



GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS INTERPRETADOS POR ALGORITMO DE APRENDIZADO SUPERVISIONADO WIND ENERGY GENERATION AND ITS SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACTS INTERPRETED BY SUPERVISED LEARNING ALGORITHM

Denis Carlos Lima Costa¹, Ana Elisa Oliveira Saavedra², Laura Sofia da Silva de Souza³,
Lair Aguiar de Meneses⁴, Edson Costa Cruz⁵, Silvio Tadeu Teles da Silva⁶

¹IFPA Câmpus Ananindeua – denis.costa@ifpa.edu.br; ²IFPA Câmpus Ananindeua – anaelissa553@gmail.com;
³IFPA Câmpus Ananindeua – laurasofiadessouza90@gmail.com; ⁴IFPA Câmpus Ananindeua – lair.meneses@ifpa.edu.br;
⁵IFPA Câmpus Belém – edson.cruz@ifpa.edu.br; ⁶UFPA/ITEC/PPGEE – silvio.teles@itec.ufpa.br

RESUMO

Energia limpa pode ser definida por fontes que não desprendem substâncias nocivas ao meio ambiente, mas, impactam a natureza, no local instalado. Exemplos de energia que atendem a esses requisitos: eólica, solar, maremotriz, geotérmica, hidráulica e biomassa. Essas fontes produzem impactos ambientais, mesmo sendo mínimos, contudo, não interferem na poluição global. Usinas de energia renováveis são formas de menor emissão de CO₂ no fornecimento de eletricidade atualmente. A expansão desse tipo de energia é impulsionada por multiobjetivos estabelecidos por diferentes organismos, com compromissos a serem cumpridos até 2030. Esse trabalho apresenta um estudo sobre energia eólica e seus efeitos. Como o Brasil é o sétimo maior produtor dessa energia, com 29.135 megawatts de capacidade instalada, surgiu a preocupação de avaliar os possíveis problemas das eólicas. Esse propósito exigiu o uso de estratégias de *Machine Learning*, a fim de reconhecer os padrões dos danos à fauna que são causados pelos aerogeradores.

Palavras-chave: energia renovável; síndrome da turbina; machine learning; árvore de decisão; rapid miner.

ABSTRACT

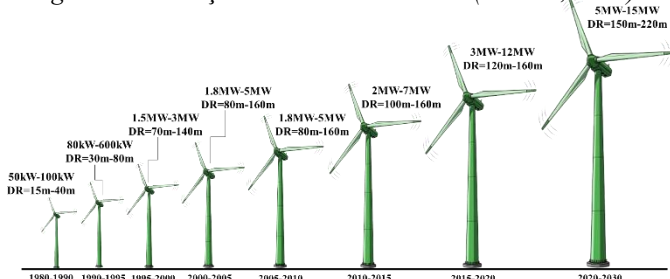
Clean energy can be defined as sources that do not release harmful substances into the environment but nevertheless impact nature at the site where they are installed. Examples of energy sources that meet these requirements include wind, solar, tidal, geothermal, hydro, and biomass. These sources produce environmental impacts, albeit minimal, but they do not contribute to global pollution. Renewable energy plants are currently a low-CO₂ emission method for electricity supply. The expansion of this type of energy is driven by multiple objectives established by various organizations, with commitments to be met by 2030. This paper presents a study on wind energy and its effects. As Brazil is the seventh-largest producer of this energy, with 29,135 megawatts of installed capacity, concern arose about assessing the potential problems associated with wind power. This goal required the use of machine learning strategies to recognize the patterns of damage to wildlife caused by wind turbines.

Keywords: renewable energy; turbine syndrome; machine Learning; decision tree; rapid miner.

1 INTRODUÇÃO

A energia oriunda de hidrocarbonetos esgota os recursos naturais, causando devastadores efeitos ambientais. Porém, nem todas as formas de energia produzem efeitos negativos (Lucena, 2023). O vento gera uma energia limpa e produz impactos ambientais inferiores aos gerados por fontes fósseis. Contudo, é relevante investigar possíveis danos, ao meio ambiente, produzidos por parques *onshore*. O relatório da SRWE (2024), aponta que a geração de energia eólica e solar subiram 17% e 71%, respectivamente, de 2022 para 2023. No ano de 2024 o Brasil registrou o segundo maior aumento anual de geração eólica e solar do mundo, acréscimo de 36 TWh, ficando atrás apenas da China (Figura 1).

Figura 1 - Evolução das turbinas eólicas (Lucena, 2023).

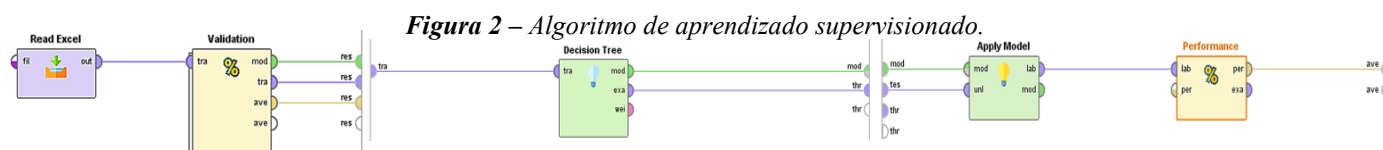




Nos últimos anos, a Energia Eólica (EE) cresceu no Nordeste do Brasil devido à baixa pluviosidade e aumento da capacidade instalada. Entretanto, ela, também traz alguns infortúnios, como ruído e impacto visual. Esse trabalho visa destacar vantagens e desvantagens da EE; para isso, desenvolveu-se estudo sobre os aerogeradores. Os aerogeradores mitigam efeitos das mudanças climáticas reduzindo emissões de CO₂. Como resultado, detectou-se que aerogeradores não emitem gases de efeito estufa (GEE), mas, podem possibilitar manifestações da Síndrome da Turbina Eólica (STE) e da Doença Vibro Acústica (DVA).

2 METODOLOGIA

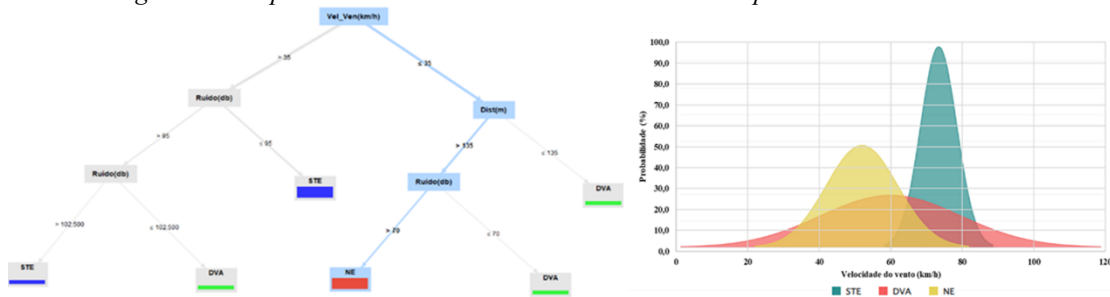
A pesquisa utilizou o algoritmo de aprendizado supervisionado (Figura 2) de Árvore de Decisão (AD), fundamentada em *Machine Learning*, por via do *software Rapid Miner*, a fim de minerar dados, aplicar técnicas de Regressão Múltipla Não-Linear, reduzir a Entropia e classificar padrões, esclarecendo que, mesmo não emitindo GEE os aerogeradores produzem impactos ao meio ambiente. Na AD cada Nó na Árvore representa um atributo, ou seja, uma característica dos seus dados.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A AD, fundamentada por Costa et al (2021), indica as principais variáveis de controle, de acordo com o *DataSet* analisado. As variáveis envolvidas no aprendizado de máquina são: Ruído da turbina; Distância ao aerogerador; Velocidade do vento; Potência gerada pelo aerogerador. Os efeitos que podem ser causados são: Síndrome da Turbina Eólica (STE), Doença Vibro Acústica (DVA), Nenhum Efeito (NE). A Figura 3 indica a AD e a probabilidade dessas ocorrências.

Figura 3 – Resposta da Árvore de Decisão e estimativa de episódios de STE ou DVA.



4 CONCLUSÕES

A geração eólica de energia elétrica é uma alternativa aos modelos que utilizam combustíveis fósseis. Todavia, mesmo existindo inúmeros aspectos positivos, há características negativas aos aerogeradores, a longo prazo, à saúde humana, como por exemplo, a Síndrome da Turbina Eólica e a Doença Vibro Acústica. Dessa forma, essa pesquisa ratificou que a Velocidade do vento e o Ruído das turbinas eólicas constituem as principais variáveis de controle desse sistema. Para prosseguimento da pesquisa, pretende-se incorporar novas variáveis ao *DataSet* e com estratégias bioinspiradas, como as Redes Neurais Vetoriais.

REFERÊNCIAS

- COSTA, Heictor A. de O.; GOMES, Larissa L.; COSTA, Denis C. L.; ROCHA, E. M.; FRANCÊS, C. R.; ANDRADE, S. H. Fractional Order Differential Calculus Applied on Decision Making System to Smart Grid Management via Decision Trees. Research, Society and Development. DOI: 10.33448/rsd-v10i16.23387. 2021.
- LUCENA, Juliana de A. Y. Energia Eólica: v4 - Florianópolis: ENBPar /IFSC, 2023. EnergIF. ISBN 978-65-981191-9-5. 2023.
- SRWE. Statistical Review of World Energy. Energy Institute - 73rd edition. 2024.