cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Produção de piso gerador de energia constituído por resina e resíduos do mármore Bege Bahia.

Pedro Paulo Cardoso Lima[1], Roberto Carlos Ribeiro[1], Manuella Ribeiro[1] e Cristiane Lima[2].

1.Centro de Tecnologia Mineral – CETEM; 2. Instituto Estadual do Ambiente – INEA

Introdução

A produção e o consumo de rochas ornamentais no Brasil apresentou crescimento notável nas últimas décadas, devido sua utilização em revestimentos externos de prédios, pisos, paredes, mesas, pias, etc. O processo de extração de rochas ornamentais começa nas pedreiras, onde essa rocha é encontrada na sua forma natural. O bloco rochoso é extraído através de cortes realizados com fios diamantados, onde é então levado às serrarias para realização do beneficiamento e geração das chapas finais. Nesse contexto, o Estado da Bahia posiciona-se como o terceiro maior produtor de rochas ornamentais do Brasil, possuindo a mais completa diversidade de cores de rochas do país, que vão desde as suas mais famosas rochas azuis, passando para uma variedade de cores incluindo-se mármores, granitos, arenitos e conglomerados. Destaca-se o calcário conhecido comercialmente como Bege Bahia que é um material abundante na região do rio Salitre.. É identificado como mármore quando, além do padrão estético tão apreciado no Brasil, evidenciam-se as propriedades físicas e tecnológicas do material utilizado como rocha ornamental conhecido como Mármore Bege Bahia. No entanto, desde a lavra ao beneficiamento gera-se uma quantidade significativa de resíduos que ultrapassa 80% sendo um grave problema ambiental que precisa ser mitigado (Vidal, *et al*., 2019; ribeiro 2022).

Objetivo

O objetivo do trabalho foi utilizar cristais piezoelétricos aderidos em rochas formadas por resíduo da lavra do Mármore Bege Bahia, utilizando o microcontrolador Arduino Uno, para geração de energia elétrica devido à pressão exercida pela pisada na rocha.

Metodologia

3.1 Material utilizado

O material utilizado consiste em pastilhas piezoelétricas de diâmetros de 25 e 35mm, um microcontrolador Arduino, periféricos eletrônicos para elaboração dos circuitos - como resistores e fios de cobre, além de uma pedra artificial de Bege Bahia, onde o sistema é acoplado.

3.2 Ensaio da tensão produzida por pastilhas de 25mm e 35mm

O primeiro passo, anterior à montagem dos circuitos, foi avaliar se a diferença em diâmetro das pastilhas piezoelétricas afetava a eficiência para conversão eletromecânica de energia. Para isso, foi montado um esquema de conexão com um osciloscópio e cada pastilha, visando identificar se havia uma relação entre o tamanho da pastilha piezoelétrica e a tensão de pico produzida.

Na ausência de prensa para controlar a pressão aplicada com precisão, foram realizadas 100 medições de tensão para o pisar de um mesmo indivíduo. O número grande de medições teve como objetivo principal reduzir o erro presente na variação de pressão aplicada e tentar obter um resultado médio mais fidedigno para ser feita a comparação.

3.3 Montagem do Circuito

Para fazer a montagem de um circuito que se baseava na emissão de sinal de um piezo para acionar o sistema de iluminação, utilizou-se o microcontrolador Arduino Uno e outros componentes eletrônicos, tais como resistores e fios de cobre. Desse modo, o sinal gerado pelo piezo era enviado ao microcontrolador, que por sua vez foi responsável por analisar esse sinal e posteriormente realizar a alimentação dos LEDs, resultando uma taxa constante de energia capaz de manter as luzes acesa.

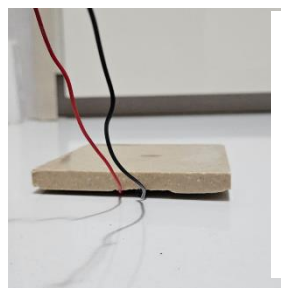
3.4 Software utilizado

Para podermos controlar os diversos pinos digitais e analógicos do Arduino, foi usado o software Vscode para ser escrito um código em C++. Dessa forma, o objetivo do código era ser capaz de interpretar um determinado valor de tensão da pastilha fazendo uso de um limiar de sinal recebido. Assim, pôde-se ter certeza de que a energia recebida não era proveniente de ruídos que poderiam impactar o piezo, mas de uma pisada para de fato ser ativado o circuito de iluminação. Após essa verificação do sinal recebido, os pinos digitais do Arduino iriam energizar os LEDs conectados no terminal do controlador acendendo um de cada vez em um intervalo de 500ms, simulando a utilização do circuito para acendimento das luzes de uma escadaria.

3.5 Protótipo

Montou-se um protótipo do piso contendo o circuito com a quantidade de pastilhas adequadas na parte inferior à medida que as pessoas exercerem uma força normal ao piso o sistema gera o sinal elétrico. Tal circuito foi interligado a uma maquete que representa um sistema de casas onde as lâmpadas se acedem com o estresse mecânico aplicado ao piso material.

Resultados e Discussão



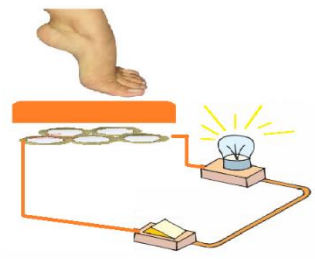


Figura 1: Piso com a pastilha. **Figura 2:** Geração de energia pela força da pisada.

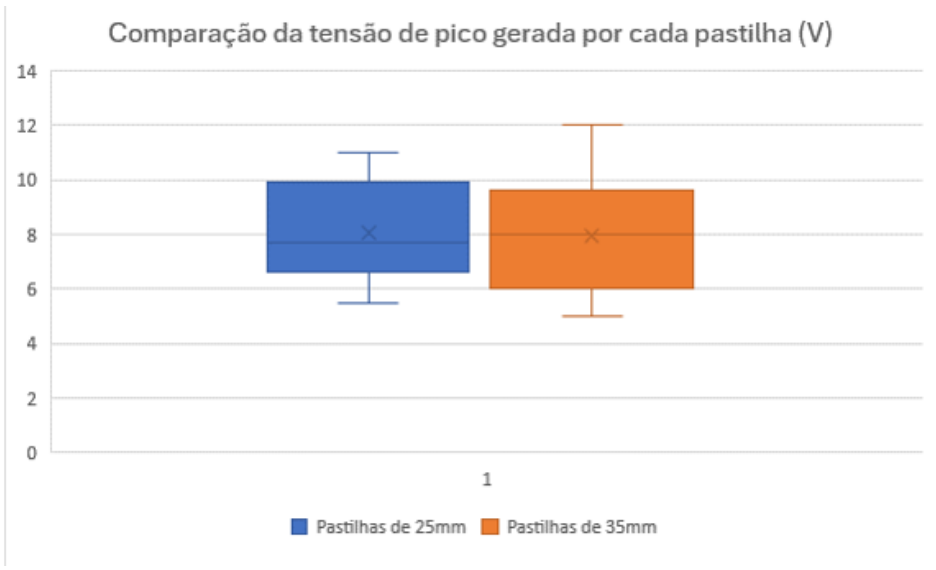


Figura 4: Box-Plot de cada pastilha após medição no osciloscópio



Figura 5: Protótipo da rocha com as pastilhas interligadas na maquete.

Conclusões

Pôde-se concluir a possibilidade de geração de um piso constituído de resíduos de rochas constituído em sua base de pastilhas de 25mm formando um circuito constituído de um microcontrolador e um piezo para enviar um sinal de controle para o LED. Ademais, o sistema eletrônico juntamente com o piso artificial se mostrou funcional para geração de energia, sendo corretamente ativado ao se aplicar pressão normal à pastilha.

Referências

Ribeiro, R. C. C. (2022) Geração de Pisos geradores de energia contendo resíduos do Mármore Bege Bahia, Chamada CNPq/CT- Mineral Nº 28/2022 - PD&I, Gestão e Extensão Tecnológica, Infraestrutura Laboratorial, Capacitação e Formação de RH para Mineração e Transformação Mineral em Micro, Pequena e Média Escala.

Sodano, H. A.; Park, G., Leo, D.L. e Inman, D. J. (2003) Use of piezoelectric energy harvesting devices for charging batteries, inSmart Structures and Materials: Smart Sensor Technologyand Measurement Systems, pp. 101–108, San Diego, California, USA.

KIM, Y. G. (2022) Piezoelectric strain sensor with high sensitivity and high stretchability based on kirigami design cutting. npj Flexible Electronics, v. 6, n. 1.

SAFAEI, M.; SODANO, H. A e ANTON, S. R. (2019) A review of energy harvesting using piezoelectric materials: State-of-the-art a decade later (2008-2018). Smart Materials and Structures, v. 28, n. 11.

VIDAL, F. W. H.; GUERRA, E. A.; ARRAES, T. M.; SILVA, C. F. C. E ; COSTA, J. A. V. ; BEZERRA, F. D. ; SILVA FILHO, R. T. ; BRAGA, T. E. N.; CASTRO, N. F. (2019). Apoio do governo federal ao desenvolvimento tecnológico e à extensão tecnológica para arranjos produtivos locais (APL) de base mineral caso APL de rochas ornamentais.

Agradecimentos: CETEM e INEA.