

UMA ABORDAGEM DE COLHEITA DE ENERGIA HÍBRIDA EÓLICA-SOLAR ORIENTÁVEL: DE APROXIMAÇÃO SUSTENTÁVEL

TAMARA BRANDT^{1,2*}, JORGE LUIS PALACIOS FELIX^{2,3}

1 Introdução

Os materiais fotovoltaicos de formas rígidas e individuais podem converter a luz solar em energia elétrica sem necessidade de outra fonte. No entanto, pode acontecer a escassez de energia fotovoltaica pela ausência ou pouca radiação solar em uma determinada região, porém há a presença de vento e chuvas. Neste caso, é necessária uma estrutura híbrida que pode gerar energia a partir da radiação solar, vento e chuva. A dez anos atrás, um grupo de pesquisadores apresentaram uma estrutura flexível de células solares acopladas a filmes piezoelétricos capaz de gerar eletricidade a partir da combinação das energias solar, eólica e da chuva (Vatansever *et al.*, 2013).

Nascimento (2019) desenvolveu no seu trabalho de conclusão de curso, de Engenharia Ambiental e Sanitária, um protótipo de árvore artificial cujas folhas foram de piezoelétricos PVDF/LDT1-028K que oscilam devido ao fluxo do vento. Os experimentos foram inteiramente conduzidos em bancada, no Laboratório de Eletromagnetismo da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo - RS. Devido às condições limitadas do estudo como, por exemplo, não dispor de um túnel de vento, fez-se necessária a adaptação do experimento com o emprego de um ventilador eletrodoméstico de 40 cm de diâmetro, seis hélices e modos de operações opcionais com três velocidades.

Os estudos de Silva-Leon *et al.* (2019), apresentaram um modelo experimental de captação simultânea de energia eólica e solar baseado no conceito de bandeira invertida (ou viga engastada flexível) que fixa na base um grupo de piezoelétrico flexíveis e no extremo livre fixa algumas células fotovoltaicas. Usaram simuladores de vento e iluminação para a

1 Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, contato: tamy.tamarabrandt@hotmail.com.br

2 Grupo de Pesquisa: Recursos Energéticos e Tecnologias Limpas - RETEC, Universidade Federal da Fronteira Sul

3 Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, **Orientador**. Contato: jorge.felix@uffs.edu.br

geração de energia elétrica suficiente para atender a demanda de sensores remotos e eletrônicos portáteis de pequena escala. Com este projeto seguiremos a mesma linha de pesquisa, acima mencionada, usando as fontes de energia do vento e do sol como simuladores e reais.

2 Objetivos

O objetivo deste projeto é estudar experimentalmente o comportamento dinâmico de um sistema de captação simultânea de energia do vento e do sol utilizando a combinação de um transdutor piezoelétrico polimérica e de um módulo fotovoltaico de topologia em pequena escala.

3 Metodologia

A topologia física do protótipo apresenta um braço vertical de material de cano de PVC que suporta o piezoelétrico e um braço vertical de material PVC que suporta uma célula fotovoltaica de 5 V com um ângulo de 22° em relação ao eixo horizontal.

Para realizar a coleta dos dados foi necessária a utilização de um circuito composto por dois multímetros digitais configurados em corrente contínua, um para medir a amperagem, conectado em série, e outro para medir a voltagem, conectado em paralelo, e de uma caixa de resistência.

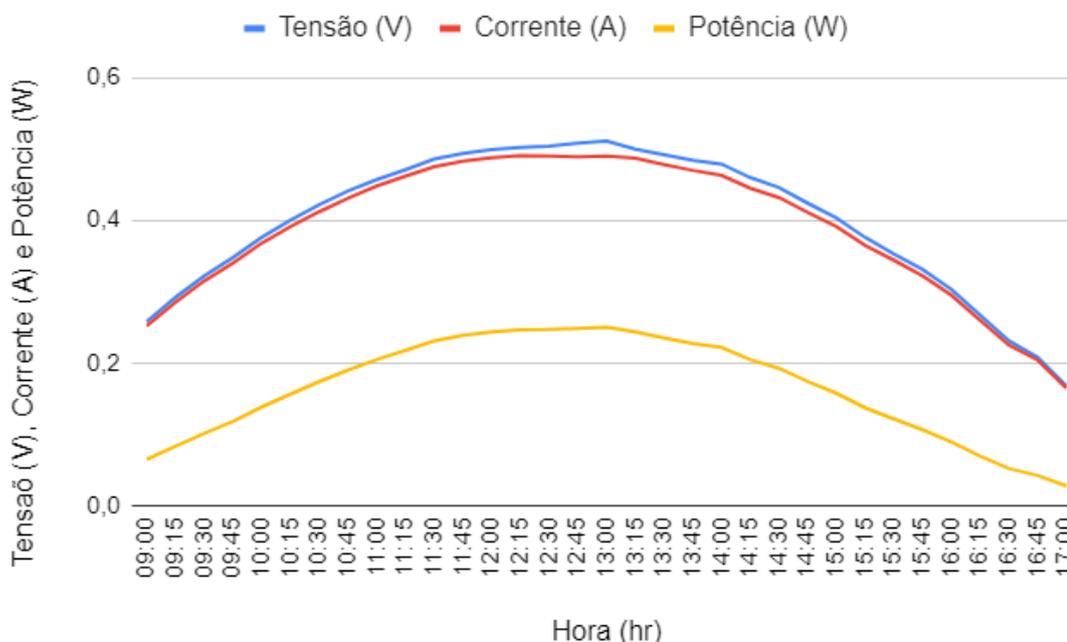
Para realizar a coleta dos dados, em relação a colheita de energia eólica, foi necessária a utilização de um osciloscópio digital, para captar os sinais de tensão, conectado em série a uma resistência de $5,6 \text{ M}\Omega$ com o piezoelétrico, um ventilador eletrodoméstico de 40 cm de diâmetro e seis hélices, o qual foi utilizado no nível de velocidade três variando sua posição em relação ao piezoelétrico com uma distância de 100 a 30 cm com uma variação de 10 cm entre cada posição, e de um anemômetro digital de mão para medir a velocidade do vento e a temperatura, sendo o ensaio realizado em laboratório.

4 Resultados e Discussão

Os ensaios experimentais foram realizados em um ambiente interno e externo do laboratório 1 da Universidade Federal da Fronteira Sul. Em relação à colheita de energia solar fotovoltaica, as medições ocorreram com um intervalo de 15 minutos entre cada coleta, sendo

utilizada uma resistência fixa de 1Ω , onde, no dia 18 de julho de 2024 em um período entre 9:00 às 17:00 horas, foi observado o comportamento dos dados no decorrer do dia enquanto havia radiação solar. A coleta de dados para a temperatura foi realizada a uma distância de 30 cm do termômetro em relação ao mini módulo fotovoltaico onde foi utilizado um termômetro digital infravermelho para realizar a coleta dos mesmos. Os resultados são visualizados no gráfico 1.

Gráfico 1 - Curva do mini módulo fotovoltaico em ambiente externo.

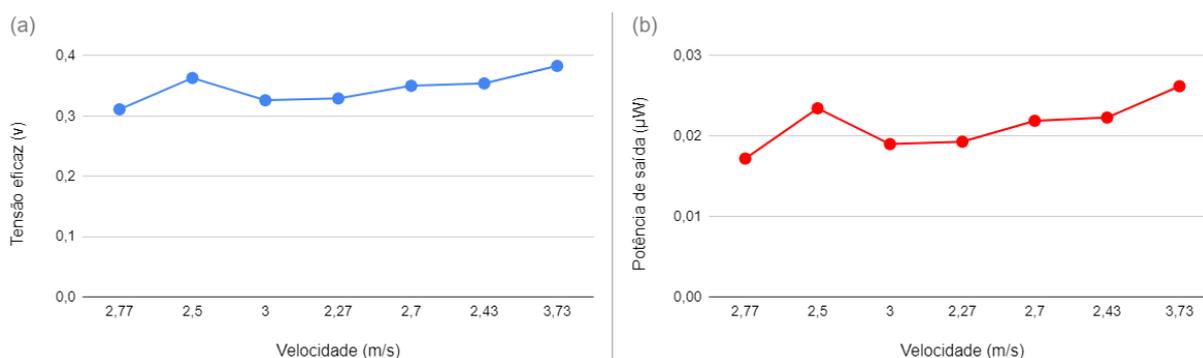


No gráfico 1 pode-se visualizar que o formato da curva gerada durante o período do dia em que foram realizadas as coletas dos dados se encaixa no formato de sino, o qual, de acordo com Costa *et al.* (2021) se deve pelo fato de que no dia da coleta o céu se encontrava limpo. Dessa forma, o gráfico apresenta uma saída de tensão, considerando uma faixa máxima da curva no intervalo de tempo entre 11:45 até às 13:45 horas, entre 0,4 e 0,5 V. Antes e após desse intervalo de tempo máximo temos um crescimento e decréscimo dos valores da tensão, corrente e potência, isso ocorre por conta da variação da radiação solar no decorrer do dia. Simultaneamente, foi realizada a medição da temperatura do mini módulo fotovoltaico e teve uma variação de 28,1 a 51°C durante o período do ensaio, enquanto que a temperatura ambiente registrada no dia da coleta dos dados teve uma variação de 13 a 26 °C durante o dia.

Já no gráfico 2, o qual apresenta os resultados da dinâmica da colheita de energia

eólica piezoelétrica sob um simulador de vento se aproxima dos resultados obtidos por Nascimento (2019) no qual foram utilizadas folhas artificiais e um ventilador eletrodoméstico, assim como no presente experimento, o mesmo pode ser visualizado nos resultados obtidos por Feitosa *et al.* (2017), porém utilizando a velocidade do vento em ambiente externo. Logo, pode-se visualizar que a tensão e potência de saída vão crescendo no decorrer que o ventilador eletrodoméstico se aproxima do material piezoelétrico. Sendo assim, o gráfico 2(a) apresenta uma tensão de saída entre 0.3 e 0.4 V, enquanto que no gráfico 2(b) pode-se visualizar a potência de saída entre 0.02 e 0.03 microW.

Gráfico 2 - (a) Tensão eficaz em função da velocidade do vento e (b) potência de saída em função da velocidade do vento.



5 Conclusão

Em forma geral, foi resolvido experimentalmente um sistema de colheita de energia híbrida através da combinação de um mini módulo fotovoltaico e de um piezoelétrico. A iluminação natural foi utilizada em uma área externa do laboratório para a colheita de energia solar fotovoltaica com uma saída de tensão, em uma faixa máxima da curva, entre 0.4 e 0.5 V. Utilizou-se a velocidade do vento artificial através de um ventilador dentro de um laboratório para a colheita de energia eólica piezoelétrica com uma saída de tensão entre 0.3 e 0.4 V.

Pode-se destacar, é necessário a busca de um sistema de circuito de armazenamento de energia híbrida em projetos futuros. Neste projeto, manualmente com a medição, concluiu-se que o sistema híbrido gera entre 0.7 e 0.9 V. Vale destacar a importância da combinação de duas variáveis de colheita de energia quando não se tem a disponibilidade de alguma em determinado momento do dia, assim possibilitando que a geração de energia seja contínua, o que proporciona a alimentação de pequenos dispositivos com redes de sensores sem fio (WSN) com a energia gerada.

Referências Bibliográficas

COSTA, A. L. C.; HIRASHIMA, S. Q. S.; FERREIRA, R. V. Operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos conectados à rede: inspeção termográfica e limpeza de módulos FV. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 4, p. 201-220, out./dez. 2021. DOI: 10.1590/s1678-86212021000400566. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ac/a/nYrQWs3y5BHwMLcWT5DvJdd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 ago. 2024.

FEITOSA, E.; ALBIERO, D.; SANTOS, P. R. A.; FERNANDES, F. R. B.; MELO, R. P. Utilização de Aerogeradores para Geração de Energia Elétrica no Estado do Ceará. **Conexões: Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 57-63, março 2017. DOI: 10.21439/conexoes.v11i1.1069. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/318766336_Utilizacao_de_Aerogeradores_para_Geracao_de_Energia_Eletrica_no_Estado_do_Ceara. Acesso em: 13 ago. 2024.

NASCIMENTO, Alessandro Cassiano Vargas. **Sistema de Energy Harvesting Empregado a Estruturas Bioinspiradas usando Dispositivo Piezoelétrico PVDF**. Orientador: Jorge Luis Palacios Felix. 2019. 58 f. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária), 2019. Disponível em: <https://rd.uffrs.edu.br/bitstream/prefix/3551/1/NASCIMENTO.pdf>. Acesso em: 02 janeiro 2020.

SILVA-LEON, J.; CIONCOLINI, A.; NABAWY, M. R. A.; REVELL, A.; & KENNAUGH, A. (2019). Simultaneous wind and solar energy harvesting with inverted flags. **Applied Energy** 239, 846-858, 2019. DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.01.246. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330959495_Simultaneous_wind_and_solar_energy_harvesting_with_inverted_flags. Acesso em: 01 mar. 2023.

VATANSEVER, D.; HADIMANI, R.L.; SHAH, TAHIR; SIORES, E. Hybrid Photovoltaic-Piezoelectric Flexible Device for Energy Harvesting from Nature. **Advances in Science and Technology**, 770. 297-301, 2013. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AST.77.297. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270901313_Hybrid_Photovoltaic-Piezoelectric_Flexible_Device_for_Energy_Harvesting_from_Nature. Acesso em: 01 mar. 2023

Palavras-chave: colheita de energia híbrida; energia solar fotovoltaica; energia eólica piezoelétrica.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES 2023 - 0344

Financiamento

Bolsa Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).