

## **ANÁLISE DO POTENCIAL EÓLICO PRODUZIDO PELO DESLOCAMENTO DE AR DURANTE A PASSAGEM DE VEÍCULOS EM UMA RODOVIA FEDERAL: UM ESTUDO DE CASO NA BR 101 NO ESTADO DA PARAÍBA**

EMMANUELLE CARNEIRO DE MESQUITA<sup>1</sup>, TAYNARA GEYSA SILVA DO LAGO<sup>2</sup>, SINDIO FIGUEIREDO DE ALBUQUERQUE BISNETO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ma. em Energias renováveis, UFPB, João Pessoa-PB, [mannumesquita@yahoo.com.br](mailto:mannumesquita@yahoo.com.br);

<sup>2</sup>Dra. em Engenharia mecânica, Unicamp, Campinas-SP, [taynara@cear.ufpb.br](mailto:taynara@cear.ufpb.br)

<sup>3</sup>Esp. Eng. Civil Sindio Figueiredo de Albuquerque Bisneto, João Pessoa-PB, [nf.engenheiro@gmail.com](mailto:nf.engenheiro@gmail.com)

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
06 a 09 de outubro de 2025

**RESUMO:** A necessidade de suprir o aumento da demanda do consumo de energia elétrica, vem recebendo atenção de pesquisadores com o intuito de encontrar novas formas de geração. A energia eólica é produzida da força dos ventos e é considerada uma fonte de energia limpa, conforme seja gerada, pode titular uma matriz alternativa utilizando novas tecnologias para tal produção. Há geradores eólicos em várias escalas e formas e opções não convencionais de protótipos têm sido proposto. Dentre eles, existe o aerogerador de pequeno porte que transforma o fluxo de ar gerado por veículos trafegando na rodovia em eletricidade, tornando-se uma fonte sustentável para infraestrutura e podendo ser utilizada para pequenas cargas nas redes principais. Esta dissertação analisou a velocidade do vento gerada pela passagem de veículos na Rodovia BR 101, km 101, no trecho do Estado da Paraíba. A velocidade foi estimada por anemômetros digitais instalados nas laterais da Rodovia, onde registrava a velocidade em diferentes alturas e distâncias e variação de ângulos. Os resultados obtidos diante das condições climáticas registraram uma média eficiente e satisfatórias para produção de energia em pequena escala.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Eólica; Potencial Eólico; Rodovia; Captação de energia

## **ANALYSIS OF WIND POTENTIAL PRODUCED BY AIR DISPLACEMENT DURING THE PASSAGE OF VEHICLES ON A FEDERAL HIGHWAY: A CASE STUDY ON BR 101 IN THE STATE OF PARAÍBA**

**ABSTRACT:** The need to meet the increased demand for electricity consumption has been receiving attention from researchers with the aim of finding new forms of generation. Wind energy is produced from the force of the winds and is considered a clean energy source. As it is generated, it can be used as an alternative matrix using new technologies for such production. There are wind generators on various scales and unconventional forms and prototype options that have been proposed. Among them, there is the small wind turbine that transforms the air flow generated by vehicles traveling on the highway into electricity, becoming a sustainable source for infrastructure and can be used for small loads on the main networks. This dissertation analyzed the wind speed generated by the passage of vehicles on Highway BR 101, km 101, in the state of Paraíba. The speed was estimated by digital anemometers installed on the sides of the highway, which recorded the speed at different heights and distances and varying angles. The results obtained, given the climatic conditions, recorded an efficient and satisfactory average for small-scale energy production.

**KEYWORDS:** Wind Energy; Wind Potential; Highway; Energy capture.

## INTRODUÇÃO

A energia elétrica exerce um papel importante diante a sociedade, onde a dependência de variados setores afeta consideravelmente o desenvolvimento e o crescimento econômico de um país, no qual venha atingir agressivamente a produção e lucratividade local, uma má distribuição (Xu et al., 2022). No momento atual o mundo passa por cenários preocupantes na área da energia elétrica: segurança no fornecimento, mudanças climáticas e pobreza energética. A pobreza energética tem atraído preocupação internacional e acadêmica, pela falta de obter fornecimento de energia limpa e equivalente (ZHAO et al., 2022).

Apesar do cenário, a energia renovável foi a única fonte que houve crescimento durante a pandemia. Toda essa performance surge faltando apenas oito anos para alcançar o acesso universal à energia acessível e sustentável, meta 7 do Objetivo e desenvolvimento sustentável-ODS, 2030 (ODS, 2019). O Brasil é um dos países que tem a maior população com acesso a eletricidade, cita os Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS, 2019), apresentando em torno de 99,8%, motivo para se preocupar, tendo em vista a crise energética que o país vem enfrentando. Assim sendo, de extrema importância e fundamental avanço para a energia limpa e sustentável busca proteger a saúde humana e promover populações mais saudáveis, especialmente em áreas remotas e rurais (Faerstein, 2021).

Lima *et al.* (2020) diz que a crise energética foi causada por mudanças climáticas, onde o país enfrentou um período de grandes secas, causando preocupação pela sua grande dependência à fonte de energia hidrelétrica, por esse motivo, o governo vem incentivando a diversificação da matriz energética, principalmente no uso das fontes de energias renováveis.

A energia eólica e solar vem ganhando espaço a cada dia, por serem soluções eficientes e eficácia para resolver questões como, emissões de carbono, falta de petróleo e da grande demanda do consumo da eletricidade. No mesmo momento vem surgindo inúmeros projetos em desenvolvimento para aumentar a contribuição de energias renováveis no mundo como também entregar metas estabelecidas mundialmente. Muitos planos de contribuição de vários governos vêm surgindo para facilitar essas instalações (Yang *et al.*, 2018).

O movimento dos veículos em alta velocidade pode gerar fortes esteiras de energia eólica localizada, onde essa energia pode ser transformada em energia elétrica por meio do uso das turbinas eólicas de pequeno porte (Tian *et al.*, 2020). A energia eólica produzida nas rodovias, pela maioria das vezes desperdiçada, tem um potencial de produção de energia eólica alto, levando em consideração a grande quilometragem e alto tráfego de veículos diários (Tian *et al.*, 2020).

A BR 101 é uma das principais vias que atravessam o estado da Paraíba, sendo de grande importância para o fluxo de caminhões e, conseqüentemente, do abastecimento de insumos externos para o estado, assim como da acessibilidade a outros estados por turistas e habitantes locais (DNIT, 2021).

Assim, está dissertação analisa o potencial eólico do fluxo de vento gerado através da passagem do veículo em movimento, na BR 101, Km 101, no trecho do Estado da Paraíba, com finalidade de guiar a seleção de aerogeradores de pequeno porte para impulsionar esta forma de energia alternativa e limpa que vem se expandindo por vários países, podendo ser aproveitada na própria rodovia, contribuindo com o desenvolvimento sustentável em prol a sociedade.

## MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho foi caracterizada pelo estudo experimental da medição do fluxo de ar resultante das passagens dos veículos por meio de um levantamento de dados coletados por anemômetros para estimar as potências da zona geográfica analisada.

### 2.1 Levantamento da central meteorológica

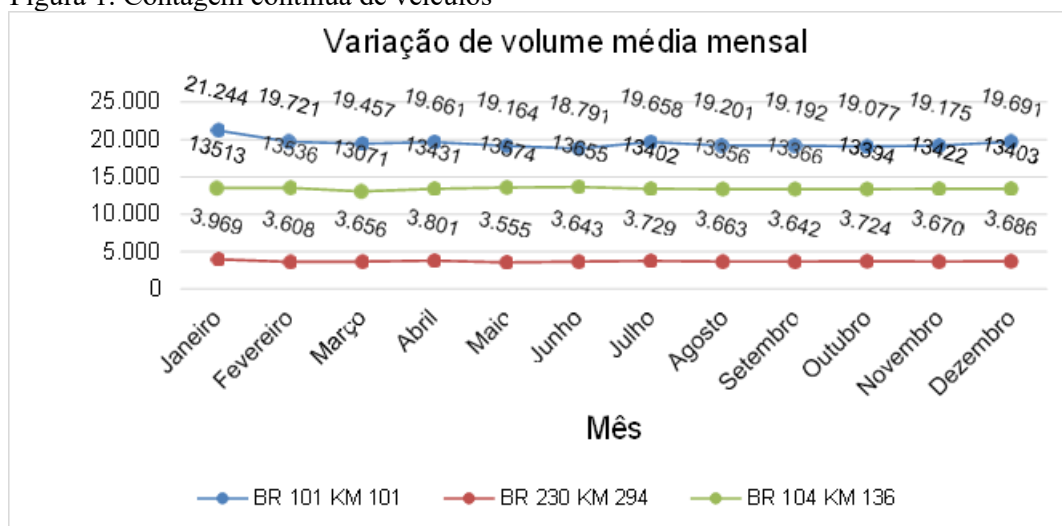
A cidade do Conde, está situada no litoral sul da Paraíba, na área da grande João Pessoa, Região Nordeste, possui 2172 km<sup>2</sup> de área territorial. É uma cidade litorânea com clima tropical úmido. As temperaturas são altas, de 21° na estação fria e temperaturas de 31° na estação quente. Uma vez que a velocidade média do vento na altitude a qual a estação coleta os dados na altura de 7,43 m, de acordo com o INMET, os dados foram extrapolados para 0,5 m, 1 e 1,5 m de altitude, utilizando a Lei de Prandtl com o objetivo de avaliar a densidade de potência disponível em outras altitudes.

## 2.2 Metodologia experimental

### 2.2.1 Planejamento

O planejamento iniciou com a busca da zona geográfica com a probabilidade de potencial eólico no estado da Paraíba. Logo após, foi feito levantamento da rodovia de maior movimentação de veículos através de dados disponíveis no site oficial do DNIT. Fazendo comparativo das Rodovias federais que cruzam o estado, a Rodovia BR 101 se destacou das demais pela grande movimentação de veículos.

Figura 1. Contagem contínua de veículos



Fonte: PNCT 2022, adaptado.

Em sequência, se definiu a zona de medição, com os seguintes critérios: velocidade máxima permitida, livre de empecilhos (sem faixa de pedestre, lombada, giradores, semáforos etc.), via ampla e plana. O km 101 com velocidade máxima de 100 Km/h demonstrou características compatíveis aos critérios adotados.

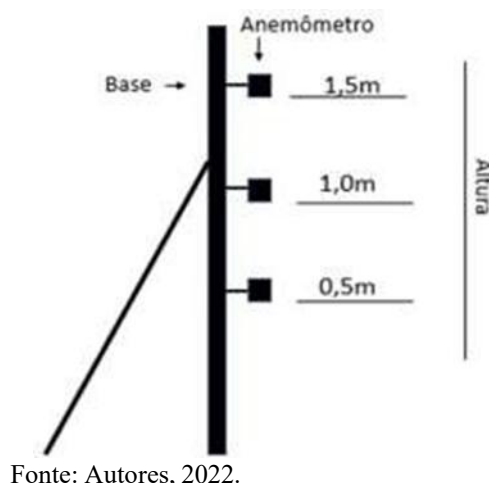
Para coletar a velocidade do vento se utilizou anemômetros, como utilizados nos trabalhos de Cardoso, 2018; AL-Alquel et al., 2016; Bani-Hani et al., 2018, que nortearam essa dissertação. Foram utilizados aparelhos digitais pela completa informação de dados obtidos, onde foram escolhidos de acordo com suas funções e habilidades. A comunicação com o computador é feita através de softwares e cabo USB. Foram utilizados três aparelhos para coleta de dados, onde a instituição disponibilizou um, o modelo Minipa MDA, conforme verba disponível e dois do modelo Btmeter BT-866<sup>a</sup>, que foram adquiridos pelo autor, com recurso próprio.

## 2.3 Primeira coleta de dados

### 2.3.1 Aparato Experimental

As coletas de dados foram realizadas in loco, por meio de um aparato experimental para fixação dos aparelhos, onde foi desenvolvida uma base de material ferro galvanizado com 2,70 m de altura e um braço de força para proporcionar estabilidade, ambos foram firmados no solo, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Aparato experimental da primeira coleta de dados. Ângulo de 0°, 45° e 90°, distância de 0,50 m, 1 m e 1,5 m e altura de 0,50 m, 1 m, 1,5 m.



Fonte: Autores, 2022.

### 2.3.2 Coleta de Dados

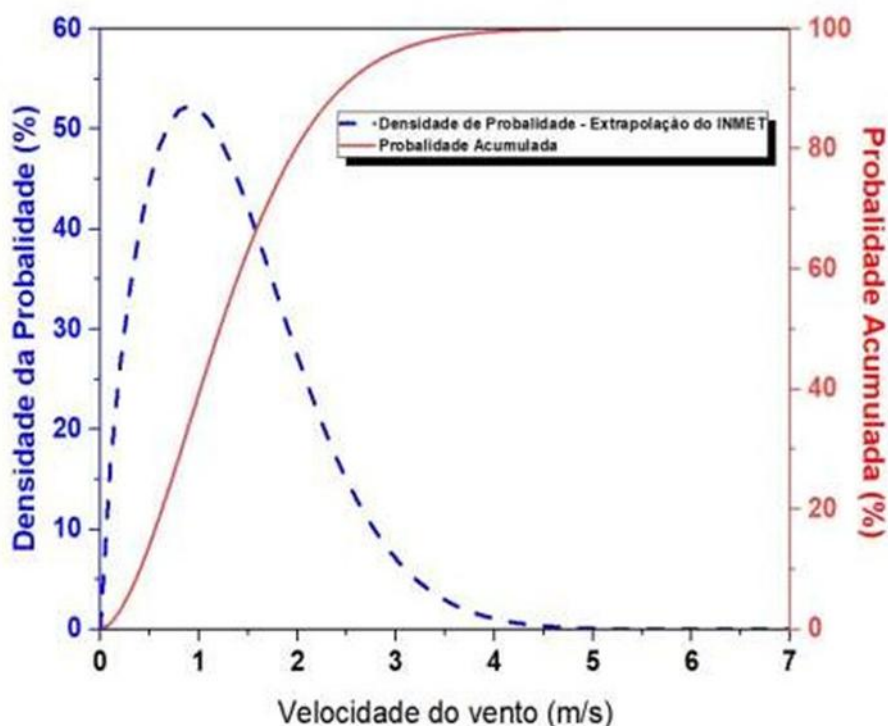
A amostragem ocorreu nos meses de setembro e outubro do ano de 2022 em dias alternados das 8h às 17h em dias alternados, a temperatura oscilou entre 29° a 32° graus Celsius, dia ensolarado. A umidade do ar em média de 82% e a velocidade do vento chegou a atingir 10 km/h, assim registra o INMET (2023).

Os anemômetros foram posicionados em três alturas do solo, 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m, como também diferentes distâncias, 0,50 m, 1 m e 1,5 m a partir do meio fio. Também foram utilizadas direções alternadas para verificar o melhor cenário de captação de fluxo de ar, 0°, 45° e 90° em relação a estrada, como demonstrado na Figura 6, e assim, identificar o maior vento turbulento impelido pela passagem do veículo nesses posicionamentos. O perfil de posicionamento dos aparelhos se justifica pela semelhança com o trabalho realizado por Bani-Hani (2018), Al-Alquel (2016) e Raheem (2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi realizado a adequação da série de dados para a distribuição de Weibull em que foram obtidas algumas variáveis. A Figura 9 mostra a função de Weibull para a cidade de João Pessoa, entre 1991 e 2022, para alturas extrapoladas. É possível observar que com o aumento da altura a ocorrência da velocidade média diminui. Para uma altura de 0,5 m, a velocidade média tem 30,6%, enquanto para 1,5 m tem probabilidade de 28,4%. Apesar da diminuição da regularidade, o fator de forma para todas as alturas é o mesmo:  $k = 1,7$ .

Figura 3: Função de Weibull para a cidade de João Pessoa, entre 1991 e 2022.



Fonte: Autores, 2024.

O aumento da altura também implica no aumento do fator de escala, ou seja, aumento da velocidade com maior ocorrência. O cv varia de 2,5 a 2,8

## CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi analisado o potencial eólico na BR 101 no KM 101, utilizando anemômetros digitais para coleta de dados. A energia cinética da passagem do veículo e o vento natural foram registrados para estimar a potência da área. As amostragens oscilaram entre a velocidade mínima de 1,01 m/s e a velocidade máxima de 11,09 m/s, com melhor performance na altura de 0,50m e na distância de 0,50m na posição de 0°. A melhor média foi de 3,80 m/s, este valor supre a mínima necessidade exigida pelas turbinas de pequeno porte comerciais que é de 1,5 m/s para iniciar seu funcionamento. Diante da compatibilidade das velocidades médias do vento

encontradas e das características das turbinas de pequeno porte comercial, foi encontrado potências atrativas para funcionamento e geração de energia em pequena escala.

Vale enfatizar que a potência varia com a variação da velocidade do vento que oscila de acordo com o porte do veículo, velocidade de percurso do mesmo, fluxo de passagem, velocidade do vento natural e umidade do ar, esses fatores justificam quem determinadas épocas do ano existe uma potencialidade maiores que outra.

Com análise aos resultados obtidos, concluiu-se que a Rodovia BR 101 no KM 101, tem potencialidade para geração de energia eólica rodoviária, sendo viável instalação de aerogeradores de pequeno porte para geração de energia elétrica, tendo em vista que o funcionamento das turbinas necessita de velocidade do vento muito baixas para começar a produzir eletricidade, sendo assim, as velocidades médias do vento registrada , supre a expectativa de utilização de tecnologias existentes, onde pode utilizar baterias para armazenamento, como também ser inserida diretamente na rede de distribuição para ser utilizada em benefício a sociedade, como iluminação pública, semáforos, sistemas de telecomunicação, tendo em vista que as rodovias são rotas rápidas de deslocamento de veículos diariamente, 24h por dia, onde existe uma demanda de iluminação constante.

Este conceito de sistema demonstra ser sustentável, evitando inserir gases poluentes na atmosfera e contribuindo com o desenvolvimento das energias renováveis, uma possibilidade eficaz de gerar energia natural. A conversão da energia eólica através da turbina VWAT são aceitáveis e potencialmente colaboram com o desenvolvimento das energias limpas e renováveis

## AGRADECIMENTOS

Ao CREA/PB pela oportunidade de apresentar o trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABEEÓLICA - Associação Brasileira de Energia Eólica. Fev. 2021. Disponível em: [http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2021/02/2021\\_02\\_18\\_InfoVento19.pdf](http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2021/02/2021_02_18_InfoVento19.pdf).
- AL-AQEL, A. A. et al. Potentiality of small wind turbines along highway in Malaysia. In: 2016 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS, AUTOMATION AND SCIENCES (ICORAS), 2016, Ayer Keroh. 2016 international conference on robotics, automation and sciences (ICORAS). [S. l.]: IEEE, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/icoras.2016.7872634>. Acesso em: 2 ago. 2022.
- ALI, Qazi Shahzad; KIM, Man-Hoe. Design and performance analysis of an airborne wind turbine for highaltitude energy harvesting. Energy, v. 230, p. 120829, set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120829>.
- DEPARTAMENTO nacional de infraestrutura de transportes. 10 jun. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-e-responsavel-por-doze-rodoviasfederais-na-paraiba-e-conta-com-tres-unidades-locais>. Acesso em: 14 out. 2022.
- DNIT/ FROTA atual da paraíba. Disponível em: <https://detran.pb.gov.br/>. Acesso em: 14 out. 2022.