

## GERAÇÃO DE ENERGIA SUSTENTÁVEL EM PAVIMENTOS DO COLÉGIO MILITAR DE FORTALEZA POR MEIO DA PIEZOELETRICIDADE

**Bruno Cavalcante Mota**

**Suely Helena de Araújo Barroso**

Universidade Federal do Ceará

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes

**Bruno Albuquerque Neto**

**Samuel Goersch Fontenele de Almeida**

**Thiago Frota Maranhão**

**Francisca das Chagas Soares Reis**

Colégio Militar de Fortaleza

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi investigar o potencial e a viabilidade da energia piezoelétrica como uma alternativa de energia limpa para utilização em projetos autossustentáveis de pavimentos. Para tanto, foram abordadas as características e propriedades dos materiais piezoelétricos e proposto o seu uso no Colégio Militar de Fortaleza (CMF) e no Ceará. Para os testes físicos, foi elaborado um tapete piezoelétrico submetido à passagem de alunos e professores do CMF, observando-se que as células acendem com uma maior facilidade quando maior o peso e maior a velocidade utilizada pelos pedestres. Através de um protótipo de revestimento de tratamento superficial foi também possível verificar a eficiência de células piezoelétricas quando utilizadas para iluminação de lâmpadas *leds*.

### 1. OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo geral deste trabalho foi investigar o potencial e a viabilidade da energia piezoelétrica como uma alternativa de energia limpa para utilização em projetos rodoviários autossustentáveis, a partir do desenvolvimento de protótipos para geração de energia piezoelétrica.

### 2. MÉTODO DE PESQUISA

O estudo procurou-se desenvolver uma pesquisa experimental inicial. Assim, o trabalho foi dividido em três etapas. A primeira etapa constou de uma revisão bibliográfica acerca da piezoelectricidade. A segunda etapa foi a de produção de um tapete (ver Figura 1a e 1b), construído com células piezoelétricas, para simular a geração de energia com as passadas dos pedestres e dos veículos, sendo projetado para ser usado em duas áreas do Colégio Militar de Fortaleza (CMF) submetidas a um maior tráfego (a entrada e o estacionamento do colégio).



**Figura 1:** Protótipos elaborados

(a) Tapete piezoelétrico em processo de desenvolvimento. (b) Tapete piezoelétrico desenvolvido. (c) Protótipo de TSD em fase de desenvolvimento. (d) Protótipo de TSD com pressão aplicada.

Na construção desse tapete foram utilizados fios flexíveis 0,32 mm nas cores preta e vermelha, células piezoelétricas de 35 mm, diodos 1N4007, capacitor eletrolítico de 100 uF 50 v, placa de *Medium Density Fiberboard* (MDF), cola de silicone, *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA), ferro de solda e estanho. Já a terceira etapa constou da introdução de células piezoelétricas em corpos de provas, produzidos em laboratório, de revestimentos do tipo Tratamento Superficial Duplo (TSD) conforme apresentado nas Figuras 1c e 1d. Foi executado em uma manta asfáltica circular usada para a realização do ensaio WTAT (*Wet Track Abrasion Test*), normatizado pela ABNT NBR 14746/2014, que vem sendo usada para construção de revestimentos do tipo TSD conforme procedimento recomendado (Silva *et al*, 2018). Na Figura 1 é possível observar os protótipos desenvolvidos

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Transitam pelo CMF, uma média diária de 1032 pessoas que trafegam pelas áreas de maior tráfego. Através de um levantamento métrico constatou-se que as áreas do estacionamento e da entrada do CMF correspondem a 1.500 m<sup>2</sup>. Considerando-se o peso médio de uma pessoa de 70 kg e que seu pé atinja 14 células piezoelétricas por passada, cada uma com capacidade de gerar 0,03 mA, chega-se à conclusão de que 0,42 mA serão gerados, aproximadamente, por passada. Com relação ao aspecto financeiro do projeto, foi verificado através de pesquisas de mercado que o custo para a aquisição de todas as placas piezoelétricas necessárias, cerca de 42.000 unidades, seria de R\$ 126.000,00. Destaque-se que a conta mensal de energia do CMF gira em torno R\$ 25.000,00. Sendo assim, acredita-se que o projeto deve se pagar ao longo do tempo. Com base no protótipo utilizando TSD, foi possível verificar que com a aplicação do rolo compactador houve produção de energia piezoelétrica (ver Figura 1d). A pressão exercida pelo compactador sobre as células foi capaz de acendê-las, gerando ao todo 9 Volts, relativos à soma energética das células piezoelétricas.

### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste primeiro estudo foi possível constatar a possibilidade de utilização da energia piezoelétrica como alternativa de contribuição para a autossustentabilidade do ambiente em que estiver inserida. Em pavimentos, a aplicação de células piezoelétricas é capaz de abastecer elementos na própria via, como iluminação pública e sistemas semafóricos, podendo ainda ser utilizada para fornecer energia elétrica às residências na proximidade da rodovia. Mota (2019) abordou diferentes geometrias de células piezoelétricas e verificou a espessura como a propriedade mais significativa para a resposta elétrica. Contudo, recomenda-se um estudo mais amplo relativo ao material a ser utilizado, principalmente no tangente a geometria e local de instalação no pavimento.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2014) *NBR 14746 – Microrrevestimentos a frio e lama asfáltica — Determinação de perda por abrasão úmida*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- Andriopoulou, S. A. (2012) *Review on energy harvesting from roads*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Infraestrutura Sustentável). Faculdade de Arquitetura, Ciência do Transporte, Estradas e Engenharia Ferroviária, KTH Royal Institute of Technology, Suécia.
- Cigognini, T. A.; Guialis, L.; Mallmann, A. V. F.; Santos, L. G. F.; Gonzatti, S. E. M. (2016) Caminho da energia. *Revista Destaques Acadêmicos*, v. 8, n. 4, p.253-266.
- Mota, B. C. (2019) *O pavimento como instrumento de geração de energia para o desenvolvimento sustentável de cidades inteligentes*. TCC. Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Silva, R. C.; Barroso, S, H. A e Kim, Y. R. (2018) Introdução do coeficiente de uniformidade para avaliação de revestimentos asfálticos do tipo tratamentos superficiais. *Revista Transportes*. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. v. 26, n. 1.