

Gerador higroelétrico de tensão DC

Palavras-Chave: Higroeletricidade, Fonte de tensão DC, *Exfoliated-and-reassembled graphite* (ERG)

Autores/as:

Isabela de Oliveira Cruz [UNICAMP]

Fernando Galembeck (orientador) [UNICAMP]

INTRODUÇÃO:

A geração de energia é um tópico muito estudado desde a revolução industrial. No século XXI, a discussão gira em torno de formas de energia limpa e economicamente viáveis. Uma das classificações de energia cujas vertentes são muito empregadas no mundo e principalmente no Brasil é a *energy harvesting* (1), que consiste na captação de energia a partir do meio ambiente. Exemplos dessa classificação de energia são a hidroeletricidade e a energia eólica, que juntas representaram mais de 70% de toda energia produzida no Brasil em 2019 (2).

Em 2010, uma nova forma de captação de energia pelo ambiente foi descoberta por este grupo de pesquisa: a higroeletricidade (3). Ela consiste na geração de energia a partir da água presente no ar que é adsorvida na superfície de sólidos e as deixam carregadas. Desde então, a higroeletricidade vem sendo aprimorada e aprofundada por este (4, 5, 6) e por outros grupos de pesquisa (7) em vários países.

Células higroelétricas são formadas por dois eletrodos assimétricos separados por um material que permite a passagem de íons mas impede a passagem de elétrons entre os eletrodos.

Em outra linha de pesquisa desse grupo, foi desenvolvido o ERG (8, 9) (*exfoliated-and-reassembled graphite*) que é o resultado da exfoliação do grafite e sua remontagem formando revestimentos aderentes, sobre superfícies. Os materiais revestidos com ERG apresentam resistência elétrica de filme menor que 1 Ohm/quadrado sendo portanto, adequados para uso como eletrodos em células higroelétricas, mesmo em dimensões macroscópicas. Por conta de sua alta condução elétrica, os materiais revestidos com ERG são bons eletrodos para as células hidroelétricas.

As células higroelétricas apresentam diversas aplicações em circuitos elétricos. Neste projeto será explorada a propriedade das células de formarem séries para o aumento da tensão de saída, construindo uma fonte DC que gera até 108 V, com baixa corrente.

METODOLOGIA:

O dispositivo gerador de tensão DC foi montado utilizando dois eletrodos. Um dos eletrodos era um têxtil não-tecido revestido com ERG medindo 7 centímetros de comprimento e 5 centímetros de largura. O outro eletrodo da célula consistiu em uma folha de alumínio com 8 centímetros de comprimento e 4 centímetros de largura. Os eletrodos das células foram cortados em tamanhos diferentes para evitar contato eletrônico entre eletrodos de uma mesma célula. Para o contato entre as células, foi feita uma dobra de 1 centímetro no comprimento do próprio eletrodo de alumínio mantendo o eletrodo negativo de uma célula conectado ao positivo da célula seguinte.



Figura 4: Modelo de célula higroelétrica que do dispositivo gerador..

Entre os eletrodos, foi colocado um papel de filtro que permite a passagem de água e íons, mas impede o contato eletrônico, evitando assim, um curto-circuito em um mesmo par. Por fim, foi colocado um filme de PET entre cada célula e as seguintes, para evitar contatos elétricos indesejáveis.

As células foram montadas em conjuntos, que variavam de 15 a 23 células conectadas em série entre si. Os resultados de cada conjunto estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Tensão dos conjuntos de células

Tensão dos conjuntos de células montados	
Células associadas em série	Tensão do conjunto (V)
1° a 15°	10,50
16° a 30°	10,37
31° a 42°	12,20
43° a 65°	16,07

Após a montagem desses conjuntos foram acrescentadas mais 8 células e todas as 73 células foram monitoradas juntas.

Posteriormente foram acrescentadas mais 100 células do mesmo tamanho e feitas dos mesmos materiais que as células anteriores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O primeiro dispositivo montado com 73 células conectadas em série foi colocado em um compartimento com 9,5 cm de comprimento, conforme apresentado na Figura 2. Ele foi monitorado e apresentou uma tensão de mais 50 V, como pode ser observado na Figura 3. Durante sua montagem, foi observado que quanto mais diminuía-se a distância entre os eletrodos, maior era a tensão do conjunto. Por isso, o tamanho do dispositivo foi o menor possível. Também observamos que a tensão diminuía, 10V em um dia, caso não houvesse reposição de água, porém, a tensão retornava para os valores iniciais com adição de água.

Após 4 meses em monitoramento, o dispositivo foi guardado.



Figura 2: Primeiro dispositivo gerador de tensão DC

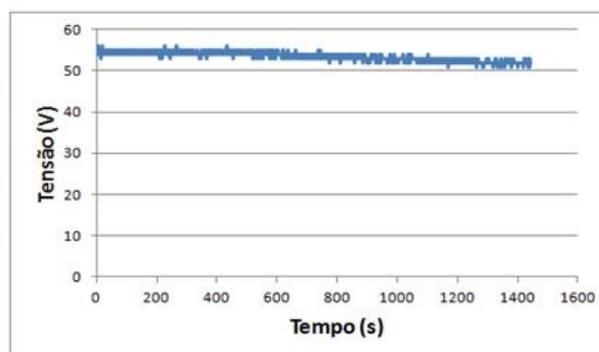


Figura 3: Desempenho do primeiro dispositivo gerador

Outro conjunto de 100 células conectadas em série foi montado. Este foi acrescentado ao primeiro dispositivo, composto por 73 células conectadas em série. Antes de serem acrescentadas as novas células, as primeiras 73 foram reativadas por molhamento e apresentaram potencial de 35 V. O segundo dispositivo, era composto então, por 173 células e apresentou uma tensão inicial de mais de 100 V. Porém, após uma tentativa de associar uma resistência aos eletrodos, seu potencial passou a ser entre 98 V e 95 V. Ele foi montado em um compartimento de 21,5 cm de comprimento e monitorado usando um eletrômetro.

O segundo dispositivo apresentou o mesmo comportamento que o primeiro: Diminuir a distância entre os eletrodos resulta em um melhor desempenho. Quando deixado sem reposição de água por um dia, seu potencial diminuía 7V, mas, quando molhadas as células, o conjunto recuperava mais de 95% de sua tensão inicial.

O segundo dispositivo e o seu desempenho estão descritos nas Figuras 4 e 5 a seguir:

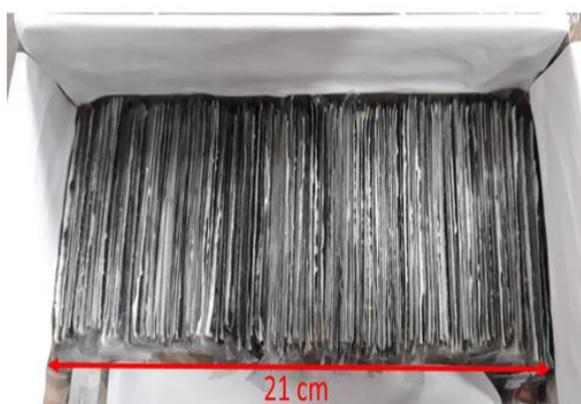


Figura 4: Segundo dispositivo gerador de tensão DC

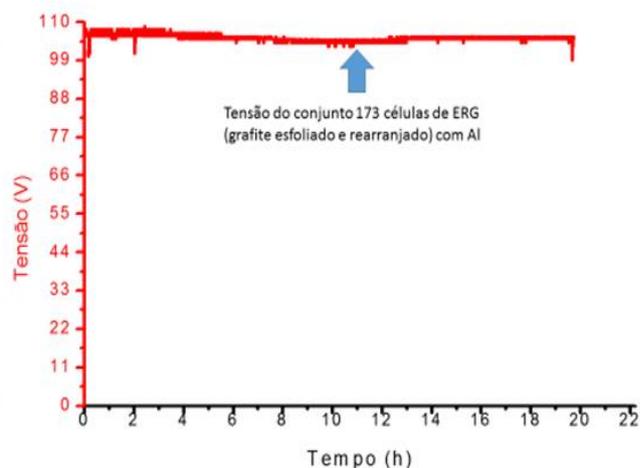


Figura 5: Desempenho do segundo dispositivo gerador

Após ter sido utilizado, o dispositivo foi guardado por mais de 3 meses sem o acréscimo de água às células e quando novamente molhado, ele apresentou um potencial entre 87 V e 85 V.

CONCLUSÕES:

A partir dos resultados apresentados podemos concluir que as células higroelétricas apresentam a propriedade de se associarem em série, somando suas tensões. Também podemos observar que uma bateria produzida por células de higroeletricidade não precisa de um espaço muito grande para o seu funcionamento, pois seu desempenho aumenta com a proximidade entre as células. Ou seja, o espaço no qual ela for produzida deve ser o menor possível.

Com os resultados, também é visível que mesmo depois de muito tempo sem uso, os dispositivos geradores de tensão podem ser reativados de forma fácil e rápida.

Dessa forma, estes dispositivos geradores de tensão são uma opção barata, segura, prática e verde para a alimentação de circuitos elétricos que não precisam de correntes altas, como é o caso dos circuitos de filtros eletrostáticos.

BIBLIOGRAFIA

1. M.E. Kiziroglou, E.M. Yeatman, Materials and techniques for energy harvesting in **Functional Materials for Sustainable Energy Applications** 541-572. Woodhead Publishing Series in Energy. <https://doi.org/10.1533/9780857096371.4.539> (2012).
2. **Potência energética** do Brasil, Wikipédia, a enciclopédia livre, 2022. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Pot%C3%ADtica_energ%C3%A9tica_do_Brasil, acesso em: 04/07/2022.
3. Ducati, T. R. D., Simoes, L. H. & Galembeck, F. **Charge partitioning at gassolid interfaces: Humidity causes electricity buildup on metals**. Langmuir 26, 13763–13766 (2010).

4. Burgo, T. A. de L., Rezende, C. A., Bertazzo, S., Galembeck, A. & Galembeck, F. **Electric potential decay on polyethylene: Role of atmospheric water on electric charge build-up and dissipation.** *J. Electrostat.* 69, 401–409 (2011).
5. Moreira, K. S., Lermen, D., Dos Santos, L. P., Galembeck, F. & Burgo, T. A. L. **Flexible, low-cost and scalable, nanostructured conductive paper-based, efficient hygroelectric generator.** *Energy Environ. Sci.* 14, 353–358 (2021).
6. Lermen, D., Santos, L. P. dos & Galembeck, F. **New Material and New Concepts Improve Hygroelectric Generator Output.** in 5th International Conference on Energy Harvesting, Storage, and Transfer (EHST'21) 124–1 (2021). doi:10.11159/ehst21.124.
7. Dana, C. D. P., Banuzaki, A. S. & Abbas, R. Humidity Potential as Hygroelectric Power in Indonesia : Opportunities and Challenges. in **The 4th Indonesia EBTKE-ConEx Jakarta** 127–130 (2015).
8. Ferreira, E. S., Da Silva, D. S., Burgo, T. A. L., Batista, B. C. & Galembeck, F. **Graphite exfoliation in cellulose solutions.** *Nanoscale* 9, 10219–10226 (2017).
9. Santos, L. P. et al. **Multifunctional coatings of exfoliated and reassembled graphite on cellulosic substrates.** *Faraday Discuss.* 227, 105–124 (2021).