

## VIABILIDADE TÉCNICA DE 1328 DE PLACAS PIEZOELÉTRICAS NO TERMINAL URBANO DE RIO BRANCO - AC

CAUYZA DE FREITAS RIBEIRO<sup>1</sup>, FÁBIO REIS FERREIRA<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Pós graduanda em Engenharia de Segurança do Trabalho, IBRA, UFPB, cauyza@gmail.com;

<sup>2</sup>Me. em Ciência, Inovação e Tecnologia-UFAC; UNINORTE, Rio Branco-AC, fabioreis.eng@hotmail.com;

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** A busca por geração de energia limpa tem se tornado mais necessária nos últimos anos. A piezoeletricidade, que é a capacidade que alguns materiais provenientes da natureza têm de produzir corrente elétrica a partir estímulos mecânicos, vêm sendo investigada cada dia mais e aplicada de diversas maneiras. Atualmente, existem pisos geradores de energia que funcionam a partir da piezoeletricidade, cuja energia é gerada com o caminhar dos usuários sobre ele, uma tecnologia que ainda é pouco conhecida no Brasil. Este trabalho trata-se de um estudo aplicado envolvendo a elaboração de um projeto de implementação de pisos piezoelétricos no terminal urbano da cidade de Rio Branco – AC, realizando uma análise técnica, financeira e de aquisição por estimativa de dados coletados. A escolha por esse tema deu-se por ser uma forma de geração de energia limpa, sem a utilização de queima de combustíveis fósseis e também pelo incentivo a procura por fontes alternativas de energia. Com este estudo, os resultados de viabilidade técnica e financeira do uso das placas piezoelétricas foram positivos e este trabalho contribui possivelmente para pesquisas futuras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Placa piezoelétrica. Análise econômica. Sustentabilidade

### TECHNICAL FEASIBILITY OF 1328 PIEZOELECTRIC BOARDS AT THE URBAN TERMINAL OF RIO BRANCO - AC

**ABSTRACT:** The search for clean energy generation has become more necessary in recent years. The piezoelectricity, which is the ability of some materials from nature to produce electrical current from mechanical stimuli, has been investigated more and more in various ways. Currently, there are energy-generating floors that work from the piezoelectricity, whose energy is generated by the users walking on it, a technology that is still little known in Brazil. This work is an applied study involving the elaboration of a piezoelectric floor implementation project in the urban terminal of the city of Rio Branco - AC, performing a technical, financial and acquisition analysis by estimating the data collected. The choice for this theme was given as a way of generating clean energy, without the use of burning of fossil fuels, and also by encouraging the search for alternative sources of energy. With this study, the results of the technical and financial feasibility of the piezoelectric plates were positive and this work possibly contributes to future research.

**KEYWORDS:** Piezoelectric plates. Economic viability. Sustainability.

### INTRODUÇÃO

Atualmente fala-se muito em energia renovável, a busca incessante por energias que tragam sustentabilidade e causem o mínimo de impacto possível ao meio ambiente, afetando assim a população. A piezoeletricidade vem sendo bastante investigada como fonte de geração de energia limpa, muitos trabalhos de pesquisas, estudos de casos e experimentos foram escritos e publicados recentemente (CALHEIROS, 2016).

A piezoeletricidade é a propriedade de alguns materiais que, através de uma tensão mecânica, tornam-se eletricamente polarizados, o que se chama de efeito direto, o contrário também é possível quando em uma diferença de potencial (DDP), sofrem uma deformação mecânica (PERLINGEIRO;

PIMENTA; SILVA,2016). Há mais de cem anos, o casal de cientistas Pierre e Marie Curie descobriu que alguns cristais apresentavam um interessante comportamento: ao serem comprimidos por uma força mecânica, suas superfícies ficavam carregadas eletricamente. A esta polarização elétrica destes cristais após a compressão, deu-se o nome de efeito piezoelétrico (HERMES JUNIOR, 2013).

O que acontece é que existem alguns cristais na natureza que possuem esse comportamento, pode-se citar Quartzo; Turmalina; Titanato de Bário; Cálcio; Sal de Rochelle e outros (ARMENDANI *et al*; 2016). Com os avanços tecnológicos é possível através do uso desses cristais, confeccionar placas que funcionam como espécie de piso, exercendo pressão sobre ele com pegadas por exemplo, gerando pulsos elétricos que podem ser coletados e usados como energia, sendo capaz de ser armazenada em baterias ou usada de imediato (CALHEIROS, 2016). Neste contexto, trazendo para o âmbito nacional, o Brasil precisa aumentar sua oferta de energia, porém esta ação estratégica deve ser adaptada de forma a desenvolver a sociedade nas áreas econômica, social e ambiental (SHAYANI *et al*. 2016). Algumas placas já foram fabricadas e existem empresas que trabalham com vendas delas, assim como a sua instalação.

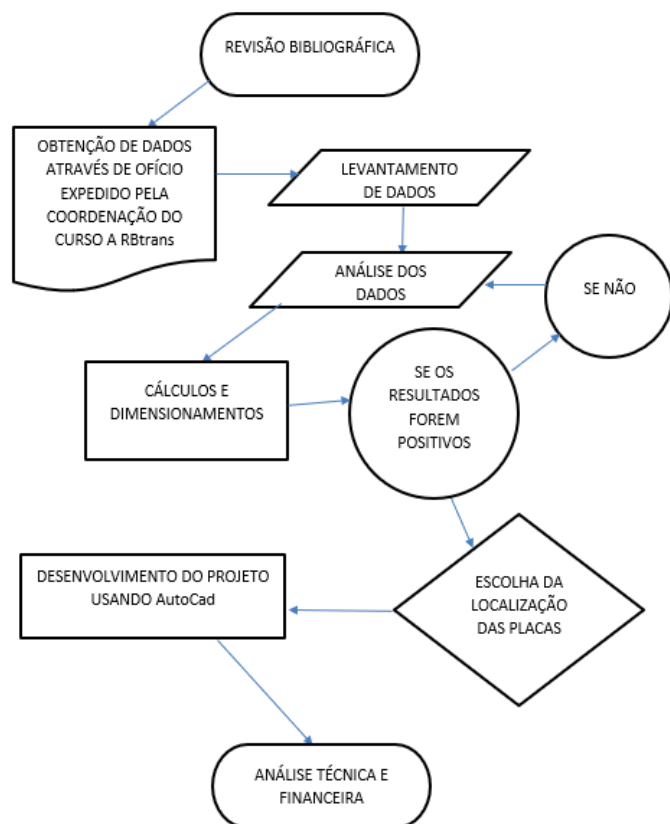
A viabilidade econômica e financeira da implementação de placas piezoelétricas para geração de energia como fonte alternativa no Terminal Urbano da cidade de Rio Branco – AC depende da aquisição desta tecnologia. De acordo com Webrun (2013), a empresa fabrica o piso mais eficiente até o momento, sendo 200 vezes mais eficaz que outros pisos piezoelétricos vendidos no momento. Além disso, a energia gerada acarretará uma economia considerável na conta de energia do local, podendo ser manejada para alimentar as roletas de passes, iluminação e outros.

Neste trabalho foi realizada uma pesquisa sobre o uso de placas piezoelétricas no Brasil, e o desenvolvimento de um projeto de implantação desta tecnologia no Terminal Urbano da cidade de Rio Branco – AC. Calculou-se a quantidade de passos necessários para gerar uma determinada quantidade de energia, como ela pode ser utilizada e, de que maneira ela é capaz de ser aplicada para que a piezoelectricidade seja uma fonte de energia alternativa viável, que ocasione uma economia no tipo de energia obrigatória já utilizada no local.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o terminal urbano do Estado do Acre que apresenta uma área de  $4.265,17m^2$ . Trata-se de um estudo aplicado, que envolveu a elaboração de um projeto de implementação de placas piezoelétricas, baseado na análise de viabilidade econômica de instalação. A princípio foi feita uma revisão bibliográfica e estruturação do trabalho de forma descritiva, investigações em artigos, monografias, teses, livros e *internet*.

Seguindo a sequência do fluxograma de procedimentos, um ofício foi expedido pela coordenação do curso de Engenharia Elétrica do Instituto de Ensino Superior do Acre, IESACRE e encaminhado à coordenação da RBtrans, que é a empresa responsável pelo transporte público da cidade e que tem o controle de todos os dados estatísticos, como do controle de fluxo de usuários do terminal urbano, extensão territorial do terminal, conta de energia, horários de funcionamento e pico, planta baixa e planta completa do local, imagens fotográficas e via satélite do local.



Com o levantamento dessas informações, realizou-se a análise dos dados e foram efetivados cálculos de dimensionamento e percursos aproximados do local. Nesta etapa, foi realizada uma visita ao Terminal Urbano, para uma análise dos pontos de maior fluxo de usuários do local, a partir desse momento determinou-se a posição de instalação das placas piezoelétricas. Após a escolha da localização das placas, foi dado início ao desenvolvimento do projeto de instalação dos pisos no AutoCad, em seguida, a exploração de empresas e custos para comparações que viabilizassem o projeto.

Na análise técnica e financeira, foi realizada uma pesquisa de preços em duas empresas distintas, contando também com um balanço de preços e rendimento das placas piezoelétricas dessas diferentes empresas. A análise foi feita por estimativa, levando em consideração os dados coletados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos sobre o levantamento de dados fornecidos pela Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito (Rbtrans), foram sobre o fluxo de pessoas que passam pelo Terminal Urbano, que é em média 434 mil mensal e aproximadamente 2.608 milhões anual. Funciona ininterruptamente das 05:30 às 23:30 num total de 19 horas diárias.

Localiza-se no centro da cidade de Rio Branco, entre a Avenida Brasil e Rua Sergipe, 604.

Figura 1: Faixada do Terminal Urbano e suas 3 plataformas



Fonte: Google Maps

O número da unidade consumidora do Terminal Urbano é 768715, sendo de classe pública e subclasse prefeitura municipal de Rio Branco, de baixa tensão, com ligação trifásica e carga instalada de 52,34 KV.

No ano de 2018 o mês cuja a conta de energia teve o faturamento mais barato foi dezembro sendo R\$7.436,37 reais, e julho o mês mais caro sendo R\$10.090,06 a média anual é R\$8.053,87.

Tabela 1: Histórico de consumo de energia do Terminal Urbano de Rio Branco-AC

UC: 768715								
Mês / Ano	Data Leitura	Cons Medidd	Cons Fatur	Leit Cons	Forma Fat	Cliente	Total Fatura	Sít.
dez/18	27/12/2018	9.477	9.477	87.909	NORM	1494813	7.436,87	PAGA
nov/18	30/11/2018	11.904	11.904	78.432	NORM	1494813	8.604,53	PAGA
out/18	31/10/2018	12.193	12.193	66.528	MED	1494813	9.529,90	PAGA
set/18	28/09/2018	12.278	12.278	54.335	MED	1494813	9.396,95	PAGA
ago/18	28/08/2018	9.883	9.883	42.057	NORM	1494813	7.502,41	PAGA
jul/18	01/08/2018	13.162	13.162	32.174	NORM	1494813	10.090,06	PAGA
jun/18	27/06/2018	10.133	10.133	19.012	NORM	1494813	7.597,37	PAGA
mai/18	30/05/2018	10.932	10.932	8.879	NORM	1494813	7.974,86	PAGA
abr/18	29/04/2018	13.142	13.142	97.947	NORM	1494813	9.036,53	PAGA
mar/18	29/03/2018	11.568	11.568	84.805	NORM	1494813	8.013,67	PAGA
fev/18	28/02/2018	13.187	13.187	73.237	NORM	1494813	9.366,81	PAGA
jan/18	26/01/2018	13.219	13.219	60.050	MED	1494813	9.526,03	PAGA

Fonte: semsur (2019)

No Brasil a empresa *Ecogreens*, localizada em Niterói, no Rio de Janeiro, trabalha com esses pisos, vendendo instalações fixas e móveis, a mesma também faz várias demonstrações dos pisos em eventos em todo o Brasil. A empresa é composta por Biólogos e Engenheiros de Meio Ambiente, e visa soluções sustentáveis, trabalhando também com outros tipos de colheita de energia, no entanto o piso piezoelétrico da empresa não é fabricado no Brasil, é obtido de uma empresa Holandesa chamada *Energy Floors*, que também trabalha com soluções sustentáveis, esse piso tem as dimensões de 50x50

cm e 10cm de espessura, possui 4 Leds na sua superfície, quando o piso é utilizado este Led acende em resposta de seu funcionamento, mas tem baixo consumo de energia e não influencia na eficiência do piso, este gera até 10 watts por hora, o piso é resistente a intempéries, sol, chuva, cargas pesadas e veículos de grande porte, os pedidos na *Ecogreens* devem ser feitos com no mínimo 4 meses de antecedência. No Brasil, esta tecnologia está em estudo para que seja produzido, diminuindo assim os custos com traslado do equipamento, o maior problema encontrado é que não há capacitores robustos o suficiente para que seja fabricado um piso eficiente.

Esta tecnologia é viável ser utilizada em lugares de grande movimentação de pessoas e veículos.

A empresa *Pavegen System*, situada no Reino Unido, trabalha com um piso que funciona através da piezoelectricidade, o piso V3 gera até 5 watts por pisada é o piso mais eficiente até então, recentemente tem instalações em diversos países como: Tailândia, Coréia do Sul, Hong Kong e Índia. Um módulo custa em torno de 25 mil libras, que equivale a 10 mil reais, a *Pavegen* trabalha também com instalações fixas e móveis, no entanto nesses valores não estão inclusos os custos de traslados do equipamento. No Brasil, todas as instalações fixas até hoje existentes são da empresa *Pavegen*, pode-se afirmar que esta seria a melhor solução para implantação dessa tecnologia no terminal urbano. A *Ecogreens* trabalha com instalações fixas, porém até o presente momento, segue somente com instalações móveis, mas ainda assim é de grande valia para conscientização desse tipo de geração de energia.

Segundo as dimensões da placa do fabricante *Pavegen*, 50cm x 43,3cm no formato triangular, de acordo com as informações do fabricante, a geração de energia piezoelétrica acontecerá considerando duas placas para cada pessoa no projeto contendo  $150m^2$  de área em cada plataforma onde estão implementadas os pisos. O cálculo de geração de energia das placas piezoelétricas foram obtidos através das equações:

$$Vdu = Vmu \div 30$$

$$Ep = Vmu \times 2$$

$$GE = Ep \times Rp$$

Onde: Vdu é o valor de usuários diários do local e Vmu é o valor mensal de usuários, para achar o valor diário de usuário foi dividido o valor mensal de usuários por 30 que é a quantidade de dias por mês, Ep é a estimativa de passos que foi obtida multiplicando o valor de usuários diários por 2 que é a quantidade de passos adotada, GE é a geração de energia e Rp é o rendimento da placa fornecido pelo fabricante.

$$Vdu = 434.000 \div 30 \cong 14.467 \text{ usuários}$$

$$Ep = 14.467 \times 2 = 28.934 \text{ passos}$$

$$GE = 28.934 \times 5W \cong 145 \text{ KW}$$

No entanto considerando 2 pisadas por pessoa e estimando que 14.467 pessoas passam pelo Terminal Urbano diariamente, teríamos a quantidade de 28.934 passos o que resultaria em uma geração de aproximadamente 145 KW de energia diariamente, que em reais ficaria R\$123,90 levando em consideração que a tarifa atual é R\$0,854547. A geração de energia mensal pode chegar a 4.350 KW.

Já na placa do fornecedor *ECOGREENS* a estimativa é de que ela gera até 10W por hora segundo as informações coletadas, isso seria por dia 190W diários de geração de cada placa, que geraria um total de 252,320W diário contando com a geração de todas as 1.328 placas do projeto, mensalmente seria 7.569.600W de geração. No entanto essa placa só teria essa geração se fosse pisada ininterruptamente durante 1 hora, como isso é inviável de ocorrer o rendimento dela seria bem menor, isso faz com que a placa da *Pavegen* seja tecnicamente mais viável, ela gera muito mais por pisada, os cálculos foram estimados adotando somente 2 passos por pessoa se, mas sabendo que cada pessoa dá muito mais que 2 passos no local, subtende-se que essas placas da *Pavegen* geraria muito mais até do que foi estimado e ainda mais do que a placa da *ECOGREENS*.

Um módulo do ECO PISO da *ECOGREENS* custa R\$56.000,00 comportando 4 placas incluindo instalação, manutenção é frete do produto, o projeto custaria R\$1.859,200. Na *Pavegen* o piso V3 a unidade custa em torno de R\$10.000,00 o projeto sairia R\$13.280,000 sem contar com os custos de manutenção e frete.

O projeto de implementação do piso piezoelétrico foi feito no programa AutoCad, com uso de Notebook e planta baixa no Terminal Urbano. A planta baixa do local foi adquirida através de ofício

expedido pelo coordenador do curso de Engenharia Elétrica do Instituto de Ensino Superior do Acre – IESACRE para a Secretaria Municipal de Infraestrutura e Mobilidade Urbana. Foram inseridas em cima das plataformas de embarque e desembarque A, B e C na planta baixa, a projeção das placas piezoelétricas, nas dimensões de 50x50cm com 10cm de espessura, segundo as informações do fornecedor *ECOGREENS*, no entanto a viabilidade técnica e financeira foi calculada para o piso da Pavegen levando em consideração que está tem um maior rendimento e mesmo que a placa desse fornecedor seja no formato triangular ela cobriria a mesma dimensão que está no projeto pois são feitas sob medida, cada plataforma teve  $150m^2$  de projeção de placas o que ficou num total de  $450m^2$  de implementação sugerindo as três plataformas.

Os pisos foram inseridos no projeto de acordo com as observações feitas durante as visitas ao local de estudo, observou-se os pontos de maior aglomeração e passagem de usuários no local e nestes pontos foram inseridas as placas na planta, cada plataforma tem  $591.13m^2$ , exceto a plataforma A que tem  $3082.91m^2$ , pois esta conta também com lojas e escritórios em sua projeção. A área total do local equivale a  $4.265,17m^2$ . Para cada plataforma foi implementado um quadro de força, nada foi modificado da planta original em relação a estrutura, apenas as placas foram implementadas em cima da projeção do piso, o projeto contabilizou um total de 1328 placas.

## CONCLUSÃO

O projeto se mostrou viável tecnicamente adquirindo o piso V3 da *Pavegen* e financeiramente também mesmo sem os valores de frete e manutenção, pois o piso gera muito mais KW diariamente, cada pessoa poderia gerar mais de 10W de energia por dia passando pelo local, o local se tornaria mais atrativo, dinâmico e sustentável. O local de estudo foi por análise considerado o mais viável já que funciona ininterruptamente todos os dias do ano, durante 19 horas diárias e aglomera uma quantidade grande de pessoas e a piezoelectricidade necessita de um grande número de pessoas em movimento para que ela seja cada vez mais eficaz.

Mesmo a *ECOGREENS* se situando no Brasil ainda assim a aquisição desta tecnologia se mostrou mais viável sendo adquirida no exterior, devido a diferente de rendimento de ambas as placas piezoelétricas, mas o Eco Piso *ECOGREENS* não pode ser descartado como uma alternativa já que o mesmo vem sendo uma fonte de pesquisa mais acessível, e também de incentivo a novas fontes de energia alternativas e sustentáveis.

A viabilidade econômico-financeira em projetos de sistemas de geração de energia elétrica através da energia piezoelétrica ainda se mostra nova no país. Certamente novos estudos virão para auxiliar no entendimento e na evolução dos estudos desta fonte de energia que se torna cada vez mais atrativo e necessário para as pessoas, empresas e nações.

## AGRADECIMENTOS

Ao IESACRE, RBtrans, Prefeitura de Rio Branco/AC e a Semsur pelas informações disponibilizadas.

## REFERÊNCIAS

CALHEIROS, Diogo Madeira. Microgeração de energia elétrica através do exercício físico. 2016. 76 f. Tese (Mestrado integrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

HERMES, Prado Junior, MD. Efeito Piezoelétrico. 2013. Disponível em: <<http://artesmedicas.com/piezoelectricidade.htm>>. Acesso em 18 de Março de 2019.

PERLINGEIRO, Antônio Ramos; PIMENTA, Gilberto Maia; SILVA, Salviano Evaristo. Geração de energia através de materiais piezoelétricos. 2016. Projeto final para obtenção do título de Bacharel (TCC em Engenharia Mecânica) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ, Projeto final em Engenharia Mecânica, Rio de Janeiro, 2016.

SHAYANI, Rafael et al. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE). Brasília: [s.n] 2006.

WEBRUN. Empresas fazem pesquisas para transformar pisadas em energia elétrica. 2013. Disponível em: <<http://www.webrun.com.br/empresas-fazem-pesquisas-para-transformar-pisadas-em-energia-eletrica/>>. Acesso em: 17 de Novembro de 2018.