ISSN: 2358-8829

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA COM O REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS: ENERGIA SUSTENTÁVEL COMO FERRAMENTA DE INCLUSÃO SOCIAL.

Ana Karoline da Costa Freire [1]
Joicy da Silva Bezerra [2]
Marcos Antônio de Araújo Silva [3]

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, o ser humano busca por alternativas de energia sustentável para uma vida melhor. Nesse viés, a demanda por energia elétrica tem apresentado perspectivas de crescimento, acompanhando o desenvolvimento econômico e a ampliação das necessidades de consumo nos diferentes setores da sociedade (BRASIL, 2025). A fim de reduzir os impactos ambientais causados pelo consumo de energias não renováveis, como os combustíveis fósseis, a geração de energia eólica se destaca como uma alternativa promissora de energia sustentável, utilizando um recurso natural e de baixo impacto para o meio ambiente: o vento.

Analogicamente, percebe-se um grande aumento na produção de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) associado à redução da vida útil dos equipamentos e ao aumento do descarte (FRANCO; LANGE, 2011). Esses resíduos, quando descartados de forma incorreta, trazem grandes prejuízos ao solo, à água, aos lençóis freáticos, ao ar e à saúde humana, incluindo alterações no desenvolvimento do sistema nervoso (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2024).

Perante o exposto, o desenvolvimento de pequenos aerogeradores eólicos de baixo custo, utilizando o reaproveitamento de resíduos elétricos e eletrônicos, surge como uma alternativa viável para promover a sustentabilidade e levar energia limpa para

[1] Discente do Curso Técnico integrado em informática do Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN, k.freire@escolar.ifrn.edu.br;

[2] Discente do Curso Técnico integrado em informática do Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN, joicy.s@escolar.ifrn.edu.br;

[3] Orientador: Mestre em Energia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, araujo.marcos@ifrn.edu.br.

ISSN: 2358-8829

aqueles que não têm acesso devido às condições de vulnerabilidade. Esse projeto possibilita a redução de custo na estruturação do aerogerador, a diminuição do impacto ambiental gerado pelos resíduos elétricos e eletrônicos e incentiva práticas de inovação tecnológica.

A importância deste projeto está fundamentada na necessidade de soluções acessíveis e sustentáveis para a geração de energia limpa, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias de baixo impacto ambiental. Além disso, a proposta relaciona-se aos princípios da educação ambiental, previstos na Lei nº 9.795/1999, que estabelece a importância da conscientização e da participação social na preservação do meio ambiente (BRASIL, 1999). Nessa perspectiva, a utilização de materiais recicláveis na construção de pequenos aerogeradores também é abordada por Gonçalves, Rocha e Bellico (2013). Ademais, busca-se levar inclusão a partir da energia sustentável para aqueles que não têm acesso por consequência da vulnerabilidade. A partir disso, o ser humano será instigado a pensar no quanto o meio ambiente e outras pessoas podem ser beneficiadas com esse projeto, desenvolvendo o senso crítico e formando cidadãos sensíveis para as causas ambientais e sociais.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

A metodologia adotada baseou-se na construção e no desenvolvimento de dois protótipos experimentais de pequenos aerogeradores. A princípio, foi realizado um levantamento dos materiais elétricos e eletrônicos reutilizáveis disponíveis, priorizando componentes que não estavam mais em uso. Entre os materiais selecionados, destacaram-se cabos de rede e motores de corrente contínua (DC), provenientes do reaproveitamento de equipamentos eletrônicos. Também foram utilizados componentes eletrônicos, posteriormente empregados na montagem do circuito elétrico, tais como transformador, resistor e capacitor.

Posteriormente, foram desenvolvidas as pás dos protótipos, sendo uma configuração destinada ao aerogerador de eixo vertical (VAWT – *Vertical Axis Wind Turbine*) e outra ao aerogerador de eixo horizontal (HAWT – *Horizontal Axis Wind Turbine*). As pás

ISSN: 2358-8829

foram confeccionadas em material PET por meio de impressão 3D, buscando obter dimensões e formatos adequados à montagem dos protótipos.

Após a seleção e preparação dos materiais, iniciou-se a montagem das estruturas dos protótipos. A madeira foi utilizada como material de suporte para a construção da torre e da caixa de sustentação, sendo realizados os cortes e ajustes necessários para a montagem das estruturas correspondentes às configurações vertical e horizontal. Em seguida, foram realizadas a fixação dos motores e a instalação das pás nos respectivos eixos, de modo a possibilitar a conversão do movimento de rotação em sinal elétrico.

Na etapa seguinte, foi realizada a montagem do circuito e à medição do sinal produzido pelos motores durante o funcionamento dos protótipos. Para essa etapa, foram utilizados motores de corrente contínua (DC), transformador, resistor de 220 Ω, capacitor de 100 µF e ponte retificadora de diodos. Os componentes foram organizados em uma protoboard e interligados por meio de fios condutores, formando o circuito utilizado durante os testes experimentais.

Por fim, os protótipos foram submetidos aos testes experimentais, durante os quais foram realizadas as conexões entre o circuito e os instrumentos de medição. O osciloscópio foi utilizado para acompanhar e registrar o comportamento do sinal elétrico produzido durante a rotação dos motores, permitindo a observação da resposta elétrica dos protótipos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os aerogeradores são dispositivos capazes de converter a energia cinética presente no vento em energia mecânica de rotação e, posteriormente, em energia elétrica por meio de um gerador. A quantidade de energia disponível depende de fatores como a densidade do ar, a velocidade do vento e a área varrida pelo rotor. Entretanto, nem toda a energia disponível no vento pode ser convertida em energia útil. Segundo o limite de Betz, a máxima fração teórica de energia que pode ser extraída por uma turbina eólica ideal é de aproximadamente 59,3%. Entre as principais configurações de aerogeradores, destacam-se as turbinas de eixo horizontal (HAWT), cujo eixo de rotação é paralelo ao solo, e as turbinas de eixo vertical (VAWT), cujo eixo é perpendicular ao solo.

ISSN: 2358-8829

O desenvolvimento de protótipos de baixo custo utilizando resíduos elétricos e eletrônicos relaciona-se aos princípios da economia circular, que busca prolongar a vida útil dos materiais, reduzir o desperdício e diminuir a necessidade de extração de novos recursos. Nesse contexto, o reaproveitamento de componentes, como motores, fios condutores e componentes eletrônicos, pode contribuir para a redução do descarte e, simultaneamente, possibilitar a aplicação desses materiais no desenvolvimento de soluções tecnológicas de baixo custo.

No dimensionamento de micro aerogeradores, além de parâmetros como a área varrida e o diâmetro do rotor, destaca-se a relação de velocidade de ponta, conhecida como TSR (*Tip Speed Ratio*), que corresponde à razão entre a velocidade tangencial da ponta da pá e a velocidade do vento. Esse parâmetro influencia diretamente o desempenho aerodinâmico do rotor. A análise do coeficiente de potência (Cp) em função do TSR permite identificar a faixa de operação na qual o rotor apresenta maior eficiência na conversão da energia disponível no vento.

O crescimento do consumo de equipamentos elétricos e eletrônicos também contribui para o aumento da geração de resíduos eletroeletrônicos. Fatores como a rápida evolução tecnológica, a substituição frequente de equipamentos, a redução da vida útil e a dificuldade de reparo favorecem esse processo. Nesse cenário, práticas de reutilização e projetos do tipo *faça você mesmo* (*DIY – Do It Yourself*) podem constituir alternativas para dar novas aplicações a materiais descartados, associando aprendizagem, inovação e aproveitamento de recursos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando em consideração que buscamos a microgeração de energia eólica, cada turbina por possuir motores pequenos, em ambos os protótipos, mesmo exercendo muita força na rotação das hélices, a produção de energia foi realmente pequena (micro), cerca de 0,1V, quando utilizamos a ponte retificadora de diodos que causa uma queda de -0,7V. Devido à isso, não havia como analisar a oscilação da rotação por meio do osciloscópio, por causa da baixa amplitude da onda. A partir disso, utilizamos um transformador para elevar o sinal da tensão possibilitando o registro e uma visualização melhor no osciloscópio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que possamos contribuir efetivamente na parte econômica e sustentável de uma residência é necessário o uso de um motor maior e monofásico que pode ser encontrado em bombas de água ou compressores. Dessa maneira, a tensão produzida seria maior o suficiente para ajudar em parte da geração de energia de um lar. Vale pontuar, que dessa forma podemos desenvolver uma forma de associar a sustentabilidade, economia e a inclusão social, visando a energia limpa e abundante no nordeste do Brasil, a redução do valor da conta de energia elétrica e o apoio social não apenas em reduzir, mas em possibilitar uma alternativa de geração de energia secundária que possui menor impacto no meio ambiente, assim como no bolso do consumidor.

Palavras-chave: Energia sustentável; Energia eólica; Sustentabilidade ambiental; Inclusão social.

AGRADECIMENTOS

A priori, agradecemos a Deus, nosso Pai, que em nenhum momento sequer nos abandonou, Ele sempre cuidou de nós em cada detalhe. Se estamos aqui realizando esse trabalho de conclusão é porque Ele, O Senhor, nos sustentou. Agradecemos também aos nossos pais, que sempre fizeram de tudo por nossa felicidade; muitas das vezes abdicaram de suas coisas para dar o melhor à nós; trabalharam muito no sol para que pudéssemos chegar até aqui na sombra e somos eternamente gratas por tudo. Ademais, também agradecemos aqueles que nos acompanharam nessa caminhada, amigos, colegas e professores, em especial ao nosso professor e orientador Marcos Antonio, vocês tornaram a jornada leve.

REFERÊNCIAS

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Fontes de energia. ABCD Energia.** Disponível em: https://epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia. Acesso em: 3 set. 2025.

FRANCO, Rosana Gonçalves Ferreira; LANGE, Liséte Celina. **Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental,** v. 16, n. 1, p.

73-82, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-41522011000100011. Acesso em: 3 out. 2025.

BRASIL. Ministério das Comunicações. **Cartilha de boas práticas para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE).** Brasília, DF: Ministério das Comunicações, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/mcom/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas-projetos-acoes-obras-e-atividades/cop-30/cartilha-de-boas-praticas-para-reee-pdf.pdf. Acesso em: 10 mar. 2026

GONÇALVES, Ana Carolina Resende; ROCHA, Mariana de Araújo; BELLICO, Yago Ferreira. **Aerogeradores construídos de materiais recicláveis e de pequeno porte.** Bolsista de Valor, v. 3, 2013. Disponível em: https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/6728. Acesso em: 9 dez. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Consumo de eletricidade no Brasil deve crescer em média 3,3% ao ano até 2035, indica estudo do MME e da EPE.** Brasília, DF: MME, 18 set. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/consumo-de-eletricidade-no-brasil-deve-crescer-em-media-3-3-ao-ano-ate-2035-indica-estudo-do-mme-e-da-epe. Acesso em: 7 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Electronic waste (e-waste)**. 1 out. 2024. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-%28e-waste%29. Acesso em: 25 out. 2025.