


## Eletrificação de plataformas petrolíferas através de parques eólicos Offshore: Oportunidades e desafios

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.003-003>

### Rayan Paixão Tavares Batista

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Montagem Industrial  
Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Brasil  
E-mail: rayan\_tavares@id.uff.br

### Paulo Roberto Duailibe Monteiro

Doutor em Engenharia Civil  
Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Brasil  
ORCID: [orcid.org/0000-0002-7376-9115](https://orcid.org/0000-0002-7376-9115)  
E-mail: pauloduailibe@id.uff.br

---

### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os principais parâmetros relacionados à integração de parques eólicos offshore com plataformas petrolíferas para fins de geração e consumo de energia elétrica por parte da unidade produtora de óleo e gás, bem como avaliar o seu potencial de contribuição para uma economia de baixo carbono. Para tanto, é feita a revisão do estado da arte acerca do tema, a fim de que seja possível a identificação dos principais entraves técnicos, econômicos e regulatórios à ampla utilização de parques eólicos offshore para a eletrificação de plataformas petrolíferas.

**Palavras-chave:** Plataformas Petrolíferas, Eletrificação de Plataforma, Parques Eólicos Offshore, Integração de Plataforma.

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar do petróleo e seus derivados apresentarem redução percentual de sua parcela na matriz energética mundial desde o final da década de 1980, seu consumo, em termos absolutos, ainda é crescente, alavancado pelo crescimento econômico de países emergentes. Segundo dados da International Energy Agency (2023), existe a tendência de manutenção deste comportamento de crescimento pelas próximas décadas, culminando na estabilização a partir da década de 2050.

Esse cenário pressiona a indústria petrolífera a continuar expandindo suas operações para suprir a demanda mundial crescente por energia. Para tanto, pode-se dar início a novos projetos de exploração e produção, que trazem consigo altos custos e riscos associados, ou aplicar-se técnicas que potencializem a produção de campos petrolíferos que já se encontrem em desenvolvimento ou em fim de sua vida útil.

Em ambos os casos, porém, o aumento da capacidade de produção petrolífera requer aumento da disponibilidade de bombas, compressores, boosters e outros aparatos produtivos que utilizam o gás natural oriundo dos poços ou importado de outras unidades como combustível para funcionamento. O referido maquinário é responsável por uma parcela significativa das emissões de gases do efeito estufa em operações de plataformas petrolíferas. A exemplo disso, pode-se citar o caso norueguês, no qual 29% das emissões de CO<sub>2</sub> eram oriundas de plataformas petrolíferas offshore nos primeiros anos do século XXI (ARDAL, 2011).

Nesse contexto, a geração de energia elétrica para operação das plataformas petrolíferas assume papel central no que diz respeito ao consumo de gás natural e emissão de gases do efeito estufa durante a produção de petróleo. Isso se deve ao fato de que as principais estruturas das unidades petrolíferas (sistemas de processamento, injeção, exportação, acomodações dos trabalhadores etc.) consomem energia elétrica oriunda de turbinas a gás. Tipicamente, as referidas turbinas operam com taxa de eficiência próxima a, apenas, 30% em função de restrições da área e requisitos operacionais (HE et al., 2010).

Dessa forma, a geração de energia elétrica a partir de parques eólicos offshore desponta como possível alternativa ao meio tradicional de geração de energia elétrica em plataformas petrolíferas. Como vantagens gerais da aplicação da referida alternativa, pode-se citar: robustez tecnológica dos aerogeradores, fonte de energia renovável, possibilidade de exploração econômica do gás natural economizado a partir da não utilização das turbinas, diminuição da taxação por emissão de gases do efeito estufa para empresas do setor de óleo e gás, cumprimento da legislação acerca do tema (existente em diversos países produtores de petróleo, como o Brasil), dentre outras.

Os principais desafios técnicos da referida aplicação estão relacionados à intermitência da fonte eólica e às principais características da integração dos sistemas de geração presentes nos parques eólicos com os sistemas consumidores nas plataformas. Assim, o presente trabalho tem como objetivo

apresentar os parâmetros mais relevantes à integração de parques eólicos offshore com plataformas petrolíferas, bem como realizar o levantamento do estado da arte acerca do tema.

## 2 SISTEMAS ELÉTRICOS EM PLATAFORMAS PETROLÍFERAS

Tipicamente, a geração de energia elétrica em plataformas petrolíferas de grande porte é oriunda de até quatro geradores síncronos cujo acionamento é feito através de turbinas a gás e cuja operação se dá a ciclo aberto, na configuração 4 x 33%. A divisão da carga é feita de forma igualitária entre três geradores e o quarto é utilizado como reserva, o que confere robustez e confiabilidade ao sistema elétrico, que conta com diversas redundâncias a fim de mitigar os riscos de parada da unidade petrolífera (DIAS, 2018).

A opção pelas turbinas a gás é feita, dentre outros fatores, em função de sua alta confiabilidade, flexibilidade operacional e dimensões e peso apropriados às restrições impostas pelas limitações de espaço a bordo. Além disso, a disponibilidade do gás natural oriundo da própria produção da plataforma associada ao menor valor comercial do gás em relação ao óleo, tornam o referido método de geração ainda mais atrativo aos operadores do setor petrolífero. Destaca-se, porém, que as redundâncias necessárias à segurança energética dos sistemas da plataforma fazem com que as turbinas operem com baixa eficiência (em torno de 30%, conforme abordado no tópico anterior), o que intensifica sua taxa de emissão de poluentes (PINTO et. al., 2019).

A demanda energética de plataformas petrolíferas apresenta alto grau de variabilidade a depender do tipo de plataforma e das características do campo petrolífero em produção. Além disso, a demanda também costuma variar, para uma mesma plataforma, ao longo dos estágios de produção do campo (produção inicial, estabilização e declínio de produção), sendo tipicamente abarcada pelo intervalo de 10 a 100 MW.

As cargas elétricas em plataformas são classificadas como: não essenciais, essenciais, auxiliares e de emergência. As cargas não essenciais dizem respeito aos equipamentos cuja falta não acarreta riscos operacionais ou de segurança, ao contrário das essenciais, que se conectam ao barramento principal por alimentadores distintos, o que permite seu funcionamento através de geradores de emergência. As cargas auxiliares, por sua vez, são similares às não essenciais, exceto pelo seu papel fundamental para a retomada de processos, o que requer alimentação por gerador auxiliar. Por fim, as cargas de emergência dizem respeito aos equipamentos de salvaguarda da vida a bordo e operacionalidade de equipamentos críticos ao processo. Seu barramento é alimentado pelos geradores de emergência e auxiliar, além de possuir sistema de energia ininterrupta (Uninterruptible Power Supply - UPS) para a segurança de sua operacionalidade (OLIVEIRA, 2013).

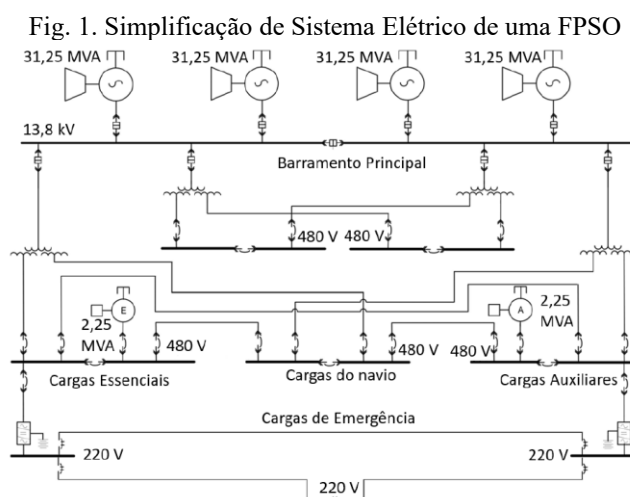
Como exemplo das principais cargas existentes em plataformas petrolíferas, destacam-se as bombas e compressores necessários à operação da planta, que se constituem como os maiores

consumidores de energia elétrica. As bombas são necessárias à manutenção das pressões apropriadas a cada etapa do processo, enquanto os compressores desempenham papel central para nos sistemas de elevação, injeção e exportação de hidrocarbonetos.

Fresky et. al. (2023) categorizaram os principais desafios referentes à geração de energia elétrica em plataformas e à transição para modelos menos intensivos em emissão de poluentes:

- Técnico: os equipamentos são projetados para operação em condições de pico de produção e sua variação significativa ao longo do tempo contribui para a redução da eficiência dos sistemas durante a maior parte da vida útil da plataforma.
- Negócio: a transferência de propriedade da plataforma entre operadores distintos implica perda de informação e aplicação de diferentes normas construtivas, além da mudança de fornecedores e na cadeia de suprimentos.
- Financeiro: a busca por alternativas renováveis aos sistemas de geração tradicionais em plataformas ainda não é atrativa a investidores, além de contar com limitado apoio governamental.
- Socioambiental: uma possível diminuição da eficiência operacional em prol do ganho ambiental pode gerar a percepção pública de falta de comprometimento do setor petrolífero com questões sociais.
- Regulatório: alguns países, como a Noruega, já apresentam regime tributário específico para a emissão de poluentes oriundos dos sistemas de geração elétrica em plataformas offshore.

A figura 1 ilustra, de forma simplificada, o sistema elétrico típico de uma plataforma do tipo Floating Production Storage and Offloading (FPSO) e seus principais parâmetros de geração e consumo de energia elétrica. A tabela 1 apresenta a distribuição quantitativa comum das cargas para o referido tipo de plataforma, cuja totalização normalmente fica próxima a 70 MW.



Fonte: Dias, 2018.

TABELA I. Tipos de Cargas em FPSOs

Tipo	Carga (kW)
Não Essenciais	66440
Essenciais	1396
Auxiliares	1752
Emergência	785
<b>Total</b>	<b>70373</b>

Fonte: Adaptado de (Dias, 2018.)

### 3 PARQUES EÓLICOS OFFSHORE

Parques eólicos constituem-se como conjuntos de aerogeradores interligados com o intuito de fornecer energia elétrica a um sistema principal. Sua instalação, tanto onshore quanto offshore apresenta maior grau de simplicidade em relação a outras fontes de energia renováveis, como a hidrelétrica. A opção pela instalação offshore é feita devido, entre outros fatores, ao potencial eólico superior encontrado no mar, aos menores riscos oriundos do impacto visual e emissão de ruídos por parte dos aerogeradores (visto que não há população em áreas próximas) e à ausência de restrições ambientais quanto à utilização do solo (NUNES, 2010).

Em virtude de sua particularidade geográfica, porém, os parques offshore apresentam necessidades especiais de construção e instalação, visto que devem ser transportados ao local de operação com a maioria de seus componentes montados (SILVEIRA, 2015). Adicionalmente, pode-se destacar a necessidade de proteção especial contra a corrosão, sistemas de apoio à desumidificação e reforços ao revestimento metálico nas carcaças das máquinas. Destaca-se, ainda, a necessidade de avaliação da profundidade, características do leito marinho e regimes de correntes marítimas no local de instalação (TAVARES, 2010).

Uma vez instalados e postos em operação, os referidos equipamentos devem contar com rigoroso plano de manutenção que considere, além das especificidades técnicas dos componentes dos geradores, as condições climáticas, a localização do parque eólico e a disponibilidade dos recursos necessários (barcos de apoio, mão de obra qualificada, peças de reposição etc.). A não observância desses critérios pode acarretar interrupção da geração de energia e demais consequência técnicas, operacionais e socioeconômicas associadas a ela (IRAWAN et al., 2022).

A exemplo da relevância da eficiência de manutenção de parques eólicos offshore, Khalid et al. (2023) afirmam que os custos relacionados a esta etapa podem atingir até 29,5% de todos os custos ao longo do ciclo de vida dessas instalações. Nesse contexto, diversas aplicações em automação e robótica vêm ganhando notoriedade no mercado eólico offshore como tentativa de mitigação dos riscos à vida humana e elevação da qualidade dos dados obtidos durante as operações para melhor suporte à análise de decisão.

Dessa forma, a utilização de veículos aéreos não tripulados e de veículos submarinos operados

remotamente têm contribuído para o acesso e manutenção de equipamentos cuja localização ou características de operação ofereçam riscos específicos aos trabalhadores. Através de levantamento do estado da arte acerca do tema, Khalid et. al. (2022) identificaram os principais parâmetros para a avaliação da utilização de autômatos em operações de manutenção de parques eólicos offshore, sendo eles:

- Mobilidade do Equipamento: Características hidro ou aerodinâmicas que impactem de locomoção e acesso aos principais componentes dos aerogeradores;
- Capacidade Sensorial: Suporte ao controle e navegação do equipamento, além da qualidade das inspeções e intervenções realizadas e da aquisição de dados relevantes à tomada de decisão durante o processo.
- Dimensões e Peso: Devem ser otimizados a fim de comportar a maior quantidade de instrumentos possível, sem comprometer a mobilidade e acessibilidade do equipamento.
- Nível de Automação: Grau de suporte humano necessário à operação eficiente do equipamento.

A figura 2 ilustra um parque eólico offshore.

Fig. 2. Parque Eólico Burreby London



Fonte: Silveira, 2015

Os aerogeradores tipicamente empregados em parques eólicos offshore são compostos por rotores de eixo horizontal do tipo hélice (normalmente, com três pás) e movidos por forças aerodinâmicas de sustentação e de arrasto oriundas da obstrução do movimento do vento. Além disso, é comum que as referidas estruturas apresentem mecanismos que permitam que seu posicionamento seja sempre perpendicular à direção do vento.

Segundo Dutra (2008), um aerogerador offshore típico é composto pela associação das seguintes estruturas:

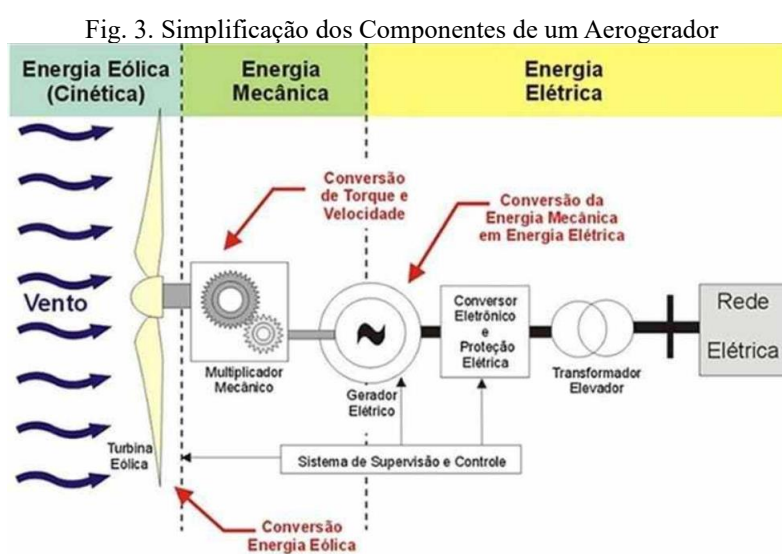
- Nacele: carcaça montada sobre a torre e que abriga os principais componentes do sistema de geração;

- Pás, Cubo e Eixo: as pás são responsáveis pela conversão da energia cinética do vento em trabalho mecânico. O cubo é posicionado à frente do gerador e é composto pelos rolamentos para a fixação das pás, enquanto o eixo é responsável pelo acoplamento do cubo ao gerador, permitindo a transferência da energia mecânica;
- Transmissão e Caixa Multiplicadora: compostas por eixos, mancais, engrenagens de transmissão e acoplamentos cuja função é transmitir a energia mecânica entregue pelo eixo do rotor até o gerador;
- Gerador: equipamento responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica;
- Torre: estrutura de sustentação e posicionamento do sistema de geração eólica.

Ainda segundo o autor, os principais desafios operacionais para a geração de energia elétrica por aerogeradores ficam por conta dos seguintes parâmetros:

- Oscilações na velocidade dos ventos, que implicam faixas de rotação variáveis para a geração;
- Oscilações no torque de entrada do gerador (cuja variação de potência disponível no eixo é induzida pelo parâmetro anteriormente citado);
- Isolamento geográfico dos sistemas, que incorre dificuldade de instalação, operação e manutenção, tornando necessária uma alta confiabilidade de funcionamento.

A figura 3 apresenta o esquemático simplificado de um aerogerador típico e seu fluxo de conversão e transmissão de energia. Os tipos de turbinas e geradores existentes e suas formas de conexão com a rede elétrica não serão abordados por estarem além dos objetivos deste trabalho.



Fonte: Picolo, 2014

## 4 INTEGRAÇÃO ENTRE PLATAFORMAS E PARQUES EÓLICOS

Conforme discutido no tópico 1, a geração de energia elétrica para plataformas petrolíferas a partir de parques eólicos offshore vem ganhando notoriedade nas últimas décadas em função de seu benefício ambiental, econômico e regulatório. A exemplo do referido crescimento, pode-se citar a recente implementação do parque eólico Hywind Tampen na porção norueguesa do Mar do Norte, que conta com 11 aerogeradores flutuantes de 8,6 MW ancorados em lâminas d'água de até 300m.

Estima-se que o parque eólico seja capaz de fornecer 35% da demanda energética anual de cinco plataformas que operam nos campos de Snorre e Gulfaks, podendo-se ultrapassar significativamente este valor em épocas do ano nas quais a incidência de ventos seja mais significativa na região. Adicionalmente, espera-se que sua implementação contribua para a redução de duzentas mil toneladas de dióxido de carbono e de mil toneladas de óxidos de nitrogênio por ano (EQUINOR, 2023).

Apesar do grande potencial exemplificado, o fornecimento de energia elétrica oriunda de parques eólicos a plataformas petrolíferas ainda esbarra em diversos desafios técnicos e regulatórios para que sua implementação possa ser expandida a outras regiões tradicionais da indústria petrolífera. Ardal et. al. (2014) analisaram métodos que pudessem proporcionar maior confiabilidade aos sistemas de interligação entre as fontes eólicas e as plataformas consumidoras e, segundo os autores, os principais desafios à interligação estão relacionados aos seguintes aspectos:

- Natureza intermitente das fontes eólicas torna mandatória a existência de geração suplementar de energia elétrica e/ou grande flexibilidade operacional relacionada às cargas não essenciais;
- A interligação das plataformas com outras fontes de energia elétrica não é planejada desde o processo de desenvolvimento dos campos petrolíferos, o que impõe restrições à viabilidade de controle e balanço entre geração e carga e acaba por comprometer a estabilidade do sistema;
- Possibilidade de impactos negativos nos sistemas elétricos da plataforma, como o comprometimento da estabilidade e no design dos sistemas de controle e proteção;
- Ausência de regulação específica para os projetos de interligação.

A fim de analisar o impacto dessas questões, Kolstad et al. (2013) simularam a interligação de uma usina eólica offshore à cinco plataformas petrolíferas. Durante as simulações, os autores reforçaram o entendimento de que o maior desafio para implementação de projetos do gênero é a necessidade de sistema de backup que compense a intermitência da fonte eólica. Como solução, foi proposta a interligação à rede elétrica em terra através de um sistema de transmissão do tipo High Voltage Direct Current (HVDC), com 220 km de comprimento.

A referida interligação apresentou respostas satisfatórias nos cenários simulados (perda completa da geração eólica e entrada em operação abrupta de uma das cinco plataformas) visto que



possibilitou a rápida recuperação da rede em função do curto tempo de resposta do sistema HDVC. Como não há, normalmente, conexão dos sistemas elétricos de plataformas com a rede em terra, o reestabelecimento da energia em casos semelhantes aos simulados, dependeria do tempo de resposta dos controladores das turbinas a gás, normalmente mais lentas que o conversor HDVC (DIAS, 2018).

Ardal et al. (2011) aplicaram análise de sensibilidade na avaliação dos principais parâmetros que afetam a interligação entre usinas eólicas e plataformas. Para tanto, foram simulados três fenômenos: partida de motor de grande porte na plataforma, curto-circuito com duração de 30 ms na plataforma e variação abrupta na velocidade do vento.

No caso da partida do motor de grande porte, as variáveis que apresentaram sensibilidade às variações de tensão e frequência foram: reatância permanente e reatância transitória, no caso do gerador eólico, e inércia do rotor, constante de droop do governador e constante de tempo da injeção de gás na turbina, no caso da turbina a gás.

A simulação de curto-circuito apontou maior relevância para os parâmetros relacionados ao gerador eólico, tais como: reatâncias e constantes síncronas e transitórias, bem como as subtransitórias. No caso da turbina a gás, os parâmetros que apresentaram sensibilidade ao cenário de curto-circuito foram: inércia do rotor e constante de droop do governador. A variação de velocidade do vento afeta apenas o gerador eólico e os principais parâmetros sensíveis a este cenário são: inércia do rotor e as variáveis do controlador de velocidade do aerogerador.

Apesar da existência de trabalhos semelhantes aos supracitados, a implementação de parques eólicos interligados a plataformas petrolíferas ainda esbarra na ausência de consolidação dos modelos propostos, em especial, no caso de operações em águas profundas e ultra profundas, as quais requerem maior capacidade de geração elétrica (SILVA et. al., 2023).

## 5 CONCLUSÃO

O presente artigo teve como objetivo a apresentação dos parâmetros mais relevantes à interligação de plataformas petrolíferas e parques eólicos offshore e sua relevância para a transição a uma economia menos intensiva em emissão de carbono. Para tanto, foram abordados os principais conceitos da geração e consumo de energia elétrica em plataformas petrolíferas, seguidos dos conceitos pertinentes à instalação, operação e manutenção de parques eólicos offshore. Por fim, foi apresentada a relevância crescente do tema para a indústria petrolífera através de exemplos de aplicações atualmente em prática e de estudos nos quais a viabilidade da interligação foi testada através de simulações de situações operacionais corriqueiras que possam apresentar alta exigência ao sistema interligado ao parque eólico.

A revisão bibliográfica permitiu concluir que, apesar dos esforços para a redução das emissões de gases do efeito estufa e do papel central da indústria petrolífera para o cumprimento deste objetivo,



tanto o estado da arte quanto da técnica acerca da utilização de energias renováveis para a eletrificação de plataformas petrolíferas ainda necessitam maior atenção a fim de que seja possível alcançar a viabilidade sistemática do método. Atualmente, a aplicação ampla dos referidos conceitos esbarra, principalmente, no desafio técnico imposto pela natureza da geração eólica, na falta de economia de escala, que reduz o portfólio de investimentos e na ausência de regulação específica aliada à falta de apoio governamental para realização das atividades.

Destaca-se, porém, que devido ao alto impacto da indústria petrolífera no tocante às emissões de poluentes, o referido método de geração de energia apresenta elevado potencial para a contribuição do setor de óleo e gás na transição a uma economia de baixo carbono. Ressalta-se, assim, a necessidade da união de esforços advindos da academia, indústria e órgãos reguladores para que sejam contornados os principais desafios para a eletrificação de plataformas petrolíferas através da energia eólica.



## REFERÊNCIAS

ÅRDAL, Atle Rygg. Feasibility Studies on Integrating Offshore Wind Power with Oil Platforms. 2011. 130 f. NTNU - Norwegian University of Science and Technology, 2011.

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.

DUTRA, Ricardo. Energia Eólica: princípios e tecnologias. Rio de Janeiro: Cresesb, 2008. 58 p.

EQUINOR (Noruega). Hywind Tampen. 2023. Disponível em: <https://www.equinor.com/energy/hywind-tampen>. Acesso em: 26 nov. 2023.

FRESKY, Mariela G. Araujo; ITRIAGO, Yani Carolina Araujo de. Comparison of Decarbonization Pathways for Offshore Platforms: technology solutions to address key implementation challenges. Offshore Technology Conference, [S.L.], p. 1-24, 24 abr. 2023. OTC. <http://dx.doi.org/10.4043/32525-ms>.

G. J. W. He, T. Anderson, F. Olsen, T. Hanson, M. Korpås, T. Toftevaag, J. Eek, K. Uhlen, E. Johansson, "The Potential of Integrating Wind Power with Offshore Oil and Gas Platforms," Sintef Energy Research, T2010.

IEA, Oil demand by region in the Stated Policies Scenario, 2000-2050, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/oil-demand-by-region-in-the-stated-policies-scenario-2000-2050>, IEA. Licence: CC BY 4.0

IRAWAN, Chandra Ade et al. A combined tactical and operational framework for maintenance scheduling and routing in offshore wind farms. Journal Of The Operational Research Society, [S.L.], v. 74, n. 10, p. 2241-2260, 31 out. 2022. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01605682.2022.2136543>.

KHALID, Omer et al. Applications of robotics in floating offshore wind farm operations and maintenance: literature review and trends. Wind Energy, [S.L.], v. 25, n. 11, p. 1880-1899, 25 jul. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/we.2773>.

KHALID, Omer et al. Cost-benefit assessment framework for robotics-driven inspection of floating offshore wind farms. Wind Energy, Cork, p. 1-13, 23 nov. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/we.2881>.

KOLSTAD, Magne Lorentzen et al. Grid integration of offshore wind power and multiple oil and gas platforms. OCEANS 2013 MTS/IEEE Bergen: The Challenges of the Northern Dimension, p. 0-6, 2013.

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

OLIVEIRA, Maurício F. Metodologia para aplicação de fontes renováveis de energia elétrica em plataformas marítimas de produção de petróleo e gás natural. 2013. 181 f. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.



PICOLO, Ana Paula; BÜHLER, Alexandre J.; RAMPINELLI, Giuliano Arns. Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, 2014.

PINTO, Sara Oliveira; SANTOS, Paulo Rosa; PINTO, Francisco Taveira. Electricity supply to offshore oil and gas platforms from renewable ocean wave energy: overview and case study analysis. *Energy Conversion And Management*, Porto, p. 1-14, 13 mar. 2019.

SILVA, Daniel Fonseca de Carvalho et al. External Power Supply for Ultra-Deep Water O&G Assets: synergies, scale effects and challenges. *Offshore Technology Conference*, [S.L], p. 1-15, 24 abr. 2023. OTC. <http://dx.doi.org/10.4043/32278-ms>.

SILVEIRA, Karoline Claro Pereira. Análise de uma Configuração de Parque Eólico Baseada em Sistema de Transmissão Multiterminal CC com Conversores Multinível Modular. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

TAVARES, B. J. L.: “Parques Eólicos Offshore: Estudo de Soluções de Interligação do Tipo HVAC e HVDC”, Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto-Portugal, 2010.