Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego

Essentia EDITORA IFFLUMINENSE

Artigo de Revisão
e-ISSN 2177-4560
DOI: 10.19180/2177-4560.v20n22026p72-80
Submetido em: 5 mar. 2026
Aceito em: 25 ago. 2026

Redução de emissões e otimização de custos em plataformas offshore do Pré-Sal com a integração de energia eólica

Emission reduction and cost optimization in Pre-Salt offshore platforms through the integration of offshore wind energy

Reducción de emisiones y optimización de costos en plataformas offshore del Pre-Sal mediante la integración de energía eólica marina

Leandro Rafael Pinto https://orcid.org/0000-0002-6194-9450
Instituto Federal do Paraná
Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR. Professor do Instituto Federal do Paraná - Campus Curitiba.
E-mail: leandro.rafael@ifpr.edu.br

Arthur Carvalho Walesko https://orcid.org/0009-0009-0906-408X
Universidade Federal do Paraná
Graduando Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Paraná.
E-mail: arthur.walesko08@gmail.com

Pedro Zanotelli Felicio https://orcid.org/0009-0002-9871-3449
Instituto Federal do Paraná
Técnico em Petróleo e Gás pela Instituto Federal do Paraná.
E-mail: pzfelicio@gmail.com

Resumo: As plataformas de petróleo e gás offshore, especialmente na região do Pré-Sal, dependem majoritariamente de turbinas a gás e geradores a diesel para suprimento energético, resultando em alta emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) e baixa eficiência operacional. Este estudo visa analisar a viabilidade de integração, econômica e ambiental da aplicação de energia eólica offshore para a eletrificação dessas plataformas, focando na redução de GEE. A metodologia empregada foi a revisão bibliográfica abrangente, complementada por análises de dados e estimativas por cálculos, utilizando estudos de caso e modelagens econômicas. Os resultados demonstraram que a eólica offshore é tecnicamente viável, utilizando fundações flutuantes, atingindo máxima eficiência com a integração de sistemas híbridos com armazenamento para mitigar a intermitência. Economicamente, a transição é altamente vantajosa a longo prazo, com redução de até 68% nos custos totais após 25 anos, em cenários híbridos, devido à drástica diminuição do consumo de combustível fóssil. Ambientalmente, a substituição total do diesel em uma única Floating Production Storage and Offloading (FPSO) pode eliminar cerca de 16.020 toneladas de CO2 por ano. Conclui-se que a energia eólica offshore não é apenas uma alternativa, mas um pilar fundamental para a sustentabilidade e investimento futuro da indústria de P & G no Pré-Sal brasileiro.

Palavras-chave: Transição Energética; Energia Eólica; Emissão de Gases; *Offshore*; Petróleo e Gás.

Abstract: Offshore oil and gas platforms, particularly in Brazil's Pre-Salt region, rely predominantly on gas turbines and diesel generators for its power supply, leading to high greenhouse gas (GHG) emissions and low operational efficiency. This study assesses the economic and environmental feasibility of integrating offshore wind energy to electrify these platforms, with a focus on reducing GHG emissions. The methodology consisted of an extensive literature review, complemented by data analysis and calculation-based estimates, supported by case studies and economic modelings. The results indicated that offshore wind power is technically feasible through the use of floating foundations and hybrid systems, achieving maximum efficiency with energy storage units to address intermittency. From an economic perspective, the transition proves highly advantageous in the long term, achieving up to a 68% reduction in total costs over a 25-year period in hybrid scenarios, mainly due to the significant decrease in fossil fuel consumption. Environmentally, the complete replacement of diesel in a single Floating Production Storage and Offloading (FPSO) unit can eliminate approximately 16,020 tons of CO_2 emissions annually. It is concluded that offshore wind energy is not merely an alternative, but a key pillar for sustainability and future investment in Brazil's Pre-Salt oil and gas industry.

Keywords: Energetic Transition; Wind Energy; Gas Emissions; Offshore; Oil and Gas.

Resumen: Las plataformas offshore de petróleo y gas, particularmente en la región del Pré-Sal de Brasil, dependen principalmente de turbinas de gas y generadores diésel para su suministro energético, lo que genera elevadas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y una baja eficiencia operativa; en este contexto, el presente estudio evalúa la viabilidad económica y ambiental de la integración de la energía eólica offshore para la electrificación de estas plataformas, con énfasis en la reducción de GEI, mediante una metodología basada en una revisión exhaustiva de la literatura, análisis de datos, estimaciones por cálculo, estudios de caso y modelizaciones económicas, cuyos resultados demuestran que la energía eólica offshore es técnicamente viable a través del uso de cimentaciones flotantes y sistemas híbridos, alcanzando mayor eficiencia con unidades de almacenamiento energético para mitigar la intermitencia, además de evidenciar que, desde el punto de vista económico, la transición es altamente ventajosa a largo plazo, con reducciones de hasta el 68 % de los costos totales en un período de 25 años en escenarios híbridos, debido principalmente a la disminución del consumo de combustibles fósiles, y que, en términos ambientales, la sustitución total del diésel en una sola unidad de Producción, Almacenamiento y Descarga Flotante (FPSO) puede evitar aproximadamente 16.020 toneladas de emisiones de CO_2 anuales, concluyéndose así que la energía eólica offshore no es solo una alternativa, sino un pilar fundamental para la sostenibilidad y la inversión futura en la industria de petróleo y gas del Pré-Sal brasileño.

Palabras clave: Transición Energética; Energía Eólica; Emisiones de Gases de Efecto Invernadero; Offshore; Industria del Petróleo y Gas.

1 Introdução

As plataformas de petróleo e gás offshore são estruturas complexas que demandam um fornecimento contínuo e confiável de energia elétrica para operar seus diversos sistemas. Tradicionalmente, a geração de energia elétrica nessas unidades é realizada por meio de turbinas a gás, que utilizam o gás natural oriundo dos próprios poços, e geradores a diesel, empregados como backup ou em plataformas menores. Em plataformas de grande porte, é comum a utilização de até quatro geradores síncronos acionados por turbinas a gás, operando em ciclo aberto, geralmente em uma configuração de 4 x 33%, onde três geradores atendem à carga e um é mantido em reserva para garantir a confiabilidade do sistema (Dias, 2018).

Apesar da confiabilidade e flexibilidade, a necessidade de redundância faz com que essas turbinas operem com baixa eficiência, em torno de 30%, o que intensifica significativamente a emissão de poluentes (Souza et al., 2019). O setor de petróleo e gás offshore globalmente emitiu 22,3 milhões de toneladas de CO2 em 2023, em maior parte devido aos geradores elétricos abastecidos a gás (Martins Lucindo, 2023). Portanto, a dependência de combustíveis fósseis para a geração de energia em plataformas offshore representa um problema ambiental significativo, contribuindo para as emissões de gases de efeito estufa e para a pegada de carbono da indústria de óleo e gás. A baixa eficiência operacional e os impactos regulatórios e socioambientais crescentes destacam a urgência de alternativas mais sustentáveis e eficientes.

Sob esse viés, a energia eólica offshore propõe-se como uma alternativa promissora e cada vez mais viável para a eletrificação de plataformas petrolíferas. Esta modalidade de geração de energia aproveita o grande potencial eólico encontrado no mar, onde os ventos são mais constantes e fortes, resultando em maior fator de capacidade e produção de energia, atendendo a demanda de plataformas, nas quais demais fontes de energia não são tão viáveis.

Os desafios da geração tradicional, somados à crescente pressão por descarbonização, reforçam a urgência de transitar para fontes de energia mais limpas e eficientes, como a eólica offshore, especialmente em uma região estratégica como o Pré-Sal. Entretanto, as condições extremas das regiões de águas profundas, como marés altas, intensas correntes, corrosão de metais por salinidade, etc; poderiam apresentar um impasse para a aplicação dessa tecnologia (Martins Lucindo, 2023).

Portanto, o presente estudo parte da hipótese de que a energia eólica offshore apresenta-se como uma alternativa viável para a integração no suprimento da demanda de energia das plataformas na região do Pré-Sal, capaz de reduzir significativamente as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) dos sistemas de abastecimento elétricos destas operações. Para testar essa hipótese, a pesquisa tem como objetivo geral analisar a viabilidade de integração econômica e ambiental da mesma em um contexto brasileiro. Especificamente, o trabalho busca caracterizar o cenário atual de geração e consumo de energia em plataformas offshore no Pré-Sal, identificando as principais fontes e seus impactos ambientais; avaliar o potencial eólico da região e as tecnologias de aerogeradores offshore mais adequadas para as condições locais; e, por fim, quantificar o potencial de redução de emissões de GEE a partir da substituição parcial ou total de combustíveis fósseis por energia eólica com base em estatística aplicada, fundamentado a partir de uma extensa pesquisa da bibliografia disponível.

2 Metodologia

A metodologia utilizada no presente estudo foi de uma revisão de bibliografia e pesquisa documental, complementada por levantamento de dados e estimativas por cálculos. As pesquisas abrangeram o setor de exploração e produção de petróleo e gás offshore, tanto na região brasileira, como em águas internacionais - com aplicação de energia eólica parcial. Analisaram-se estudos de caso e modelagens de sistemas híbridos de geração de energia em 5 plataformas, como o projeto Hywind Tampen e a modelagem de cenários de integração eólica-gás natural no contexto brasileiro. Os instrumentos de coleta de dados consistiram na análise de bibliografia científica (artigos, teses, dissertações), relatórios técnicos de agências reguladoras e papers de conferências, sendo a pesquisa realizada em bases de dados acadêmicas e sites de instituições de pesquisa confiáveis, como Google Acadêmico e Scielo. Além disso, foram coletados os dados de velocidade e direção dos ventos para todo o mês de setembro de 2025 na região do pré-sal brasileiro pelo software *AccuWeather*.

O método de análise envolveu abordagem qualitativa do cenário atual de geração de energia e dos desafios técnicos, e a análise quantitativa para a avaliação econômica comparativa (custos CAPEX, OPEX e

logística de combustível) e a quantificação do potencial de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), utilizando fatores de emissão e dados de consumo de diesel (obtidos diretamente com a Petrobras pelo Fala Brasil). Para o cálculo dos fatores econômicos, energéticos e ambientais, utilizou-se uma relação estimada por uma comparação matemática proporcional direta - e inversa em casos aplicáveis -, de valores absolutos obtidos pela pesquisa.

Os termos de busca utilizados para a pesquisa foram: Energia Eólica Offshore; Plataformas de Petróleo; Pré-Sal; Redução de GEE; Viabilidade Econômica; selecionando somente artigos publicados entre os anos de 2010 - 2025.

3 Resultados

A aplicação no Pré-Sal, caracterizado por águas profundas, é solucionável pela tecnologia de fundações flutuantes (Floating Offshore Wind) em parques de geração eólica, posicionados em regiões estratégicas. Esta tecnologia, que inclui os tipos Semi-Submersível, Spar e Tension-Leg Platform (TLP), permite a instalação de aerogeradores em profundidades que ultrapassam 200 metros, tornando-a a solução mais adequada para a costa brasileira, além de já ser aplicado em plataformas brasileiras sendo uma tecnologia já conhecida e de amplo conhecimento do setor no contexto nacional, facilitando sua aplicação voltada para geradores.

Nesse viés, propõe-se duas alternativas para solucionar a intermitência da fonte eólica com as plataformas FPSO: a adoção de sistemas híbridos de geração, combinando a eólica com os demais geradores auxiliares já operantes em plataformas (como os geradores a gás existentes, atuando como backup) ou a implementação de sistemas de armazenamento de energia (storage) adicionais.

Realizando uma estimativa com os dados climáticos disponíveis da região pelo software *AccuWeather*, conseguiu-se os seguintes resultados (Quadro 1), decorrentes da variação dos níveis de penetração eólica - Termo técnico cunhado por Diuana (2017) para indicar o nível de integração de energia eólica em uma determinada plataforma de petróleo - de uma plataforma, propostos por Equinor (2023):

Quadro 1. Estimativa de redução de taxa de emissões de CO_2 por nível de penetração eólica

Cenário de Integração	**Penetração Eólica**	**Redução no Consumo de Gás Natural + Diesel**	**Redução de Emissões de CO2**
Híbrido sem Armazenamento	88,7%	74%	~74%
Híbrido com Armazenamento	92,3%	82%	~82%

Fonte: Os autores, 2025.

4 *Discussões*

No cenário híbrido sem armazenamento (Quadro 1), a alta penetração eólica de 88,7% resulta em uma redução significativa do tempo de operação dos geradores a gás e diesel. Embora o foco principal de pesquisa seja o índice de emissões de CO2, a redução de 74% no consumo de combustíveis implica diretamente em uma redução proporcional das emissões de NOx, que são subprodutos da combustão. Projetos de referência, como o Hywind Tampen, demonstraram uma redução anual de 1.000 toneladas de óxidos de nitrogênio ao substituir parte da geração por eólica (Equinor, 2023), o que estabelece um precedente claro para o potencial de redução de NOx neste cenário, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar local e o cumprimento de regulamentações ambientais.

Com base em dados obtidos no relatório do projeto Hywind Tampen, calculou-se que um cenário híbrido com armazenamento (storage), devido a uma penetração eólica de 92,3% e uma redução de 82% no consumo de combustíveis, dessa forma, tem-se como resultado que o tempo de operação dos geradores a combustão é minimizado, sendo utilizados apenas para complementar a demanda em momentos muito específicos. Essa minimização do uso de combustíveis fósseis leva a uma redução ainda mais acentuada nas emissões de NOx. A capacidade de armazenar energia permite que a plataforma dependa quase que exclusivamente da energia eólica, relegando os geradores a gás a um papel de backup de emergência. Consequentemente, a redução de NOx neste cenário é a mais expressiva, alinhando a operação da plataforma com os mais altos padrões de sustentabilidade ambiental e mitigando os impactos da poluição atmosférica.

O cenário híbrido com armazenamento (storage) é o mais promissor, pois a capacidade de armazenar o excedente de energia gerado em períodos de vento forte permite uma maior penetração eólica (92,3%), e, consequentemente, uma redução mais expressiva no consumo de diesel e gás natural (82%), além das emissões de CO_2. A redução do consumo dos combustíveis fósseis, além do benefício ambiental, permite sua monetização, possibilitando que uma perda do processo produtivo seja convertida em uma fonte de receita para a operação.

Conforme observa-se na tabela, pode-se comparar os custos de operação entre os dois sistemas, que demonstra que o cenário híbrido com armazenamento pode gerar uma redução de até 68% nos custos totais em 25 anos em comparação com a geração tradicional. Esta economia é impulsionada pela drástica diminuição da necessidade de compra dos combustíveis fósseis e dos altos custos logísticos associados ao seu transporte e armazenamento offshore, visto que o custo de compra de diesel para uma FPSO estimou-se em cerca de R$ 36.900.000,00 anualmente (valor obtido por meio do seguinte cálculo: 6.000.000 de litros anuais multiplicado pelo valor do diesel no dia 22 de setembro de 2025 - R$ 6,15), sem contar a complexidade do armazenamento e transporte seguro dos produtos. O incentivo econômico é ainda mais impulsionado pelo Custo Nivelado de Energia (LCOE - Levelized Cost of Energy), que apresenta redução de até 40% (O LCOE estima o custo de

cada unidade de energia produzido por uma usina, considerando todos os custos envolvidos, como capital, operação e manutenção, ao longo da vida útil estimada do projeto).

O armazenamento de energia (storage) proposto, tipicamente realizado por meio de baterias de íons de lítio, desempenha um papel crucial na mitigação da intermitência da fonte eólica (Equinor, 2023). Seu funcionamento baseia-se na absorção do excedente de energia gerado pelos aerogeradores em períodos de vento forte, garantindo que essa energia limpa não seja desperdiçada. Posteriormente, essa energia armazenada é liberada para suprir a demanda da plataforma em momentos de baixa geração eólica ou em picos de consumo. Essa capacidade de balanceamento energético é o que permite que o cenário híbrido com storage alcance a maior penetração eólica e assegurando a estabilidade e a confiabilidade do suprimento elétrico da plataforma, um requisito fundamental para a segurança operacional (op. cit.).

A infraestrutura de transmissão de energia entre o sistema de abastecimento é outro ponto chave para a viabilidade da proposta. Ainda segundo Equinor (2023), o uso de cabos de abastecimento energético submersos, já aplicados em plataformas semi-integradas, como a FPSO Excalibur - posicionada no Reino Unido em novembro de 2025 -, é a solução técnica para integrar os aerogeradores flutuantes, visto que estes cabos, projetados para suportar as 8 condições ambientais marítimas, são responsáveis por transportar a energia gerada pelos parques eólicos até o sistema elétrico da plataforma. Em um cenário de eletrificação mais ampla, esses mesmos cabos poderiam ser utilizados para conectar a plataforma à rede elétrica em terra, permitindo que o excedente de energia eólica fosse exportado ou que a plataforma recebesse energia da rede em momentos críticos, otimizando ainda mais a eficiência do abastecimento.

Sendo assim, deduz-se que a sinergia entre o storage e os cabos submersos não apenas resolve os desafios técnicos da intermitência e da transmissão, mas também reforça os incentivos econômicos. Ao maximizar o uso da energia eólica e minimizar a dependência de geradores a gás e diesel, o sistema integrado reduz o OPEX e o risco operacional do transporte de combustível, promovendo a energia eólica offshore como uma das soluções mais robusta e sustentáveis para o futuro das operações no Pré-Sal.

Ademais, o fator de capacidade (FC) - fator que determina a capacidade de aproveitamento teórica limite produtiva de uma determinada região, com base em seus fatores naturais relevantes para aquela fonte de energia - da região do pré-sal brasileira estaria, segundo Silva et al. (2019) entre 29% e 52%, mas pode ter um grande aumento em projetos otimizados, sendo uma oportunidade para pesquisas futuras sobre sua otimização potencial. A exemplo de comparação, o projeto Hywind Tampen, na Noruega, demonstrou um FC de 60% em condições operacionais adversas (Equinor, 2023).

Devido a baixa emissão total de gases poluentes, a estimativa de redução por substituição total do diesel, conforme cálculo descrito na metodologia, resultaria em uma eliminação aproximada de 16.020 toneladas de CO2 por ano, isto sendo aplicado em uma única FPSO, em consonância com os dados adquiridos pelo software *AccuWeather* anteriormente citados.

Embora os resultados apontem para uma viabilidade clara da energia eólica *offshore* no Pré-Sal, o presente estudo enfrentou limitações inerentes à natureza da pesquisa e ao estágio atual da tecnologia no Brasil. A metodologia adotada baseou-se predominantemente em revisões bibliográficas e pesquisas documentais, uma vez que não houve a possibilidade de experimentação prática ou coleta de dados *in loco*. Outra limitação relevante é referente às condições climáticas, onde se utilizou uma base de dados que não contemplava variações sazonais, interanuais ou eventos extremos, decorrente da escassez de dados operacionais reais de parques eólicos flutuantes em águas brasileiras, uma vez que a tecnologia ainda se encontra em fase de licenciamento e projetos-piloto no país. Isso exigiu a extrapolação e adaptação de dados de projetos internacionais, como o *Hywind Tampen*, que, embora sirvam como referência, operam em condições de densidade do ar e perfis de vento distintos dos encontrados na costa brasileira.

Outrossim, requer-se estudos dos possíveis impactos de longo prazo sobre a biota marinha na região do Pré-Sal decorrentes da instalação de parques eólicos flutuantes em larga escala. Embora a redução das emissões de GEE apontem um benefício quantificável e imediato, os efeitos da poluição sonora subaquática durante a instalação e operação, bem como a alteração das rotas migratórias de aves e mamíferos marinhos, necessitam de dados empíricos no contexto específico da costa brasileira. Além disso, a gestão do ciclo de vida dos componentes dos aerogeradores, especialmente o descarte e a reciclagem das pás compostas por materiais de difícil processamento, representa um desafio de sustentabilidade não abordado neste estudo, evidenciando a necessidade de futuras pesquisas que integrem a análise de ciclo de vida (*Life Cycle Assessment*) completa, para garantir que a transição energética seja plenamente sustentável em todas as suas dimensões.

5 Considerações finais

Os resultados obtidos confirmam a hipótese de que a energia eólica offshore é uma alternativa viável para a integração no suprimento da demanda de plataformas na região do Pré-Sal e na redução de GEE das mesmas. A tecnologia de fundações flutuantes resolve o desafio das águas profundas, e a adoção de sistemas híbridos com armazenamento (storage) garante a estabilidade e a confiabilidade do suprimento elétrico, mitigando a intermitência da fonte eólica.

Em relação ao cenário atual, a dependência de geradores a gás e diesel, cuja baixa eficiência e alto consumo de combustível resultam em emissões significativas de GEE, cujo, através da substituição dessa matriz energética por eólica offshore, teria um potencial de redução de emissões substancial, com a eliminação de 16.020 toneladas de CO2 por ano pela substituição do consumo de diesel em uma única FPSO.

Ademais, o cenário híbrido com armazenamento pode gerar uma redução de até 68% nos custos totais em 25 anos, impulsionado o incentivo à integração pela economia de combustível e pela eliminação dos altos custos logísticos.

Pode-se concluir que a energia eólica offshore pode ser uma alternativa ambientalmente superior aos geradores atualmente utilizados movidos à combustíveis fósseis, e economicamente mais vantajosa e tecnologicamente mais preparada para a descarbonização das operações no Pré-Sal. A sinergia entre as indústrias pode ser o caminho para acelerar essa transição, posicionando o Brasil na vanguarda da produção de energia sustentável em ambientes offshore no setor de produção de petróleo

Referências

AGUIAR, F. C. A Geografia, o lugar e os sujeitos. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 20, n. 1, p. 29-37, jan./abr. 2018. DOI: https://doi.org/10.19180/1809-2667.v20n12018p29-37. Disponível em: http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/9579. Acesso em: 22 jun. 2018.

ALEF, C. **Energia Eólica Offshore, um caminho para a transição energética: uma abordagem no contexto do panorama Offshore, Hidrogênio Verde e ESG**. Disponível em: repositorio.ufsc.br.

APA. **Emissões de gases com efeito de estufa. Agência Portuguesa do Ambiente**, 2025. Disponível em: https://rea.apambiente.pt/content/emiss%C3%B5es-de-gases-com-efeito-de-estufa. Acesso em: 27 nov. 2025.

ARDAL, ATLE RYGG. **Feasibility Studies on Integrating Offshore Wind Power with Oil Platforms.** 2011. 130 f. NTNU - Norwegian University of Science and Technology, 2011.

CETESB. **Plano de redução de emissões de fontes estacionárias. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**, 2015. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/28/2015/12/Guia-MTPD-Font es-de-Combustao.pdf. Acesso em: 27 nov. 2025.

Climainfo. Estudo identifica 25 novos impactos da exploração do pré-sal. Disponível em: https://climainfo.org.br/2025/04/03/estudo-identifica-25-novos-impactos-da-exploracao-do-pre sal/.

CONAMA. GT CONAMA **Fontes Fixas – limites emissões fontes existentes. Conselho Nacional do Meio Ambiente, s.d**. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.download&id=19 103. Acesso em: 27 nov. 2025.

DE CASTRO, L. F. **Estudo das emissões de NOx na queima de gás natural e GEEs. Repositório UFMG, 2012.** Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstreams/455af599-34c4-4844-838a-125a65b302fb/download. Acesso em: 27 nov. 2025.

DIAS, R. **Análise da viabilidade de utilização de geração eólica offshore para eletrificação de plataformas de petróleo**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Agosto de 2018.

DIUANA, AMENDOLA. **Estudo do impacto da penetração eólica no subsistema sul do Brasil,** 2017. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/7997.

Energia e Ambiente. **Qual a diferença entre gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos**. 2022. Disponível em: https://energiaeambiente.org.br/qual-a-diferenca-entre-gases-de-efeito-estufa-e-poluentes-atmosferi cos-20220511. Acesso em: 27 nov. 2025.

EQUINOR. **Hywind Tampen**. 2023. Disponível em: https://www.equinor.com/energy/hywind-tampen. Acesso em: 26 nov. 2023.

FERREIRA, C. A. **Análise técnica e econômica da integração de energia eólica offshore em plataformas de petróleo e gás no Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP), 2025.

FRESKY ET AL. **Eletrificação de plataformas petrolíferas através de parques eólicos Offshore: Oportunidades e desafios**. sevened2024.003-003+pt.br. Disponível em: /home/ubuntu/upload/sevened2024.003-003+pt.br.pdf. Acesso em: 19 set. 2025.

GHG Protocol. **Protocolo de Gases com Efeito de Estufa.** 2022. Disponível em: 11 https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/ghg_protocol_portuguese.pdf. Acesso em: 27 nov. 2025.

Global Petrol Prices. (2025). Preço médio global do diesel.

GWEC. Global Wind Report 2024. Global Wind Energy Council, 2024. 10.

IEA. **International Energy Agency**. (Citado em Martins Lucindo, 2023).

IQAir. **Poluição por NOx e agricultura**. 2020. Disponível em: https://www.iqair.com/br/newsroom/agricultural-fertilizer-use-dirties-our-air. Acesso em: 27 nov. 2025.

Martins Lucindo, Matheus José Simões. **Análise da Aplicação de Energia Eólica Offshore para O Suprimento de Energia Elétrica em Sistemas de Produção de Petróleo e Gás Oceânicos**. UFRJ – Escola Politécnica (Engenharia Naval e Oceânica), 2023.

MMA. **Poluentes Atmosféricos. Ministério do Meio Ambiente, s.d**. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos.ht ml. Acesso em: 27 nov. 2025.

MOREIRA, R. C. (2017). **Otimização da Logística de Suprimento de Plataformas Offshore. Dissertação de Mestrado.** UFRJ.

NASCIMENTO, DBS. **Impactos ambientais relacionados a energia eólica offshore: uma revisão sistemática**, 2022. Disponível em: repositorio.ufersa.edu.br.

NUNES, H. M. B. "**Nova Topologia de Conversor Multinível Para Parques Eólicos Marinhos**", Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

PPSA. **Pré-Sal Petróleo S.A**. Disponível em: https://www.ppsa.com.br/.

Puc, RJ. C. (2011). **Logística de Suprimento de Plataformas de Petróleo**. TCC. UFRJ.

SEEG. **Nota metodológica do Sistema de Emissões e Remoções. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa**, 2025. Disponível em: https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2025/04/SEEG12-NM-ENERGIA-BR.pdf. Acesso em: 27 nov. 2025.

SOUZA ET AL. **Análise Computacional do Sistema Elétrico de Potência de Uma Plataforma FPSO de Petróleo em Regime Permanente.** Disponível em: repositorio.unesp.br.