SINERGIAS ENTRE A CADEIA DE SUPRIMENTOS DA EÓLICA *OFFSHORE* E DEMAIS INDÚSTRIAS: O CASO DO BRASIL

ANDRESSA MEDEIROS SANTISO - andressa.santiso.014@ufrn.edu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

NÍCOLAS ALVES COSTA OLIVEIRA - nicolas.oliveira.115@ufrn.edu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

NATHALIA ALVES DE OLIVEIRA - nathalia.alves.117@ufrn.edu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

MARIO ORESTES AGUIRRE GONZÁLEZ - mariogonzalez@ufrn.edu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

DAVID CASSIMIRO DE MELO - david.cassimiro.096@ufrn.edu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

ÁREA: *2. LOGÍSTICA*
SUBÁREA: *2.1 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS*

RESUMO: *A ENERGIA EÓLICA OFFSHORE POSSUI SIGNIFICATIVO POTENCIAL DE CRESCIMENTO AO REDOR DO MUNDO. O BRASIL É CONSIDERADO COMO UM MERCADO POSSÍVEL DEVIDO AO ALTO POTENCIAL EÓLICO EM SUA COSTA. NO ENTANTO, A CADEIA DE SUPRIMENTOS ENFRENTA ALGUNS DESAFIOS EM VIRTUDE DE SUAS CARACTERÍSTICAS, COMO A LOGÍSTICA DE COMPONENTES DE GRANDE MAGNITUDE E ATIVIDADES MARÍTIMAS COMPLEXAS, QUE PROVOCAM O AUMENTO NOS CUSTOS. A CADEIA EÓLICA OFFSHORE PODE SER CONSIDERADA MADURA EM ALGUNS MERCADOS NA EUROPA, PORÉM AINDA PRECISA REDUZIR OS CUSTOS EM SUA CADEIA DE SUPRIMENTOS PARA AUMENTAR SUA COMPETITIVIDADE EM NOVOS MERCADOS. O DESENVOLVIMENTO DE UMA CADEIA LOCAL É UM IMPORTANTE FATOR PARA A REDUÇÃO DESTES DESAFIOS E CUSTOS INCORRIDOS. A REALIZAÇÃO DE SINERGIAS COM CADEIAS MADURAS, COMO A CADEIA DE PETRÓLEO E GÁS OFFSHORE (O&G) E A CADEIA EÓLICA ONSHORE, PODE FACILITAR O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NO MERCADO BRASILEIRO, DE MODO A PERMITIR A UTILIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA, TECNOLOGIA E EXPERIÊNCIA EXISTENTES. ASSIM, ESTE ESTUDO OBJETIVA DESCREVER AS SINERGIAS EXISTENTES ENTRE A CADEIA EÓLICA OFFSHORE E AS CADEIA EÓLICA ONSHORE E DE O&G OFFSHORE E, COM BASE NESTAS IDENTIFICAR AS OPORTUNIDADES DE UTILIZAÇÃO DELAS NO BRASIL. O ARTIGO PROPÕE ATIVIDADES AO LONGO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA EÓLICA OFFSHORE QUE PODERIAM APRESENTAR OPORTUNIDADES DE ATUAÇÃO PARA A CADEIA NACIONAL.*

PALAVRAS-CHAVES: *ENERGIA EÓLICA OFFSHORE; ÓLEO E GÁS OFFSHORE; ENERGIA EÓLICA ONSHORE; CADEIA DE SUPRIMENTOS; SINERGIAS.*

SYNERGIES BETWEEN THE OFFSHORE WIND SUPPLY CHAIN AND OTHER INDUSTRIES: BRAZIL CASE STUDY

ABSTRACT: *AROUND THE WORLD WE CAN OBSERVE A SIGNIFICANT OFFSHORE WIND ENERGY GROWTH POTENTIAL. BRAZIL WAS CONSIDERED A POTENTIAL MARKET DUE TO ITS HIGH WIND POTENTIAL. HOWEVER, THE SUPPLY CHAIN FACES SOME CHALLENGES DUE TO ITS CHARACTERISTICS AS THE LOGISTICS OF LARGE-SCALE COMPONENTS AND COMPLEX MARITIME ACTIVITIES, WHICH INCREASE COSTS. THE OFFSHORE WIND CHAIN CAN BE CONSIDERED MATURE IN SOME COUNTRIES, BUT IT STILL NEEDS TO REDUCE COSTS IN ITS SUPPLY CHAIN TO INCREASE ITS COMPETITIVENESS IN NEW MARKETS. THE LOCAL SUPPLY CHAIN DEVELOPMENT IS A SIGNIFICANT FACTOR IN REDUCING THESE CHALLENGES AND THE COSTS INCURRED. THE USE OF SYNERGIES WITH MATURE CHAINS, SUCH AS THE OFFSHORE OIL AND GAS (O&G) SUPPLY CHAIN AND THE ONSHORE WIND SUPPLY CHAIN, CAN FACILITATE THE INDUSTRIAL DEVELOPMENT OF THE SUPPLY CHAIN IN THE BRAZILIAN MARKET, ALLOWING THE USE OF EXISTING INFRASTRUCTURE, TECHNOLOGY, AND EXPERIENCE. THUS, THIS STUDY AIMS TO DESCRIBE THE SYNERGIES BETWEEN THE OFFSHORE WIND SUPPLY CHAIN AND THE ONSHORE WIND AND OFFSHORE O&G AND, BASED ON THESE, IDENTIFY OPPORTUNITIES FOR THEIR USE IN BRAZIL. THE ARTICLE PROPOSES ACTIVITIES ALONG THE OFFSHORE WIND SUPPLY CHAIN THAT COULD PRESENT OPPORTUNITIES FOR THE NATIONAL SUPPLY CHAIN.*

KEYWORDS: *OFFSHORE WIND ENERGY; OFFSHORE OIL AND GAS; ONSHORE WIND ENERGY; SUPPLY CHAIN; SYNERGIES.*

1. INTRODUÇÃO

A energia eólica *offshore* é uma das tecnologias renováveis que mais crescem devido ao seu potencial de contribuir na diversificação da matriz energética, no alcance de metas ambiciosas de redução de emissões e descarbonização dos países, e no desenvolvimento econômico e geração de empregos (MÄKITIE et al., 2019; MILANEZ et al., 2017). Apesar de sua maior concentração na Europa, onde a tecnologia se originou, seu desenvolvimento está avançando para diversos países. O Brasil é uma das localidades que possuem significativa capacidade para explorar a tecnologia (WORLD BANK, 2019), com um potencial de 697 GW ao longo da costa, em profundidade de até 50 metros a 100 metros de altura (EPE, 2020).

A cadeia eólica *offshore* pode ser considerada madura em algumas regiões da Europa, porém ainda precisa reduzir os custos em sua cadeia de suprimentos para aumentar sua competitividade no mercado (GWEC, 2020). Especialmente em novos segmentos, observa-se uma necessidade ainda maior de evoluir a sua maturidade, de modo a reduzir os custos frente à outras opções de geração elétrica. A logística marítima e em terra dos componentes de grande magnitude, desenvolvidos conforme o avanço tecnológico, torna-se um importante desafio para a cadeia e resulta em uma participação significativa no custo nivelado da energia (LCOE).

Nesse sentido, o desdobramento de uma cadeia local é de extrema importância para o progresso do setor, que terá seus desafios e custos reduzidos. A sinergia com demais setores pode contribuir para esse desenvolvimento industrial, por meio da cadeia de petróleo e gás *offshore* (O&G) e da cadeia eólica *onshore* (BVG ASSOCIATES, 2016; POLLOCK, 2019), que permitem a utilização da infraestrutura, tecnologia e experiência existentes (MÄKITIE et al., 2019).

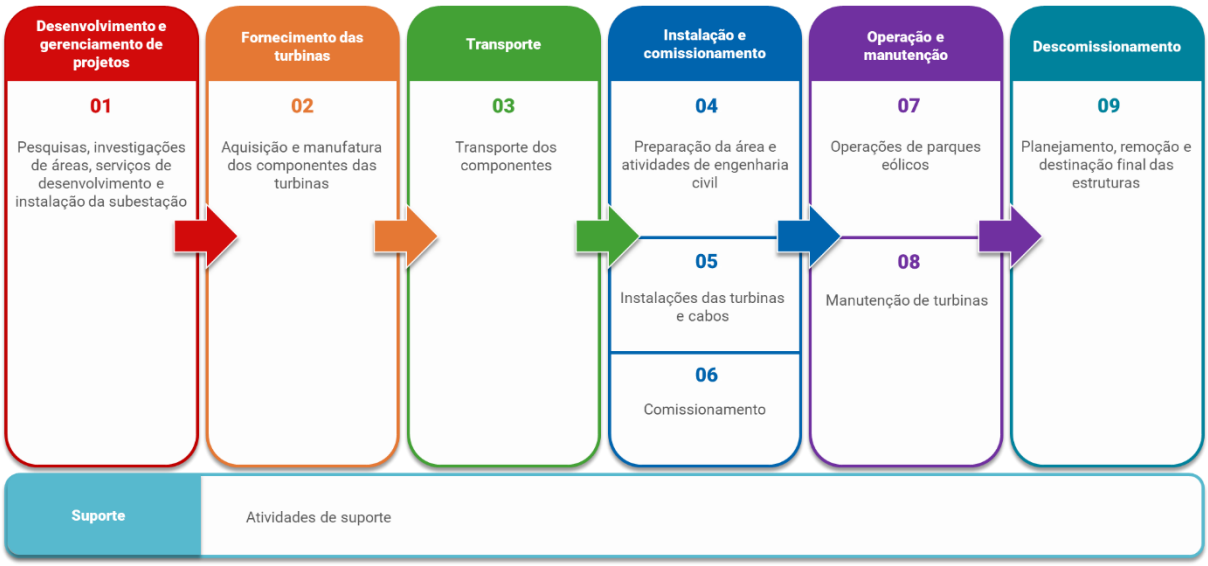
O Brasil detém considerável experiência em O&G *offshore* e infraestrutura para iniciar o desenvolvimento da eólica no ambiente marítimo, bem como uma cadeia de suprimentos da eólica *onshore* desenvolvida, com fabricantes e fornecedores globais de turbinas (PANTICON, 2019). Nesse contexto, este estudo tem como objetivo descrever as sinergias existentes entre as cadeias de suprimentos da eólica *offshore*, eólica *onshore* e de O&G *offshore* e, com base nestas identificar as oportunidades de utilização no país.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A cadeia eólica *onshore*

A cadeia de suprimentos da energia eólica *onshore* é composta pelas fases: (i) Desenvolvimento e gerenciamento de projetos; (ii) Fornecimento das turbinas; (iii) Transporte; (iv) Instalação e comissionamento; (v) Operação e manutenção; e (vi) Descomissionamento. Além destas, são identificadas atividades de suporte, como consultorias, financiamento, educação, pesquisa e desenvolvimento, elaboração de políticas e atividades administrativas (IRENA, 2018), conforme evidenciado na Figura 1.

FIGURA 1 - Cadeia de suprimentos da energia eólica *onshore*



Fonte: Adaptado de IRENA (2018).

A fase de desenvolvimento e gerenciamento de projetos envolve diversas áreas de pré-desenvolvimento do projeto, sendo elas atividades de engenharia, estudo de impacto ambiental e socioeconômico, seleção da área, estudos de viabilidade técnico-econômica e processos administrativos (IRENA, 2018).

Na sequência, infere-se que a etapa de fornecimento das turbinas envolve as atividades de aquisição da matéria-prima e/ou dos componentes principais e fabricação destes. O estágio seguinte corresponde ao transporte dos componentes produzidos até a área em que será instalada a turbina (IRENA, 2018).

Em seguida, ocorre a etapa de instalação e comissionamento, que abrange as atividades de preparação da área e atividades de engenharia civil, fornecendo a infraestrutura necessária para a montagem e instalação dos componentes. Sua construção é mais simples e demanda menos custos, quando comparada a tecnologia *offshore*, sobretudo por ter sua operação desempenhada em terra e não requerer atividades marítimas mais custosas. Além disso, realiza-

se a conexão dos cabos à rede e o comissionamento da usina, na qual a mesma entra em operação (IRENA, 2018).

A fase seguinte corresponde às atividades de operação e manutenção das turbinas ao longo da vida útil da usina. Por fim, o estágio de descomissionamento abrange as atividades de planejamento, remoção parcial ou total das estruturas e a destinação final desses componentes (IRENA, 2018).

No Brasil, existem dois pólos produtivos para grandes componentes no país: um localizado na região Nordeste, nos estados da Bahia, Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte; e outro que engloba o Sul, envolvendo os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Nesse contexto, verifica-se que as fabricantes de componentes principais estão localizadas na região Nordeste, região na qual os estados da Bahia e Ceará apresentam destaque no fornecimento da cadeia produtiva por conter montadoras de aerogeradores, fabricantes de torres e de pás. Já os subcomponentes e insumos possuem seus fornecedores concentrados na região sudeste do país (FERREIRA, 2021).

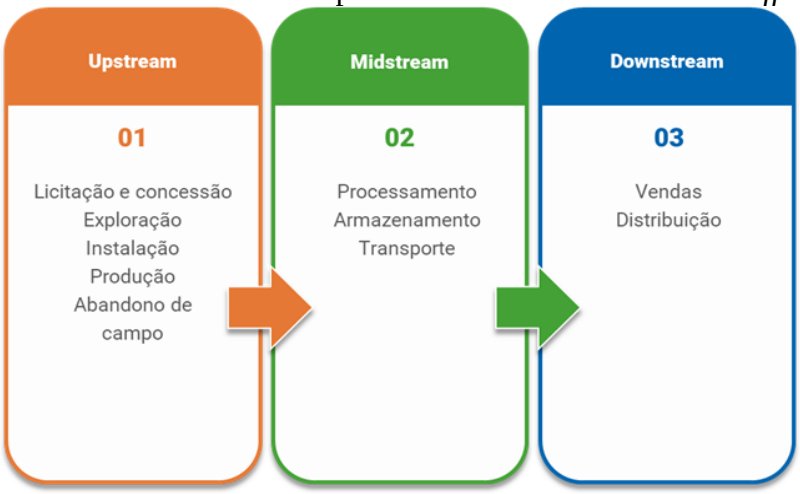
Com relação aos serviços, o país dispõe de fornecedores de engenharia, consultoria e construção; logística e transporte; construção civil; comercializadores de energia e manutenção. Os estados que abrigam uma maior quantidade de empresas de serviços relativos ao setor eólico são: São Paulo, Rio Grande do Norte e Ceará. Entretanto, existem alguns gargalos que podem ser identificados na cadeia nacional, como nos serviços de manutenção, infraestrutura e logística de transporte de equipamentos. Em relação aos serviços de manutenção, constata-se uma pequena quantidade de empresas que atuam no país com um serviço especializado para empreendimentos eólicos (FERREIRA, 2021).

Além disso, um dos maiores problemas observados consiste na falta de infraestrutura rodoviária adequada para o transporte de aerogeradores nas rodovias, bem como a carência de infraestrutura portuária apropriada para a movimentação de cargas entre portos nacionais. O transporte de equipamentos também é identificado como gargalo devido à pequena quantidade de caminhões disponíveis e adaptados para a realização dos trajetos (SIMAS, 2012).

2.2 A cadeia de óleo & gás *offshore*

A cadeia de suprimentos específica da cadeia de O&G segue o processo que parte do descobrimento e extração, ao processamento, distribuição e consumo. Nesse contexto, ela pode ser subdividida em três fases principais: *upstream*, *midstream* e *downstream*, cada qual requerendo diferentes competências, conforme a Figura 2 (OLESEN, 2015).

FIGURA 2 – Cadeia de suprimentos da indústria de O&G *offshore*



Fonte: Adaptado de OLESEN (2015).

As atividades do *upstream* compreendem as licitações e concessões, exploração, instalação e produção de combustíveis fósseis, e o abandono de campo. Essas atividades necessitam de um amplo investimento na área tecnológica, sobretudo pelo alto valor dos equipamentos envolvidos nessas fases. No *midstream*, são inclusas operações de processamento, armazenamento e transporte do óleo ou gás em tanques para o futuro refinamento. Por fim, o *downstream* pode se categorizado pelas vendas e distribuição do produto processado (POULSEN; HAHN-PETERSEN, 2012).

O Brasil possui duas grandes áreas de exploração *offshore*: Campos, com 49 plataformas, e Santos, com 10 plataformas. Para ambas, existe uma única base de apoio utilizada pela Petrobras, localizada na cidade de Macaé. Devido a isso, em Macaé estão localizadas áreas administrativas e empresas que motivaram as operações marítimas (BRANSKI; ESTEVES, 2021).

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Petróleo (ABESPETRO), existem atualmente 49 empresas associadas a ABESPetro que atuam nos segmentos de sondas e serviços de perfuração e completação; de unidades de produção e serviços de operação; de embarcações e serviços de instalação e apoio; de sísmica, *survey* e serviços de poço; de serviços de robótica e mergulho; e de fabricação e montagem de equipamentos submarinos (FGV, 2021).

2.3 A cadeia eólica *offshore*

A cadeia de suprimentos da eólica *offshore* pode ser classificada em cinco macro fases: projeto, aquisição e fabricação; instalação e comissionamento; operação e manutenção; e descomissionamento, conforme a Figura 3.

FIGURA 3 – Etapas da cadeia de suprimentos da energia eólica *offshore*

Fonte: CREATION (2019).

A fase de projeto envolve as atividades de pré-desenvolvimento do projeto, sendo elas atividades de engenharia e consultoria, serviços de desenvolvimento de concessão e estudo de impacto ambiental e socioeconômico (*surveys* ambiental, geológicos, hidrográficos, avaliação metaoceânica, etc.) (BVG ASSOCIATES, 2019a).

A fase de aquisição e fabricação envolve as atividades de aquisição da matéria-prima e/ou dos componentes principais e fabricação destes, como a turbina, cabos, fundações e subestações. Após isso, ocorre a etapa de instalação e comissionamento, a qual corresponde à montagem, transporte e instalação dos componentes, bem como o comissionamento da usina. Devido ao avanço tecnológico, as turbinas eólicas estão sendo instaladas em distâncias e profundidades maiores, demandando atividades marítimas mais custosas (BVG ASSOCIATES, 2019a).

A fase de operação e manutenção contempla atividades de operação da usina e manutenção das turbinas ao longo da vida útil da usina, bem como serviços de inspeção e reparo. Por fim, a etapa de descomissionamento abrange as atividades de planejamento, remoção parcial ou total das turbinas, fundações, subestações e cabos e a destinação final (reutilização, reciclagem ou descarte) destas (BVG ASSOCIATES, 2019a).

3. MÉTODO DA PESQUISA

Este artigo se caracteriza como uma pesquisa aplicada visto que objetiva gerar conhecimentos novos para uma aplicação prática do desenvolvimento da tecnologia eólica *offshore*. É classificado como uma pesquisa qualitativa, uma vez que não utiliza instrumental estatístico na análise dos dados (GIL, 2002).

Em relação ao objetivo deste estudo, esse também pode ser categorizado como exploratório, ao analisar os fatores encontrados na literatura e propor sinergias que poderiam ser utilizadas pelo Brasil para facilitar o desenvolvimento industrial da cadeia de suprimentos da energia eólica *offshore*. No que se refere aos procedimentos técnicos, classifica-se como pesquisa bibliográfica, uma vez que busca conhecer, explicar, analisar e discutir um tema com base em materiais já elaborados, como livros e artigos científicos (GIL, 2002; YIN, 2001).

O procedimento da pesquisa contemplou uma revisão da literatura quanto à cadeia eólica *onshore*, cadeia eólica *offshore*, cadeia de O&G *offshore* e às sinergias encontradas entre as indústrias. A revisão da literatura foi conduzida com base no levantamento de artigos, teses, dissertações e relatórios técnicos acerca do tema. Os resultados da revisão possibilitaram a análise das sinergias e a identificação das oportunidades para o país em utilizar tais sinergias para desenvolver a cadeia eólica *offshore* nacional.

4. SINERGIAS E OPORTUNIDADES PARA O BRASIL

4.1 Sinergias

A sinergia entre cadeias refere-se à cooperação entre ambas, a fim de obter um benefício econômico com a redução de custos (CARVALHO, 2019). A energia eólica *offshore* surgiu a partir da cadeia eólica *onshore*, portanto possui grandes sinergias.

As primeiras turbinas eólicas *offshore* foram fabricadas por empresas *onshore* com a tecnologia existente nesta indústria, como em Vindeby e Tuno Knob. Estas turbinas suportaram a vida útil usual de 20 anos e não apresentaram razões que dissociassem as duas cadeias (INGSTRUP; MENZEL, 2019). No entanto, conforme as turbinas foram sendo instaladas em regiões mais distantes da costa e em maiores profundidades, surgiram desafios para a cadeia.

As condições mais severas enfrentadas pelas turbinas instaladas no mar são causadas pela salinidade da água, ondas e tempestades, fato que demanda adaptações na tecnologia *onshore* para sua utilização na cadeia *offshore* (INGSTRUP; MENZEL, 2019). Devido à estas diferenças, os fabricantes de turbinas e seus fornecedores têm que adaptar as turbinas (pás do rotor, gerador, engrenagem, etc.) às condições extremas do mar, assim como componentes

auxiliares (por exemplo, torres e fundações) e os equipamentos para construção e manutenção (embarcações especializadas, guindastes, equipamentos subaquáticos, etc.) também devem ser desenvolvidos para o novo contexto de aplicação (MARKARD; PETERSEN, 2009).

Alguns componentes como o gerador, a pá e o conversor possuem maior similaridade com *onshore*, uma vez que existem apenas algumas mudanças no processo adicional de valor, enquanto o *main frame*, *gearbox*, torre, transformador, fundação e as atividades de instalação e conexão à rede possuem uma dissociação maior (WÜSTEMEYER; MADLENER; BUNN, 2015).

Conforme o desenvolvimento tecnológico da tecnologia eólica *offshore* avança, proporcionando o estabelecimento em maiores distâncias da costa e maior tamanho, maiores diferenças entre as cadeias vão surgindo. Esta ramificação é conhecida como "ponto de desacoplamento" (KARLSEN, 2018) da cadeia *onshore* e gerou uma oportunidade para a cadeia de O&G (MACKINNON et al., 2019) que pode contribuir substancialmente em termos de tecnologia, capacidade organizacional e capacidade industrial e financeira (HANSEN; STEEN, 2015).

A cadeia de O&G está concentrada em alguns segmentos da cadeia eólica *offshore*, sendo eles: gerenciamento de projetos, fundações (*tripod* e *jacket*), fundições e forjamentos, torre, cabos, subestações, embarcações de construção, instalação (equipamentos, serviços de suporte), serviços de O&M (embarcações e serviços emergenciais, soluções para acesso seguro a estruturas *offshore*), meteorologia, pesquisas e atividades submarinas (ROBERTS et al., 2014). Além disso, há também uma sobreposição institucional, na qual parâmetros, normas de segurança, regulamentações e processos de licenciamento são elaborados com base no setor de O&G (MÄKITIE et al., 2018).

4.2 Oportunidades de utilização de sinergias no país

Com base nas características de cada cadeia e as sinergias já identificadas entre elas, podem ser indicadas algumas oportunidades existentes no país para a utilização da cadeia eólica *onshore* e da cadeia de O&G *offshore* existente de forma a facilitar o desenvolvimento industrial da cadeia de suprimentos da eólica *offshore*, conforme o Quadro 1.

QUADRO 1 - Potenciais sinergias da cadeia *onshore* e O&G *offshore*

Fases	Atividades	Potenciais sinergias com a indústria eólica *onshore*	Potenciais sinergias com a indústria de O&G *offshore*
Projeto	Surveys	✔	✔
	Serviços de engenharia e desenvolvimento do projeto		✔
	Gerenciamento de projeto		✔
Aquisição e fabricação	Componentes principais da turbina (pá, rotor, torre, gerador, conversor)	✔	
	Subcomponentes e insumos	✔	
	Fundações		✔
	Cabos		✔
	Subestações		✔
Instalação e comissionamento	Instalação da turbina e fundação		✔ ±
	Instalação dos cabos		✔
	Instalação da subestação		✔
	Portos e logística		✔ ±
	Equipamentos e serviços de suporte		✔
Operação e manutenção	Serviço de operação		✔
	Serviços de manutenção e inspeção		✔
	Embarcações e equipamento		✔
	Portos de O&M		✔
Descomissionamento	Portos e logística		✔
	Atividades marítimas		✔
	Reciclagem		✔

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

A cadeia de O&G possui semelhanças à cadeia eólica *offshore* na fase de desenvolvimento e concessão, quanto à regulação, processos de emissão de licenças e instituições envolvidas nas atividades (MÄKITIE et al., 2018). Ainda, atividades de pesquisas ambientais, serviços de desenvolvimento, investigações da área e gerenciamento de projeto também demonstram sinergias (NEILL; HASHEMI, 2018). Apesar da sinergia em estudos de *survey*, alguns estudos são específicos, como estudos de aves (BVG ASSOCIATES, 2019b), que podem apresentar sinergia com a cadeia *onshore*.

Na fase de aquisição e fabricação, há sinergias com a cadeia eólica *onshore*, na fabricação de componentes como gerador, pá e conversor, que demandam pequenas adaptações para atenderem aos requisitos da cadeia *offshore*. A cadeia eólica *onshore* brasileira possui montadoras de aerogeradores, fabricantes de torres, pás, subcomponentes e insumos para a manufatura dos componentes principais. Dentre estas, algumas empresas possuem filiais

internacionais que atuam no mercado eólico *offshore*, como a Vestas e Siemens Gamesa, que correspondem às principais fabricantes de turbinas eólicas *offshore* no mundo. Assim, a cadeia nacional pode facilitar o desenvolvimento da cadeia eólica *offshore*.

O fornecimento de componentes auxiliares como as fundações, cabos e os equipamentos para construção e manutenção são oportunidades para empresas de O&G (NEILL; HASHEMI, 2018), visto que a cadeia de O&G possui experiência na construção de estruturas de fundações *jacket* e *tripod* para as plataformas (MÄKITIE et al., 2018).

As atividades marítimas e de apoio logístico desempenhadas nas fases de instalação, operação e descomissionamento também demonstram grande sinergia com a cadeia de O&G *offshore* devido à sua experiência. Assim, a cadeia de O&G possui oportunidade nas atividades como instalação de turbinas, fundações, cabos, equipamentos de instalação, serviços de suporte e estrutura portuária e logística (embarcações) (NEILL; HASHEMI, 2018).

A instalação de turbina e fundação possuem restrições por demandarem embarcações e infraestrutura específicas para eólica *offshore*. A infraestrutura portuária utilizada pela cadeia de O&G apresenta potenciais de sinergias devido às dimensões de seus componentes e pode ser utilizada. No entanto, alguns requisitos específicos são necessários como áreas para armazenamento, montagem e fabricação de componentes principais. Nesse sentido, é possível que o país precise desenvolver ou adaptar áreas portuárias para atender à instalação de usinas.

Na fase de operação e manutenção, a cadeia de O&G pode contribuir com serviços de manutenção e inspeção, logística, embarcações e equipamentos, portos de O&M, sistemas de comunicação e gerenciamento de estoques (MÄKITIE et al., 2018; NEILL; HASHEMI, 2018). No entanto, a cadeia eólica *offshore* demanda de técnicos altamente qualificados para realizar procedimentos de inspeção, reparo e manutenção de turbinas e demais estruturas. Assim, um gargalo identificado é a qualificação de mão de obra.

As embarcações, infraestrutura e operações portuárias da cadeia de O&G também podem contribuir na fase de descomissionamento, assim como atividades de gerenciamento de projetos (MÄKITIE et al., 2018; NEILL; HASHEMI, 2018).

5. CONSIDERAÇÕS FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A importância do desenvolvimento industrial da cadeia de suprimentos nacional se deve à redução de desafios logísticos e custos, oportunidade de diversificação de empresas de cadeias existentes, geração de empregos e desenvolvimento regional. A fim de contribuir para este desenvolvimento, este estudo apresentava como objetivo descrever as sinergias existentes entre

a cadeia eólica *offshore* e as cadeias eólica *onshore* e de O&G *offshore* e, com base nestas identificar as oportunidades de utilização destas no Brasil.

O Brasil, como mercado em potencial para desenvolver a eólica *offshore*, possui ambas as cadeias desenvolvidas, o que permite viabilizar o desenvolvimento inicial da tecnologia e de sua cadeia nacional. A cadeia de O&G *offshore* pode contribuir com ativos de infraestrutura, recursos humanos e industriais no desenvolvimento do projeto, no fornecimento de componentes auxiliares, na instalação, operação e manutenção e descomissionamento. Também foram identificadas oportunidades para cadeia eólica *onshore* no fornecimento de componentes, como geradores, pás, conversores, dentre outros.

Recomenda-se para estudos futuros o aprofundamento do estudo para analisar as sinergias entre o descomissionamento das plataformas e a eletrificação e reaproveitamento das plataformas para a produção de hidrogênio verde, visto a possibilidade de se tornar uma oportunidade adicional para o país.

REFERÊNCIAS

ABDI. **Mapeamento da cadeia produtiva da indústria eólica no BrasilAgência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**. 2014.

ABEAM. **Frota de Embarcações de Apoio Marítimo no Brasil**. [2020].

BRANSKI, R.; ESTEVES, R. L. Logística Na Cadeia De Petróleo Offshore: Brasil, Noruega E Golfo Do México. p. 29–45, 2021.

BVG ASSOCIATES. **Oil and Gas 'Seize the Opportunity' Guides: Offshore Wind**. 2016.

BVG ASSOCIATES. A Guide to an Offshore Wind Farm Updated and extended. **Published on behalf of The Crown Estate and the Offshore Renewable Energy Catapult**, n. January, p. 1–70, 2019a.

BVG ASSOCIATES. Opportunities in offshore wind for the Norwegian supply chain. n. March, p. 1–52, 2019b.

CARVALHO, L. P. DE. **A potencial sinergia entre a exploração e produção de petróleo e gás natural e a geração de energia eólica offshore: o caso do brasil**. Dissertação de Mestrado, COPPE UFRJ. 2019.

CNI. A contribuição do setor brasileiro de petróleo, gás e biocombustíveis para o desenvolvimento sustentável no país. **Confederação Nacional da indústria**, p. 81, 2012.

CREATION. **Cadeia de suprimentos da indústria eólica offshore** Grupo de pesquisa Creation. Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

DANDREA, M.; GONZALEZ, M. G.; MCKENNA, R. Synergies in offshore energy: a roadmap for the Danish sector. n. April, 2021.

EPE. Roadmap Eólica Offshore Brasil. Perspectivas para a energia eólica marítima. p. 141, 2020.

FERREIRA, J. K. D. L. **Mapeamento da cadeia de valor da energia eólica do Brasil**. Trabalho de conclusão de curso, UFRN. 2021.

FGV. **Descomissionamento Offshore no Brasil – Oportunidades, Desafios & Soluções apresenta**. 11. ed. [s.l.] Cadernos FVG Energia, 2021.

FIRJAN. **Mapeamento da indústria naval**. 2015. Disponível em: <http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/mapeamento-da-industria-naval-plano-de-acao-para-o-seu-fortalecimento.htm>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Editora Atlas, v. 4. 2002.

GIOVANNONI, M. M. **Synergies in the offshore domain -a case study of the**. 2019.

GWEC. **Global Offshore Wind: Annual Market Report 2020**. 2021.

HANSEN, G. H.; STEEN, M. Offshore oil and gas firms' involvement in offshore wind: Technological frames and undercurrents. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 17, p. 1–14, 2015.

INGSTRUP, M. B.; MENZEL, M. The emergence of relatedness between industries : The example of offshore oil and gas and offshore wind energy in. **Papers in Evolutionary Economic Geography**, 2019.

IRENA. **Renewable Energy Benefits: Leveraging Local Capacity for Onshore Wind**. 2018.

KARLSEN, A. Framing industrialization of the offshore wind value chain – A discourse approach to an event. **Geoforum**, v. 88, p. 148–156, 2018.

MACKINNON, D. et al. Path creation, global production networks and regional development: A comparative international analysis of the offshore wind sector. **Progress in Planning**, v. 130, n. July 2017, p. 1–32, 2019.

MÄKITIE, T. et al. Established sectors expediting clean technology industries? The Norwegian oil and gas sector's influence on offshore wind power. **Journal of Cleaner Production**, v. 177, p. 813–823, 2018.

MÄKITIE, T. et al. The green flings: Norwegian oil and gas industry's engagement in offshore wind power. **Energy Policy**, v. 127, n. December 2018, p. 269–279, 2019.

MARKARD, J.; PETERSEN, R. The offshore trend: Structural changes in the wind power sector. **Energy Policy**, v. 37, n. 9, p. 3545–3556, 2009.

MILANEZ, A. Y. et al. O Acordo de Paris e a transição para o setor de transportes de baixo carbono: o papel da Plataforma para o Biofuturo. In: **BNDES Setorial**. 2017. v. 45p. 285–340.

NEILL, S. P.; HASHEMI, M. R. Offshore Wind. **Fundamentals of Ocean Renewable Energy**, p. 83–106, 2018.

OLESEN, T. **Offshore supply industry dynamics: The Main Drivers in the Energy Sector and the Value Chain**. 2015.

PANTICON. **Offshore oil and gas companies to drive offshore wind development in Brazil 2019**. 2019.

POLLOCK, R. **CREATING REGIONAL INDUSTRIES : PATH CREATION AND OFFSHORE WIND IN THE U . K .** Newcastle University, 2019.

POULSEN, R. T.; HAHN-PETERSEN, M. A.P. Møller-Mærsk i olie- og gasindustriens værdikæde. In: **Sjæk'len 2011 - Årbog for Fiskeri- og Søfartsmuseet, Saltvandsakvariet i Esbjerg**. 2011. ed. Esbjerg: Fiskerimuseet, 2012. p. 65–85.

ROBERTS, A. et al. **UK offshore wind supply chain: capabilities and opportunities**. 2014.

SIMAS, MOANA SILVA. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo. 2012.

WORLD BANK. **Going Global-Expanding Offshore Wind to Emerging Markets**. 2019.

WÜSTEMEYER, C.; MADLENER, R.; BUNN, D. W. A stakeholder analysis of divergent supply-chain trends for the European onshore and offshore wind installations. **Energy Policy**, v. 80, p. 36–44, 2015.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Bookman,. v. 2, 2001.