

## CENÁRIO ATUAL E FUTURO DO RECURSO EÓLICO *OFFSHORE* NO BRASIL: FERRAMENTAS E APLICAÇÕES

Wendy Mary da Silveira Pires<sup>1</sup>; Diogo Nunes Da Silva Ramos<sup>2</sup>; Allan Rodrigues Silva<sup>2</sup>; Davidson Martins  
 Moreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bolsista DTI-B; Agência de fomento CNPq; wendy.pires@fbter.org.br

<sup>2</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador – BA; davidson.moreira@fieb.org.br

### RESUMO

A geração eólica é uma das maiores fontes de geração de energia renovável no mundo, com capacidade triplicada só na última década. O comportamento do vento é afetado por diferenças no relevo, podendo escorrer livremente ou com cisalhamento. Diante disso, o estudo visa compreender o comportamento do vento sobre o oceano Atlântico dentro da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) brasileira, mas precisamente avaliar as bases de dados observacionais em superfície. A partir disso, um banco de dados é construído com as informações coletadas *in situ* de três bases de dados distintas. Entretanto, devido a inúmeros problemas associados à confiabilidade e consistência dos dados, é realizada uma análise para avaliar a qualidade dos dados observacionais e determinar a aplicabilidade das informações como condições de entrada. A partir desses dados qualificados, busca-se empregar a modelagem numérica para otimizar a operação dos parques eólicos *offshore*, visando maximizar a eficiência energética.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transição energética, Dados observacionais, ZEE.

### 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, bem como, o aumento de gases do efeito estufa na atmosfera, geram uma maior demanda por fontes de energia, principalmente a renovável. Diante disso, fontes como a eólica e a solar têm ganhado cada vez mais espaço no mercado global de energia. A geração de energia através da fonte eólica está sendo bastante atrativa nos últimos anos, podendo acontecer de duas formas, sobre grandes corpos de água (*offshore*) ou sobre o continente (*onshore*). De acordo com o *International Renewable Energy Agency* (IRENA, 2023)<sup>1</sup> a geração renovável por fonte eólica é uma das que mais tem se desenvolvido no mundo, com uma capacidade de expansão de até 10.300 GW, até o ano de 2050.

O Brasil se destaca no ramo das energias renováveis, devido às suas dimensões continentais e vários regimes climáticos. A matriz elétrica brasileira é constituída principalmente por fontes renováveis, representando 82,9% da geração nacional (BEN, 2023)<sup>2</sup>. De acordo com Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2023)<sup>2</sup> em 2023, 208 usinas de geração de energia entraram em operação, sendo as mais significativas, as de fonte eólica e solar, que juntas somam um percentual de 89,2% da capacidade instalada. A maior estabilidade atmosférica e velocidades do vento mais intensas e consistentes sobre grandes corpos de água tem sido um dos grandes atrativos para geração eólica *offshore* (EPE, 2018; PIMENTA et al., 2019)<sup>4,5</sup>. Em vista disso, o estudo tem o objetivo de investigar a qualidade e confiabilidade das bases de dados disponíveis e, construir um banco de dados significativos para analisar o potencial eólico *offshore* do litoral brasileiro.

### 2. METODOLOGIA

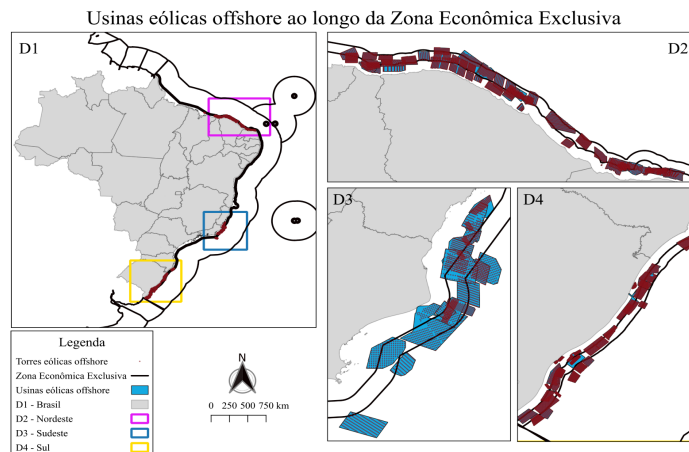
A área de estudo compreende toda faixa litorânea brasileira, de norte a sul do país, se estendendo por mais de 8.000 km, por toda a ZEE. Dentro da ZEE existem regiões onde o potencial eólico é maior, sendo essas áreas de maior interesse no estudo, são as regiões no norte do nordeste, entre os estados do Maranhão e o Rio Grande do Norte (Figura 1, D2), no Sudeste entre os estados do Rio de Janeiro e o Espírito Santo (Figura 1, D3) e no Sul nos estados de Santa Catarina e o Rio Grande do Sul (Figura 1, D4).

Na construção do banco de dados foram utilizados dados observacionais e de reanálise. As informações coletadas em superfície são de estações flutuantes e/ou fixas ao longo da costa do Sistema de Monitoramento da Costa do Brasil (SiMCosta, <<https://simcosta.furg.br/home>>) e de boias do projeto *Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic* (PIRATA, <<http://www.goosbrasil.org/pirata/dados>>) e do Programa Nacional de Boias (PNBOIA, <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-goos-brasil/pnboia-mapa>>), como mostrado na Figura 2. Os dados observacionais possuem frequência temporal horária, exceto os dados do PIRATA que são médias diárias. Ao todo são 21 boias e estações espalhadas pelo litoral brasileiro.

Além disso, são utilizados dados de reanálise, que contém informações produzidas a partir de uma combinação de várias bases de dados meteorológicos, tais como, satélites, boias, balões meteorológicos, estações em superfície, que são unidas e aplicadas em um modelo computacional que recria o comportamento da atmosfera terrestre através do tempo e do espaço. A 5ª geração de reanálise

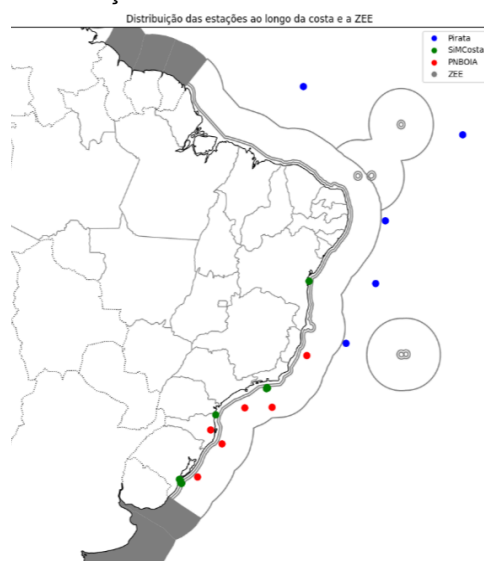
meteorológica produzida pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) é definida como ERA5. O modelo de reanálise possui uma resolução horizontal aproximada de 27 km e 137 níveis verticais de pressão, com resolução temporal horária.

Figura 1. Áreas de estudo com maior potencial eólico offshore, bem como, projetos de instalação de usinas na ZEE.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 2. Distribuição das boias e estações das diferentes bases de dados distribuídas ao longo da ZEE.



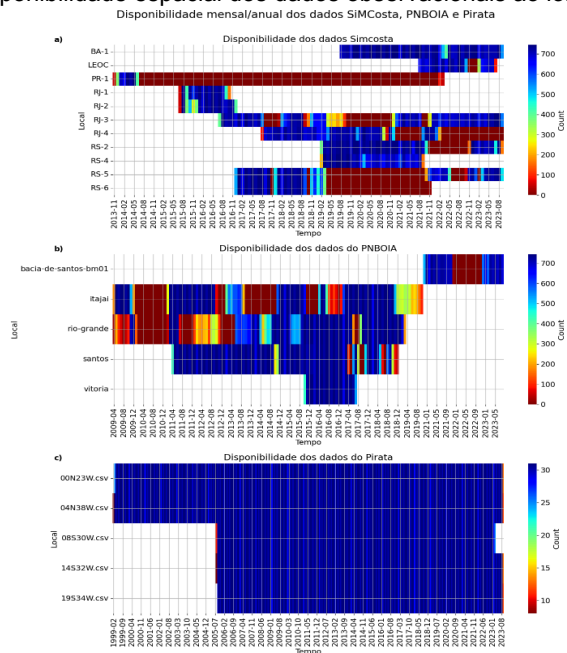
Após a construção do banco de dados observacionais, houve a avaliação da disponibilidade e frequência dos dados com relação ao tempo, como descrito no mapa na figura 3. De acordo com a legenda da Figura 3, observa-se que os tons mais próximos do azul indicam maior disponibilidade das informações, em contrapartida, os tons mais próximos do vermelho indicam menor disponibilidade e consistência dos dados. A maior frequência dos dados ocorreu entre os anos de 2015 e 2023. As estações do SiMCosta é a base de dados com a maior cobertura temporal e espacial dos dados, principalmente a partir do ano de 2017. Os dados do PIRATA são mais contínuos no espaço, entretanto, devido à frequência das informações serem diárias existem perdas significativas do comportamento do vento, além disso, a distância da costa das boias do PIRATA dificultam utilizar essas informações como informações diretas.

A frequência irregular dos dados observacionais e as perdas das informações no decorrer do tempo dificultam a utilização exclusiva dos dados observacionais para analisar o potencial eólico *offshore*. Diante disso, foi utilizado dados de reanálise do ERA5 como forma de complementar as bases de dados observacionais.

As melhores bases de dados observacionais foram das estações do SiMCosta, principalmente as do RS-4 e RS-2, com informações contínuas e com pouquíssimas perdas no decorrer do tempo e do espaço. Em contrapartida, os dados do PNBOIA apresentaram diversos problemas, com perdas das

informações e problemas quanto a falta de padronização das métricas de medições do Sistema Internacional de Medidas (SI), ou seja, com formas de quantificar as informações coletadas de formas distintas.

Figura 3. Disponibilidade espacial dos dados observacionais ao longo do tempo.



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante disso, a análise dos dados observacionais permitiu identificar vários problemas com os dados do PNBOIA e do PIRATA, principalmente com relação às velocidades do vento, que mostraram valores incompatíveis com a realidade, como, velocidades do vento acima de 10 m/s a 10 metros de altura por vários meses. Além disso, a inconsistência temporal e espacial dos dados observacionais, principalmente do PNBOIA e do PIRATA inviabiliza o uso exclusivo dessas informações como dados úteis para analisar o potencial *offshore*. A partir disso, fica clara a necessidade de fontes que auxiliem a complementar as bases de dados observacionais, diante disso, os dados de reanálise surgem como uma excelente alternativa complementar aos dados coletados *in situ*.

#### Agradecimentos

Agradeço ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – pelo financiamento do projeto (CNPq 407949/2022-4). Estendo meus agradecimentos ao SENAI CIMATEC e à sua equipe técnica (HPC, NTI e GLPI) pelo atendimento às demandas deste projeto. Também expresso reconhecimento a todos que participam do projeto pela efetiva colaboração.

#### 5. REFERÊNCIAS

- IRENA. **World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway**. Abu Dhabi: [s.n.]. v. 1.
- BEN. **BEN: Relatório Síntese 2023, ano-base 2022**. Empresa de Pesquisa Energética: Ministério de Minas e Energia, 2023. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2023\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN_S%C3%ADntese_2023_PT.pdf)>.
- ANEEL. **Novas usinas em operação comercial no primeiro trimestre de 2023 somam 2,7 GW.**, 6 abr. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/novas-usinas-em-operacao-comercial-no-primeiro-trimestre-de-2023-somam-2-7-gw>>.
- EPE, E. DE P. E. **Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050.**, setembro, 2018. Brasília – DF: [s.n.]. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/NT04%20PR\\_RecursosEnergeticos%202050.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/NT04%20PR_RecursosEnergeticos%202050.pdf)>.
- PIMENTA, F. M. et al. Brazil Offshore Wind Resources and Atmospheric Surface Layer Stability. **Energies**, v. 12, n. 21, p. 4195, 3 nov. 2019.