

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC ITAQUERA II
ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL TÉCNICO EM
EDIFICAÇÕES

APLICAÇÃO DE PASTILHAS TRANSDUTORAS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA
RENOVÁVEL NO CANTEIRO DE OBRAS

GUILHERME OLIVEIRA PORTO DE ARAUJO¹

KAUÊ HENRIQUE DE ARAUJO MOURA²

VINÍCIUS RIAN DA SILVA³

Este Trabalho de Conclusão de Curso, tem por objetivo trazer uma das possíveis aplicações para um novo método de geração de energia elétrica, a piezoeletricidade, que nada mais é do que a conversão da pressão gerada verticalmente sobre placas adaptadas com pastilhas transdutoras em energia elétrica. Esta aplicação supracitada é a construção civil, usando o grande fluxo de pessoas e caminhões nos canteiros de obras para gerar energia elétrica, trazendo para esse contexto: economia, inovação e sustentabilidade.

Palavras-chaves: piezoeletricidade, pastilhas transdutoras, energia elétrica.

This Course Completion Work aims to bring one of the possible applications for a new method of generating electrical energy, piezoelectricity, which is nothing more than the conversion of pressure generated vertically on plates adapted with transducer pads into electricity. This aforementioned application is civil construction, using the large flow of people and trucks at construction sites to generate electrical energy, bringing to this context: economy, innovation and sustainability.

Keywords: piezoelectricity, transducer tablets, electrical energy.

Técnico em Edificações - guilherme.araujo158@etec.sp.gov.br¹

Técnico em Edificações - kaue.moura01@etec.sp.gov.br²

Técnico em Edificações - vinicius.silva1746@etec.sp.gov.br³

1. INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial do século XVIII, o uso de energia elétrica teve um aumento sem precedentes, esse aumento se deu graças às fabricas de pequeno, médio e grande porte, que estavam sendo totalmente industrializadas, com máquinas que consumiam muita energia, toda essa industrialização gerou uma alta necessidade de produção de energia elétrica para suprir a nova e inesperada demanda.

Durante a década de 70, com o ambiente econômico favorável, foi lançado o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) que buscava possibilitar a produção dos principais insumos básicos e a geração de encomendas de equipamentos às indústrias locais. Com isso foram elaborados os projetos de Tucuruí, de Itaipu e da Ferrovia do Aço, além do programa nuclear (Anderson Garcia Silveira, 2017).

Apesar de todos os avanços tecnológicos com novas máquinas e linhas de produção completas, o modo de se gerar a energia que era necessária para atender não só as fábricas que se industrializavam, mas também as cidades que cresciam de maneira demasiada não se modificaram, ao contrário disso, o uso de energias que são produzidas através de combustíveis fósseis como petróleo e gás natural, processos nucleares como os que ocorrem nas usinas nucleares espalhadas principalmente pelos EUA, Europa, Asia e no Brasil nas usinas idealizadas no então II PND já anteriormente citado, Angra I e Angra II, e outros como as termoquímicas que geram toneladas de resíduos da geração energética e são caracterizadas como não renováveis só se intensificou, já que ainda não se tinha conhecimento dos efeitos colaterais causados pelo uso desenfreado dessas fontes de energia não renováveis.

Com o decorrer do tempo, as fontes renováveis de energia elétrica surgiram, como a solar, eólica e principalmente a hídrica, onde, diferente das não renováveis, essas geram energia sem deixar resíduos e se regeneram com o passar do tempo, então passaram a ser utilizadas em todo o mundo para a geração de diferentes tipos de energia (elétrica, térmica, mecânica) e para a produção de biocombustíveis.

Dessa forma, elas são empregadas nas mais diversas atividades humanas, desde a produção industrial até o setor da construção civil (Portal solar, 2023). O consumo de energia elétrica no Brasil nos três primeiros meses de 2023 foi de 68.993 megawatts médios, segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE. O montante representa um aumento de 1,3% na comparação com o mesmo

período do ano passado. Aonde cerca de 33% dessa geração foi consumida pelo setor industrial (CCEE, 2023). Na geração de energias não renováveis podemos citar as usinas nucleares, usinas de combustíveis fósseis e em alguns aspectos as usinas hidroelétricas.

Com isso, notou-se a necessidade de fontes de energias que não agredissem tanto o meio ambiente e os ecossistemas onde as usinas de geração estavam inseridas era de suma importância, logo, surgiram meios de produção de energias limpas, energias que não ocasionavam na degradação do meio ambiente, ou geravam resíduos em larga escala, como se tinha na época das usinas nucleares, que geravam e geram toneladas de lixo radioativo, as usinas hidroelétricas que causavam devastação de ecossistemas inteiros, as usinas de combustíveis fósseis que ocasionam a liberação de uma quantidade imensa de CO₂ na atmosfera, surgindo então as energias renováveis, que já se integram a matriz energética mundial já que a energia eólica e solar atingiram um recorde de 12% da eletricidade global em 2022, e as emissões do setor energético podem ter atingido o pico. (EMBER, 2023)

Com relação aos tipos de produção de energia elétrica, levando em conta as fontes renováveis ou não, chegamos no âmbito da construção civil, um dos principais setores de uma sociedade, sendo um setor que está diretamente ligado no consumo exacerbado de energia elétrica, de acordo com os apontamentos feitos no relatório recém-publicado pela agência climática EMBER. Conforme as estimativas divulgadas no estudo, 2023 seria o primeiro ano fora de um período de recessão global ou pandemia a registrar queda no uso de carvão, petróleo e gás para gerar eletricidade (Malgorzata Wiatros-Motyka, 2023).

No tocante ao consumo de energia elétrica por meio de fontes não renováveis durante os mais de 160 anos após a revolução industrial, chegamos nos dias atuais, no qual ainda se vê o uso majoritário deste tipo de energia, entretanto, já é observada uma grande ação e preocupação sobre a eletricidade utilizada para o funcionamento do setor da construção civil. Desde a descoberta da energia elétrica a construção civil sempre esteve ligada a esse setor, por se tratar de um dos pilares do desenvolvimento das metrópoles, também é um setor que consome energia em larga escala, porém é um setor que vem demonstrando comprometimento em fazer uso de energias renováveis.

Dessa forma, torna-se fundamental buscar constantemente novas formas de inovação. No contexto mencionado, que diz respeito à energia renovável na construção civil, podemos explorar uma modalidade de geração energética emergente: a piezoelectricidade. Esse termo refere-se à produção de energia elétrica por meio do efeito piezoelétrico, o qual ocorre quando uma pressão mecânica é aplicada a um material com essa propriedade, resultando na geração de corrente elétrica (Antonio Acaian Oliveira de Sousa; Simone da Silva Ferreira; Vívian Régia Silva de Oliveira; Amanda dos Reis Vasconcelos; André Luiz Melo Camelo).

Considerando a existência desse projeto, é crucial aprimorá-lo e direcioná-lo para uma aplicação específica. Nesse caso, a construção civil surge como um campo promissor, uma vez que, como mencionado anteriormente, essa área demanda consideravelmente energia e, muitas vezes, recorre a fontes não renováveis e poluentes.

2. JUSTIFICATIVA

Na construção civil, a adoção de pisos elétricos para a geração de energia em canteiros de obras surge como uma alternativa promissora. Locais como esses, devido à vasta extensão de piso disponível, oferecem a oportunidade de gerar eletricidade de maneira limpa, econômica e sustentável, “A energia renovável é energia que é derivada de uma fonte que é reabastecida continuamente, como o sol, o rio, o vento ou a energia térmica dos oceanos do mundo” (MANYIKA et al., 2013, p. 138).

A eficácia desse método é evidente ao considerar o fluxo constante de operários e caminhões de carga, pois a intensidade do uso está diretamente ligada à quantidade de eletricidade gerada pelo equipamento.

A tecnologia em questão, o piezoelétrico, não só promove a sustentabilidade e a redução de emissões de gases de efeito estufa, mas também representa uma economia significativa nos custos de energia elétrica. Isso se deve à capacidade do sistema de gerar eletricidade de maneira eficiente, aproveitando tanto o trânsito de pessoas sobre o piso quanto a passagem de veículos.

A implementação dessa tecnologia não apenas contribuirá para o desenvolvimento sustentável na construção civil, mas também terá um impacto notável neste contexto, impulsionando práticas mais eficientes e conscientes em termos energéticos. A aplicação da piezoeletricidade apresenta-se como uma perspectiva inovadora e crucial para enfrentar desafios contemporâneos relacionados ao consumo de energia e à sustentabilidade ambiental.

3. OBJETIVOS

3.1. GERAL

Estudar a viabilidade técnica e econômica da implantação de pisos elétricos para a geração de energia elétrica renovável em canteiro de obras.

3.2. ESPECÍFICOS

Realizar um estudo de caso em um canteiro de obras para avaliar a eficiência e a rentabilidade da geração de energia elétrica por meio de pastilhas transdutoras;

Verificar a melhor localização dentro do canteiro para alocar as pastilhas da melhor forma, tendo em vista o fluxo de pessoas e veículos, para que se produza o máximo possível de energia elétrica;

Melhorar o sistema elétrico dentro de uma obra, de forma eficiente, com uso de energia renovável, e conseqüentemente uma boa economia.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

O histórico do desenvolvimento da energia elétrica no Brasil, como detalhado pelas informações da Companhia Mineira de Eletricidade (CEMIG) e no site Memória da Eletricidade, reflete uma trajetória notável desde o século XIX. A construção da primeira usina hidrelétrica em Diamantina, no ano de 1883, marcou o início de uma era que transformaria significativamente o cenário energético do país. Ao converter a energia potencial das águas do Ribeirão do Inferno, essa usina representou um marco pioneiro na história da geração de energia elétrica no Brasil.

A introdução da luz elétrica no Brasil, sob a concessão dada por D. Pedro II a Thomas Edison no mesmo ano, inaugurou o primeiro serviço público municipal de energia elétrica em Campos. Antes disso, instalações isoladas, como a iluminação permanente da Estação Central da Estrada de Ferro Dom Pedro II em 1879 e um trecho iluminado da Praça da República em 1881, já indicavam o potencial e a expansão dessa revolucionária forma de energia.

Em 1889, a entrada em operação da hidrelétrica Marmelos-Zero, localizada em Juiz de Fora, consolidou-se como a primeira grande usina hidrelétrica no Brasil, evidenciando o crescimento e a importância do setor elétrico no país, "A utilização de combustíveis fósseis é considerada como causa de grande parte das emissões antropogênicas de gases de efeito estufa" (ENERGIAS, 2012).

No contexto atual, a crescente demanda por fontes de energia limpa e sustentável impulsiona a pesquisa e desenvolvimento de diversas tecnologias. Nesse cenário, o piezoelétrico destaca-se como uma solução promissora devido ao seu baixo custo e versatilidade de uso.

"A disponibilidade das fontes de energia renovável depende do local e da quantidade de energia disponível, assim como da capacidade de explorar esse recurso. (Frederico Fábio Mauad, .2017). A citação de Frederico Fábio Mauad ressalta a importância de considerar a disponibilidade das fontes de energia renovável, indicando que a eficiência dessas tecnologias está intrinsecamente ligada à localização e à capacidade de explorar os recursos disponíveis. Essa conscientização torna-se fundamental à medida que a sociedade busca soluções energéticas mais sustentáveis e eficientes. O legado histórico da eletrificação no Brasil se conecta,

assim, à inovação contemporânea em direção a práticas mais sustentáveis no setor energético.

As pastilhas transdutoras piezoelétricas ganham destaque, especialmente em canteiros de obra, devido à sua eficiência relativamente alta. Essas pastilhas convertem movimentos mecânicos, como vibrações, em eletricidade de forma direta e eficaz, minimizando as perdas no processo.

Segundo o blog Electricity-magnetism.org “Apesar do grande potencial, existem desafios na utilização de materiais piezoelétricos. A eficiência na conversão de energia nem sempre é ideal e pode ser influenciada por fatores como temperatura e frequência. Além disso, a produção de dispositivos piezoelétricos em grande escala ainda é um desafio devido à complexidade dos processos de fabricação e ao custo dos materiais”.

No entanto, desafios como a eficiência variável, impactada por fatores como temperatura e frequência, e a complexidade na produção em larga escala ressaltam a necessidade de superar obstáculos para efetivamente integrar essas inovações. Assim, o legado histórico da eletrificação no Brasil converge com os esforços contemporâneos em direção a práticas mais sustentáveis no setor energético, delineando um caminho desafiador, mas promissor, para o futuro da matriz energética brasileira.

5. METODOLOGIA

Na metodologia científica, o termo "protótipo" refere-se a um estágio inicial ou versão preliminar de um objeto, sistema ou experimento desenvolvido para avaliar a viabilidade, funcionalidade e eficácia de uma ideia ou conceito específico. Essa representação tangível desempenha um papel crucial ao permitir que pesquisadores, engenheiros e cientistas visualizem e avaliem aspectos práticos de suas propostas antes da implementação completa.

5.1. MATERIAIS E MÉTODOS

Durante o desenvolvimento das pesquisas, foram utilizados os mais diversos meios, para obter-se então, os resultados que hoje estão sendo apresentados, durante a fase preliminar do estudo transamos um plano de ação para deixar claro quais etapas deveríamos seguir, e o que poderíamos fazer em caso de erro ou incongruências em quaisquer que fossem as etapas previstas e que já estivessem sendo submetidas.

Dentre as fases do desenvolvimento deste artigo, o plano de ação foi intensamente utilizado e modificado com o passar das etapas, tendo sido concebida, portanto, a metodologia final como entrevista online via Google Forms.

5.2. COLETA DE DADOS

Com o eixo da metodologia já estabelecido, passamos então a promover a coleta dos dados necessários para dar continuidade ao projeto, que por fim ficou estabelecida a seguinte ordem:

- Pesquisa online;
- Busca por dados atuais e de fontes confiáveis;
- Desenvolvimento de uma entrevista online via Google Forms;
- Busca por profissionais qualificados a responderem a entrevista;
- Confirmação da entrevista;
- Análise e conferência dos dados obtidos com as respostas da pesquisa;
- Aplicação dos dados coletados;

- Desenvolvimento conclusivo do artigo científico.

5.3. ETAPAS DO ESTUDO

Desenvolvimento do Protótipo: Projeto e construção do protótipo de pastilhas transdutoras sustentáveis com base nas melhores práticas identificadas na revisão bibliográfica. Testes laboratoriais para verificar o desempenho elétrico e a segurança do protótipo.

Avaliação do Protótipo: Realização de testes práticos no protótipo na ETEC Itaquera II, aproveitando o fluxo de alunos e incluindo medições de consumo de energia sustentável. Coleta de dados experimentais e análise estatística.

Pesquisa de Campo: Identificação de locais de aplicação do protótipo por meio de entrevista com arquiteta trabalhando em campo. Instalação do protótipo em locais com um alto fluxo. Coleta de feedback de usuários sobre a experiência de uso.

Análise de Dados: Análise dos dados coletados na pesquisa de campo.

Discussão: Interpretação dos resultados e discussão de suas implicações. Avaliação das limitações do estudo.

Conclusão: Resumo dos principais achados da pesquisa. Destaque das contribuições e relevância do estudo.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da entrevista virtual realizada com a arquiteta Nathalia de Santi, constatamos o alto custo com energia elétrica no canteiro de uma obra onde a Nathalia era responsável técnica:

Figura 1: Questão com resposta de Nathalia de Santi.

Endereço da obra relatada:

1 resposta

Parque Shopping Anhanguera

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A visita técnica da obra está localizada no Parque Shopping Anhanguera conforme figura 1. Ao longo desta visita, foi possível explorar de perto os aspectos técnicos e estruturais que tornam essa obra única, além de compreender os desafios e soluções pela equipe responsável.

Figura 2: Questão com resposta de Nathalia de Santi.

Como é a movimentação da obra? É uma obra de pequeno, médio ou grande porte?

1 resposta

Médio porte

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 3: Questão com resposta de Nathalia de Santi.

Quantos funcionários trabalham na obra?

1 resposta

65

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Conforme as figuras 2 e 3, a obra relatada é uma obra de médio porte que conta com 65 funcionários.

Figura 4: Questão com resposta de Nathalia de Santi.

Quais os maquinários que estão diariamente na obra? Como é a circulação deles?

1 resposta

Martelete, PTA, serra, entre outros

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

De acordo com a figura 4, os trabalhadores da obra em questão fazem uso de alguns maquinários, pode-se observar que dentre os citados, o martelete e a serra demandam do uso de energia elétrica, o que contribui para elevar os gastos.

Figura 5: Questão com resposta de Nathalia de Santi.

Em média, quantos caminhões (carga e descarga) transitam pela obra diariamente?

1 resposta

02 a 03

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Conforme figura 5, é uma obra que apresenta um bom potencial energético com o uso da piezoelectricidade, pois tem um alto fluxo de caminhões de carga e descarga diariamente.

Figura 6: Questão com resposta de Nathalia de Santi.

Qual é o gasto médio com energia elétrica mensalmente no canteiro de obras?

1 resposta

494Kw/h

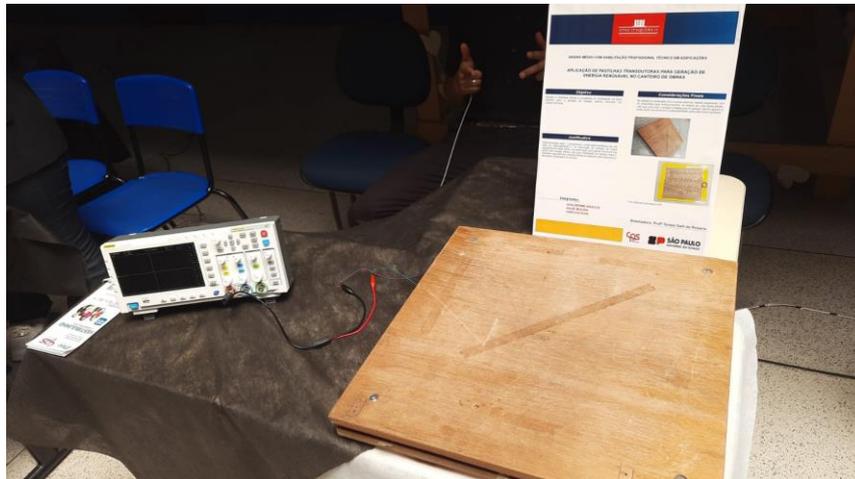
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Conforme figura 6, a obra relatada apresentou um gasto mensal de 494Kw/h, que significa, em média, R\$420,00. Considerando que essa obra tenha durado 10 meses, o gasto com energia elétrica nesse tempo girou em torno de R\$4200,00, um valor significativo que poderia ter sido melhor aproveitado.

6.1. USO DE PIEZOELETRECIDADE EM OBRA

Na semana de tecnologia, evento realizado na ETEC Itaquera II foram feitos alguns testes com o protótipo de placa piezoelétrica conforme exposto na figura 7, esse evento se deu em um sábado, dia 11 de novembro de 2023, e foi aberto ao público. Os testes puderam ser feitos com os próprios espectadores que passavam pelo estande, com os valores sendo contabilizados no osciloscópio. Em dados momentos, os experimentos eram feitos sobre a mesa, pressionando a placa com as mãos, em outros, a placa era colocada no chão, e os testes eram feitos com o caminhar dos voluntários.

Figura 7: Estande do grupo na feira tecnológica realizada na ETEC Itaquera II.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Nos testes realizados com o protótipo, foi constatado que, uma pessoa de em aproximadamente 80kg, gerava, por pisada na placa, em média, 8 volts. Fazendo um cálculo básico, pode-se ver que um caminhão gera de 150 a 600 volts (150 se considerarmos uma placa a cada pneu do caminhão) por passagem em uma placa piezoelétrica. Com isso, pode-se ver que a piezoeletricidade aparece como uma ótima

alternativa com um bom potencial energético para geração de energia limpa em canteiro de obras.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de piezoelétricos nos canteiros de obras revela-se uma perspectiva promissora para alcançar economias consideráveis na construção em questão. No tocante ao armazenamento da energia gerada, conforme destacado por Sakamoto, a resposta para superar a inviabilidade dos capacitores mencionados acima pode residir mais uma vez na nanotecnologia. “A solução ideal seria o desenvolvimento de outro nanomaterial com a capacidade fundamental de acumular certa quantidade de energia em um espaço reduzido”, afirma. Sakamoto e Maria Aparecida, membros do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Materiais em Nanotecnologia (INCTMN) sediados em Araraquara, financiados pela FAPESP e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

É plausível afirmar, então, que a piezoelectricidade surge como uma alternativa robusta para a geração futura de energia elétrica, aplicável em diversos contextos, desde que a questão do armazenamento dessa energia seja planejada. Sem dúvida, esse método de geração de energia tem o potencial de figurar entre os principais do mundo, uma vez que o problema de armazenamento seja superado.

No âmbito da construção civil, mesmo diante dos desafios relacionados ao armazenamento, os pisos elétricos demonstram ser uma escolha notável. A capacidade de utilizar a energia conforme é gerada, aliada aos benefícios econômicos e sustentáveis que proporcionam, torna-os uma opção atrativa para qualquer aplicação.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, Ricardo. **Sustentabilidade na construção civil – redução no consumo de energia elétrica.v.1n.1enaproc,2016.**

INTROVINI, Gabriel. **Análise da geração de resíduos sólidos e do consumo de água e de energia elétrica em três obras de construção civil de uma construtora em campo mourão.** Universidade tecnológica federal do paraná: riut,2019.

CLEMENTE, Rafael. **Geração de energia através de piezoeletricidade.** Goiás: Universidade evangélica de Goiás, repositório educacional, 2018.

PEREIRA, A.H.A. **Cerâmicas piezoelétricas: funcionamento e propriedades.** atcp engenharia física, 2010.

ANTUNES, Evelise de godoy; sousa, maíra nunes de; schertel, marina neubauer da costa. **Piso que transforma energia mecânica em eletricidade.** 2014. universidade federal do rio grande do Sul –ufrgs.

FREITAS, Ricardo Luiz Barros. **Fabricação, caracterização e aplicações do compósito pzt/pvdf.** 2012. 124 f. Tese (doutorado) - Área de Conhecimento: Automação, Universidade Estadual Paulista.

GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DE MATERIAIS PIEZOELÉTRICOS, Antônio Ramos Perlingeiro Gilberto Maia Pimenta Salviano Evaristo da Silva.

NBR 14039 – **Instalação elétricas de média tensão de 1KV a 36,2 KV.** Rio de Janeiro, ABNT – Associação brasileira de normas técnicas, 2003.

NBR 16690 – **Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de Projeto.** Rio de Janeiro, ABNT – Associação brasileira de normas técnicas, 2019.

