

## PRODUTOS TÊXTEIS COM PROPRIEDADES PIEZOELÉTRICAS PARA APLICAÇÃO EM ENERGIA RENOVÁVEL

Gabriela Maestri<sup>1</sup>

Claudia Merlini<sup>2</sup>

Leonardo Mejia Rincon<sup>3</sup>

Fernanda Steffens<sup>4</sup>

**Tecnologia Ambiental**

### *Resumo*

Fatores como o crescimento populacional, alteração do estilo de vida das pessoas e o próprio desenvolvimento econômico, fizeram com que a demanda energética global se elevasse, chegando em 25,5 PWh em 2017, e as estimativas são de que este valor aumente um terço até 2040. Uma das alternativas para obtenção de energias renováveis são os materiais têxteis com propriedades piezoelétricas, principalmente por combinarem características destes dois grupos, como baixa densidade, resistência mecânica e flexibilidade dos têxteis, com a capacidade de gerar uma resposta elétrica a partir de um estímulo mecânico oferecida pelos piezoelétricos. O objetivo deste trabalho é apresentar de maneira sucinta as possibilidades oferecidas pelo setor têxtil voltadas ao desenvolvimento de materiais piezoelétricos capazes de gerar energia por fontes renováveis. A revisão de literatura foi baseada na metodologia *Methodi Ordinatio*, classificando apenas os artigos atuais e de maior relevância acerca do tema. Verifica-se que muitos são os trabalhos que relatam a introdução de materiais têxteis na geração de produtos para captação de energia renovável. As técnicas de produção também são mencionadas.

Palavras-chave: Materiais Têxteis; Piezoeletricidade; Energia Limpa

---

<sup>1</sup>Aluna do curso de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil (PGETEX), Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Têxtil, [gabriela.maestri@posgrad.ufsc.br](mailto:gabriela.maestri@posgrad.ufsc.br).

<sup>2</sup>Profa. Dra. da Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Engenharia de Materiais, [claudia.merlini@ufsc.br](mailto:claudia.merlini@ufsc.br).

<sup>3</sup>Prof. Dr. da Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento das Engenharias, [leonardo.mejia.rincon@ufsc.br](mailto:leonardo.mejia.rincon@ufsc.br).

<sup>4</sup>Profa. Dra. da Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Engenharia Têxtil, [fernanda.steffens@ufsc.br](mailto:fernanda.steffens@ufsc.br).

## INTRODUÇÃO

O elevado crescimento populacional combinado com o desenvolvimento econômico e alterações no estilo de vida das pessoas desencadeou um aumento do consumo energético (LIU et al., 2020). A geração mundial de eletricidade atingiu 25,5 PWh em 2017, confirmando um aumento de 27% em relação à década anterior, e a estimativa é de que a demanda global de energia se eleve um terço até 2040 (LIU et al., 2020).

Com base nisso, verifica-se um aumento na demanda por recursos energéticos renováveis para o desenvolvimento de um futuro mais sustentável. Dentre as alternativas de recursos energéticos renováveis pode-se mencionar a utilização de ondas oceânicas (a partir de pressão mecânica), energia solar, biomassa, energia geotérmica e eólica (POURBEHZADI et al., 2019).

Materiais com propriedades piezoelétricas também se apresentam como uma alternativa sustentável e promissora como fonte de energia renovável (HWANG; CHOI; KIM, 2019). Estes materiais possuem a capacidade de converter estímulos mecânicos (ondas do mar, vento, movimentos do corpo humano, etc.) em sinais elétricos, e vice-versa (HUANG et al., 2015). Combinado a isso, destacam-se os materiais têxteis, que por apresentarem propriedades como baixa densidade, flexibilidade, boa estabilidade térmica e mecânica, fácil processamento, baixo custo e elevada sensibilidade às alterações externas como temperatura e pressão mecânica, se destacam vantajosamente na escolha entre os materiais para atuarem com efeito piezoelétrico, principalmente quando comparado aos materiais cerâmicos (PONNAMMA et al., 2019). Além disso, os têxteis piezoelétricos permitem a inserção de sensores sem que haja necessidade de uma fonte de energia externa, e assim, têm-se uma economia de recursos.

O desenvolvimento de materiais têxteis com propriedades piezoelétricas apresenta-se como uma alternativa interessante na geração de energia sustentável. Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar uma breve revisão da literatura acerca de materiais com propriedades piezoelétricas produzidos a partir de substratos têxteis com o auxílio da

utilização da metodologia *Methodi Ordinatio*.

## METODOLOGIA

Para a elaboração deste artigo, utilizou-se a metodologia *Methodi Ordinatio*, conhecida por selecionar apenas os artigos mais atuais e relevantes do assunto pesquisado (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015). As buscas foram realizadas nas plataformas *ScienceDirect*, *Web of Knowledge*, *Springer*, *Scielo* e *Scopus*, durante o período de 2015-2020. As palavras-chave utilizadas foram: “*piezoelectric AND textile*”, “*fabric AND piezoelectric*”, “*knitted AND piezoelectric*”, “*cloth\* AND piezoelectric*”, “*woven AND piezoelectric*” e “*yarn AND piezoelectric*”. Foram selecionados apenas artigos de revisão bibliográfica e de pesquisa, excluindo livros, teses, citações e patentes, conforme segue a metodologia *Methodi Ordinatio*. A busca foi realizada em março de 2020.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A indústria têxtil pode promover matéria-prima para o desenvolvimento de materiais piezoelétricos de diversas maneiras, desde fios até reagentes químicos, atuando nos mais diversos produtos, desde o vestuário (*smart clothes*, *wearables*) até geradores de energias renováveis. A Figura 1 representa de maneira esquemática três áreas da indústria têxtil e suas respectivas possibilidades de aplicações com propriedades piezoelétricas no campo de energias renováveis.

Figura 1 – Possibilidades para captação de energia renovável baseada na cadeia têxtil



Conforme ilustrado na Figura 1, os fios mencionados são principalmente obtidos por métodos de fiação por fusão, fiação à seco e à úmido (LUND et al., 2018). As malhas podem ser construídas convencionalmente em teares circulares ou retilíneos, em estruturas convencionais ou mais elaboradas, como *spacer*. Não tecidos aplicados à área de sensores piezoelétricos são geralmente fabricados pelo método de eletrofiação (HUANG et al., 2015). Os tecidos planos citados na Figura 1 constituem-se normalmente em uma estrutura de tafetá, podendo conter fios condutores tanto no sentido da trama como do urdume. A aplicação de *coating* oferece uma camada que modifica o substrato têxtil, e são facilmente introduzidos a partir de equipamentos tradicionais do setor têxtil, como o *foulard*. As estampas são obtidas por estamparia com quadros (manual ou automática) e cilindro.

A partir das tecnologias citadas, verifica-se a grande possibilidade de desenvolvimento de produtos têxteis com propriedades piezoelétricas, contribuindo para a captação e geração de energia limpa, seja para a recarga da bateria de um celular (utilização de um *wearable*); luvas que possibilitam a geração de energia elétrica por meio dos movimentos das mãos e dedos; palmilhas que convertem a pressão mecânica de pisadas em sinais elétricos; bordados localizados estrategicamente para obter resultados elétricos por meio de estímulos mecânicos do corpo; bandeiras piezoelétricas que captam energia a partir do vento; roupas confeccionadas por intermédio de polímeros piezoelétricos que convertem movimentos do corpo em energia elétrica, principalmente durante práticas esportivas; cortinas e tapetes com propriedades piezoelétricas que possibilitam a captação de estímulos mecânicos (vento e pisadas, respectivamente) para geração de energia elétrica, entre outros.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho confirmou a aplicabilidade do uso da metodologia de revisão de literatura *Methodi Ordinatio* para o tema dos materiais piezoelétricos. Evidenciou-se as diferentes possibilidades de obtenção de têxteis com propriedades piezoelétricas para a geração de energia renovável.

## REFERÊNCIAS

- HUANG, T. et al. Human walking-driven wearable all-fiber triboelectric nanogenerator containing electrospun polyvinylidene fluoride piezoelectric nanofibers. **Nano Energy**, v. 14, p. 226–235, 2015.
- HWANG, Y. J.; CHOI, S.; KIM, H. S. Physical Highly flexible all-nonwoven piezoelectric generators based on electrospun poly (vinylidene fluoride). **Sensors & Actuators: A. Physical**, v. 300, p. 111-672, 2019.
- LIU, Y. et al. Globalized energy-water nexus through international trade: The dominant role of non-energy commodities for worldwide energy-related water use. **Science of the Total Environment**, v. 736, p. 139-582, 2020.
- LUND, A. et al. Electrically conducting fibres for e-textiles: An open playground for conjugated polymers and carbon nanomaterials. **Materials Science and Engineering R: Reports**, v. 126, p. 1–29, 2018.
- PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015.
- PONNAMMA, D. et al. Smart and robust electrospun fabrics of piezoelectric polymer nanocomposite for self-powering electronic textiles. **Materials & Design**, v. 184, p. 108-176, 2019.
- POURBEHZADI, M. et al. Optimal operation of hybrid AC/DC microgrids under uncertainty of renewable energy resources: A comprehensive review. **International Journal of Electrical Power and Energy Systems**, v. 109, p. 139–159, 2019.