

ARTIGO CIENTÍFICO

LOMBADA GERADORA DE ENERGIA ELÉTRICA

SPEED BUMP ELECTRIC POWER GENERATOR

Autores: Guilherme Alves Chaves Fialho ¹

Vitor Nogueira ²

Wendel Benjamim da Silva ³

RESUMO

FIALHO, G, A, C; NOGUEIRA, V; SILVA, W, B. **Lombada Geradora de Energia Elétrica**. 2022. 57 páginas. Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. Barra Mansa, RJ, 2022.

Nos dias atuais, a energia elétrica é gerada de maneira consistente para prover um número determinado da demanda de consumidores e, após de ser produzida, ela é transmitida em tempo real pelas redes de distribuição. Devido a presença de situações e uma necessidade de alta demanda energética e pela procura por energias alternativas, busca-se, através deste projeto, evidenciar a possibilidade ou não de implantação de uma possível fonte de energia alternativa que consiga ser encontrada em ambientes públicos e privados, sendo esta, que provém da movimentação cotidiana de pessoas ou veículos e além de estabelecer uma ideia sustentável, procura reduzir os custos com a energia elétrica convencional, possibilitando atender a alta demanda energética.

Graduando em Engenharia Elétrica pela UBM¹

Graduando em Engenharia Elétrica pela UBM²

Graduando em Engenharia Elétrica pela UBM³



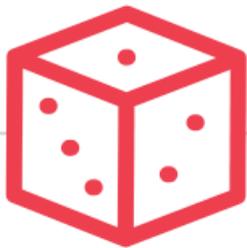
O armazenamento de energia pode ser estabelecido como a captura de energia normalmente armazenada em um dispositivo denominado acumulador ou comumente chamado de bateria. É possível gerar energia de diferentes maneiras, dentre elas, o potencial químico, radiação solar, potencial gravitacional, potencial hidráulico, temperaturas elevadas, calor latente e por fim através da energia cinética. Uma lombada piezoelétrica capaz de gerar eletricidade ao passar de um automóvel, é um bom exemplo de sistema de conversão de energia mecânica em energia elétrica. Ela pretende se tornar uma alternativa viável para alimentar uma rede de iluminação com a energia gerada. De forma resumida, consiste em um dispositivo integrado no calçamento, que capta a energia mecânica da passagem de um veículo, e transforma em eletricidade através do uso da piezoelectricidade. Este trabalho mostra um estudo sobre a viabilidade da geração de energia sustentável através das células piezoelétricas.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Energia Piezoelétrica; Energia Renovável; Meio Ambiente; Geração Elétrica.

Abstract

FIALHO, G, A, C; NOGUEIRA, V; SILVA, W, B. **SpeedBump Electric Power Generator**. 2022. 57 pages. ElectricalEngineering – Centro Universitário de Barra Mansa. Barra Mansa, RJ, 2022.

Nowadays, electricity is consistently generated to provide a certain number of consumer demand and after being produced, it is transmitted in real time by distribution networks. Due to the presence of situations and a necessity for high energy demand and the search for alternative energies, it seeks, through this project, to highlight the possibility or not of implementing a possible alternative energy source that can be found in public and private environments, which comes from the daily movement of people or vehicles and in addition to establishing a sustainable idea, search for reduce costs with conventional electricity, enabling high energy demand to be met. Energy storage can be established as the capture of energy normally stored



in a device called accumulator or commonly called a battery. It's possible to generate energy in different ways, including chemical potential, solar radiation, gravitational potential, hydraulic potential, high temperatures, latent heat and finally through kinetic energy. A speed bump capable of generating electricity when passing a car, it is a good example of system of conversion of mechanical energy into electrical energy. It aims to become a viable alternative to power a lighting network with the energy generated. Briefly, it consists of a device integrated in the pavement, which captures the mechanical energy of the passage of a vehicle and transforms into electricity using piezoelectricity. This work shows a study on the feasibility of generating sustainable energy through piezoelectric cells.

Keywords: Sustainability; Piezoelectric Energy; Renewable Energy; Environment; Electric Generation

Data de Submissão:

Data de Aprovação: 30/06/2022

1 INTRODUÇÃO

1.1 DELINEAMENTO DO PROBLEMA

Nos dias atuais, a energia elétrica é gerada de maneira consistente para prover um número determinado da demanda de consumidores e, após de ser produzida, ela é transmitida em tempo real pelas redes de distribuição. Este projeto apresenta-se de forma flexível como alternativa ao uso de eletricidade. Diante dos resultados encontrados, buscou-se demonstrar as vantagens da pesquisa de geração de energia através de lombadas diante das outras fontes de energia mais utilizadas no Brasil e no mundo. No entanto, a implementação da lombada será muito eficaz, pois proporcionará vantagens em relação às lombadas convencionais. A criação deste novo modelo de redutor de velocidade não visará apenas a segurança no trânsito, mas também o uso geral, beneficiando os municípios e a economia por meio da iluminação pública.



1.2 OBJETIVO GERAL

Propor a geração de energia para utilização em iluminação pública através da substituição ou criação de lombadas capazes de gerar energia elétrica utilizando de células piezoelétricas.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Tipos de Geração de Energia
- Células Piezelétricas
- Retificadores
- Filtros Capacitivos
- Inversores de Frequência
- Baterias
- Luminárias de Iluminação Publica

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 PROPOSTA DE MODIFICAÇÃO

Em momento em que as soluções simples são capazes de estabelecer melhorias coletivas, foi necessária a realização de análises voltadas para as situações cotidianas com o intuito de procurar formas eficazes e inovadoras de sanar os problemas na geração e no fornecimento de energia já mencionados no capítulo anterior, visando a não degradação do meio ambiente.

Obter o conhecimento das propriedades, aplicações e limitações dos principais materiais piezoelétricos comerciais é de fundamental importância já que permite a escolha do material mais adequado para cada tipo de projeto. Onde o principal obstáculo encontrado na conversão de energia mecânica em elétrica



através da piezoelectricidade é que a potência gerada ainda é relativamente baixa, sendo necessário o uso de baterias para o armazenamento de energia.

Quadro 1 – Vantagens e Desvantagens do sistema Piezoelétrico

Sistema	Vantagens	Desvantagens
Piezoelétrico	<ul style="list-style-type: none">– Independente de fatores ambientais específicos;– Aproveitamento da energia mecânica desperdiçada;– Sem riscos de alta tensão e queda ao realizar manutenção	<ul style="list-style-type: none">– Baixa produção e energia;– Necessidade de elevado número de sensores para produzir energia apreciável;– Dependente do tráfego automóvel e respectivos pesos;– Manutenção complexa

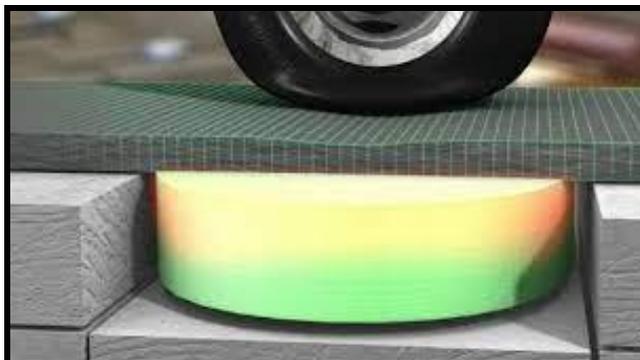
Fonte: Autoria própria

O estudo da viabilidade da geração de energia através das células piezoelétricas também visa sanar os problemas com a escassez hídrica que aumenta os preços da energia elétrica fornecida ao consumidor.

Os materiais piezoelétricos necessitam ser capazes de se deformarem e voltarem ao seu estado inicial depois de cessado o estímulo, precisando de meios para aumentar sua durabilidade como o acrescentamento de polímeros e partículas manométricas já que os materiais com o tempo perdem a maleabilidade devido ao seu uso. Tendo isso em vista, algumas empresas e pesquisadores desenvolveram mecanismos para gerar energia por meio da piezoelectricidade de forma mais eficaz e com custos menores.



Figura 1 - Deformação vertical associada e sensor piezoelétrico



Fonte:Innowattech(2010 apud Santos, 2014).

A Innowattech é uma empresa privada localizada em Ra'anana (Israel) com instalações de pesquisa no Instituto de Tecnologia de Israel, Technion, é especializada no desenvolvimento de geradores piezoelétricos, a companhia desenvolveu um novo sistema de energia alternativa capaz de absorver a energia mecânica dos veículos que passam nas rodovias e transforma em eletricidade, os chamados Geradores Piezoelétricos Innowattech (IPEG).

A empresa Innowattech realizou projeto-piloto, no ano de 2010, em um trajeto de 10 metros de comprimento da estrada, que utilizou geradores piezoelétricos de 5,5 cm de espessura e embutidos na camada compacta do asfalto, a 6 cm do nível superior da estrada conforme as Figuras 19 e 20.

Figura 2- Preparação do asfalto



Fonte:Innowattech (2010 apudPerlingeiro, A. et al, 2016)



Figura 3 - Aplicação do sistema piezo no trecho

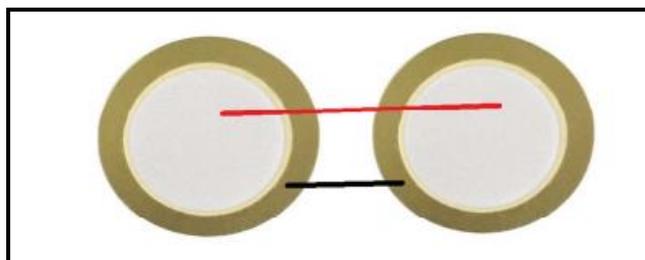


Fonte: Innowattech (2010 apud Perlingeiro, A. et al, 2016)

Após os testes realizados foi possível obter a produção de 1 kWh, derivado do conjunto das duas colunas de 10 m cada, com os respectivos geradores instalados. Levou-se em consideração a frequência e a velocidade de caminhões que passaram no trajeto (1000 caminhões por hora com velocidade média de 72 km/hora) e as condições físicas da estrada, pois ela também pode influenciar diretamente na compressão e expansão do material.

Já outro projeto realizado por Gomes, A. L. (2015) utilizou-se uma ligação em paralelo dos discos piezoelétricos, já que na ligação em paralelo obtém-se uma maior corrente, que por sua vez é mais vantajoso para o armazenamento de energia na bateria proposta.

Figura 4 - Associação em paralelo de transdutores piezoelétricos

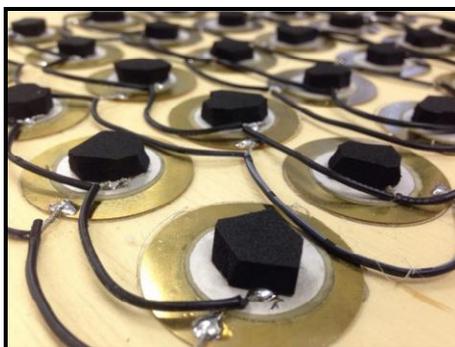


Fonte: Gomes, A. L. (2015)



A Figura 21 demonstra uma associação em paralelo de transdutores piezoelétricos, aonde polo negativo de um transdutor vai ao polo negativo de outro, e por sua vez o mesmo com os polos positivos um para o outro. Neste projeto realizado por Gomes, A. L. (2015), também foi confeccionado uma plataforma de madeira para a realização do experimento com os transdutores piezoelétricos associados em paralelo.

Figura 5 - Discos piezoelétricos na plataforma



Fonte: Gomes, A. L. (2015)

O projeto apresenta medições realizadas a partir de uma determinada pressão exercida sobre os discos piezoelétricos na plataforma, proporcionando assim uma tensão, corrente e potência de saída específica para cada pressão realizada.

Tabela 1 - Energia gerada pelos discos piezoelétricos

Pressão (KG)	Tensão (V)	Corrente (mA)	Potência (W)
4	3,63	12	0,04356
6	3,91	17	0,06647
8	4,0	20	0,08
10	4,31	23	0,09913
12	4,66	35	0,1631
15	4,96	42	0,20832
20	5,35	67	0,35845
22	5,57	80	0,4456
25	6,0	91	0,546
50	6,4	169	1,0816
92	6,82	223	1,52086

Fonte: Gomes, A. L. (2015)



Os dados da Tabela 1 foram obtidos a partir de um protótipo em pequena escala como já foi demonstrado anteriormente, com a utilização de 30 discos piezoelétricos, visando uma aplicação em larga escala, tendo como foco o estudo da aplicação do piezo no armazenamento de energia para a iluminação pública, foi possível a projeção de um projeto 140 vezes maior, com a utilização de 4200 discos no total. Nesta aplicação da tabela 2 abaixo foram feitos os cálculos abaixo e será utilizada a mesma pressão de uma passada de 92 kg, tendo 2100 transdutores piezoelétricos ligados paralelamente entre si e a tensão gerada é a mesma por 30 transdutores e a corrente aumentará proporcionalmente devido ao seu somatório.

Os 2100 transdutores piezoelétricos representam o projeto 70 vezes maior, a metade do que pretendemos, sendo assim teremos:

$$I_{2100} = (223 \times 10^{-3}) \times 70 = 15,61 A$$

Para determinar a nova Potência:

$$P = 15,61 \times 6,82 = 106,46W$$

Tabela 2 – Comparativo da energia gerada pelos 2100 discos piezoelétricos

Nº de transdutores	Pressão (KG)	Tensão (Volts)	Corrente	Potência (W)
30	92	6,82	223mA	1,52086
2100	92	6,82	15,61A	106,46

Fonte: Autoria própria

Para proporcionar uma maior tensão ao sistema foram feitos os cálculos abaixo e conforme a tabela 3, um segundo conjunto de 2100 transdutores piezoelétricos ligados paralelamente entre si, será interligado em serie com o primeiro conjunto, mantendo a corrente e dobrando o valor da tensão. Somando



assim os 4200 transdutores piezoelétricos necessários para o projeto em uma escala 140 vezes maior.

Dobrando o valor da tensão, teremos:

$$V_{4200} = 6,82 \times 2 = 13,64V$$

Para determinar a nova Potência:

$$P = 15,61 \times 13,64 = 212,92W$$

Tabela 3 - Comparativo da energia gerada pelos 4200 discos piezoelétricos

Nº de transdutores	Pressão (KG)	Tensão (V)	Corrente	Potência (W)
30	92	6,82	223mA	1,52086
4200	92	13,64	15,61A	212,92

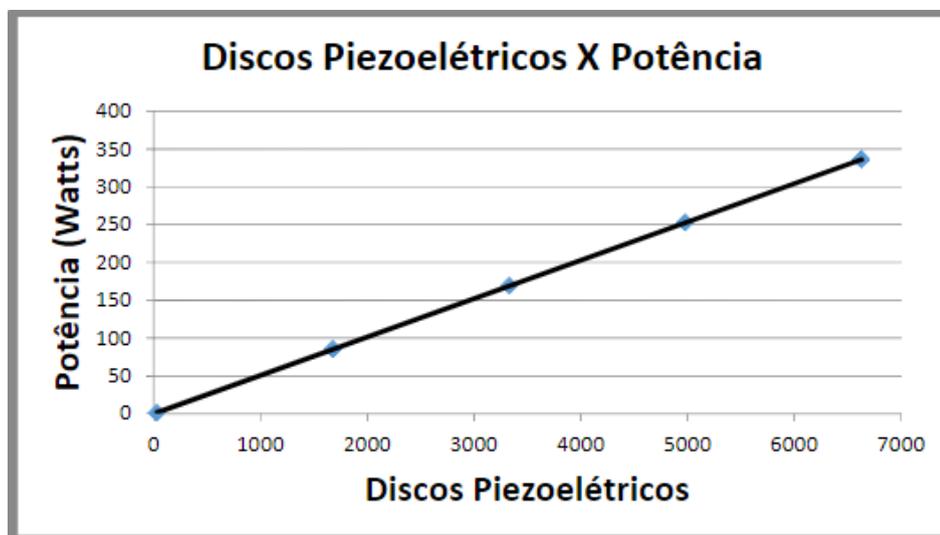
Fonte: Autoria própria

Tendo os 30 discos submetidos a uma mesma pressão de 92 kg é possível gerar 223 miliamperes como foi demonstrado na tabela 1, visando a projeção 140 vezes maior sob a mesma pressão poderíamos ter uma corrente aproximadamente de 15,61A e uma tensão de 13,64V, sendo assim teremos aproximadamente 212,92W de potência.

Para uma melhor elucidação dos projetos em grande escala pelo aumento do número dos discos piezoelétricos, Gomes, A. L. (2015) demonstrou em seu projeto um gráfico com tal relação existente entre a potência x número de discos piezoelétricos.



Figura 6 - Potência dos discos piezoelétricos X Quantidade de discos



Fonte: Gomes, A. L. (2015)

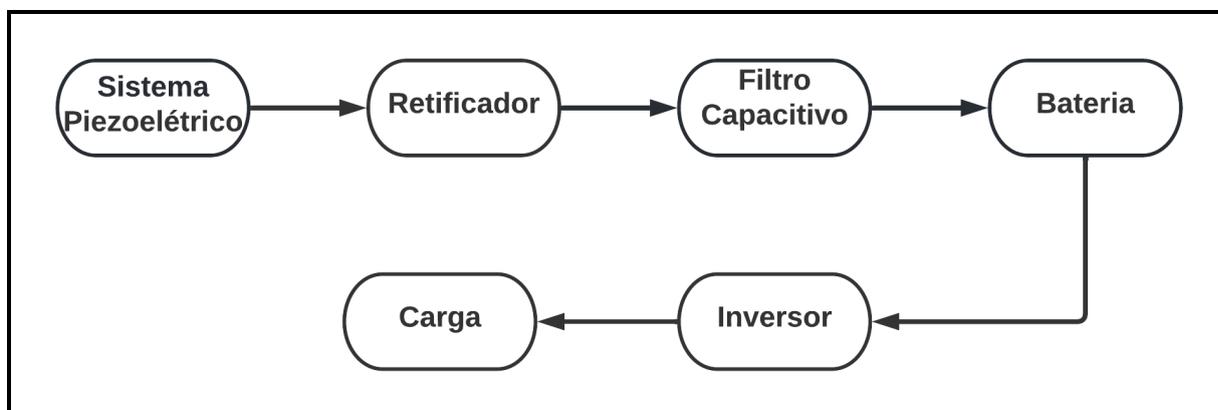
Ao analisar o gráfico da Figura 23, percebe-se a possibilidade de se gerar energia ainda em escalas maiores visando outras aplicações, o cenário hipotético que propomos é o armazenamento da energia em uma bateria para que esta por sua vez forneça alimentação para luminárias públicas, podendo assim, diminuir significativamente a dependência das concessionárias de energia elétrica, dar mais segurança e estabilidade no fornecimento de energia para iluminação pública e por último mas não menos importante, geraria uma grande economia de energia.

2.2–Funcionamento do sistema

Através de análises foi possível observar a necessidade de reaproveitar algo já utilizável no cotidiano para atender uma demanda que em muitas avenidas, estacionamentos e empresas se encontram ausentes, que é uma iluminação de qualidade. A figura abaixo mostra o esquema geral do sistema proposto.



Figura 7 – Diagrama em blocos



Fonte: Autoria própria

O sistema piezoelétrico consiste em tapetes de um material piezoelétrico embutidos no asfalto de um determinado trajeto, com o devido tratamento mecânico para que os elementos conversores de energia mecânica em elétrica consigam suportar determinadas cargas sobre eles.

O retificador tem a função de transformar o sinal de pulsos de corrente alternada CA gerado pela passagem dos veículos no tapete piezoelétrico em um sinal de corrente contínua CC, necessária para a carga da bateria.

O filtro capacitivo tem a finalidade de reduzir variações de tensão, nivelando também o sinal e eliminando as distorções e oscilações de tensão do sinal retificado, ou seja, quaisquer causadores de interferências em um circuito, o filtro capacitivo será responsável por deixar a rede elétrica mais harmônica.

A bateria por sua vez tem a função de realizar o armazenamento de energia, visando fornecê-la para o sistema nos momentos de ociosidade onde o fluxo de carros esteja reduzido ou inexistente. O inversor tem a importante função de converter a corrente contínua proveniente das baterias em corrente alternada e assim fornecer a alimentação para a carga.



3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O impasse em encontrar novas formas de obtenção à energia e garantir o nível de desenvolvimento econômico tem incentivado muitos estudos em diferentes partes do mundo na tentativa de reduzir os níveis de poluição substituindo os combustíveis fósseis por alternativas economicamente viáveis. Nesse caso, uma opção para geração de energia renovável e limpa é o uso da piezoelectricidade, que se caracteriza pela capacidade de determinados materiais gerarem eletricidade por meio de estimulação mecânica, que pode ser utilizada em locais com um alto tráfego de veículos. Em resumo, pode-se verificar que as vantagens do uso de placas piezoelétricas nas rodovias se dão principalmente no caso de tráfego intenso de veículos e a energia gerada pode ser utilizada para auxiliar a suprir a iluminação pública local. Portanto, mesmo diante das inúmeras vantagens da geração de energia elétrica por meio da piezoelectricidade, são necessárias mais pesquisas para analisar a eficiência e viabilidade de tais sistemas, além de encontrar novos materiais mais duráveis, baratos e eficientes.

REFERÊNCIAS

ARMENDANI, W. A. et al. **Conhecendo a Piezoelectricidade, uma nova forma de geração de energia elétrica**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, São Paulo, 2016.

GOMES, A. L. **Plataforma energética a partir de discos piezoelétricos**, 2015. Disponível em: [Centro Universitário de Brasília - UniCEUB: Plataforma energética a partir de discos piezoelétricos](#). Acesso em: 14 de maio 2022.

Luminária para Iluminação Pública 150W. Magazine Luiza 2022. Disponível em: [Luminária para Iluminação Pública 150W - KIT LED - Luminária para Iluminação Pública - Magazine Luiza](#). Acesso em: 14 de maio 2022.

Matriz Energética e Elétrica. Empresa de Pesquisa Energética (EPE) 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> . Acesso em: 03 maio. 2022.



MOHEIMANI, S. O. R; FLEMING, A. J. **Piezoelectric Transducers for Vibration Control and Damping**. London: Springer, 2006.

SANTOS, V, C. **Aplicação de Sistemas de Geração de Energia nos Pavimentos Rodoviários**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil na Especialidade de Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação) Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2014.

VILLALVA, M. **Armazenamento de Energia: Tecnologias de Baterias Elétricas**. Canal Solar 2021. Disponível em: [Armazenamento de energia: tecnologias de baterias elétricas \(canalsolar.com.br\)](https://canalsolar.com.br). Acesso em: 07 abr. 2022