

# ANÁLISE DA TENDÊNCIA DE RECURSO EÓLICO NO BRASIL

Jean Souza dos Reis<sup>1</sup>, Jório Bezerra Cabral Júnior<sup>2</sup>

[jean.dosreis@hotmail.com](mailto:jean.dosreis@hotmail.com)

<sup>1</sup>Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis - Rio Grande do Norte  
(ISIER – RN)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

**Palavras chave:** Vento, Energias Renováveis, Mudanças.

## 1) INTRODUÇÃO

No ano de 1973 instalou-se a maior crise de petróleo do mundo que atingiu todos os Países e forçou o mercado energético a um período de mudanças. Nesse cenário, a energia eólica ganhou espaço não somente pela crise, mas também por ser uma fonte limpa, confiável e viável entrou no mercado pelo destaque em ser além de uma alternativa energética, uma solução para contribuir com a economia mundial sustentável e o objetivo comum de atender a demanda de consumo energética (Santos, 2015).

Porém, a verdadeira expansão do aproveitamento de recursos eólicos no Brasil aconteceu recentemente. Em 2007, eram geradas anualmente 63 GWh e passou para 33,5 TWh em 2016 (EPE, 2017). Atualmente, o Brasil produz 48 TWh de energia eólica sendo responsável por 3,8% da produção mundial (EPE, 2021). Dentro desse contexto, compreender o comportamento da velocidade do vento na geração de energia eólica e a tendência com a mudança do tempo se torna essencial para prevenção, melhoria e adaptação dessas tecnologias que impulsionam o mercado energético limpo no Brasil. Assim, o objetivo desse trabalho é analisar a tendência da velocidade do vento no Brasil utilizando um banco de dados recente que cobre toda a extensão territorial do País e determinar mudanças no comportamento da velocidade do vento.

## 1) METODOLOGIA

Neste trabalho se utilizou recente banco de dados lançado por Xavier et al. (2022). Esse banco de dados contém diversas variáveis meteorológicas como temperatura, velocidade do vento, precipitação, evapotranspiração, radiação solar e umidade relativa com uma resolução espacial de 0.1° e resolução temporal de 1961 a 2020. Esses dados são uma atualização do já conhecido e bastante utilizado banco de dados de Xavier lançado em 2016 (Xavier et al., 2016).

Para análise da tendência foram utilizados dois métodos, a regressão linear simples e o teste de Mann-Kendall. A regressão linear é um método para se estimar a condicional (valor esperado) de uma variável  $y$ , dados os valores de algumas outras variáveis  $x$ . A regressão, em geral, trata da questão de se estimar um valor condicional esperado. Em muitas situações, uma relação linear pode ser válida para sumarizar a associação entre as variáveis  $Y$  e  $X$ . Assim podemos apresentar um modelo de regressão linear simples:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (1)$$

em que  $Y$  é a variável dependente,  $\beta$  e  $\beta$  são os coeficientes da regressão e  $X$  é a variável independente. Para testar a hipótese de tendência na série temporal, aplicamos o teste de Mann-Kendall para avaliar as seguintes hipóteses:  $H_0$  : As observações da série são independentes e igualmente distribuídas (não há tendência);  $H_1$  : As observações da série possuem tendência monotônica no tempo (há tendência). Considerando  $x_1, x_2, \dots, x_n$  como componentes de uma série temporal e  $n$  o número de observações, a estatística do teste é dada por:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad (2)$$

Em que,

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x > 0 \\ 0, & \text{se } x = 0 \\ -1, & \text{se } x < 0 \end{cases}$$

## 2) RESULTADOS E DISCUSSÕES

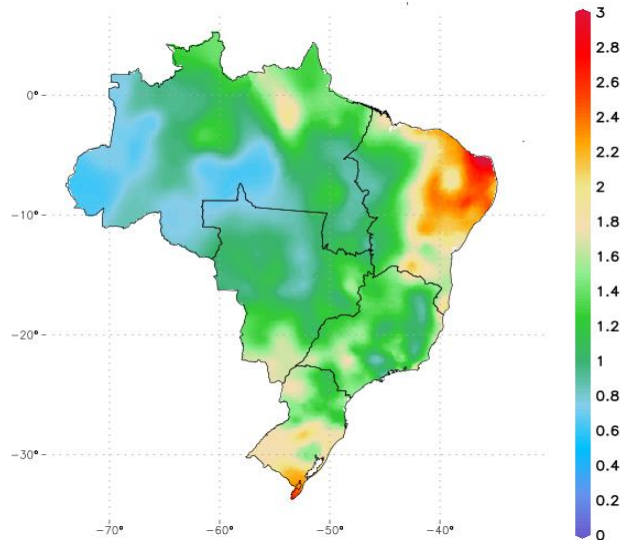


Figura 1: Média de todo o período (1961-2020) da velocidade do vento (m/s).

Grande do Sul, Piauí e Pernambuco (EPE, 2017). Os dados mais recentes do Balanço Energético Nacional (EPE,2021) mostram que a região Nordeste é responsável por 87,6% do total de energia eólica produzida no Brasil e o Sul responsável por 12,3%.

A figura 2 mostra o coeficiente  $\beta_1$  da regressão linear (colorido) e o pontilhado indica as regiões em que o p-valor do teste de Mann-Kendall é menor que 0,05, ou seja, nessas regiões existe evidência estatística de que existe tendência na série temporal. Os valores do  $\beta_1$  indicam a magnitude da mudança na série temporal, assim, a maior mudança observada é no centro da Amazônia, entre os Estados do Amazonas e Pará com queda de 0,004 m/s. Na porção litorânea do Nordeste, no Estado do RN, é observado tendência de diminuição na velocidade do vento na ordem de 0.001 m/s. Como dito anteriormente, o RN é o estado que mais gera energia eólica no País, gerando aproximadamente 32% de toda a energia eólica do Nordeste, portanto, a evidência de diminuição na velocidade do vento pode servir de alerta para a comunidade científica e o

A figura 1 apresenta o comportamento média da velocidade do vento em superfície de todo o período para o Brasil. As regiões centro-leste do Nordeste e extremo leste do Sul são as que apresentem maiores valores observados. Esses resultados são condizentes com o observado na literatura. O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2013) destaca o grande potencial eólico da região Nordeste que contém cerca de metade da potência disponível e contribui com a maior parte da produção nacional (Amarante et al., 2001).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2016, os Estados do Rio Grande do Norte (RN), Bahia (BA) e Ceará (CE) foram os três maiores produtores de geração elétrica seguidos por Rio

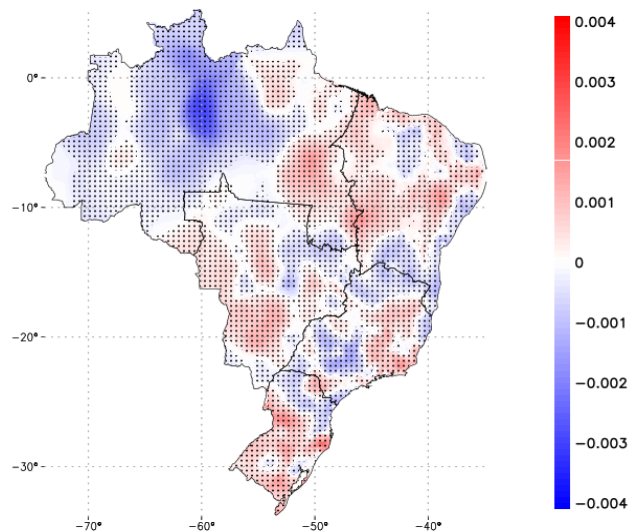


Figura 2: Coeficiente  $\beta_1$  (hachurado) e p-valor do teste de Mann-Kendall (pontilhados) para a velocidade do vento (m/s).

mercado energético. O norte do Estado do Ceará, local onde estão instaladas diversas torres eólicas, apresentou tendência de aumento na velocidade do vento. Em contrapartida, as regiões sul e litoral da Bahia indicam diminuição da velocidade do vento. Todas as regiões que tiveram valores de  $\beta_1$  acima de 0,001, apresentaram significância estatística confirmando que de fato, há tendência na série temporal da velocidade do vento.

## 2) CONCLUSÕES

Neste estudo, foram detectadas tendências no comportamento da velocidade do vento em várias regiões do Brasil. As mudanças mais importantes observadas foram: Tendência de diminuição no RN; Tendência de aumento no Ceará; Tendência de Diminuição na Bahia; e Tendência de aumento no Rio Grande do Sul. Os Estados do RN e da Bahia, juntos correspondem a mais de 65% de toda a geração de energia eólica do Nordeste. Ainda que a magnitude da mudança da velocidade do vento não seja expressiva, considera-se avaliar as principais causas que podem ter levado a mudança da variável na região. Mudanças no uso de solo e da terra, construção de prédios a beira-mar, entre outros fatores podem influenciar o comportamento do vento costeiro que normalmente adentraria o continente.

O Greenpeace Internacional e Conselho Europeu de Energia Renovável (EREC) (2010), estimou que em cenários otimistas, a energia eólica será responsável por 20,38% da demanda da energia brasileira mediante a queda da produção da energia elétrica. Mesmo que as projeções sejam otimistas, compreender o comportamento das variáveis meteorológicas e do clima é essencial para adaptação das energias renováveis que são o caminho necessário para o futuro do clima.

## REFERENCIAS

**Amarante, O.A.C.; brower, M.; zack, J.; SÁ, A.L.** Atlas do potencial eólico brasileiro. Brasília, 2001. 44p

**Empresa De Pesquisa Energética - EPE, 2017.** Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016. Rio de Janeiro: EPE. 296p.

**Empresa De Pesquisa Energética - EPE, 2021.** Balanço Energético Nacional 2021: Ano base 2020. Rio de Janeiro: EPE. 268p.

**GREENPEACE INTERNATIONAL; CONSELHO EUROPEU DE ENERGIA RENOVÁVEL – EREC., 2010** [r]evolução energética: a caminho do desenvolvimento limpo. São Paulo: Greenpeace.

**Santos, P. M. D., 2015.** PROCEDIMENTO PARA PROSPECÇÃO DE POTENCIAL EÓLICO COM AUXILIO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA. 2015. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências e Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

**Xavier, A. C., Scanlon, B. R., King, C. W., & Alves, A. I., 2022.** New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). *International Journal of Climatology*, 1– 15. <https://doi.org/10.1002/joc.7731>

**Xavier, A.C., King, C.W. and Scanlon, B.R., 2016.** Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). *Int. J. Climatol.*, 36: 2644–2659. <https://doi.org/10.1002/joc.4518>