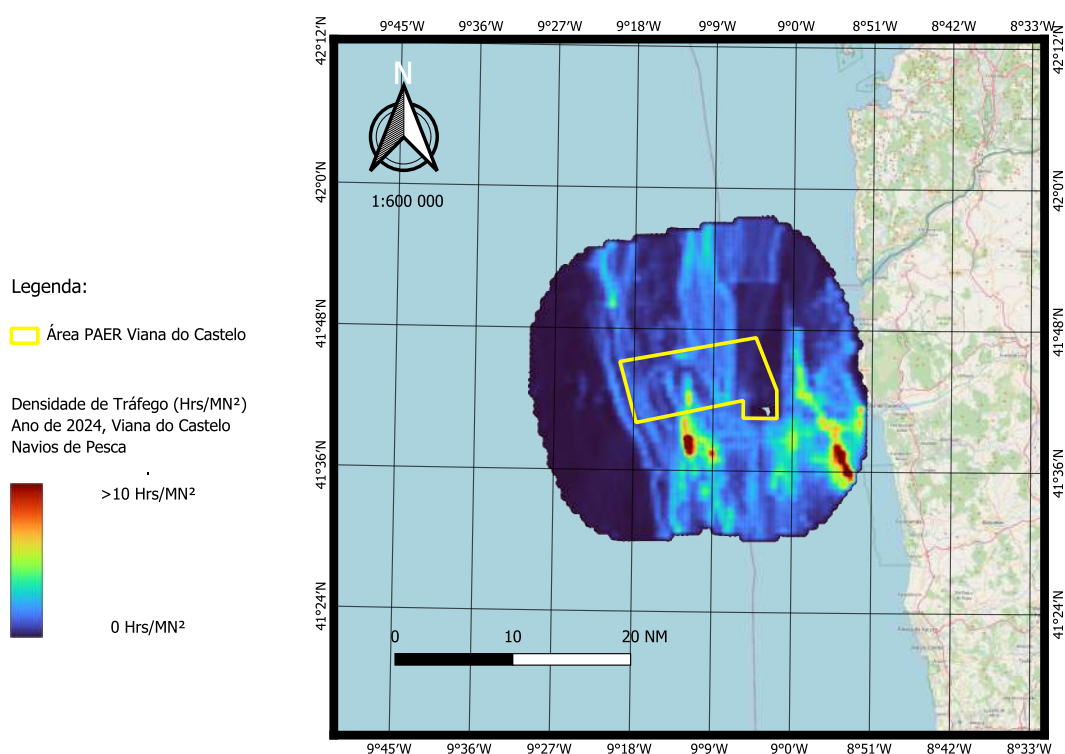
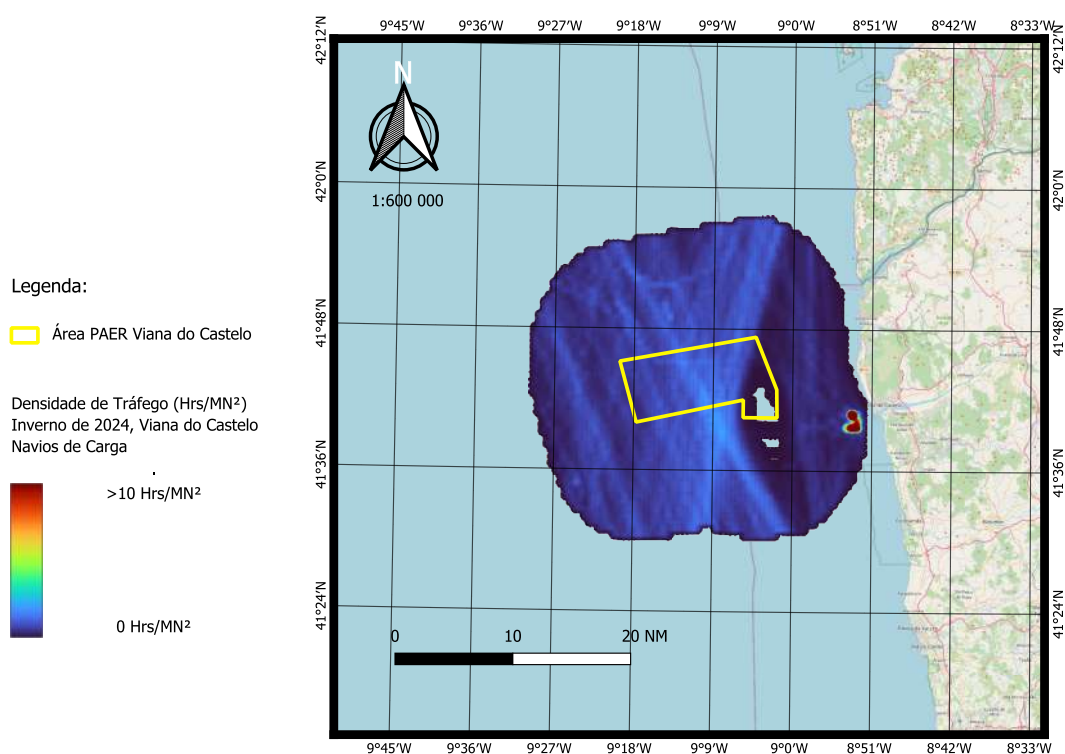


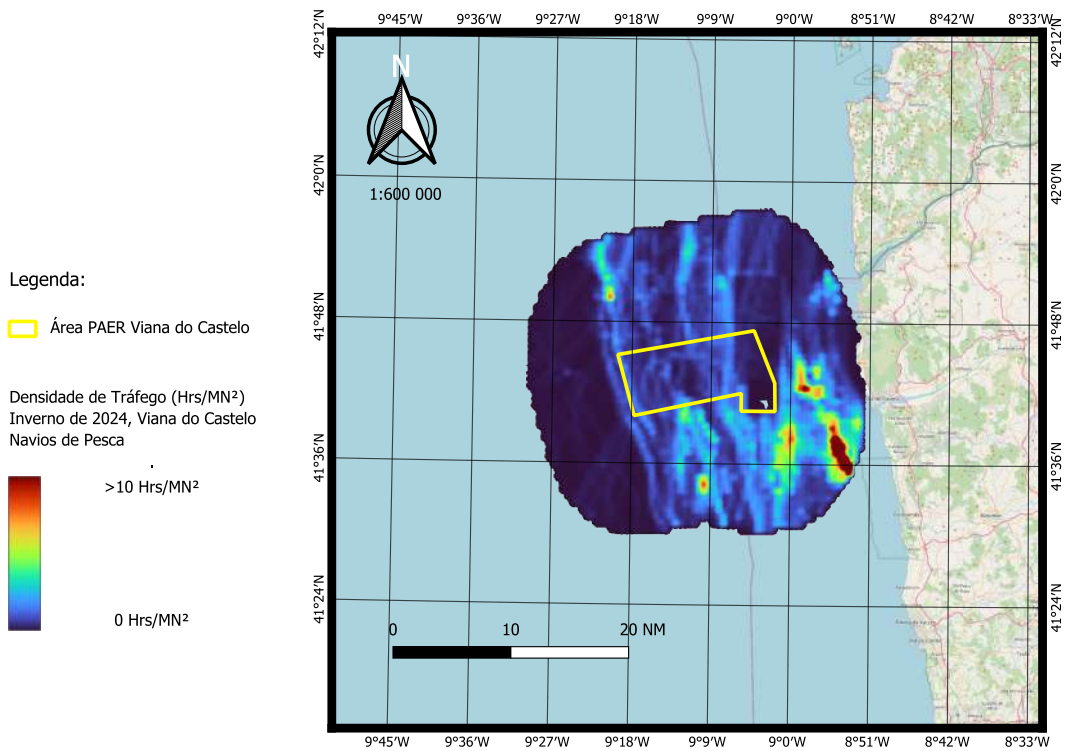
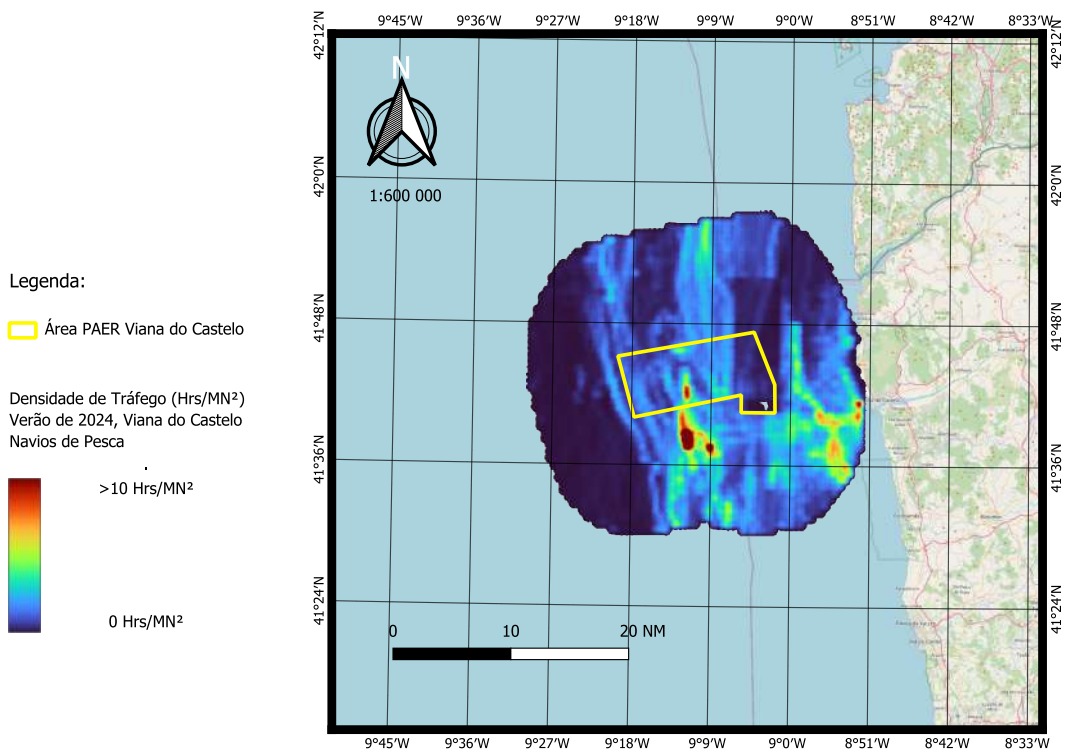


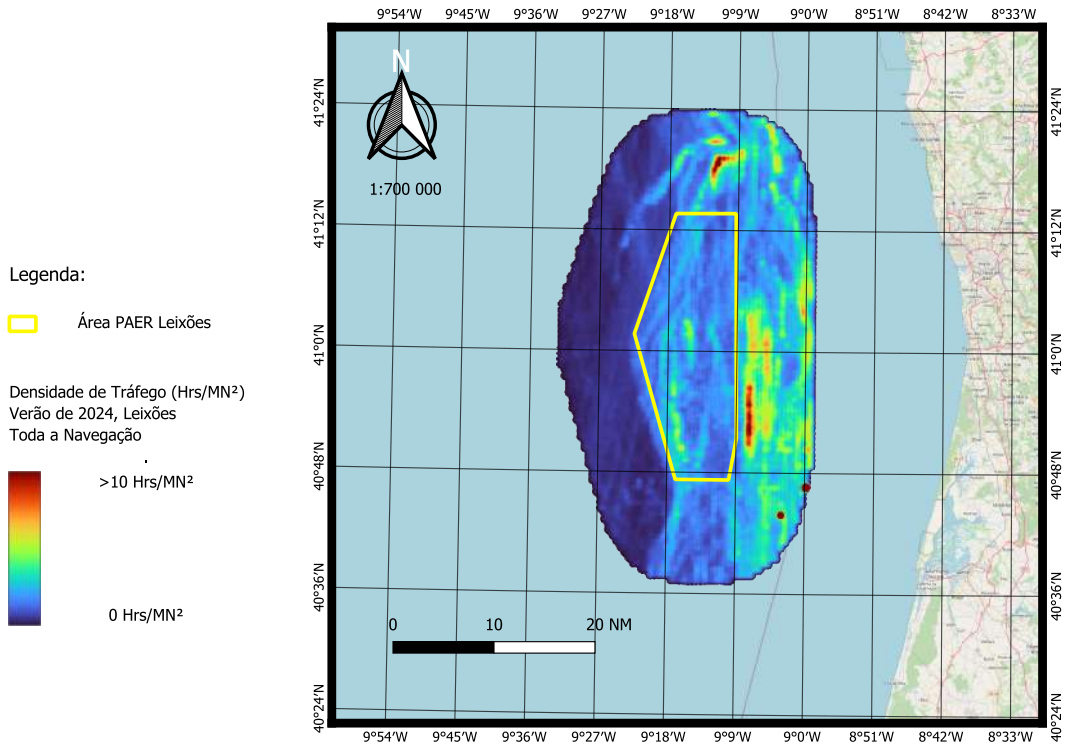
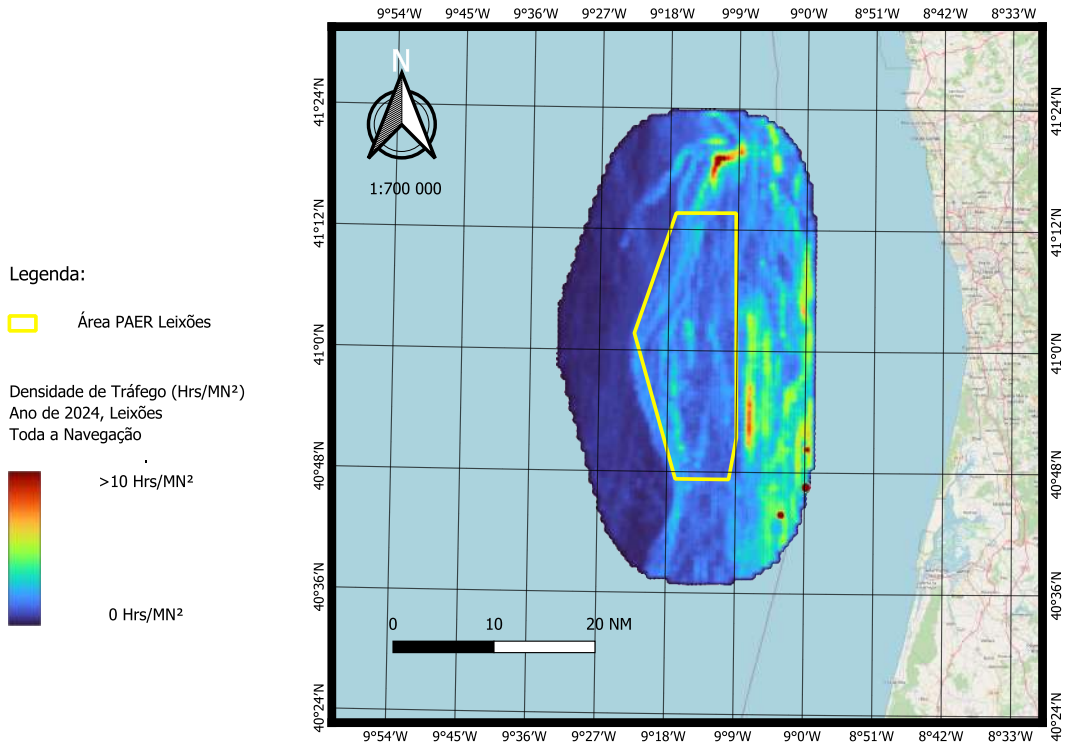


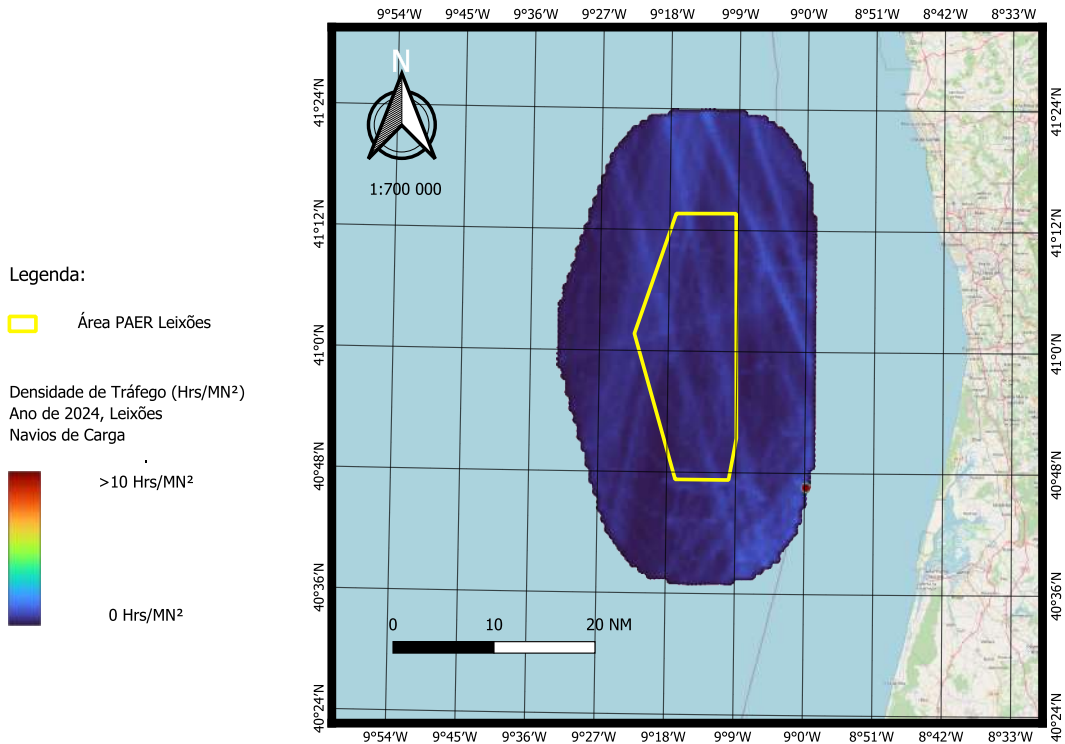
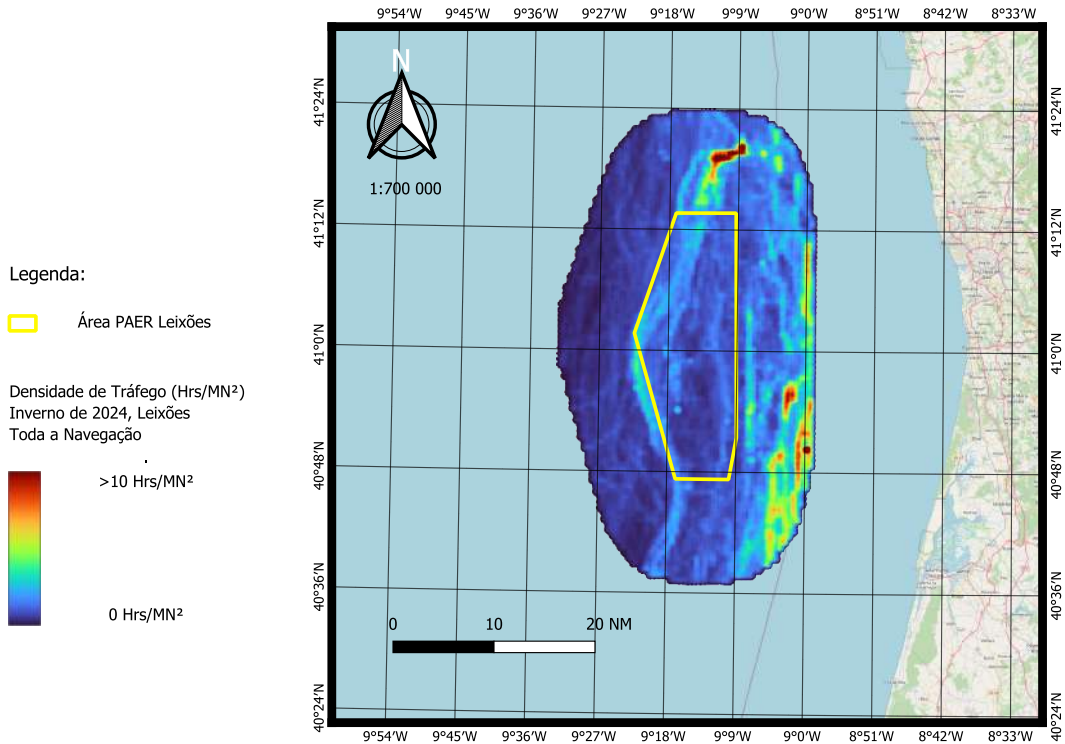


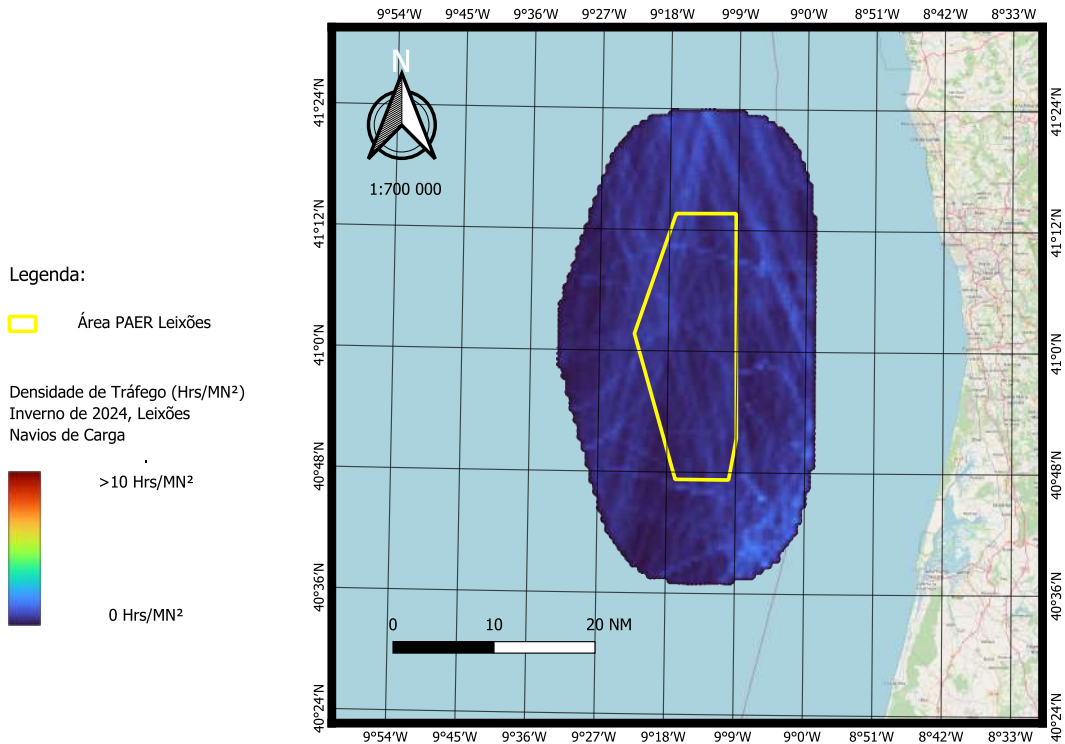
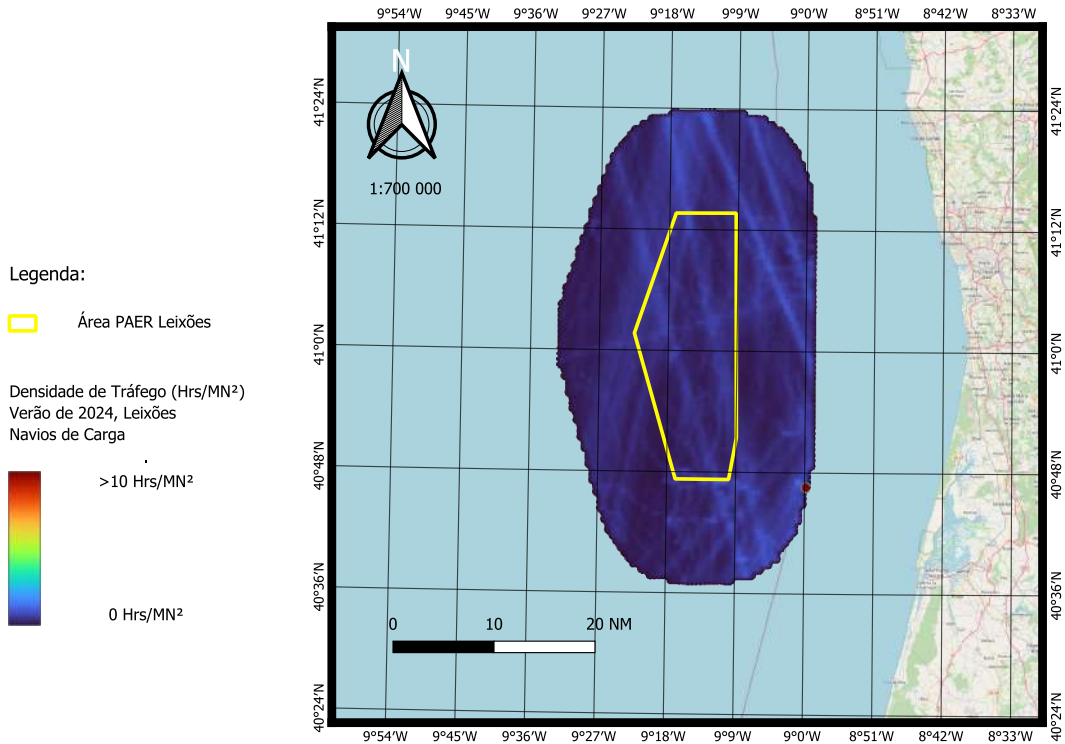


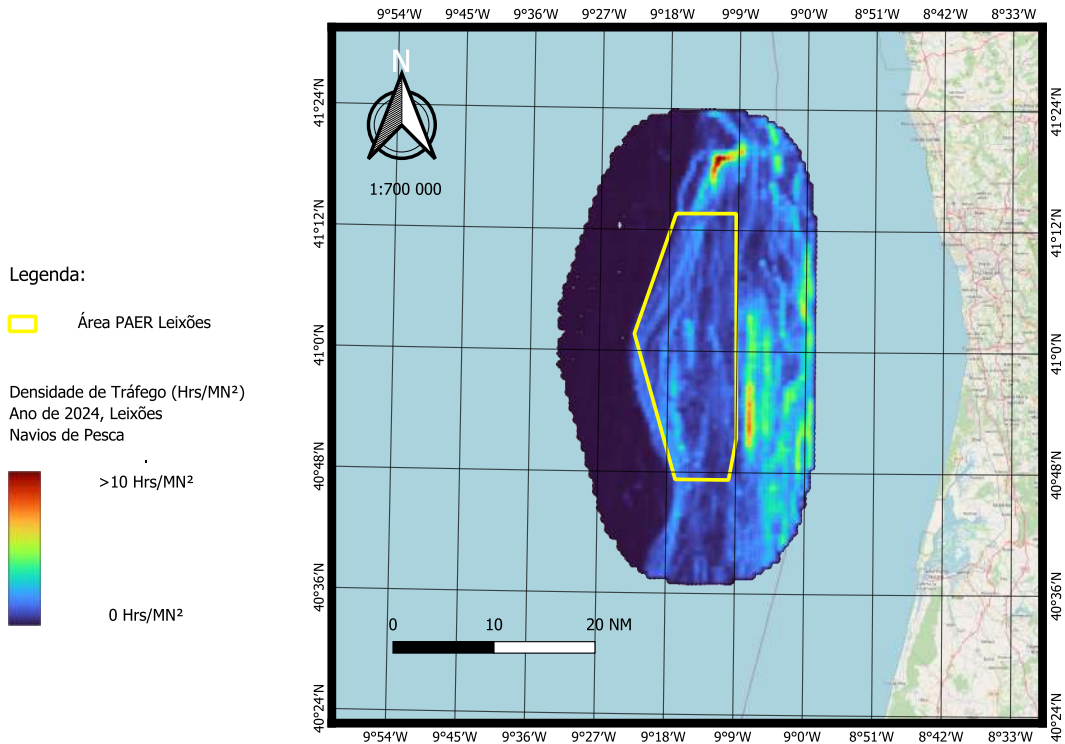
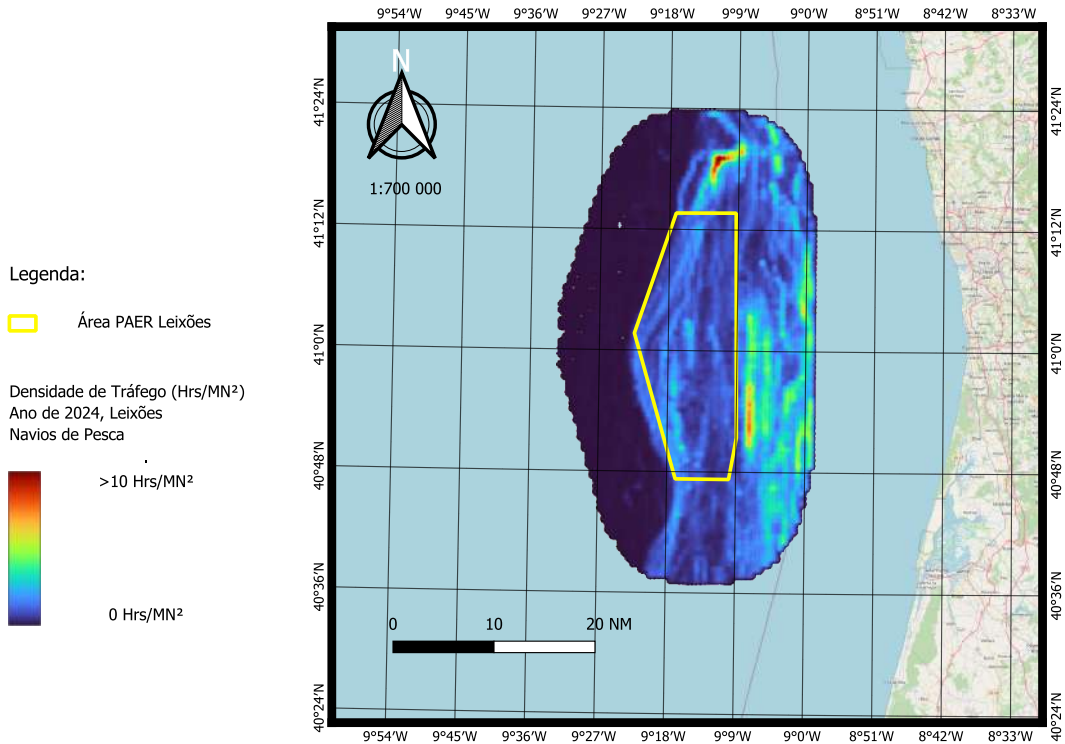


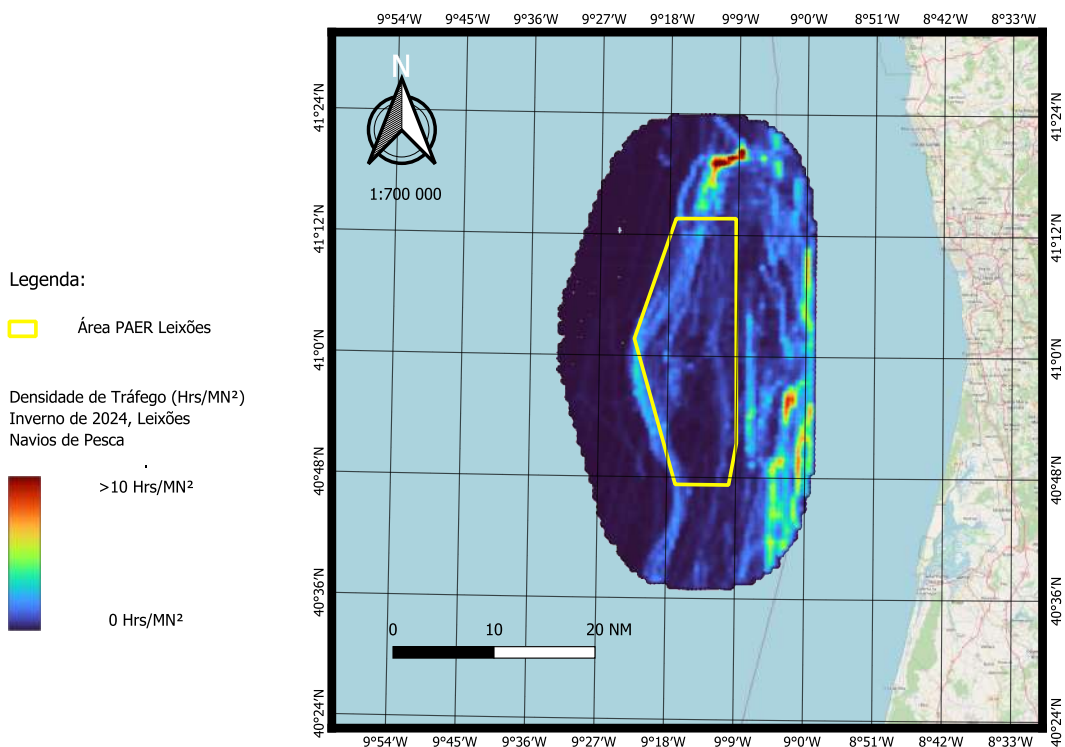
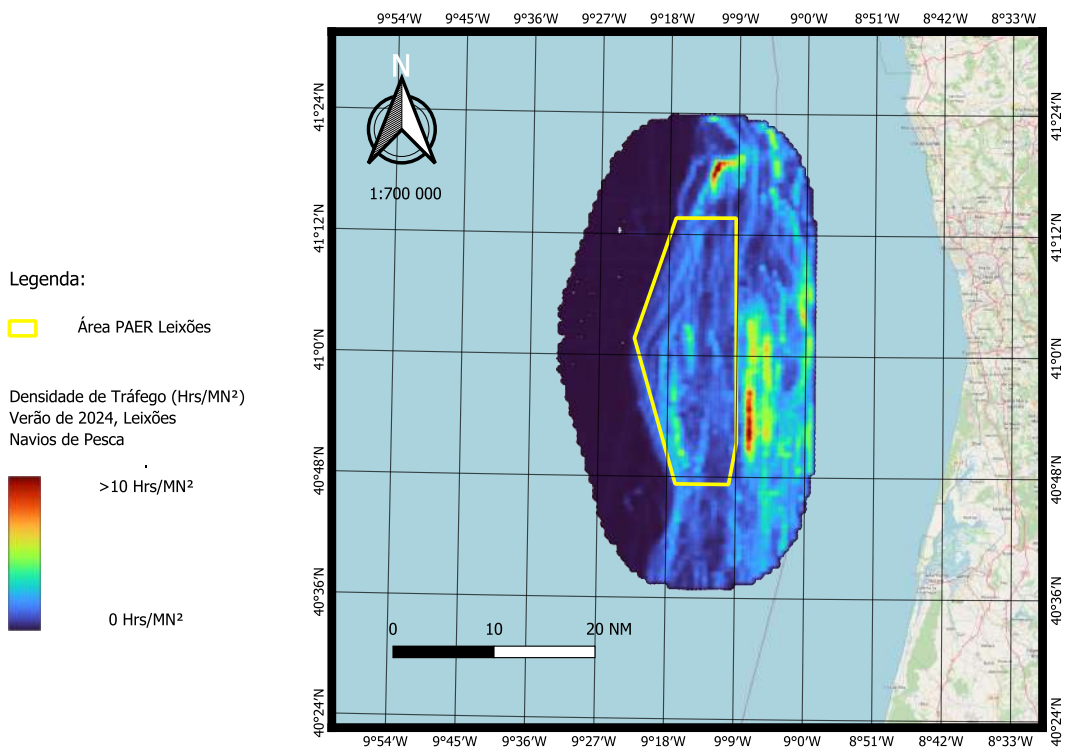


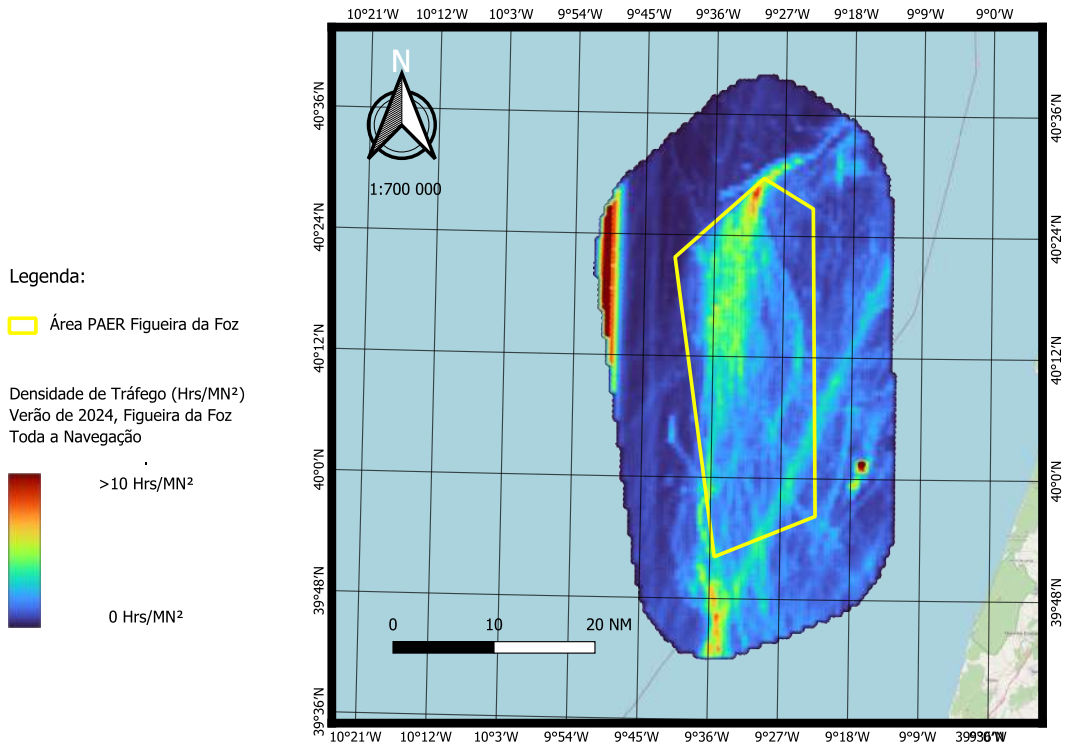
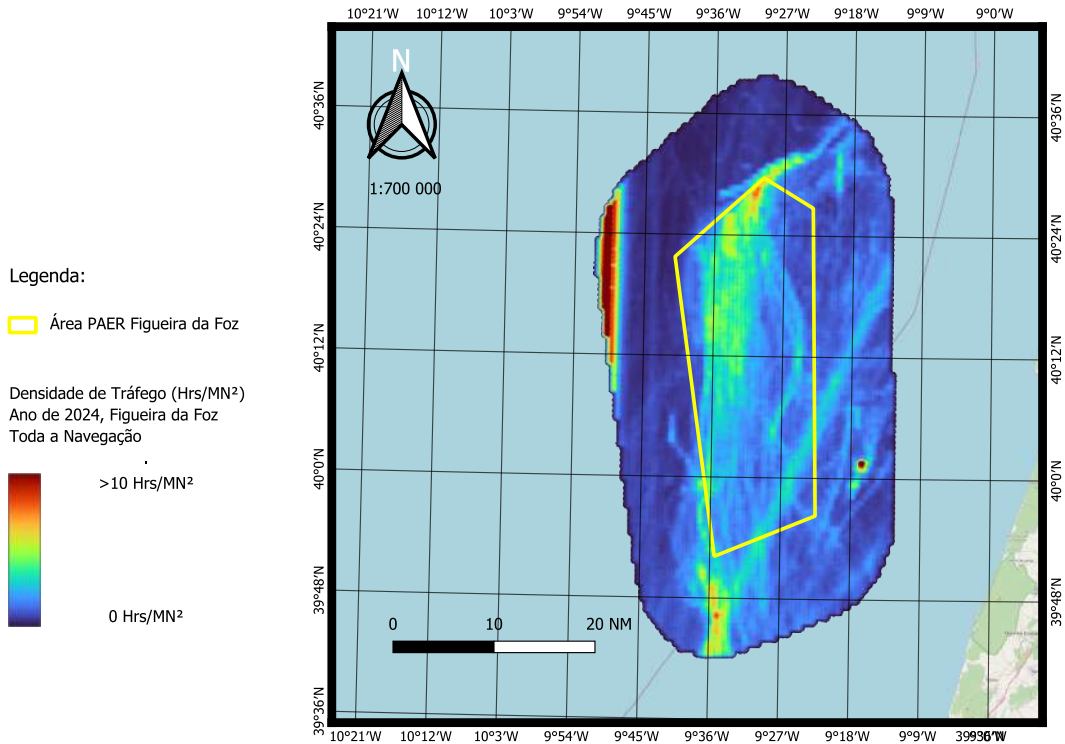


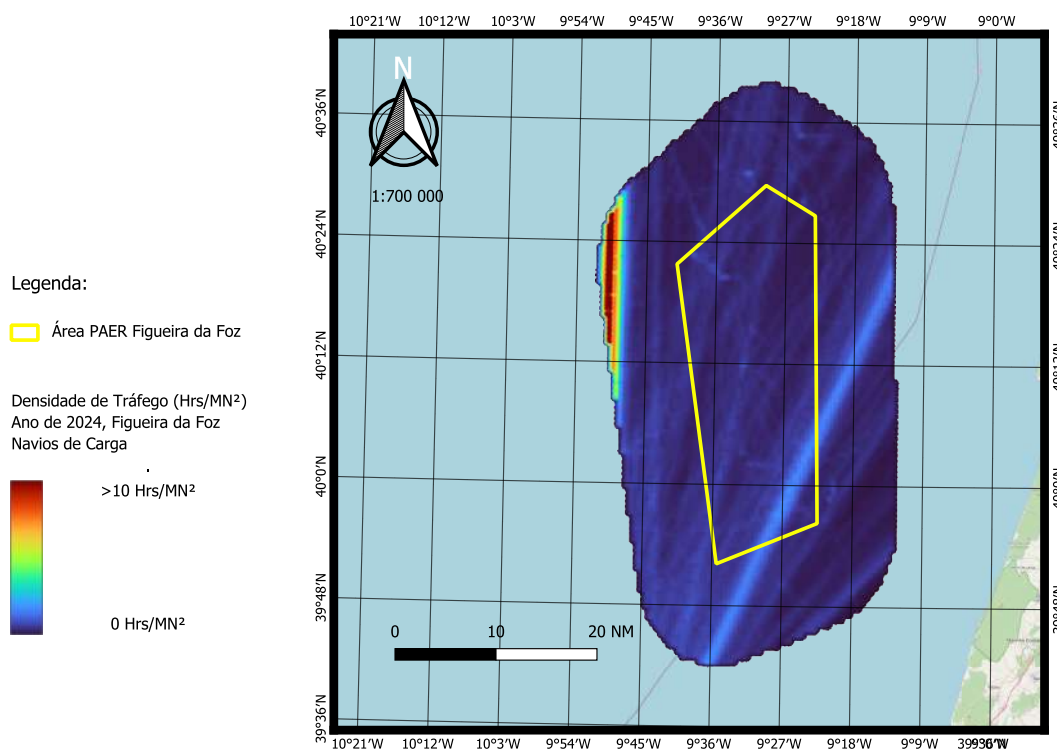
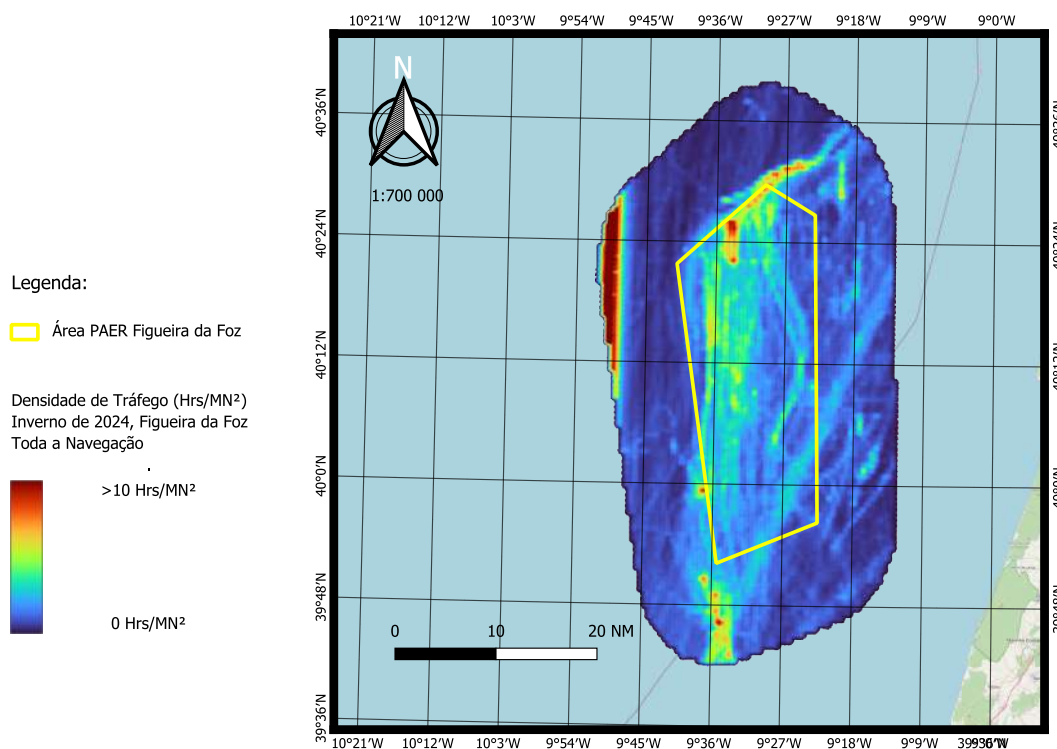


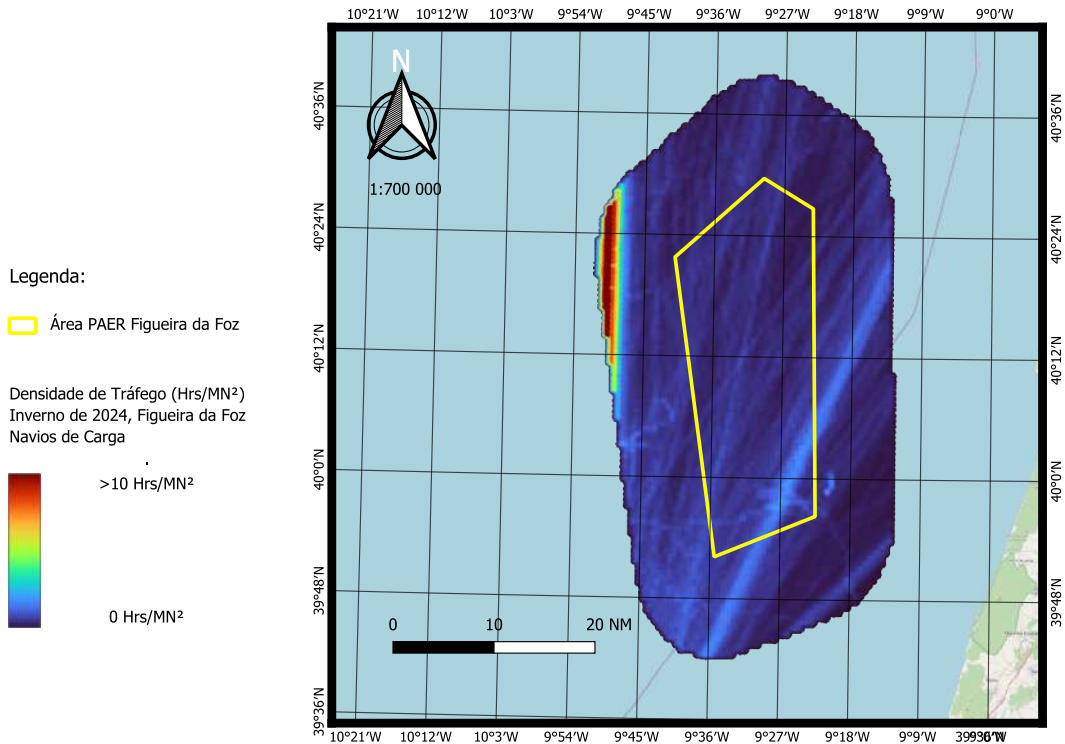
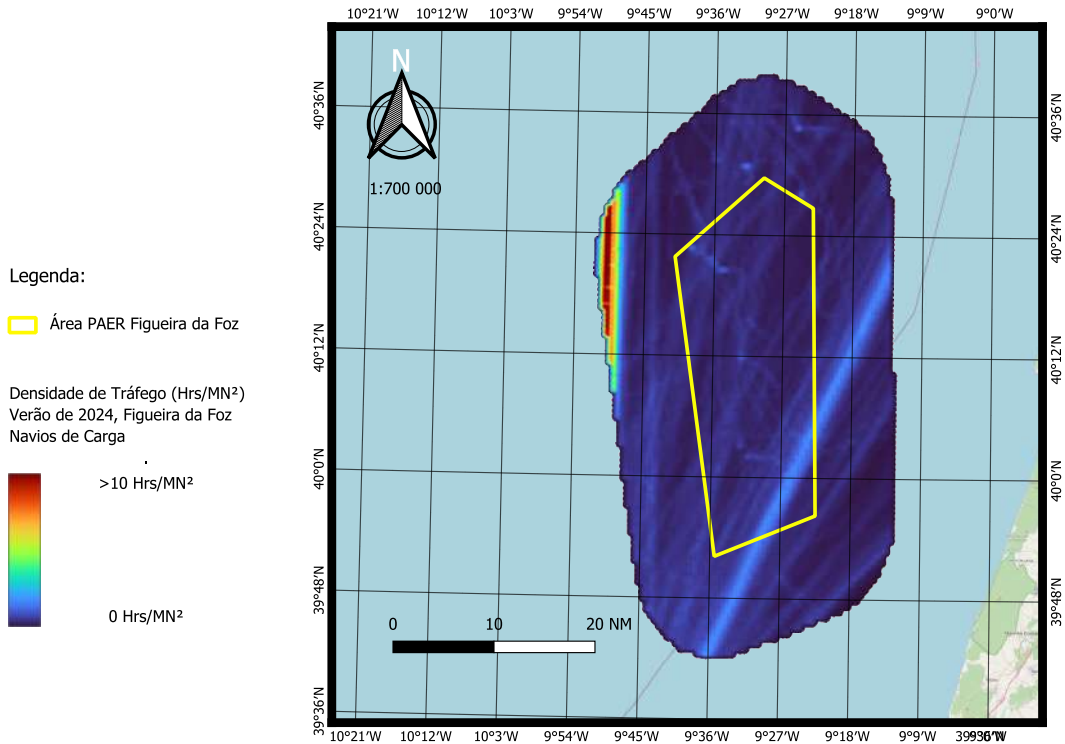


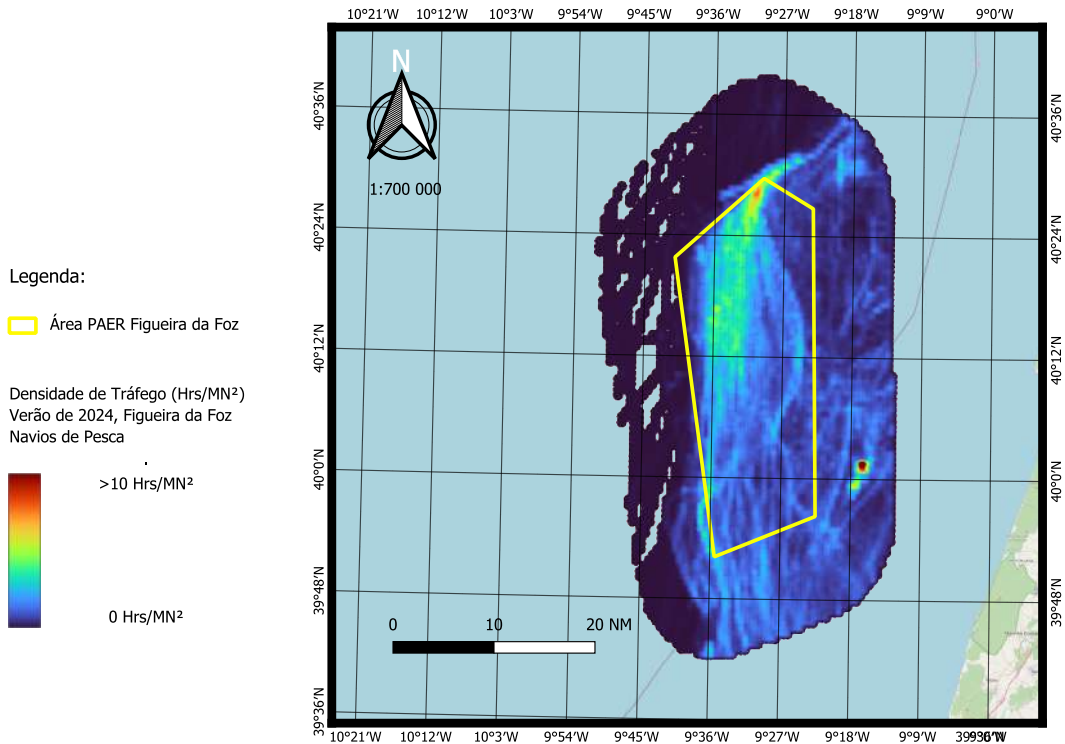
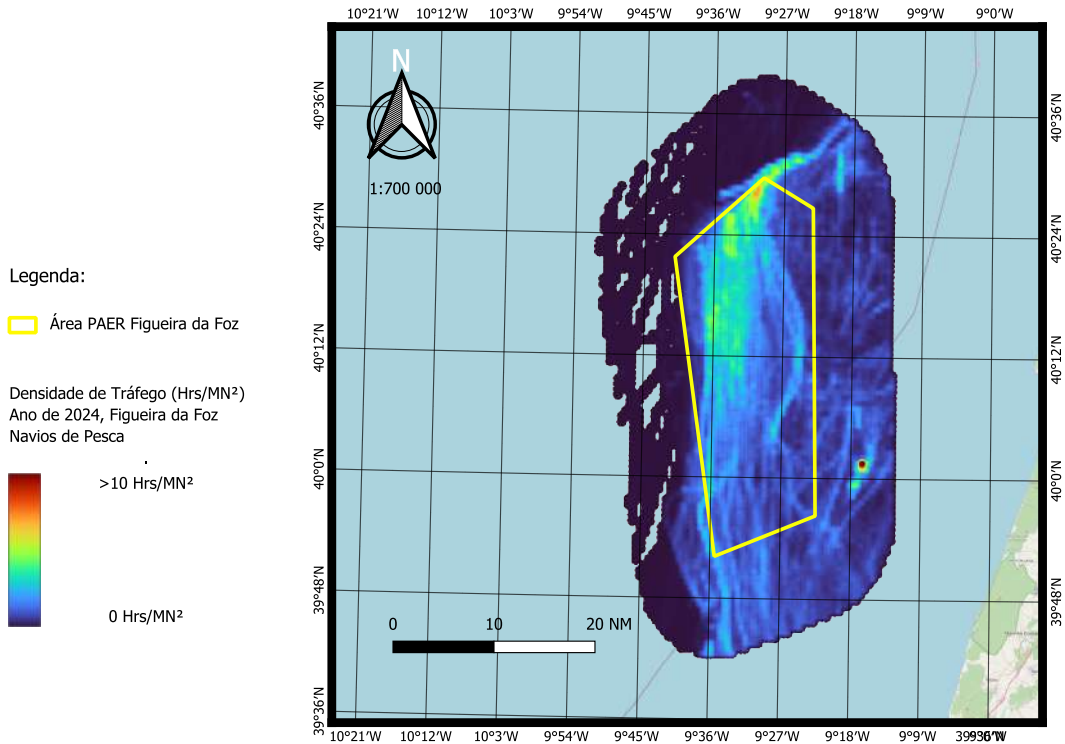


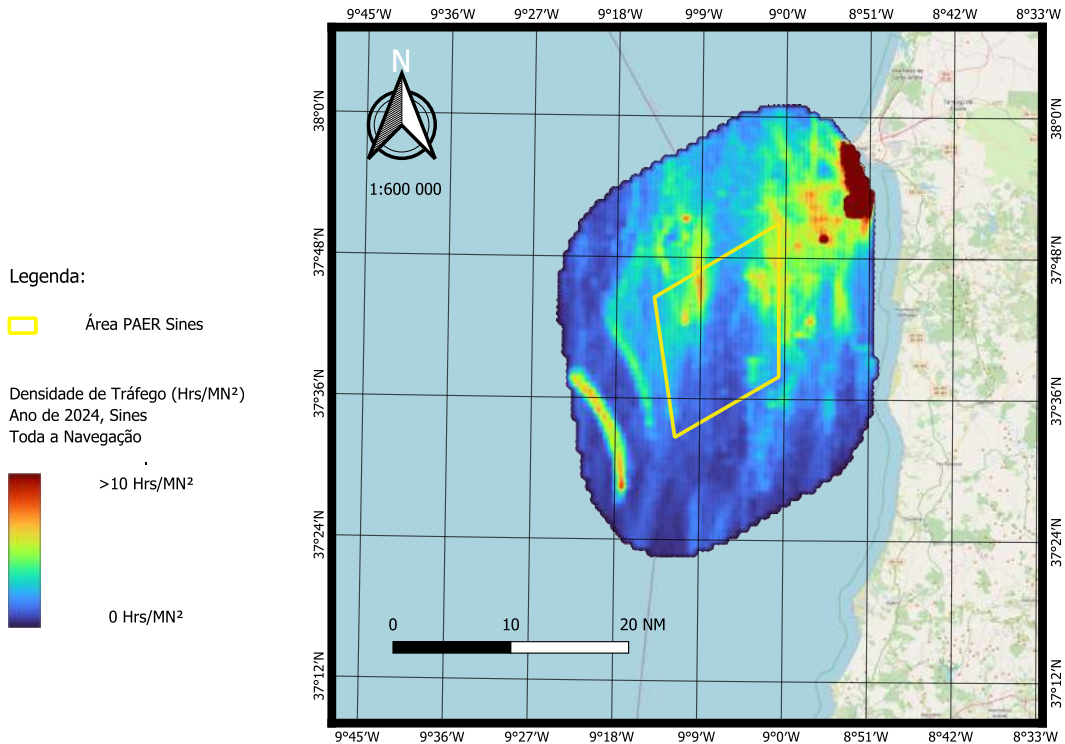
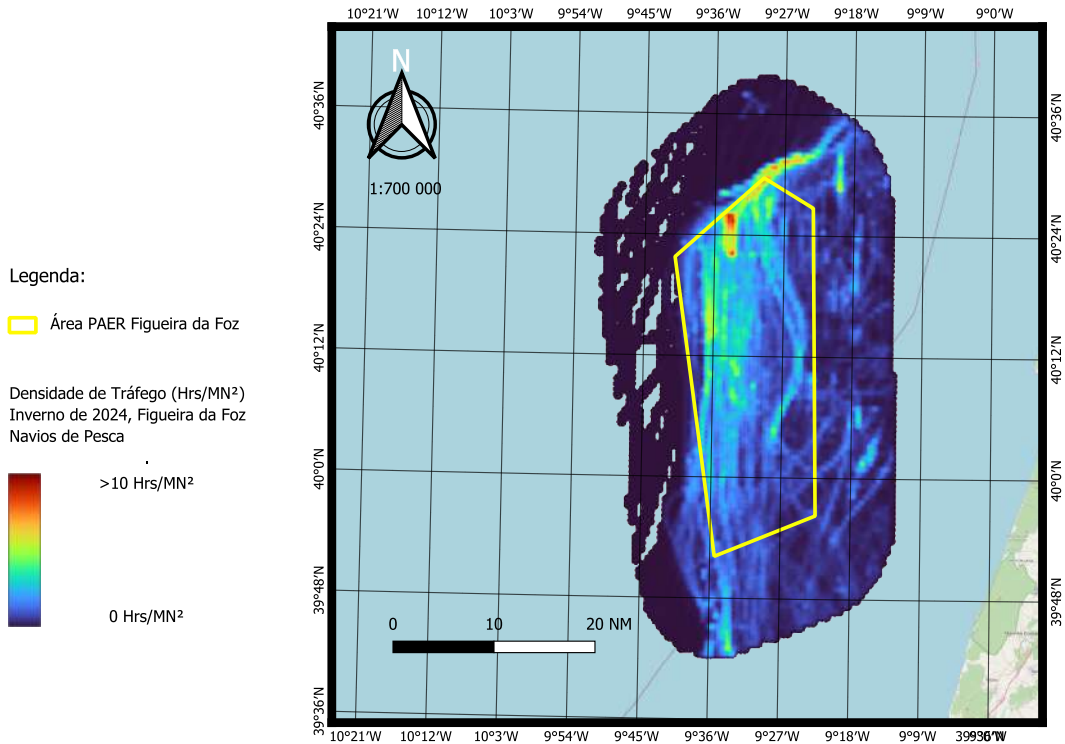


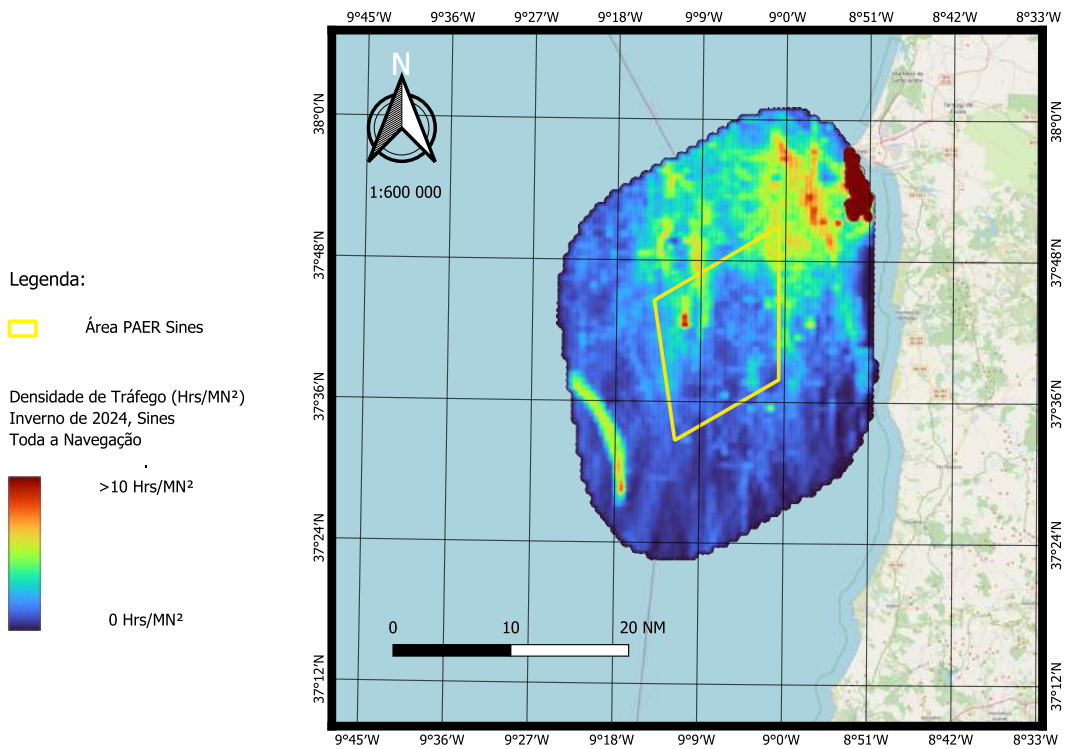
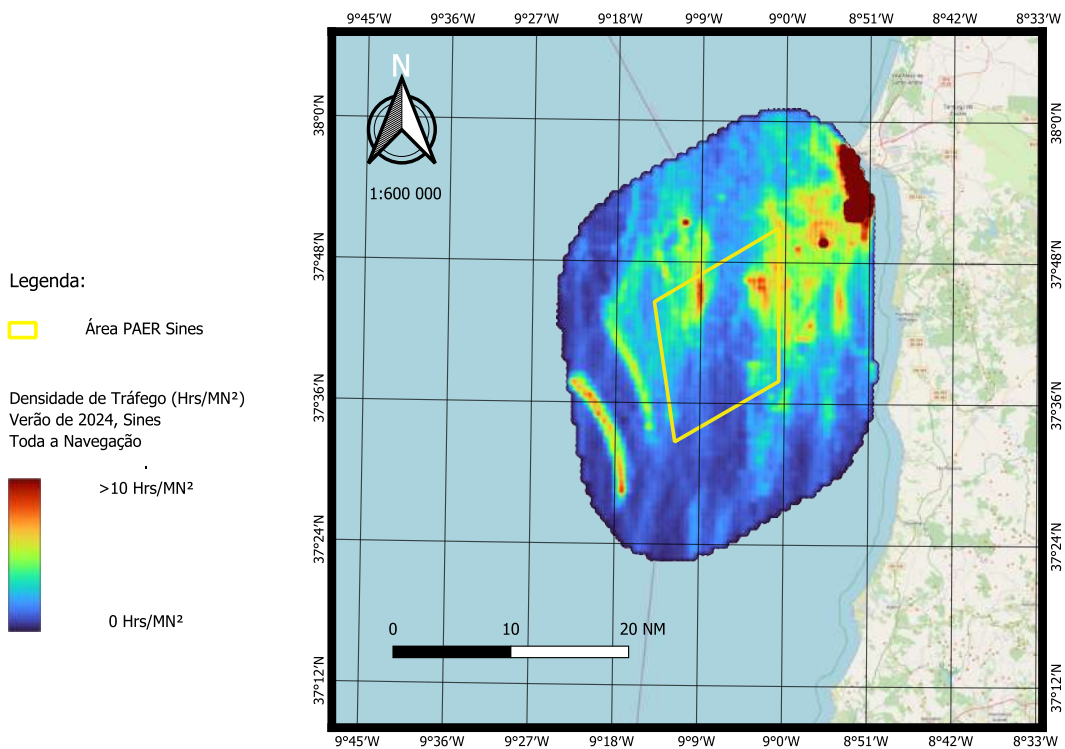


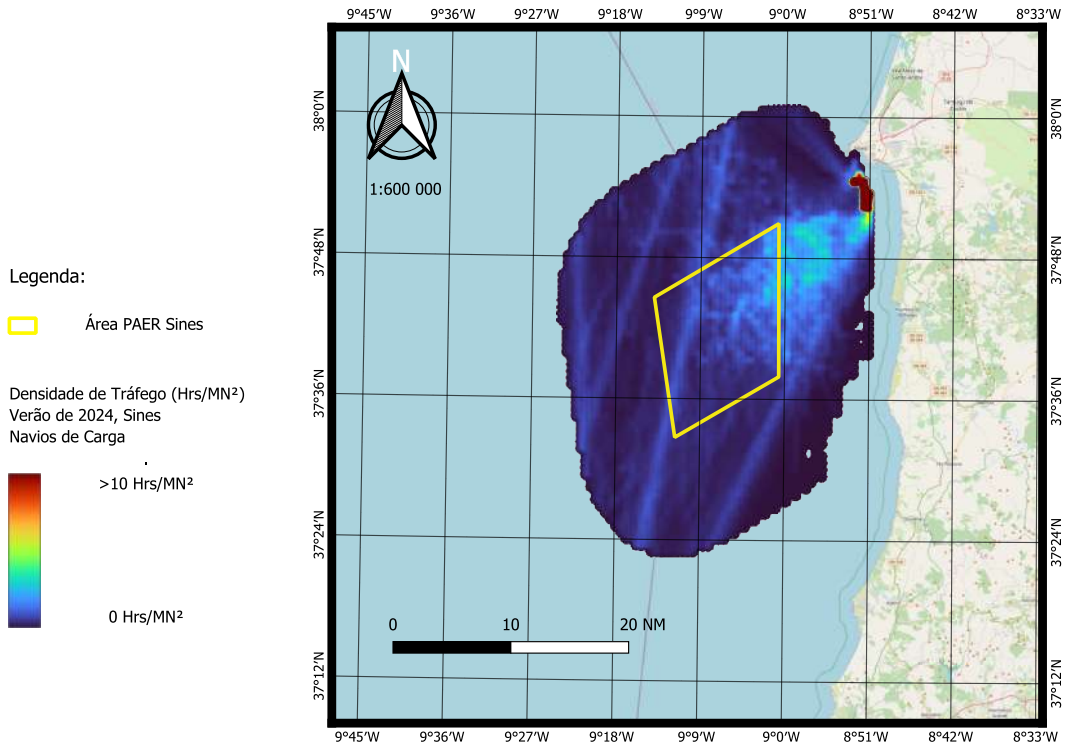
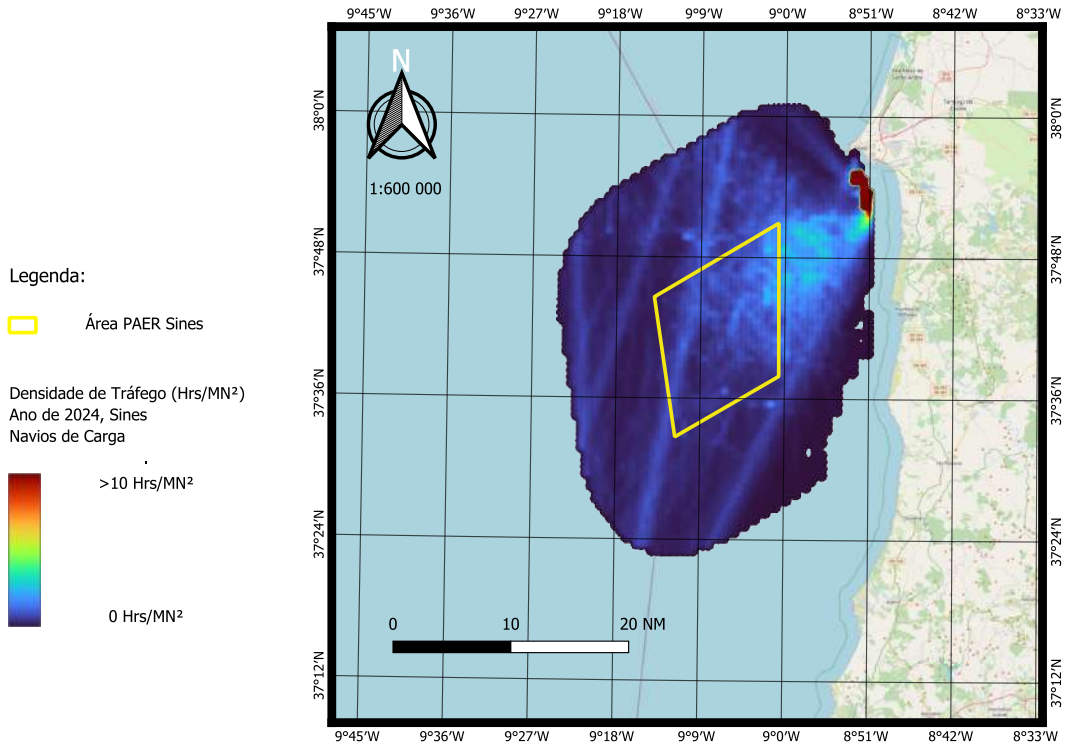


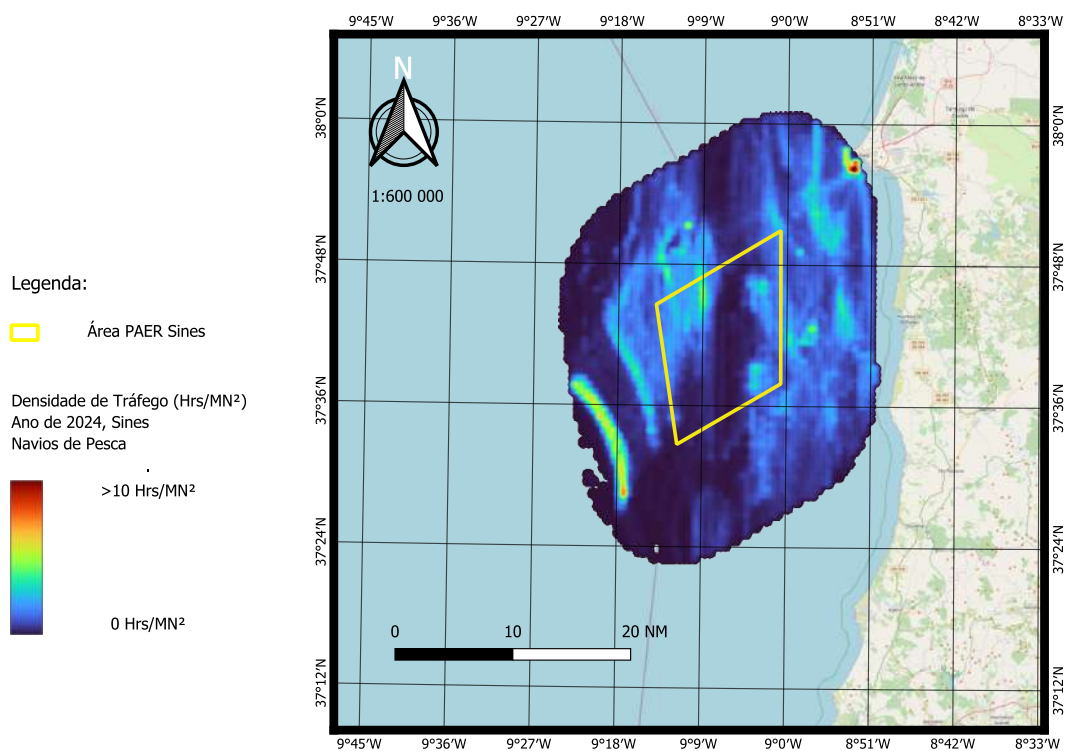
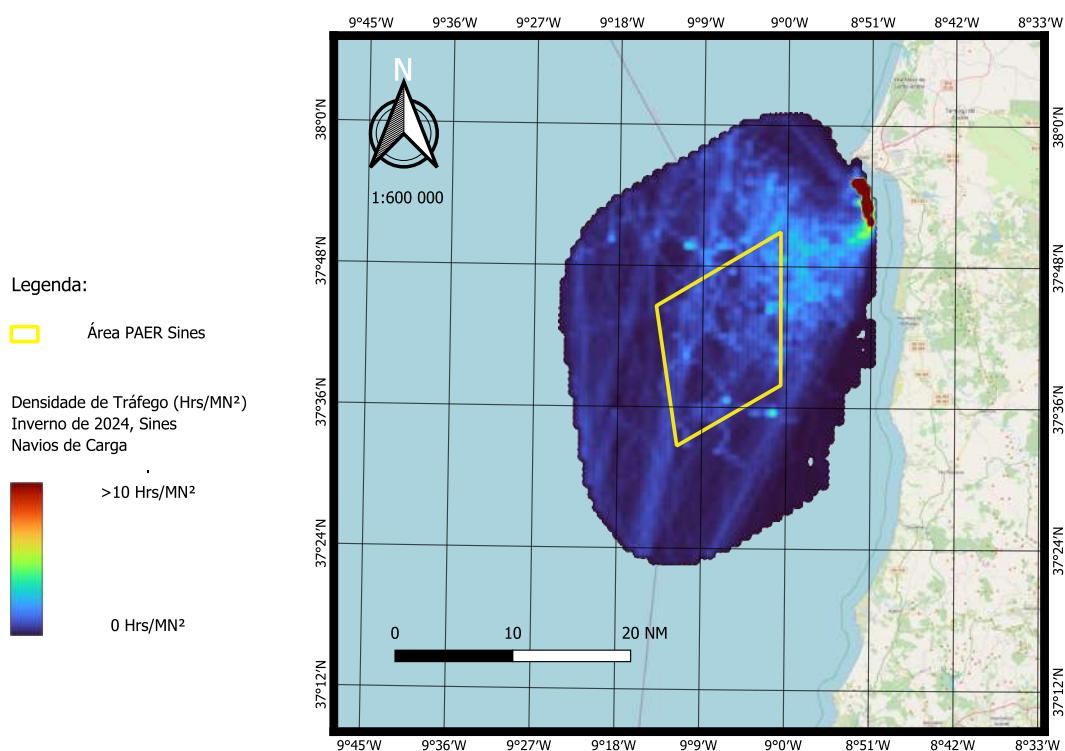


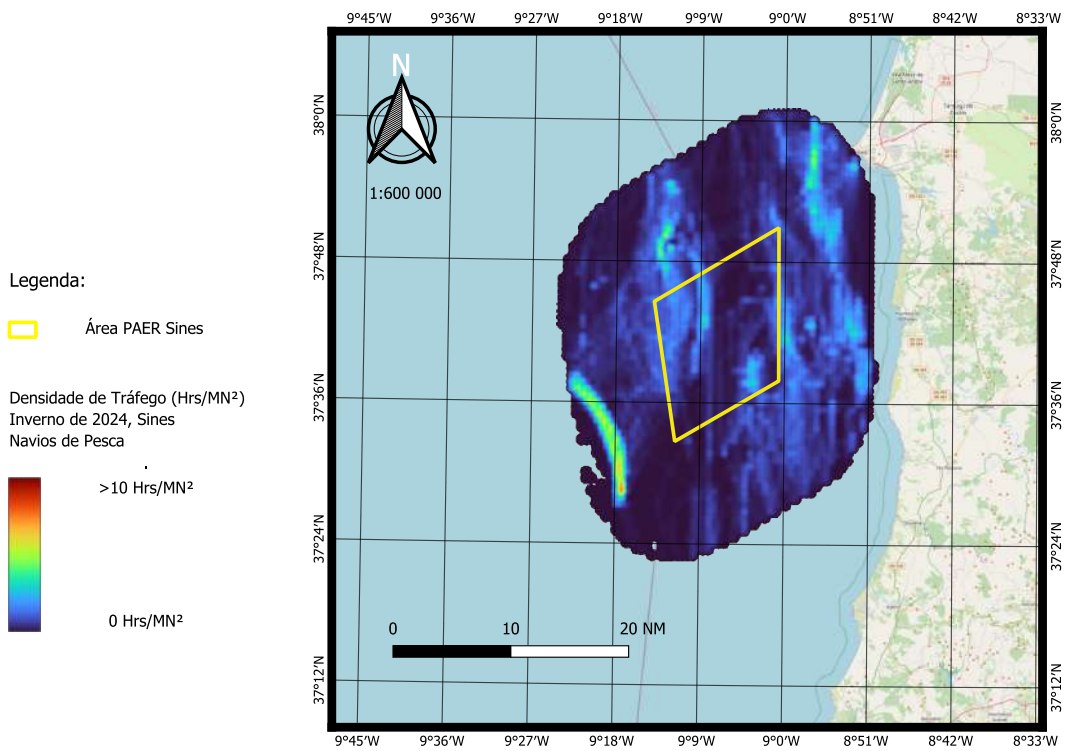
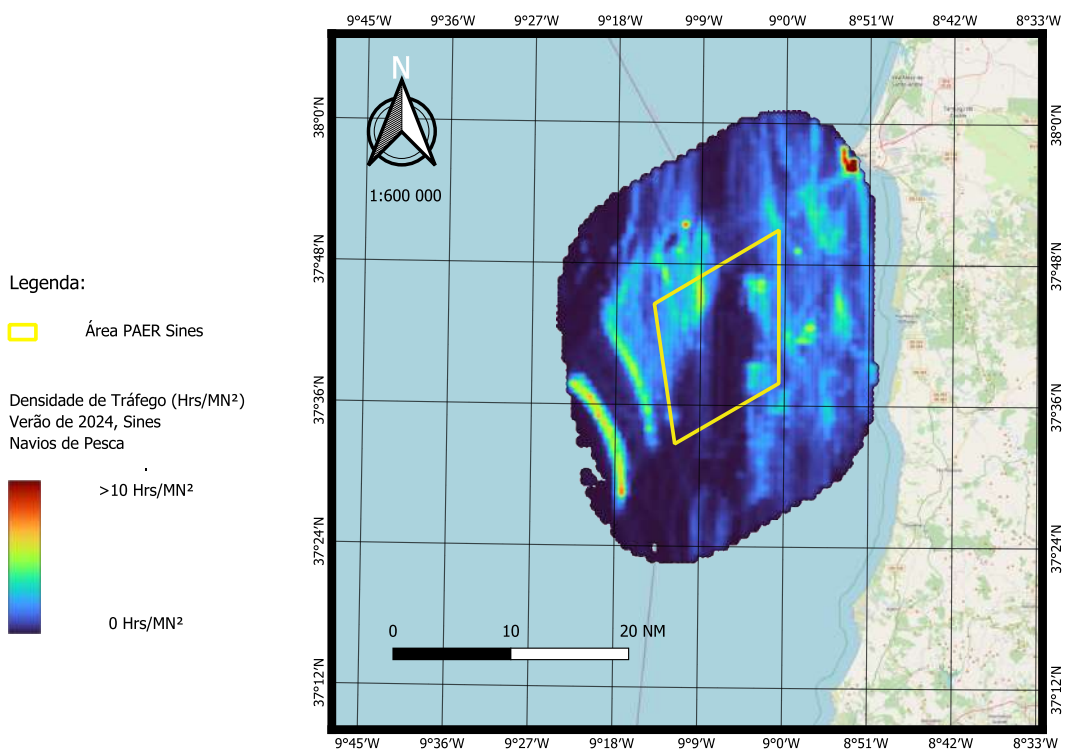












Apêndice B - Gráficos de Distribuição de Comprimentos e Velocidades dos Navios nas Áreas PAER

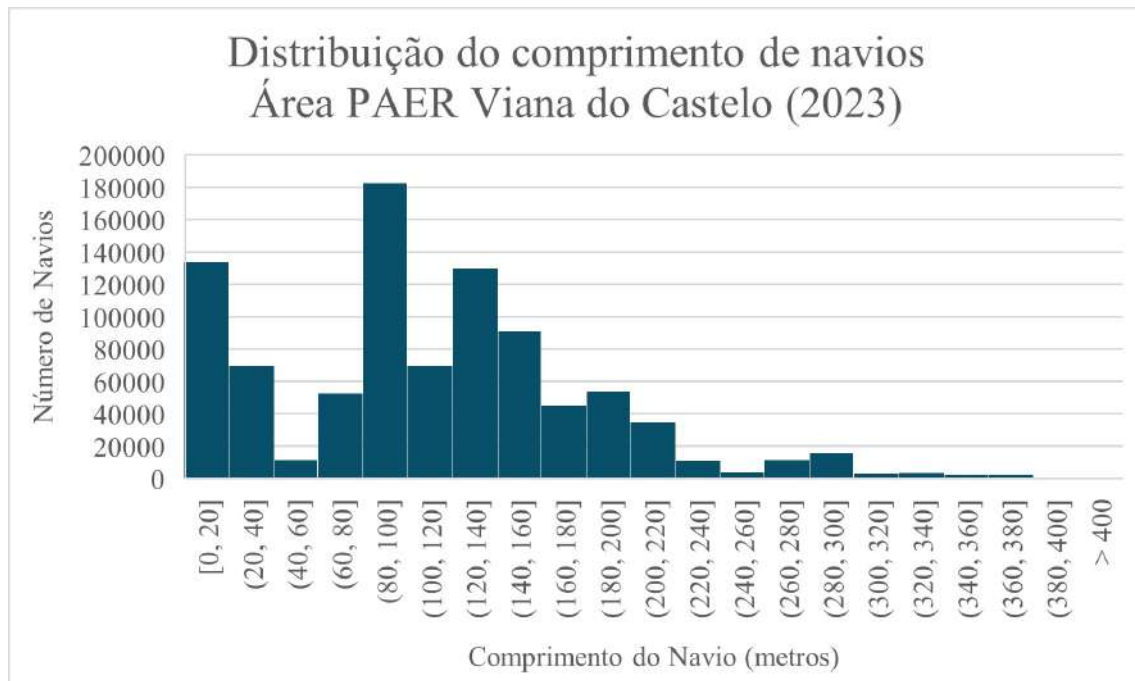


FIGURA B.1: Distribuição do comprimento dos navios que transitaram na área PAER Viana do Castelo no ano de 2023.

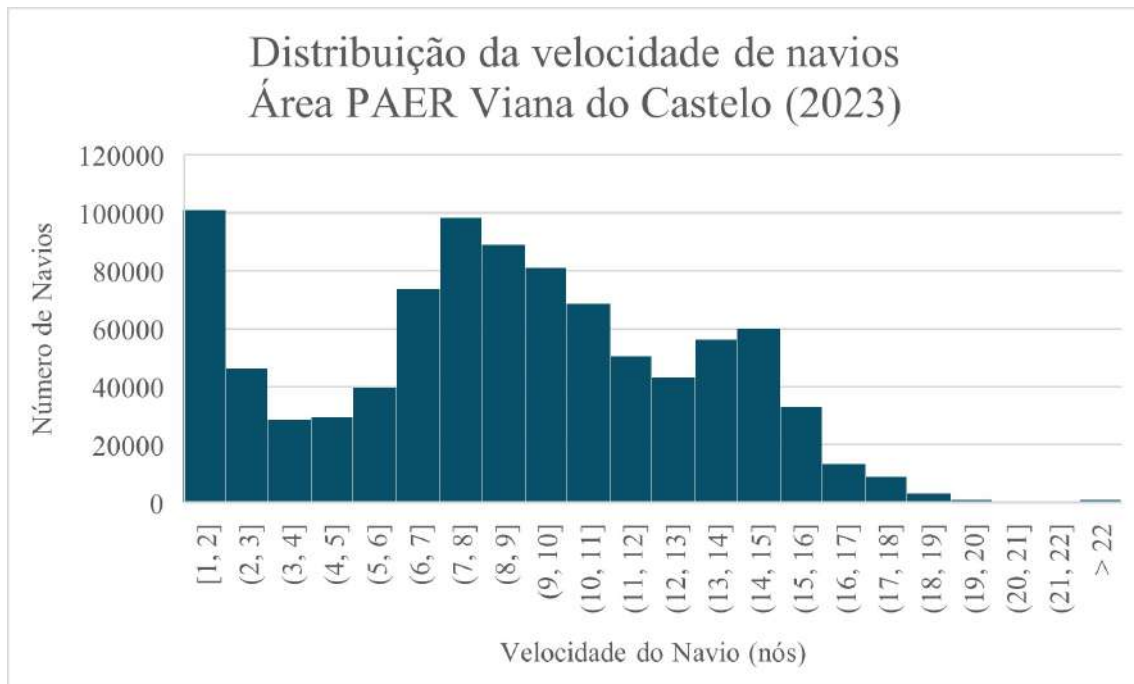


FIGURA B.2: Distribuição da velocidade dos navios que transitaram na área PAER Viana do Castelo no ano de 2023.

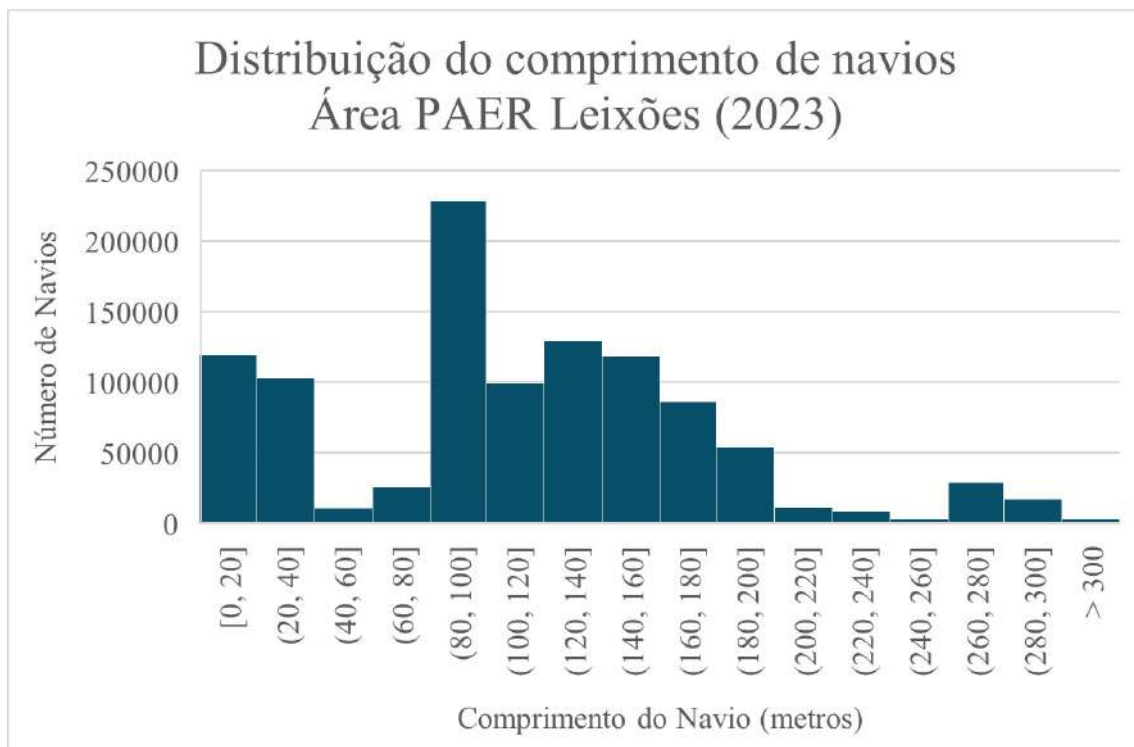


FIGURA B.3: Distribuição do comprimento dos navios que transitaram na área PAER Leixões no ano de 2023.

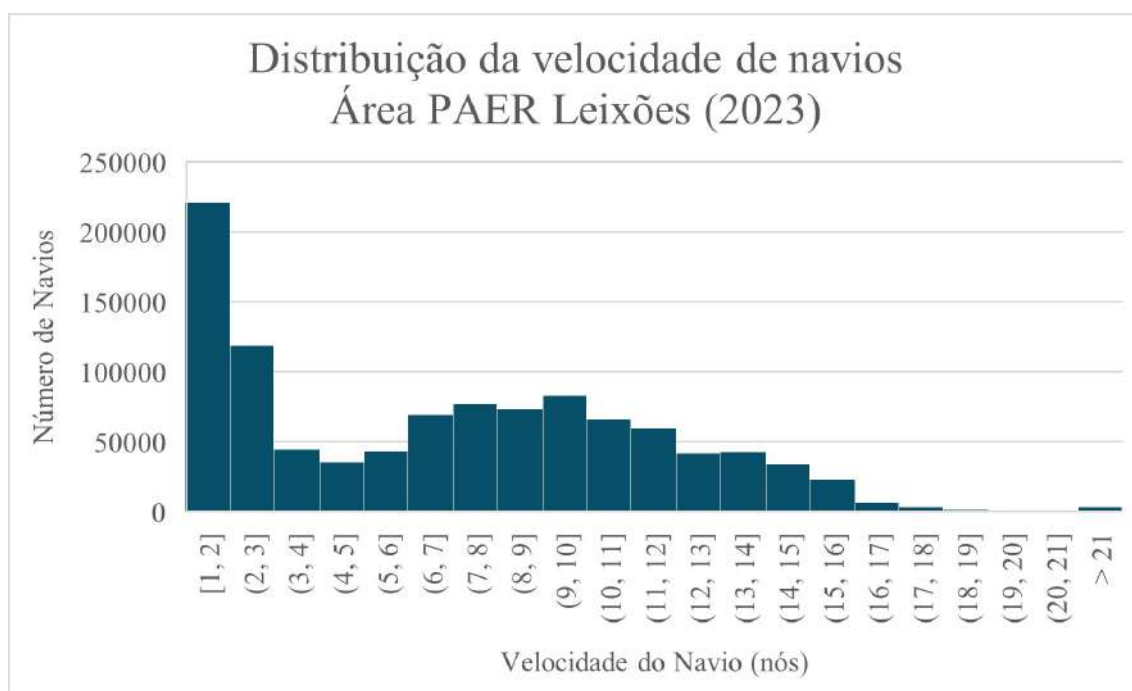


FIGURA B.4: Distribuição da velocidade dos navios que transitaram na área PAER Leixões no ano de 2023.

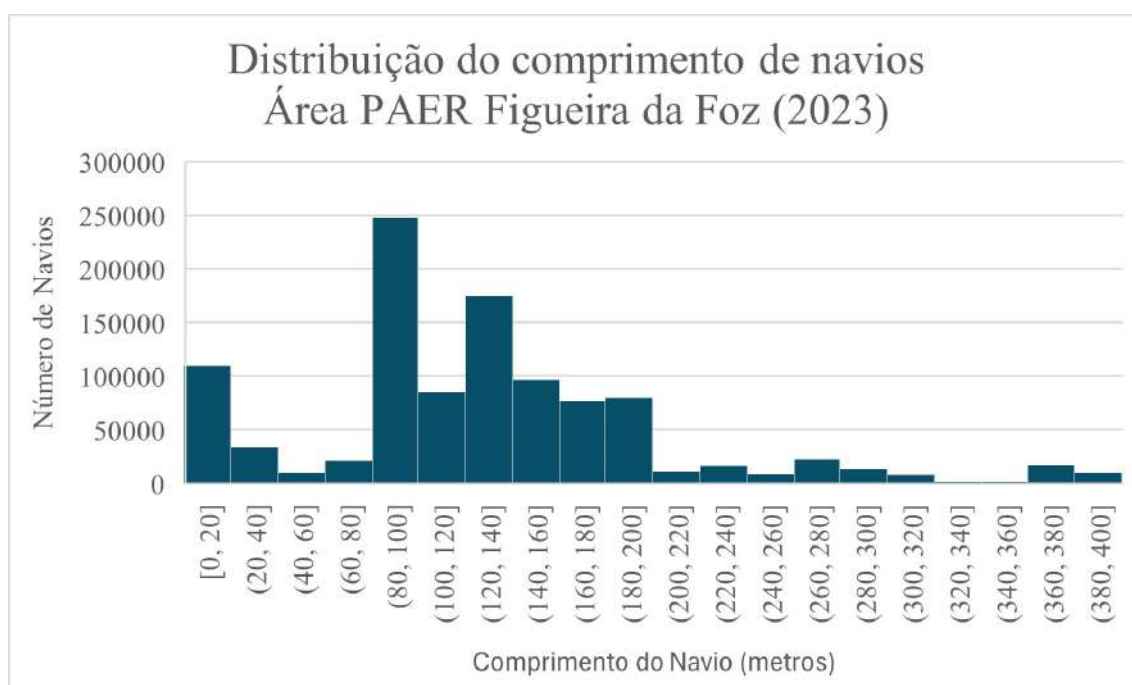


FIGURA B.5: Distribuição do comprimento dos navios que transitaram na área PAER Figueira da Foz no ano de 2023.

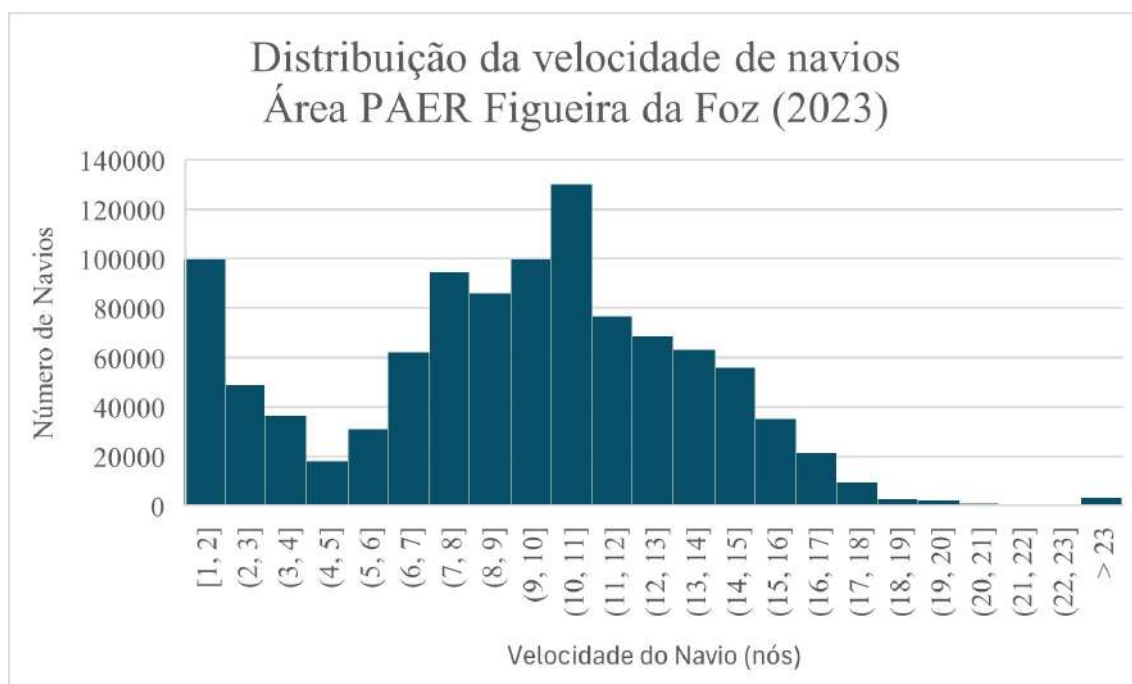


FIGURA B.6: Distribuição da velocidade dos navios que transitaram na área PAER Figueira da Foz no ano de 2023.

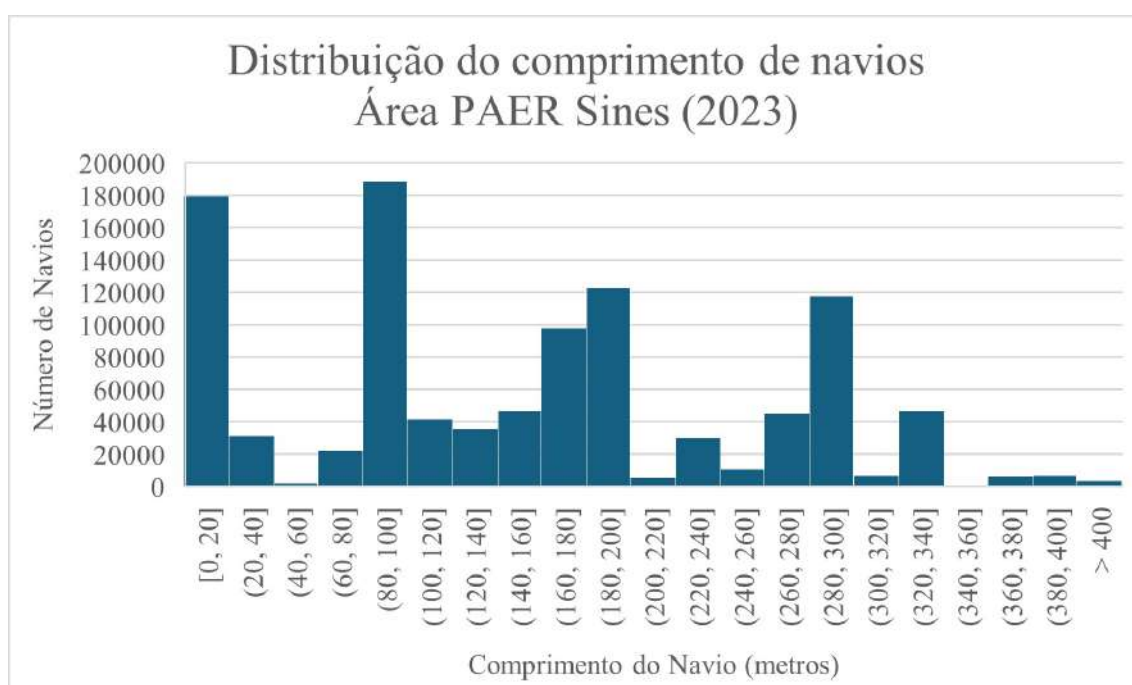


FIGURA B.7: Distribuição do comprimento dos navios que transitaram na área PAER Sines no ano de 2023.

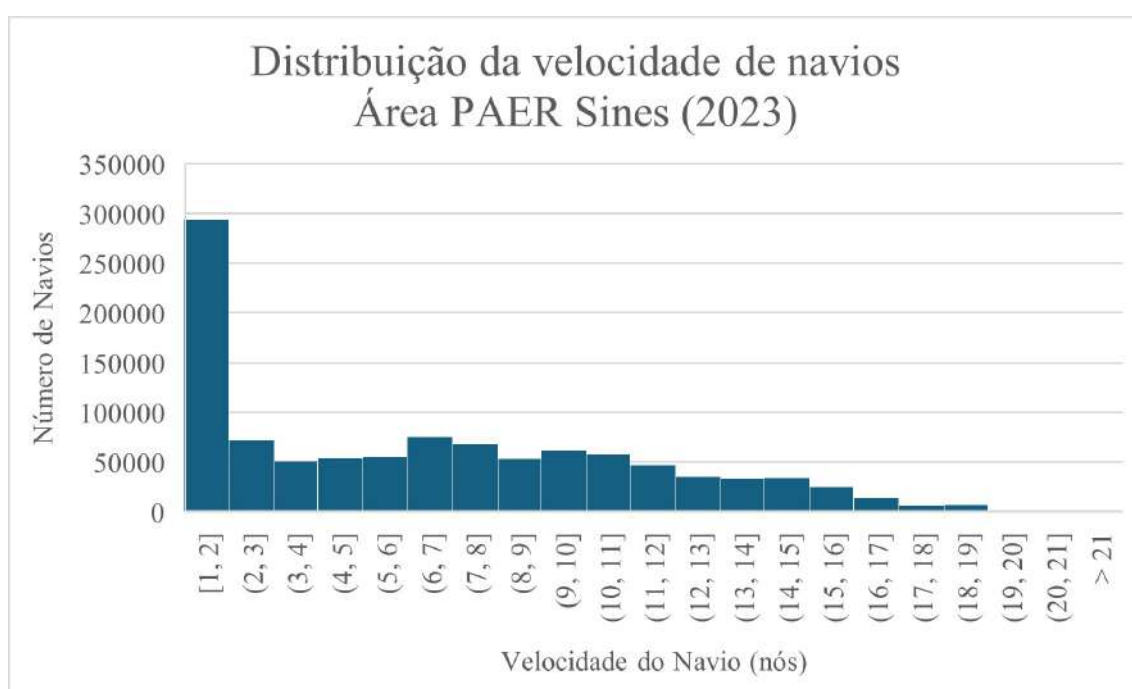


FIGURA B.8: Distribuição da velocidade dos navios que transitaram na área PAER Sines no ano de 2023.

Anexo I - Evolução das Áreas propostas no PAER

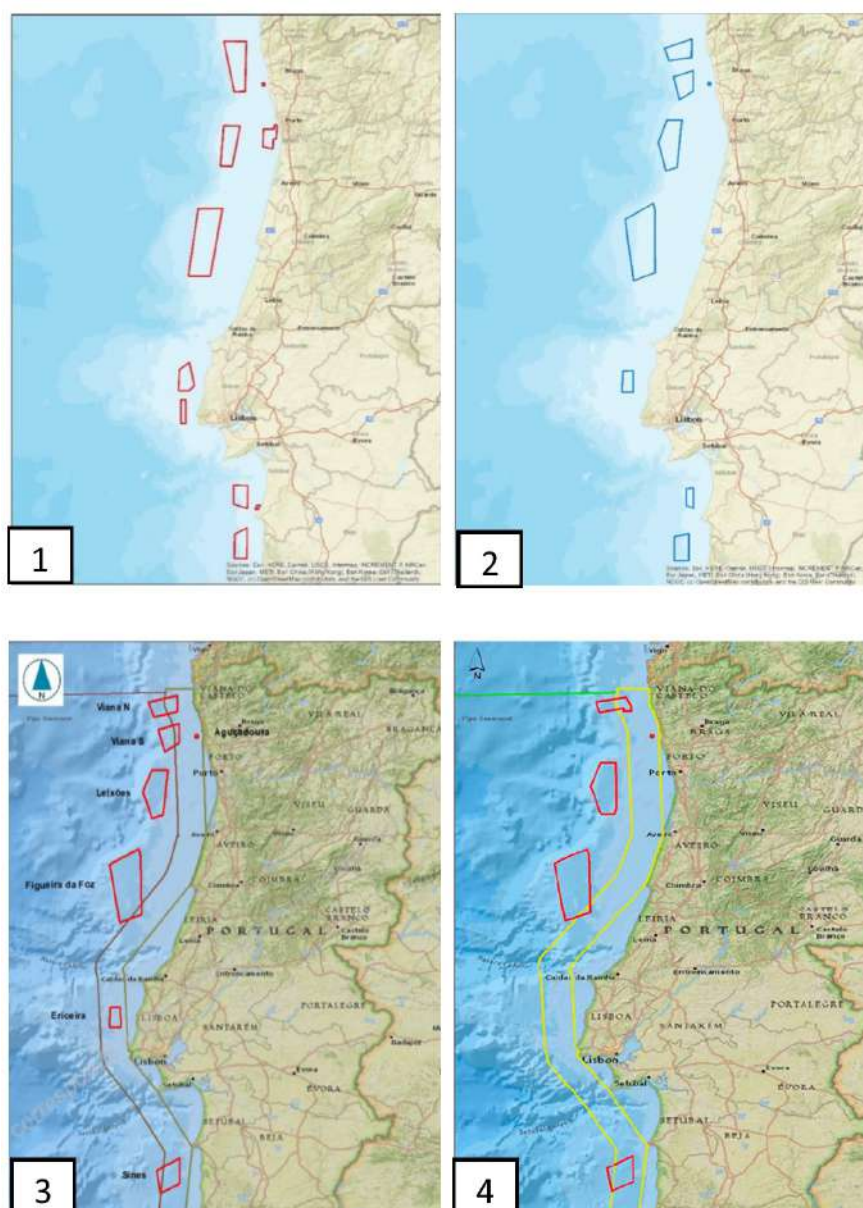


FIGURA I.1: Mapas 1 e 2 foram as versões 0 e 1 respetivamente, sujeitos a audição pública. Mapa 3 foi a proposta publicada no PAER de 2023 e o mapa 4 a proposta final do PAER 2025.(Fonte: (Marques e Cardoso 2023)(Marques e Cardoso 2025))

Anexo II - Ajudas à Navegação

Nature	Code	Definition (Type of aid to navigation)
	0	Default, Type of AtoN not specified
	1	Reference point
	2	RACON
	3	Fixed structures off-shore, such as oil platforms, wind farms. (NOTE 1 – This code should identify an obstruction that is fitted with an AtoN AIS station)
	4	Emergency Wreck Marking Buoy
Fixed AtoN	5	Light, without sectors
	6	Light, with sectors
	7	Leading Light Front
	8	Leading Light Rear
	9	Beacon, Cardinal N
	10	Beacon, Cardinal E
	11	Beacon, Cardinal S
	12	Beacon, Cardinal W
	13	Beacon, Port hand
	14	Beacon, Starboard hand
	15	Beacon, Preferred Channel port hand
	16	Beacon, Preferred Channel starboard hand
	17	Beacon, Isolated danger
	18	Beacon, Safe water
	19	Beacon, Special mark
Floating AtoN	20	Cardinal Mark N
	21	Cardinal Mark E
	22	Cardinal Mark S
	23	Cardinal Mark W
	24	Port hand Mark
	25	Starboard hand Mark
	26	Preferred Channel Port hand
	27	Preferred Channel Starboard hand
	28	Isolated danger
	29	Safe Water
	30	Special Mark
	31	Light Vessel/LANBY/Rigs

FIGURA II.1: Tipos de Ajudas à Navegação

Parameter	Bits	Description
Message ID	6	Identifier for Message 21
Repeat indicator	2	Used by the repeater to indicate how many times a message has been repeated.
ID	30	MMSI number
Type of aids-to-navigation	5	0 = not available = default; refer to appropriate definition set up by IALA; see Table below
Name of Aids-to-Navigation	120	Maximum 20 characters 6-bit ASCII, as defined in Table 47 “@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@” = not available = default. The name of the AtoN may be extended by the parameter “Name of Aid-to-Navigation Extension” below
Position accuracy	1	1 = high (<10 m) 0 = low (>10 m) 0 = default
Longitude	28	Longitude in 1/10 000 min of position of an AtoN ($\pm 180^\circ$, East = positive, West = negative 181 = (6791AC0h) = not available = default)
Latitude	27	Latitude in 1/10 000 min of an AtoN ($\pm 90^\circ$, North = positive, South = negative 91 = (3412140h) = not available = default)
Dimension/ reference for position	30	Reference point for reported position; also indicates the dimension of an AtoN. See Figure below.
Type of electronic position fixing device	4	0 = Undefined (default) 1 = GPS 2 = GLONASS 3 = Combined GPS/GLONASS 4 = Loran-C 5 = Chayka 6 = Integrated Navigation System 7 = surveyed. For fixed AtoN and virtual AtoN, the charted position should be used. The accurate position enhances its function as a radar reference target 8 = Galileo 9-14 = not used 15 = internal GNSS
Time stamp	6	UTC second when the report was generated by the EPFS (0-59 or 60) if time stamp is not available, which should also be the default value or 61 if positioning system is in manual input mode or 62 if electronic position fixing system operates in estimated (dead reckoning) mode or 63 if the positioning system is inoperative)
Off-position indicator	1	For floating AtoN, only: 0 = on position; 1 = off position. NOTE 1 – This flag should only be considered valid by receiving station, if the AtoN is a floating aid, and if time stamp is equal to or below 59. For floating AtoN the guard zone parameters should be set on installation
AtoN status	8	Reserved for the indication of the AtoN status see {IEC 62288, Annex L} 00000000 = default
RAIM-flag	1	RAIM (Receiver autonomous integrity monitoring) flag of electronic position fixing device; 0 = RAIM not in use = default; 1 = RAIM in use see Table 50
Virtual AtoN flag	1	0 = default = real AtoN at indicated position; {For synthetic AtoN, also set Repeat Indicator field to 1} 1 = virtual AtoN, does not physically exist.
Assigned mode flag	1	0 = Station operating in autonomous and continuous mode = default 1 = Station operating in assigned mode
Spare	1	Spare. Not used. Should be set to zero. Reserved for future use
Name of Aid-to-Navigation Extension	0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, ... 84	This parameter of up to 14 additional 6-bit-ASCII characters for a 2-slot message may be combined with the parameter “Name of Aid-to-Navigation” at the end of that parameter, when more than 20 characters are needed for the name of the AtoN. This parameter should be omitted when no more than 20 characters for the name of the A-to-N are needed in total. Only the required number of characters should be transmitted, i.e. no @-character should be used
Spare	0, 2, 4, or 6	Spare. Used only when parameter “Name of Aid-to-Navigation Extension” is used. Should be set to zero. The number of spare bits should be adjusted in order to observe byte boundaries
Number of bits	272-360	Occupies two slots

FIGURA II.2: Mensagem 21 - Informações das ajudas à navegação.
(usualmente transmitido por estações AIS)

Anexo III - Distâncias de Segurança

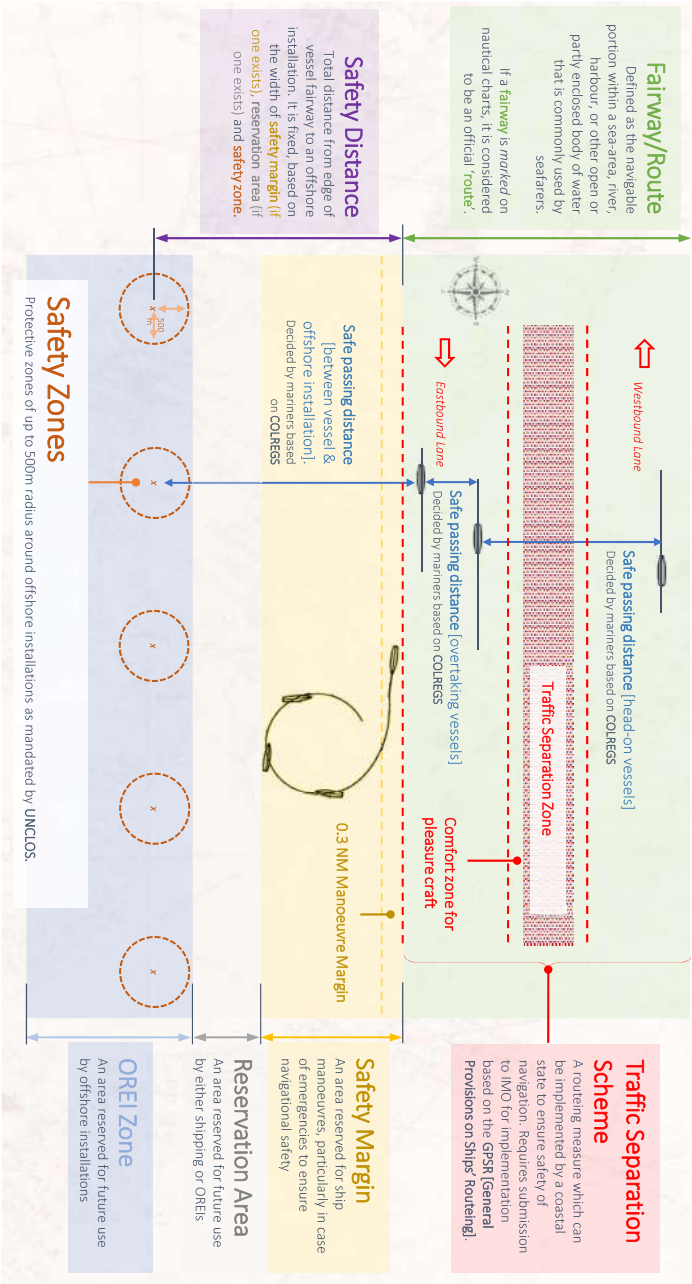


FIGURA III.1: Planeamento de distâncias de segurança entre EST e PEO.

Anexo IV - Análise de Risco baseada na distância

A seguinte tabela foi elaborada pela *Maritime & Coast Guard Agency* (MCA) do Reino Unido, como guia de referência para as distâncias entre as rotas marítimas e os PEO e riscos associados à sua proximidade. A MCA refere que deve ser efetuada uma análise caso-a-caso, podendo ser tolerável um risco superior, fazendo uso de medidas mitigadoras, se necessário.

Distância entre PEO e Rota de Navegação	Fatores a considerar	Risco	Tolerabilidade
<0,5 MN	Interferência RADAR de banda X. Poderão ser gerados ecos falsos.	MUITO ELEVADO	INTOLERÁVEL
0,5 MN a <1 MN	Distância segura para garantir a manobrabilidade do navio.	ELEVADO	TOLERÁVEL Serão necessários avaliações de risco e propostas de medidas de mitigação adicionais.
1 MN a <2 MN	Interferência no radar de banda S. Sistema ARPA afetado (ou outros meios de aquisição automática de contactos).	MÉDIO	
2 MN a 3,5 MN	Distância preferencial a um EST paralelo ao PEO. Cumprimento do RIEAM torna-se menos desafiador.	BAIXO	
>3,5 MN	Distância mínima entre turbinas em lados opostos de uma rota.	BAIXO	ACEITÁVEL
>5 MN	Distância mínima entre um PEO e a Entrada/Saída de um EST.	MUITO BAIXO	ACEITÁVEL

FIGURA IV.1: Planeamento de distâncias de segurança entre EST e PEO.

Anexo V - IALA G1111-3 Producing Requirements for RADAR

A.11.5. INFLUENCE OF WIND FARMS

Wind turbines produce large static target-like returns which, from a VTS operator's perspective, normally are easy to distinguish from vessel traffic.

Multipath propagation where signals are reflected by objects within the radar coverage, can generate so called ghost echoes as illustrated by Figure 18

To calculate the estimated amount of ghost targets, as well as the ghost targets size in RCS, there are basically three scenarios to consider, which for a wind turbine situation is shown in Figure 19.

The complex return from a wind turbine is made up of two key elements:

- the tower and generator housing offering a large static zero-Doppler RCS, in some cases up to 1 million m^2 ; and
- the rotating blades of the turbine offering a complex spread of non-zero-Doppler RCS, typically up to 100 m^2 , which will vary with wind direction and speed.

This composite return will be seen as a large static target by a conventional pulse radar, whereas FMCW and coherent radars using Doppler processing will see a complex target spread across the Doppler domain.

The influence, independent of the applied radar technology, will be reflections causing unwanted ghost echoes and suppression of nearby targets. The large RCS may also result in antenna side lobe returns, resulting in reduced detectability. The symmetrical layout of wind farms may add further to the disturbance.

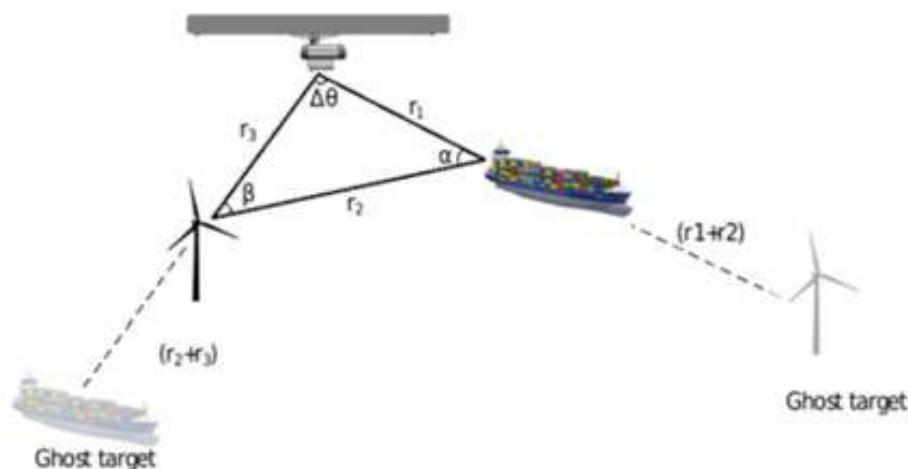


Figure 18 : Multipath propagation resulting in Ghost images

FIGURA V.1: Influência RADAR dos PEO

Anexo VI - Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima (GMDSS)

O Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima (GMDSS), estabelecido pela Organização Marítima Internacional (IMO) no âmbito do Capítulo IV da Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS), representa um marco fundamental nas comunicações marítimas modernas. Este sistema foi concebido para substituir os métodos tradicionais de comunicação de emergência, introduzindo tecnologias digitais e por satélite que garantem maior eficácia e rapidez na transmissão de alertas de socorro.

O funcionamento do GMDSS assenta em vários componentes tecnológicos que trabalham em conjunto. O sistema de Chamada Seletiva Digital (DSC) permite o envio automático de alertas de emergência através de VHF, MF/HF ou satélite. O sistema de satélites COSPAS-SARSAT desempenha um papel crucial na deteção de sinais de emergência emitidos por radiobalizas (EPIRBs). O sistema Inmarsat fornece cobertura global via satélite para comunicações críticas, enquanto o NAVTEX transmite informações essenciais de segurança marítima em frequências MF. Adicionalmente, o AIS-SART é utilizado para localização precisa durante operações de busca e salvamento.

O GMDSS divide as águas marítimas em quatro áreas distintas, definidas de acordo com a cobertura de comunicação disponível. A Área A1, que se estende até 20-30 milhas náuticas da costa, beneficia de cobertura contínua através de VHF com DSC. A Área A2 abrange as regiões além da A1, até aproximadamente 150 milhas náuticas, sendo servida por MF (2182 kHz) com DSC. A Área A3, situada entre os 70°N e 70°S, dispõe de cobertura via satélites Inmarsat ou HF. Por fim, a Área A4, que compreende as regiões polares, depende exclusivamente de comunicações HF.

Esta estrutura de áreas permite uma resposta eficiente e específica às necessidades de comunicação em diferentes zonas marítimas, garantindo o contacto permanente dos navios com os serviços de emergência, independentemente da sua localização.

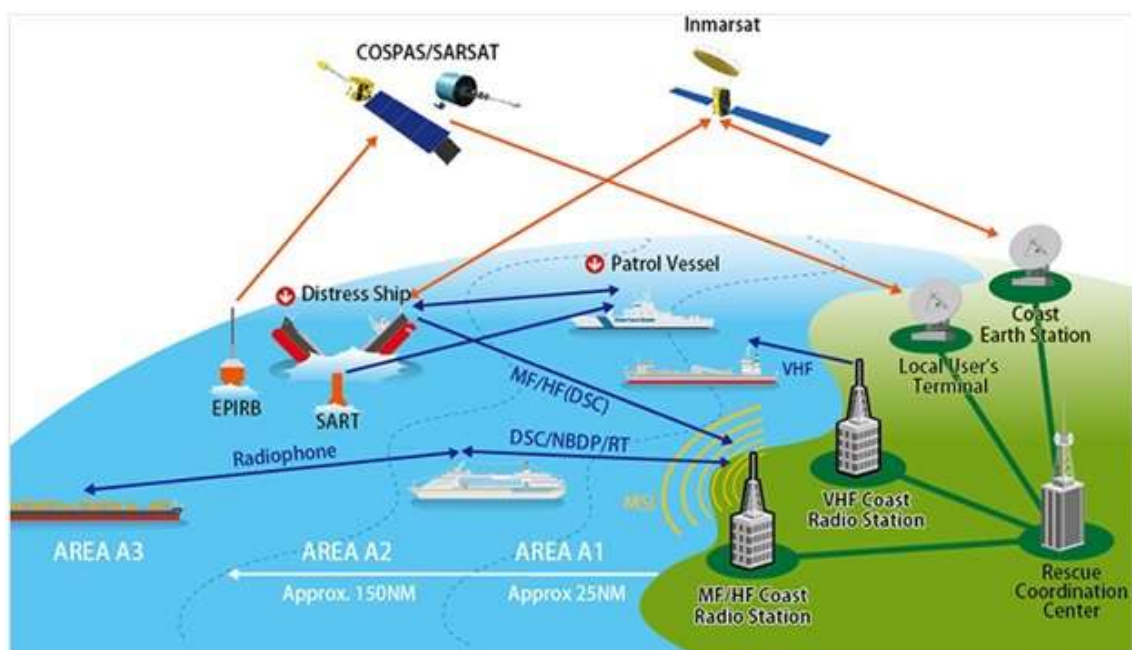


FIGURA VI.1: Áreas GMDSS

Anexo VII - Configuração das Pás em Operações SAR

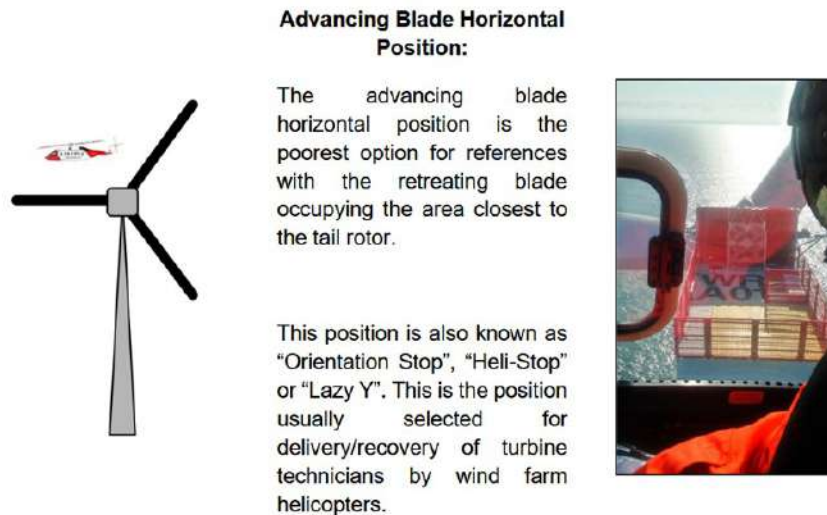
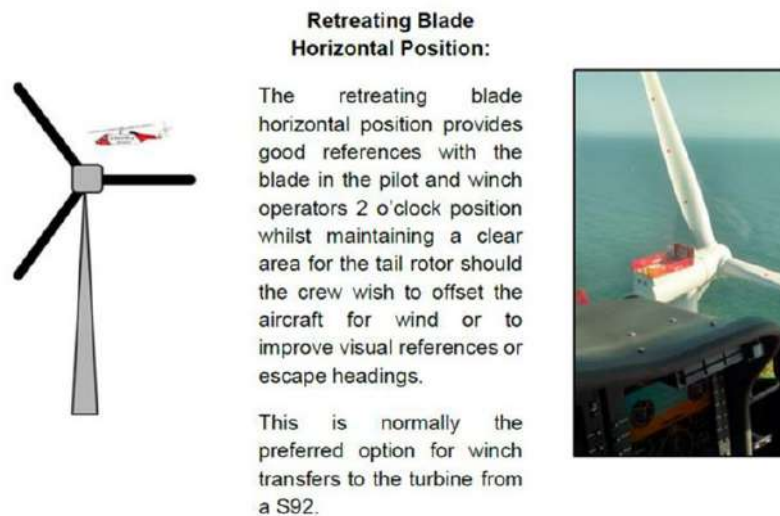
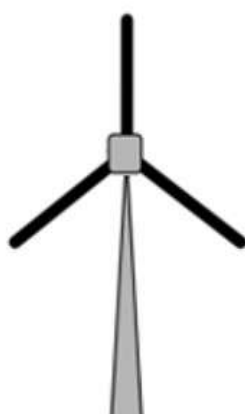


FIGURA VII.1: Configuração "Advancing Blade"



WTG blades set to Retreating Blade Horizontal position for winching

FIGURA VII.2: Configuração "Retreating Blade"



Upside down Y or Exclamation

The upside-down Y or exclamation orientation is not applicable for helicopter operations but may be beneficial should larger vessels require to operate close to the base of the turbine.

FIGURA VII.3: Configuração "Upside Down"

Anexo VIII - Métodos de Navegação

Segundo a INA 2, Disposições Gerais e Conceitos Fundamentais da Navegação:

"Entende-se por método de navegação cada um dos processos ou conjunto de processos utilizados na determinação ou controlo da posição do navio. Um dos critérios utilizados na classificação dos métodos de navegação, com especial relevância na atividade operacional, é o da independência dos navios em relação a fontes externas de informação. Assim, os métodos de navegação dizem-se autónomos ou não-autónomos conforme sejam ou não independentes de ajudas à navegação (visuais, sonoras ou rádio). Os métodos autónomos de navegação incluem a navegação estimada, a navegação astronómica e, em geral, a geonavegação."

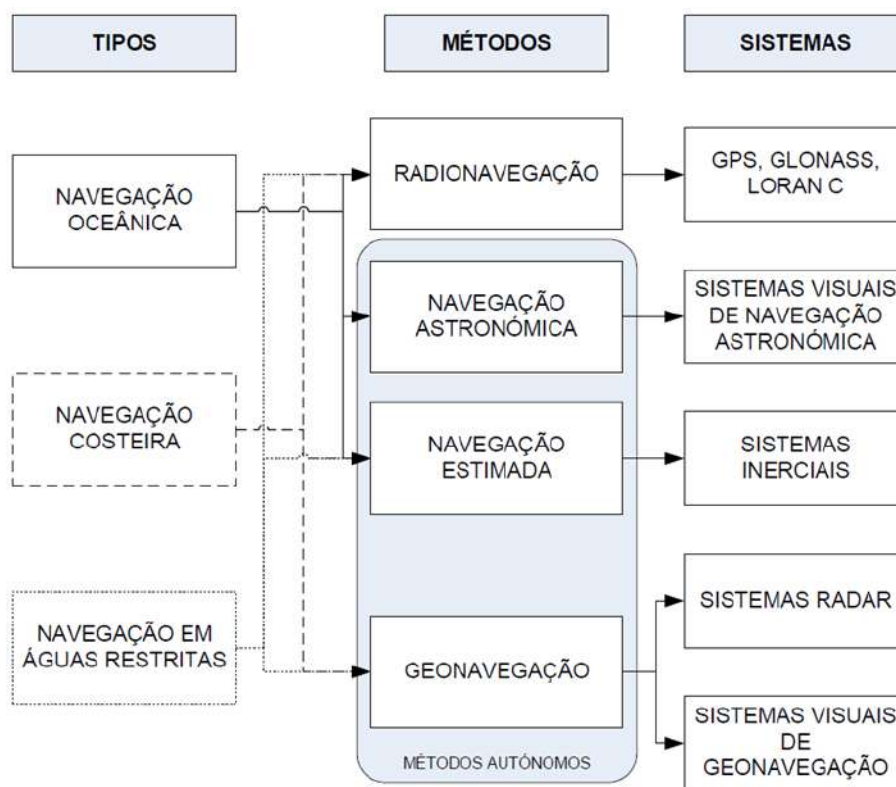


FIGURA VIII.1: Métodos de Navegação