

## **Desenvolvimento de nova solução de transporte de pá eólica – estudo de caso: pá invertida – Terminal Enseada**

André Linhares,<sup>2</sup> Cauan Assis,<sup>1</sup> Cleydson Carvalho,<sup>1</sup> Daniel Batista,<sup>1</sup> Danilo Oliveira,<sup>1</sup> Elenaldo Braga,<sup>1</sup> Jacques Raigorodsky,<sup>1</sup> Jonston Caldeira,<sup>1</sup> Mário Lincoln,<sup>2</sup> Mário Moura,<sup>1</sup> Matheus Schiochet,<sup>3</sup> Miguel Fracchia,<sup>2</sup> Nayele Braga,<sup>2</sup> Pedro Augusto,<sup>2</sup> Roberto Souza<sup>1</sup> e Wilson Ozawa<sup>2</sup>.

1 Enseada Indústria Naval – [www.enseada.com](http://www.enseada.com) – [danilo.oliveira@enseada.com](mailto:danilo.oliveira@enseada.com)

2 Transpés – [www.transpes.com.br](http://www.transpes.com.br) – [wilson.ozawa@transpes.com.br](mailto:wilson.ozawa@transpes.com.br)

3 CGN Brazil Energy – [www.cgnbe.com.br](http://www.cgnbe.com.br) – [matheus.schiochet@cgnbe.com.br](mailto:matheus.schiochet@cgnbe.com.br)

### **RESUMO**

A energia eólica é mundialmente uma das principais fontes renováveis. O Brasil é o sexto em capacidade instalada (*onshore*) com 25,6 GW, e terceiro nos últimos 12 meses. Nesse cenário, os componentes são maiores e pesados, aumentando a complexidade logística. Este trabalho apresenta um estudo de caso, cujo ponto de partida foi a inviabilidade de manobra de pás no Cais do Terminal Enseada. As alternativas foram avaliadas, resultando na inovação nomeada “pá invertida”. Sendo a manobra viável, o Terminal Enseada realizou, com a Transpés, a movimentação de 120 pás eólicas importando 40 aerogeradores em cinco navios para a CGN Brazil Energy.

**Palavras-chave:** Pá invertida; Pá eólica; Transporte; Manobra; Enseada.

### **ABSTRACT**

Wind energy is one of the world's leading renewable sources. Brazil is 6th in installed capacity (onshore) with 25.6 GW and 3rd in the last 12 months. In this scenario, the components are larger and heavy, increasing logistical complexity. This paper presents a case study, whose starting point was the infeasibility of wind blade maneuvering at the Enseada Terminal Pier. The alternatives were evaluated, resulting in the innovation called "inverted wind blade". The maneuver being feasible, the Enseada Terminal carried out, with Transpés, the operation of 120 wind blades importing 40 wind turbines in five ships for CGN Brazil Energy.

**Keywords:** inverted wind blade; wind blade; transportation; manoeuvre; Enseada.

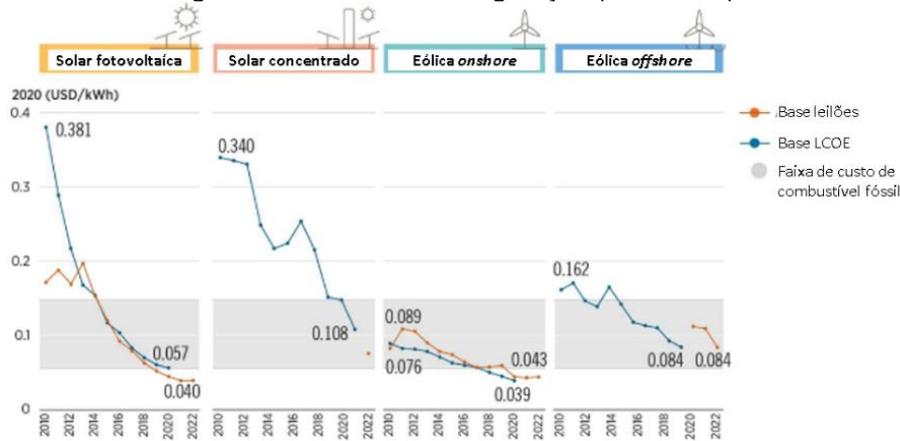
## **1. INTRODUÇÃO**

O mercado global de energia está em contante transição entre as diferentes fontes de geração. Cada região possui matrizes energéticas baseadas nas condições locais, ambientais, relevo, econômicas, demanda, capacidade distribuição entre outros.

O cenário ambiental mundial tem impulsionado a transição energética para as energias renováveis. A Conferência das Partes (COP) desempenha um papel importante reunindo líderes para discutir e definir metas sobre a situação climática mundial. Em suas últimas edições, COP 26 e COP 27, reforçou-se a meta de neutralidade de carbono até 2050 (net zero) para limitar o aquecimento global.

Nesse direcionamento, mundialmente, a energia eólica onshore e solar fotovoltaica se destacam pela redução do custo LCOE (Custo nivelado de Energia do inglês Levelized Cost of Energy) de geração conforme Figura 1.

Figura 1 – Custo médio de geração (US\$/MWh)

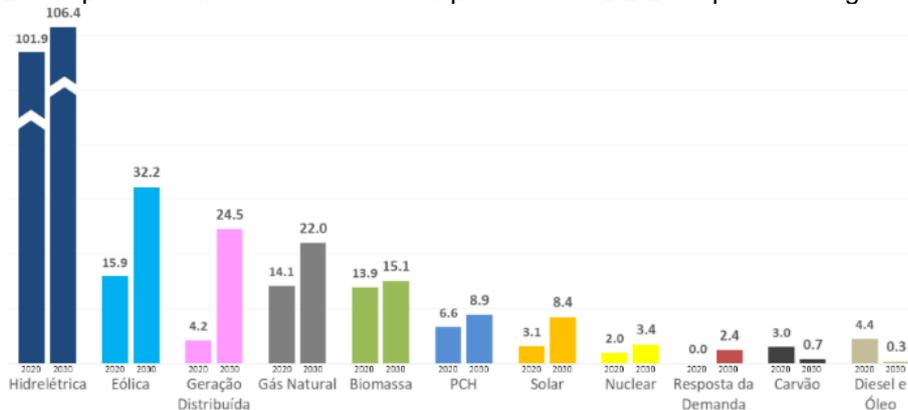


Fonte: International Renewable Energy Agency (IRENA) (2022, tradução nossa).

International Renewable Energy Agency (2022) associa a redução do LCOE à melhoria da tecnologia das turbinas eólicas, resultando em maior capacidade de geração e menor custo por capacidade instalada (US\$/MW). Isso tem levado ao aumento das dimensões e pesos dos componentes (BOŠNJAKOVIĆ *et al.*, 2022).

No Brasil, até o final de dezembro de 2022, a capacidade instalada de energia eólica *onshore* foi de 25,6 GW (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS, 2022). O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2030 (2021) estima que a geração eólica irá duplicar em relação a 2020, conforme Figura 2.

Figura 2 – Capacidade instalada inicial vs expansão do PDE 2030 por tecnologia – em GW



Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (2021).

O Brasil ocupa a sexta posição em capacidade instalada até dezembro de 2022. No entanto, é o terceiro lugar com o aumento de capacidade instalada no último ano, adicionando 4,1 GW em apenas 12 meses, representando um crescimento de 18,85%. Isso marca o segundo recorde consecutivo de crescimento na geração de energia eólica no Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias (ABEEólica). Novas tecnologias estão surgindo e se adaptando para atender a essa necessidade, como é o caso da eólica *offshore*.

No país, a Região Nordeste possui mais de 90% da capacidade instalada devido aos ventos constantes e intensos (Figura 3). Esse cenário ainda mantém uma perspectiva de crescimento em que o Terminal Enseada desempenha um papel fundamental como agente integrador, permitindo de forma

econômica e sustentável a expansão de novos parques eólicos, especialmente devido à sua posição estratégica.

Figura 3 – Geração e representatividade da fonte eólica

Região	2021		2022		% de crescimento
	Geração (TWh)	Representatividade	Geração (TWh)	Representatividade	
Sudeste	0,06	0,1%	0,06	0,1%	16%
Sul	6,20	8,7%	5,95	7,6%	-4%
Nordeste	63,20	88,7%	70,48	90,3%	12%
Norte	1,76	2,5%	1,59	2,0%	-10%
Total	71,22	100%	78,08	100%	9,6%

Fonte: Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias (2022).

O Terminal Enseada é um complexo naval, industrial e logístico-portuário com capacidade de realizar projetos de construção, reparo e manutenção naval e *offshore*, além de prover soluções logísticas e portuárias aliando qualidade, produtividade, segurança operacional dispondo de uma infraestrutura moderna e profissionais experientes e qualificados. A Enseada é uma empresa do Grupo Novonor.

A Transpés é uma empresa líder no setor de transportes especiais, oferecendo soluções logísticas sob medida para as necessidades desafiadoras. Possui uma vasta experiência e uma equipe qualificada, destaca-se na *expertise* em transportar cargas de grandes dimensões e pesos elevados. A empresa dispõe de uma frota moderna e equipamentos especializados, garantindo segurança e eficiência.

Em conjunto, a Enseada e a Transpés, desafiaram-se para desenvolver uma solução para a realização da manobra de pás eólicas no Cais 1 do Terminal Enseada.

## 2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

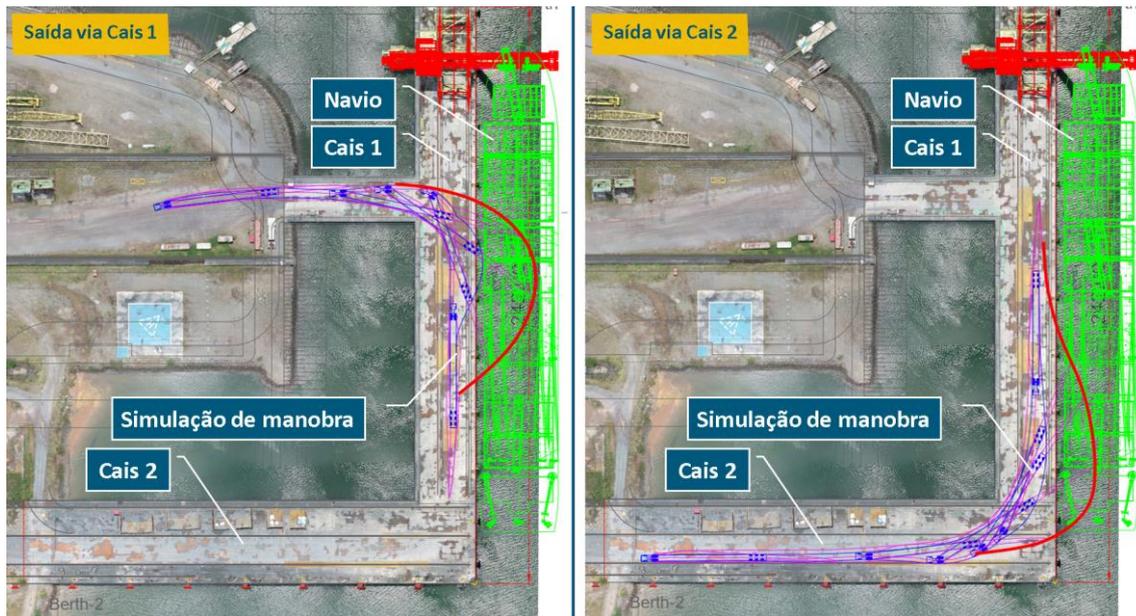
Diante de um cenário real, a CGN Brazil Energy, contactou o Terminal Enseada para a importação de 40 aerogeradores em suas infraestruturas portuárias. A logística interna (no terminal) e externa (rodoviária) dos componentes foi designada à Transpés.

A operação consiste no desembarque dos componentes dos aerogeradores – tramos, *hub*, gerador, *nacelle*, pá e outros acessórios – do navio, transporte interno, armazenamento e expedição com destino ao parque eólico. Essa operação foi modelada para cinco navios, sendo oito aerogeradores desmontados por navio.

A pá eólica é um componente desafiador de se transportar dada a sua natureza extensa e delicada, exigindo cuidados especiais de logística. O produto mede 76m de comprimento, pesa 22t e é fabricado em materiais compósitos (fibra de vidro).

A problemática foi inicialmente identificada nas primeiras simulações virtuais que analisavam a manobra (curva) de saída pá eólica do berço de atracação (Cais 1) em direção à área de armazenamento do Terminal Enseada, conforme Figura 4.

Figura 4 – Simulação de manobra da pá eólica



Fonte: Enseada/Transpés (2023).

Observa-se que a varredura da pá eólica (em vermelho na Figura 4) provoca uma interferência com o navio (em verde) para ambas as alternativas de saída do cais. Pelo fato, tal problemática tornou-se crítica para a viabilidade do projeto.

Dada a relevância do projeto e do desafio, a Enseada iniciou uma série ordenada de estudos em conjunto com a Transpés para validação final do Cliente CGN Brazil Energy no objetivo de desenvolver uma solução para a realização da manobra.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A bases de dados científicos e referências de mercado foram pesquisadas para extrair experiências técnicas e possíveis soluções.

Na base científica SCOPUS® Elsevier B.V.<sup>1</sup> foram pesquisadas as palavras-chave e resultados a seguir: i) “wind blade transportation” – 184 resultados; ii) “wind blade transporter” – 2 resultados; iii) “wind blade logistic” – 58 resultados; e iv) “wind blade truck” – 57 resultados.

Resultou-se em 301 publicações, sendo a maioria dos últimos dez anos.

As referências científicas apresentaram otimizações do transporte convencional como otimização do sistema de direção dos veículos especiais (ZHAO *et al.*, 2011) e otimização do conforto em carretas extensivas (JIANG *et al.*, 2011).

Além da base científica foram utilizados relatórios técnicos das principais autoridades sobre o tema no Brasil, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), e no mundo, International Renewable Energy Agency (Irena) (2022).

Fabricantes de equipamentos, empresas especializadas em transportes e outras referências do setor foram consultadas como referência (SHELTON, 2019).

<sup>1</sup> Ver em: <https://www.scopus.com/>.

## 4. METODOLOGIA

A pesquisa elaborada possui características exploratórias e descritivas pelo levantamento de referências bibliográficas e documentais, relacionando-as à aplicabilidade como solução da problemática.

Este estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada, com a finalidade de levantar as alternativas, avaliá-las, selecionar a melhor, desenvolver, construir e testar conforme ilustrado na Figura 5.



Fonte: elaborada pelos autores.

Também são descritas as etapas a seguir:

- I. **Etapa 1** – Levantamento das alternativas – ideação por meio de bibliografias, documentos, reuniões técnicas e *brainstorming*;
- II. **Etapa 2** – Levantamento dos critérios – definir critérios de avaliação como métrica comparativa;
- III. **Etapa 3** – Análise e seleção das alternativas – análise dos critérios de cada alternativa e seleção da melhor alternativa;
- IV. **Etapa 4** – Desenvolvimento da solução (Engenharia) – estudos técnicos de engenharia, simulações e testes;
- V. **Etapa 5** – Construção e testes – construção e testes da solução.

## 5. ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso se concentra no desafio de desenvolver a melhor alternativa técnica e econômica para viabilidade da manobra da pá eólica no Terminal Enseada. De maneira estruturada, este capítulo apresenta os detalhes específicos de cada etapa de desenvolvimento da solução.

### 5.1. Etapa 1 – Levantamento das alternativas

O estudo de caso levantou alternativas para realizar a manobra (curva) de saída do Cais 1. As alternativas foram inicialmente apresentadas sem ordenação ou classificação dos critérios para não limitar o desenvolvimento de novas soluções.

- Alternativa 1 – Carreta extensiva (ex.: Faymonville) – Transporte convencional (Figura 6)

Figura 6 – Carreta extensiva (ex.: Faymonville) – Transporte convencional



Fonte: Enseada (2022).

- Alternativa 2 – Carreta + SPT com rótula (*dolly*) (Figura 7)

Figura 7 – Carreta + SPT com rótula (*dolly*)



Fonte: LM Group (2016).<sup>2</sup>

- Alternativa 3 – 1 Guindaste LR1400

Figura 8 – Guindaste LR1400



Fonte: Enseada (2017).

- Alternativa 4 – 2 Guindastes LR1750

Figura 9 – Guindaste LR1750



Fonte: Enseada (2014).

- Alternativa 5 – Linhas de eixo tipo Kamag/SPMT (*Self-propelled modular transporter*)

Figura 10 – Kamag (esquerda) e SPMT (direita)



Fonte: Enseada (2014, 2022).

- Alternativa 6 – *Blade Lifter*

Figura 11 – Blade lifter



Fonte: Faymonville e Goldhofer (2023).

## 5.2. Etapa 2 – Levantamento dos critérios

Os critérios adotados para a avaliação das alternativas foram:

- a) Critério 1 – Geometria da manobra;
- b) Critério 2 – Estabilidade do conjunto;
- c) Critério 3 – Custo total;
- d) Critério 4 – Tempo operacional;
- e) Critério 5 – Disponibilidade (tempo de mobilização).

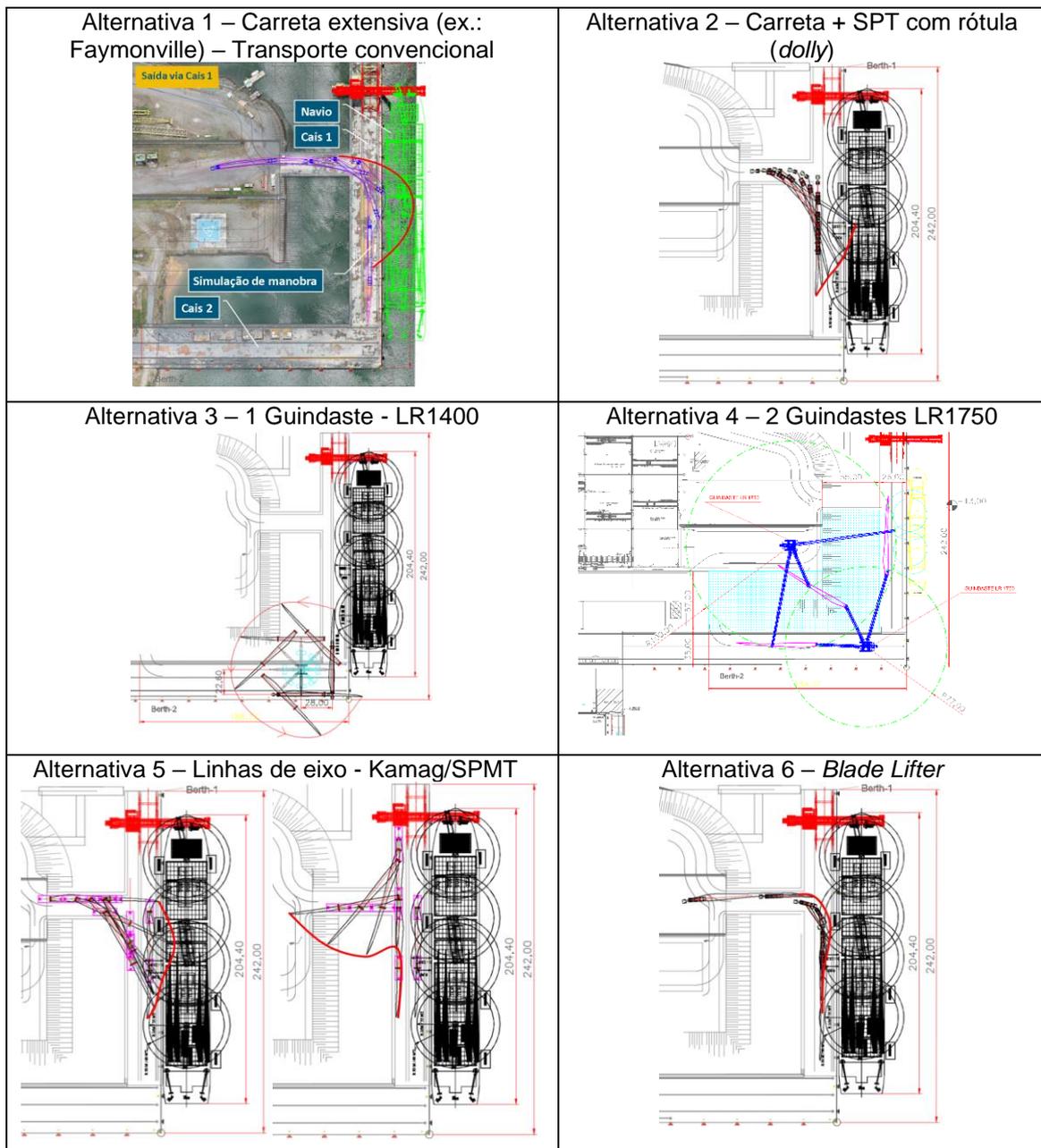
<sup>2</sup> Ver mais em: <https://www.lmwindpower.com/en/products/blade-types/longest-blade-in-the-world>.

### 5.3. Etapa 3 – Análise e seleção das alternativas

As alternativas foram analisadas individualmente em relação a cada critério.

Para o critério geometria, todas as opções foram simuladas utilizando o software AutoCAD® para avaliar a manobrabilidade e estimar o critério tempo operacional. Ver o quadro de simulações a seguir.

Quadro 1 – Quadro de simulações da manobra no Cais 1



Fonte: Enseada/Transpés (2022).

A análise das alternativas e critérios, estão resumidos no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Análise das alternativas e critérios

ALTERN./CRITÉRIOS	1) Carreta extensiva	2) Carreta + <i>dolly</i>	3) 1 x LR1400	4) 2 x LR1750	5) Kamag/SPMT	6) <i>Blade lifter</i>
Geometria	INVIÁVEL	INVIÁVEL	VIÁVEL	VIÁVEL	VIÁVEL	VIÁVEL
Estabilidade	VIÁVEL	VIÁVEL	VIÁVEL	VIÁVEL	VIÁVEL	VIÁVEL
Custo	BAIXO	MÉDIO	ALTO	MUITO ALTO	BAIXO/MÉDIO	ALTO
Tempo Operacional	BAIXO	BAIXO	ALTO	MUITO ALTO	BAIXO	ALTO
Disponibilidade	IMEDIATA	IMEDIATA	MÉDIA	BAIXA	IMEDIATA/MÉDIA	MUITO BAIXA

Fonte: elaborado pelos autores.

A Alternativa 1 é inviável geometricamente. Uma variação sugerida pelo time foi a realização da manobra de ré, portanto teria um impacto significativo no tempo operacional e aumentaria o risco, uma vez que a manobra tornar-se-ia mais complexa.

A Alternativa 2 possui uma condição geométrica similar à Alternativa 1 devido à interferência da varredura com o navio. Como variação, foi sugerido pelo time o afastamento do berço da cauda para modificar o raio e varredura da manobra. Além de inviável pelo excessivo tempo operacional, tal alternativa não foi aceita, pois mudaria os pontos de apoio da pá eólica, sendo que não fora dimensionada para tais esforços.

As Alternativas 3 e 4, mesmo viável geometricamente, apresentaram custos elevados e tempo operacional excessivo que inviabilizariam a operação.

A Alternativa 5 é adequada ao considerar a cauda na dianteira invertendo a varredura. O terminal dispõe de dois transportadores hidráulicos (Kamag), porém, para a operação pretendida, seria necessário a mobilização de equipamentos adicionais, impactando no custo. Adicionalmente, seria necessário construir um par de rótulas e um cambão a serem instalados nos transportadores para evitar a transferência de esforços para a pá eólica durante a manobra.

A Alternativa 6 é adequada geometricamente, entretanto não está disponível no Brasil. O tempo de preparação (fabricação do flange) e mobilização (importação) dos equipamentos não eram compatíveis ao prazo do projeto. Ainda assim, a mobilização (aluguel ou compra) acrescentaria custos significativos à operação. O tempo operacional também é elevado por ser necessário parafusar o flange.

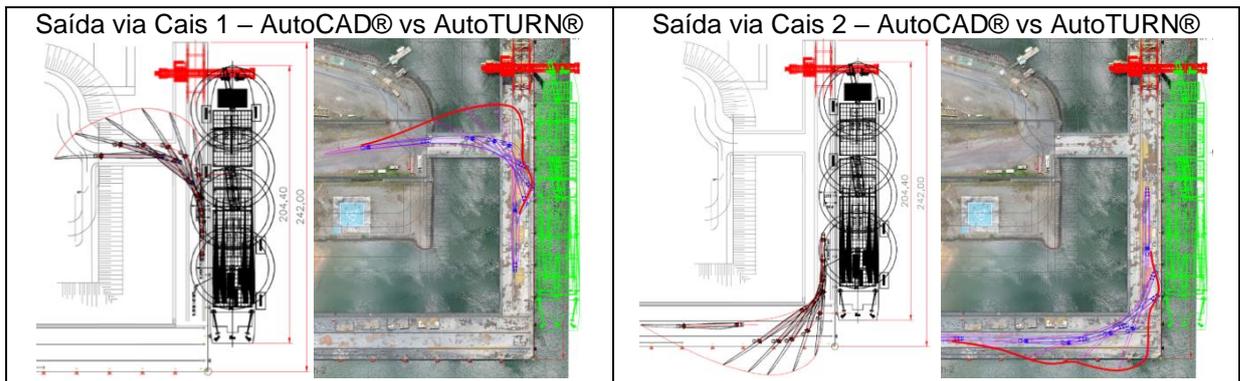
Ao observar todas alternativas, foi idealizada uma combinação da Alternativa 1 (movimento de ré) e da Alternativa 5 (inversão da varredura para a dianteira). Essa solução foi denominada transporte com a “pá invertida” sendo viável em todos os critérios de avaliação.

#### 5.4. Etapa 4 – Desenvolvimento da solução (Engenharia)

A solução da “pá invertida” passou a ser verificada por todos os critérios da operação e critérios de Engenharia para o seu completo detalhamento.

Inicialmente, a verificação geométrica da manobra foi simulada em AutoCAD® e, posteriormente, validada pelo *software* AutoTURN®. Ver Figura 12.

Figura 12 – Simulação de manobra da “pá invertida”

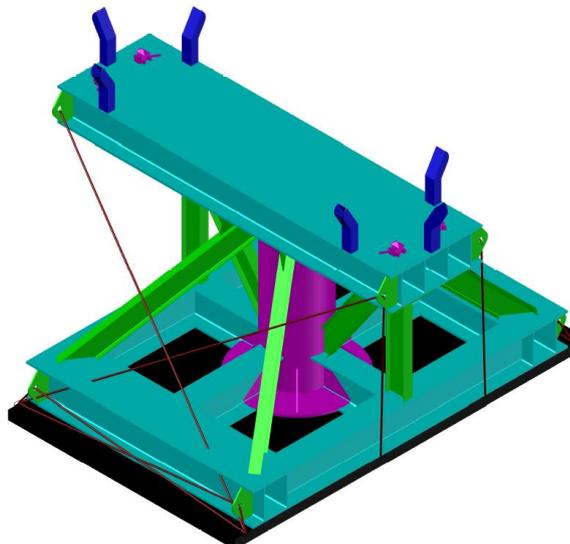


Fonte: Enseada/Transpés (2022).

Validada simulação virtual, foi mobilizada uma carreta extensiva (Faymonville) até o Terminal Enseada validando a manobra na curva em questão.

Em paralelo, iniciou-se o desenvolvimento do dispositivo a ser instalado na carreta extensiva no objetivo de inverter a pá eólica. O dispositivo robusto e estável foi dimensionado para ser utilizado em qualquer pá eólica e qualquer veículo transportador. Este fora projetado com capacidade suficiente para resistir os impactos durante o posicionamento da pá e às acelerações durante o transporte. O dispositivo é dotado de sistemas de peação (corrente e *lockers*) e guias de posicionamento.

Figura 13 – Dispositivo para “pá invertida”

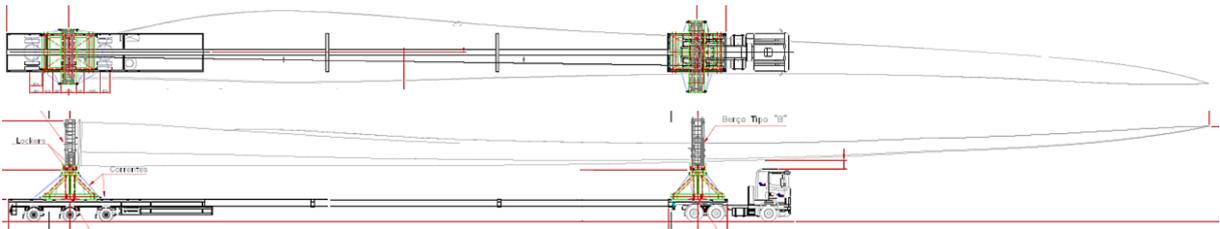


Fonte: Enseada (2022).

Durante o desenvolvimento do produto, alguns pontos foram verificados como:

Arranjo do conjunto: carreta extensiva, os dispositivos e a pá na posição invertida. Nesta fase, alinhando os Centros de Gravidade de cada elemento.

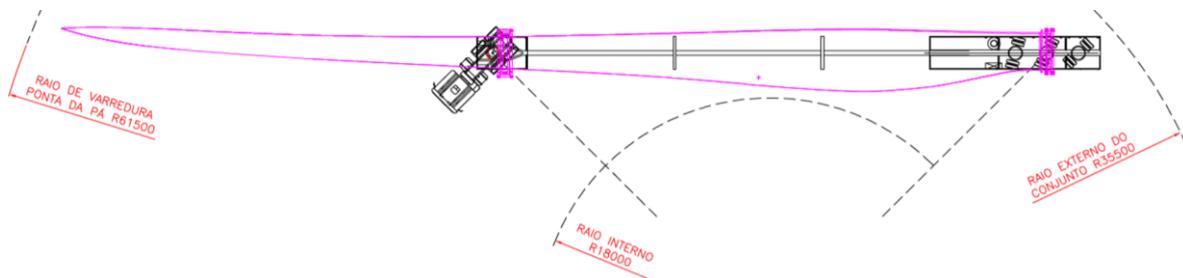
Figura 14 – Arranjo do conjunto “pá invertida” – Carreta, dispositivo e pá invertida



Fonte: Enseada (2022).

Raios de curvatura: limite operacional de 90° entre o conjunto dos eixos dianteiros e traseiros da carreta extensiva.

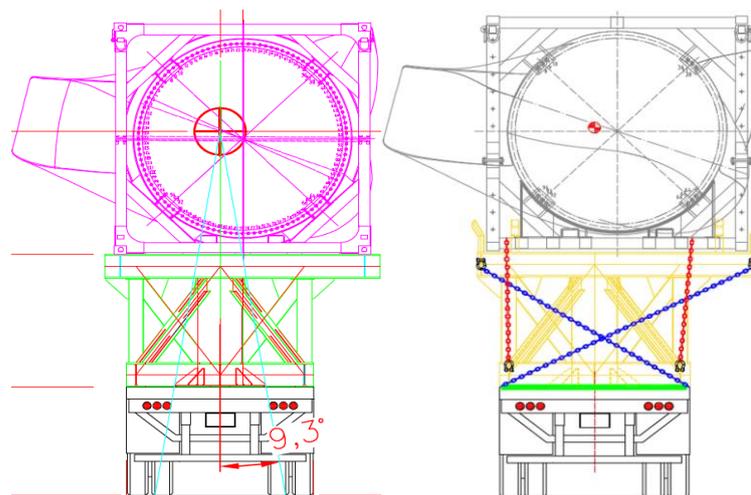
Figura 15 – Raios de curvatura



Fonte: Transpés (2022).

Estabilidade e peação: estudo de estabilidade determinando o ângulo máximo de inclinação do conjunto e o sistema de peação do conjunto com *locker* e sem *locker*.

Figura 16 – Estudo de estabilidade e sistema de peação



Fonte: Transpés (2022).

### 5.5. Etapa 5 – Construção e testes

Os estudos de Engenharia realizados validaram o desenvolvimento do produto. Esses estudos foram apresentados às equipes técnicas das empresas envolvidas para comentários e aprovação. Após a aprovação, iniciou-se a construção dos dispositivos na Enseada (Figura 17), que dispõe de

infraestrutura industrial e equipe capacitada. Para garantir a funcionalidade e segurança do dispositivo, foi utilizado um berço de uma pá eólica para testar a utilização dos *lockers* e das folgas das guias.

Figura 17 – Construção e teste do dispositivo da “pá invertida”



Fonte: Enseada (2022).

Foram fabricados três pares do dispositivo a serem instalados em três carretas extensivas (Faymonville).

Figura 18 – Dispositivos para “pá invertida”



Fonte: Enseada (2022).

Os principais riscos associados a essa operação eram: i) tombamento (devido ao CG); ii) raio de curvatura; iii) vento excessivo; e iv) comunicação com a estiva (equipe de bordo – guindasteiros e estivadores). Um plano de ação foi elaborado contemplando todas as tratativas necessárias para a realização da operação real incluindo o trajeto até o armazenamento.

## 6. APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO (OPERAÇÃO)

Antes da chegada do primeiro navio todos os itens foram verificados. Os dispositivos foram instalados nas carretas com uma equipe de topografia da Enseada.

A operação teve início com a disponibilização de todos os recursos necessários (pessoas e equipamentos). Uma reunião entre todos os envolvidos foi importante para o alinhamento de suas responsabilidades individuais e coletivas. Em seguida, deu-se início ao desembarque. Observar o posicionamento da pá no dispositivo (Figura 19).

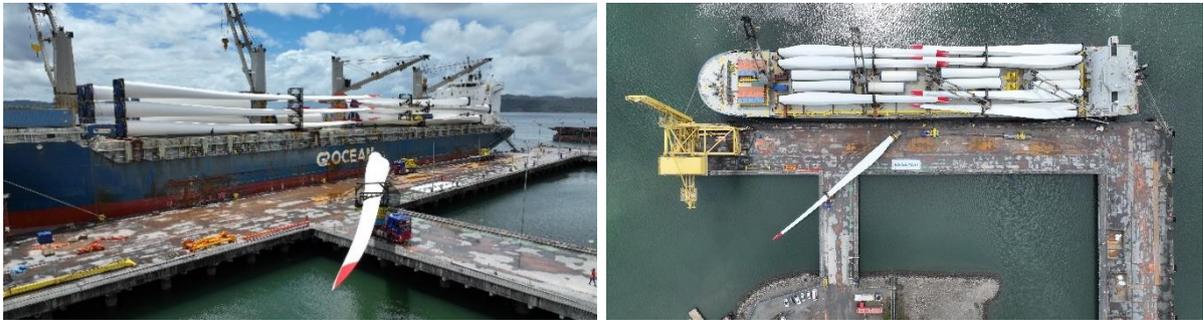
Figura 19 – Posicionamento da pá eólica nos dispositivos



Fonte: Enseada/Transpés (2022).

Uma vez que todo sistema estava apeado e seguro, autorizava-se o início da manobra de saída em direção ao armazenamento. Ver imagens da manobra a seguir.

Figura 20 – Imagens aéreas da manobra da “pá invertida”



Fonte: Enseada (2022).

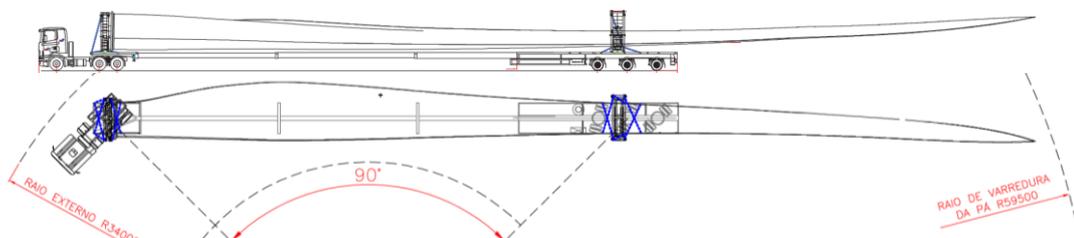
Foi necessário manter atenção e supervisão contínua durante toda manobra, não permitindo acelerações bruscas. A comunicação (via rádio) era constante entre o supervisor, o motorista e o operador da direção dos eixos traseiros.

A operação foi bem-sucedida, comprovando assim a eficácia da solução.

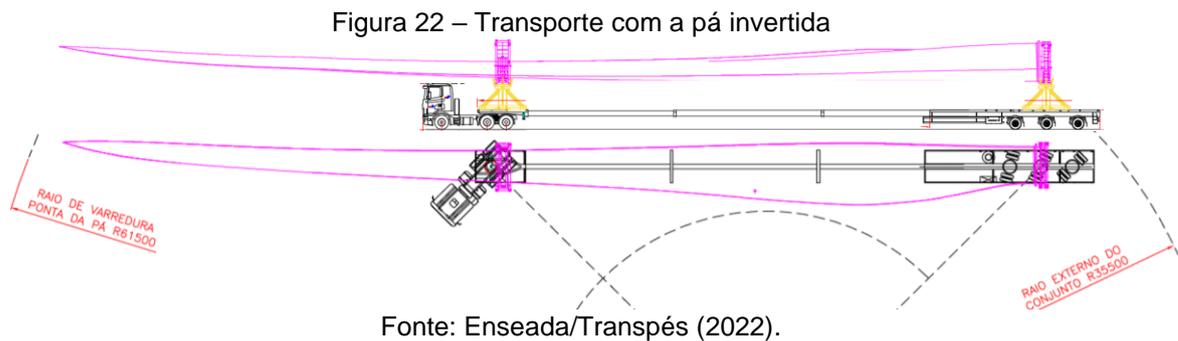
## 7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos dão validade à inovadora tecnologia da “pá invertida” como solução de transporte de pá eólica de maneira segura e baixo custo para cenários com limitações de manobra similares às apresentadas neste trabalho. A solução adotada (pá invertida) extrapola os métodos tradicionais de transporte. Observar a seguir a diferença da dinâmica da manobra entre o transporte convencional (Figura 21) e o transporte da “pá invertida” (Figura 22).

Figura 21 – Transporte convencional de pá eólica



Fonte: Enseada/Transpés (2022).



Durante as sucessivas operações de cinco navios, um total de 120 pás foram desembarcadas sem avarias ou risco potencial. Todas as condutas e normas de segurança exigidas pelo Terminal Enseada foram rigorosamente seguidas.

Buscando a eficiência operacional, todas as operações foram seguidas da prática de “lições aprendidas”. Nesse ínterim, algumas melhorias foram implementadas, como: i) novo método de instalação do dispositivo em substituição à topografia; ii) instalação de batentes metálicos nos dispositivos para evitar eventuais movimentações; iii) aumento da folga das guias melhorando o posicionamento e a retirada da pá no pátio de armazenamento; iv) utilização exclusiva da peação por corrente em substituição do *lockers*; e v) implantação da rotina de verificação dos componentes da suspensão.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as alternativas apresentadas pelos autores, a inovação teve como ponto de partida a ruptura da tradição de se transportar pás eólicas com a cauda para a parte traseira dos veículos. Criase, então, a partir deste trabalho, um novo conceito em transportes especiais dessa magnitude.

O objetivo proposto de viabilizar a operação pretendida foi atendido de maneira eficiente, resultando na contratação do Terminal Enseada e da Transpés para importar 40 aerogeradores da CGN Brazil Energy.

A metodologia aplicada e o atendimento de todos os critérios de Segurança e Engenharia foram fundamentais para obtenção dos resultados. Além das simulações virtuais, as simulações práticas foram importantes para validação dos conceitos garantindo uma preparação sem incorrer de imprevistos durante a operação.

O dispositivo atende a diferentes tipos de berços, pás eólicas e veículos, inclusive podendo atender diferentes aplicações de transportes especiais. Eventualmente podendo ser modificada algumas características específicas como guias, peação, altura dentre outros. Tal dispositivo teve o pedido de patente registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

O segmento eólico está consolidado e em crescimento mundial frente às políticas ambientais e de sustentabilidade já mencionadas. Logo, o dispositivo da “pá invertida” atenderá com êxito o crescimento da demanda e dos aerogeradores, incluindo os *offshore*, contribuindo para melhor eficiência logística.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS. *Boletim de Geração Eólica*. [S. l.]: ABEEólica, 2022. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Boletim-de-Geracao-Eolica-2022.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- BOŠNJAKOVIĆ, M. *et al.* Wind Turbine Technology Trends. *Applied Science*, Basel, v. 12, n. 17, p. 1-19, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/17/8653>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2030*. Brasília, DF: MME: EPE, 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030\\_RevisaoPosCP\\_rv2.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf). Acesso em: 10 jun. 2023.
- COMETTO. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.cometto.com/modular-systems/spmt-self-propelled-modular-transporter/>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- FAYMONVILLE. Bladelifter. *Faymonville*, [s. l.], 2023a. Disponível em: <https://www.faymonville.com/technology/bladelifter-the-blademax/>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- FAYMONVILLE. TeleMax. *Faymonville*, [s. l.], 2023b. Disponível em: <https://www.faymonville.com/products/flatbed-trailer/telemax>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- GOLDHOFER. FTV 850. *Goldhofer*, Memmingen, [2020]. Disponível em: <https://www.goldhofer.com/en/special-applications/ftv-850>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. World Energy Transitions Outlook 2022. *IRENA*, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2022#page-1>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- JIANG, Y. *et al.* Optimization Design of Ride Comfort for Wind Blade Transporter. *Advanced Materials Research*, [s. l.], v. 189-193, p. 2050-2053, 2011. Disponível em: <https://www.scientific.net/AMR.189-193.2050>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- LIEBHERR GRUPO. Guindaste sobre esteiras LR1400. *LIEBHERR*, [s. l.], [2020a]. Disponível em: <https://www.liebherr.com/pt/bra/produtos/guindastes-moveis-sobre-esteiras-e-pneus/guindastes-sobre-esteiras/guindastes-sobre-esteiras-lr/details/lr1400.html>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- LIEBHERR GRUPO. Guindaste sobre esteiras LR1750. *LIEBHERR*, [s. l.], [2020b]. Disponível em: <https://www.liebherr.com/en/sgp/latest-news/news-press-releases/detail/new-crawler-crane-lr-1750-2-news.html>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- SHELTON, C. Wind power transport: ride like the wind. *International Cranes and Specialized Transport*, [s. l.], 5 ago. 2019. Disponível em: <https://www.internationalcranes.media/news/wind-power-transport-ride-like-the-wind/1139526.article>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- ZHAO, J. *et al.* Design and optimization of the steering system of transport vehicle for large-scale wind turbine blade. *IEEE Xplore*, New York, p. 1-5, 2011. Disponível em: <https://doi:10.1109/FPM.2011.6045718>. Acesso em: 10 jun. 2023.