

O USO DE PLACAS PIEZOELÉTRICAS NA ESTAÇÃO DE METRÔ SÉ

Data de aceite: 01/03/2023

Silas Gabriel Leonel de Oliveira

Faculdade Eduvale

Sabino Lapenna Júnior

Faculdade Eduvale

RESUMO: Vivemos num mundo que cada vez mais depende da energia elétrica, em grande parte, gerada por hidrelétricas que apesar de produzirem energia limpa, causam um grande impacto ambiental por prejudicar a fauna e a flora, tendo em vista a grande área que se faz necessário inundar para a construção desse tipo de usina. Há também as *Termoelétricas* (usinas de geração de energia oriundas da queima de carvão), que geram uma grande quantidade de gases emitidos na queima desse combustível e que provocam um grande impacto ambiental tendo em vista a grande descarga de gases que são lançados na atmosfera. Nesse trabalho, será apresentada uma forma inovadora de gerar energia limpa, convertendo energia cinética em energia elétrica, de uma forma simples e inteligente com o apoio de uma tecnologia descoberta no fim do Século XIX, a Piezoelectricidade. Ainda é proposto o projeto de um passeio com a tecnologia

citada, para que o caminhar das pessoas gere energia em lugares de grande fluxo de pedestres. Também é analisada a viabilidade do projeto levando em consideração o custo dos pisos piezoelétricos, a capacidade de geração de energia, a quantidade de energia economizada e o custo do megawatt.

PALAVRAS-CHAVE: Geração de energia; Pavegen; Sustentabilidade.

THE USE OF PIEZOELECTRIC PLATES IN THE SE METRÔ STATION

ABSTRACT: We live in a world that increasingly depends on electrical energy, largely generated by hydroelectric plants that, despite being a type of clean energy, cause a great environmental impact by harming the fauna and flora, considering the large area that it is necessary to flood for the construction of this type of plants. There are also thermoelectric plants, power generation plants from the burning of coal, which generate a large amount of gases emitted in the burning of this fuel that causes a great environmental impact in view of the great discharge of gases that are released into the atmosphere. In this work, an intelligent way of generating clean energy will be presented, converting kinetic

energy into electrical energy, in a simple and intelligent way with the support of a technology discovered at the end of the 19th century, Piezoelectricity. The project of a sidewalk with the mentioned technology is still proposed, so that the walking of the people generates energy in places of great flow of people. The feasibility of the project is also analyzed taking into account the cost of piezoelectric floors, the power generation capacity, the amount of energy saved, and the cost of the megawatt.

KEYWORDS: Power generation; Pavegen; Sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

Ao longo de muitos anos, o desenvolvimento da humanidade garantiu conforto e longevidade em virtude dos avanços na medicina, na agricultura, na tecnologia, dentre outros. Devido a isso, a população no planeta vem crescendo e, com isso, aumenta a procura por fontes energéticas, elevando assim, os impactos ambientais. Nesse sentido, o padrão dominante na produção de energia, ou seja, aquele que produz a partir da utilização de insumos não renováveis, lidera dentre outras razões, por apresentar baixo custo de produção. Não obstante, diante da possibilidade de esgotamento desses recursos e principalmente diante da pressão de órgãos ambientais, fez-se necessário modificar a situação atual em prol de melhorias nos níveis de sustentabilidade (FREITAS e DATHEIN, 2013).

No geral, é previsto que, com o crescimento populacional já projetado, a demanda por energia aumente em todo o mundo. Assim, é necessário investir em pesquisas futuras que tentem encontrar novas formas de armazenar e produzir energia que não afetem a natureza como ocorre atualmente. (BRITO et al, 2017)

Recentemente, fala-se muito sobre a busca por formas de geração de energias que tragam sustentabilidade e causem o mínimo de impactos ambientais. As pesquisas, estudos de casos e experimentos sobre a piezoelectricidade foram escritos e publicados relacionados a forma de geração de energia limpa (CALHEIROS, 2016).

1.1 Piezoelectricidade

A piezoelectricidade é uma qualidade especial de alguns cristais: quando comprimidos, produzem uma diferença de potencial elétrico entre suas superfícies. Em pleno século XIX, os irmãos Pierre e Jacques Curie descobriram que alguns cristais ao serem comprimidos, tinham suas superfícies carregadas eletricamente (HERMES, 2013).

De maneira bem simples, a piezoelectricidade é a capacidade de um material gerar tensão elétrica quando comprimido.

Já existem empresas ao redor do mundo que trabalham com a fabricação e instalação de placas com a tecnologia piezoeletricas, como exemplo, a empresa *Pavegen Systems*.

1.2 Pavegen

Em 2009, a empresa britânica Pavegen desenvolveu um piso que converte os passos das pessoas em energia elétrica. Tudo começou com a ideia do CEO e fundador da Pavegen, Lawrence Kemball Cook, de aproveitar o movimento humano para gerar energia limpa (PORTAL EKKOGREEN, 2022).

Os pisos Pavegen já estão instalados em muitos lugares no Reino Unido, incluindo universidades, estradas movimentadas e também no aeroporto Internacional de Heathrow. Várias instalações ocorreram em países da Ásia, América do Norte, Europa e América do Sul. Este piso pode ser usado em campanhas de educação ambiental e desenvolvimento de cidades inteligentes, especialmente em áreas de alto fluxo de pessoas. (PAVEGEN, 2019)

1.3 A escala Kardashev: Uma forma de medir a evolução de uma civilização

A escala Kardashev mede o nível de desenvolvimento tecnológico de uma sociedade com base na quantidade de energia que é capaz de gerar, armazenar, processar e utilizar, de modo a reunir processos produtivos. (BULLA E PENULUPPI, 2022)

A escala Kardashev possui níveis que vão de zero a três, sendo que zero é onde surgiu a vida no planeta. Uma civilização de nível um, seria uma civilização que tem a capacidade de utilizar toda a energia possível de se gerar no planeta. (CIÊNCIA TODO DIA, 2022)

De acordo com o cálculo realizado em 1973 por Carl Sagan, a civilização terrestre atualmente encontra-se no estágio 0,7. Estima-se que em cem ou duzentos anos, consiga-se alcançar o primeiro estágio. (BRITO ET AL, 2017)

2 | METODOLOGIA

Os métodos para a concepção do trabalho tiveram início com estudos bibliográficos acerca da tecnologia piezoelétrica, da aplicação de geradores com tal tecnologia, estudos da arquitetura do local de implantação e o fluxo médio de pessoas que utilizam o local.

Para exemplificar e ter como base para a implantação do projeto, foi escolhida a Estação de Metrô Sé, localizada na cidade de São Paulo, tendo em vista o grande fluxo de passageiros que passam diariamente na estação.

Durante os estudos bibliográficos e a coleta de dados das estações, houve a necessidade de contato via e-mail com o Metrô de São Paulo que resultou, uma reunião online com uma de suas engenheiras. Por meio dessa reunião, adquiriu-se dados relevantes a respeito da Estação Sé.

Foram adquiridos pelo site oficial do Metrô de São Paulo e pelo Sistema Integrado de Informação ao Cidadão (SIC.SP), os documentos que mostram o fluxo médio de pessoas

na estação citada.

Por meio do site oficial da Pavegen System, e através de e-mails com o Sr. Fred Yates do escritório central da empresa, em Londres, obteve-se o manual de instruções e informações importantes sobre os pisos piezoelétricos fabricados pela referida empresa.

Com essas informações, realizou-se a análise dos dados e cálculos para verificar a viabilidade do projeto e decidir a quantidade de placas que seriam necessárias. A partir desse momento, determinou-se o melhor local de instalação das placas piezoelétricas. Após a escolha do local de instalação, deu-se início o desenvolvimento do projeto no AutoCad, em seguida, iniciou-se o levantamento de dados junto ao site oficial da ENEL, distribuidora de energia elétrica de São Paulo, para saber o custo da energia elétrica para o cálculo de viabilidade.

2.1 Sobre os pisos V3 da Pavegen

A empresa Pavegen System, localizada no Reino Unido, trabalha com um piso que gera energia por meio da piezeletricidade, o piso V3, versão mais recente e mais eficiente produzido pela empresa, gera até cinco watts por pisada. No Brasil, na Comunidade do Morro da Mineira no Rio de Janeiro, existe um campo de futebol que conta com uma instalação do piso Pavegen que, juntamente com painéis solares, mantêm os refletores do campo acesos por 10 horas (LOPES, 2014)

O conjunto composto de um piso V3 e três geradores custam em média, R\$10.000,00 por unidade, nesse valor não estão inclusos os custos de traslado (RIBEIRO e FERREIRA, 2021)

O manual do fabricante informa que os pisos V3 são no formato triangular, possuem dimensão de 50 cm x 43 cm e são capazes de gerar até cinco watts. (PAVEGEN, 2019)

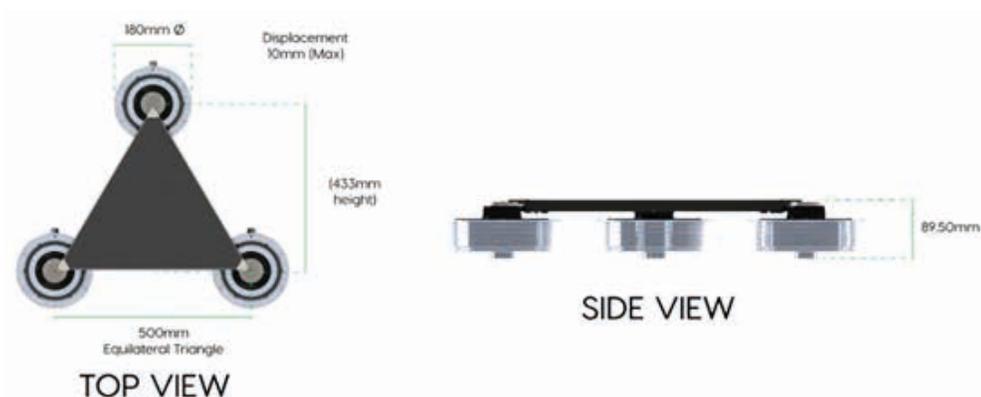


Figura 1 – Ilustração da vista superior e lateral do piso V3

Fonte: PAVEGEN SYSTEMS, Product Overview, 2019

2.2 Sobre a Estação de Metrô Sé

Com mais de 40 anos de existência, a Estação de Metrô Sé é a mais movimentada da capital paulista. Diariamente, 600 mil passageiros circulam pelo local. Construída no marco zero da cidade, na Praça da Sé, a estação de metrô foi aberta ao público no dia 17 de fevereiro de 1978. A construção da estação Sé do metrô de São Paulo foi considerada um dos maiores projetos de construção urbana do mundo na época. Para que a estação existisse na sua forma atual, foi necessário implodir três edifícios principais: o edifício Mendes Caldeira, o Palacete Tina e o Irmãos Condo. A construção durou três anos e empregou cerca de 2.500 trabalhadores. A estação Sé faz integração entre as Linhas Azul e Vermelha, duas das mais movimentadas do sistema. (DIARIO OFICIAL DE SÃO PAULO, 2018)

2.2.1 A Estação Sé durante a pandemia

Em virtude do “lock down” causado pela pandemia, reduziu-se o fluxo de pessoas em todo mundo. Circularam na estação Sé em janeiro de 2021, levando em conta o fluxo de pessoas entre as Linhas 1-Azul e 3-Vermelha, cerca de 270 mil passageiros em dias uteis. A pandemia reduziu o número de usuários no sistema metroviário, e ainda sim, a parada que fica no marco zero da capital paulista possui o título da mais cheia da malha. (LOBO, 2021)

2.3 O custo das tarifas de energia elétrica

Segundo a resolução que versa sobre as classes e subclasses de consumo de energia elétrica, o Metrô se enquadra na Subclasse de Serviço Público (ANEEL, 2021).

Sendo assim, a distribuidora ENEL, que fornece energia para a cidade de São Paulo, conta com dois tipos de tarifas: Tarifa Convencional e Tarifa Branca (ENEL, 2022).

O custo do MW/H para a Subclasse de Serviço Público, custa R\$ 396,03 de Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD) mais R\$ 260,46 de tarifa de energia (TE) totalizando assim um custo de R\$ 656,49 por MW/H, ou no mínimo R\$ 291,50 de (TUSD) mais R\$ 228,62 de (TE) totalizando assim um custo de R\$ 520,12 por MW/H na modalidade tarifaria Branca, como consta na Tabela 1 e 2.

MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL		
SUBGRUPO / CLASSE / SUBCLASSE	Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD)	Tarifa de Energia (TE)
	(R\$/MWH)	(R\$/MWH)
B1 - RESIDENCIAL	396,03	260,46
B1- RESIDENCIAL - BAIXA RENDA:	-	-
Consumo mensal até 30 KWh	98,53	91,16
Consumo mensal entre 31 e 100 KWh	168,91	156,28
Consumo mensal entre 101 e 220 KWh	253,36	234,41
Consumo mensal superior a 220 KWh	281,51	260,46
B2 - RURAL	372,27	244,83
B2 - COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	372,27	244,83
B2 - SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO	364,35	239,63
B3 - DEMAIS CLASSES	396,03	260,49
B4 - ILUMINAÇÃO PÚBLICA	-	-
Iluminação Pública (B4a)	217,82	143,25
Iluminação Pública (B4b)	237,62	156,28

Tabela 1 – MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL

Fonte: Resolução homologatória nº 3.053/2022 da ANEEL

MODALIDADE TARIFÁRIA BRANCA						
SUBGRUPO / CLASSE / SUBCLASSE	Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD)			Tarifa de Energia (TE) - BVD		
	Ponta	Intermediário	Fora Ponta	Ponta	Intermediário	Fora Ponta
	(R\$/MWH)	(R\$/MWH)	(R\$/MWH)	(R\$/MWH)	(R\$/MWH)	(R\$/MWH)
B1 - RESIDENCIAL	966,15	579,13	292,11	392,08	248,5	248,5
B2 - RURAL	930,47	614,16	297,84	368,55	233,59	233,59
B2 - COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	930,47	614,16	297,84	368,55	233,59	233,59
B2 - SERVIÇO PÚBLICO	910,67	601,09	291,51	360,71	228,62	228,62

Tabela 2 – MODALIDADE TARIFÁRIA BRANCA

Fonte: Resolução homologatória nº 3.053/2022 da ANEEL

3 | DESENVOLVIMENTO

3.1 O projeto dos passeios com a tecnologia piezoelétricas

Nesse projeto, a geração de energia se dá considerando que uma pessoa acione pelo menos duas placas piezoelétricas durante toda sua passagem pelo local. No projeto, uma plataforma de 1 metro e 10 cm de área será composta de 10 placas piezoelétricas.

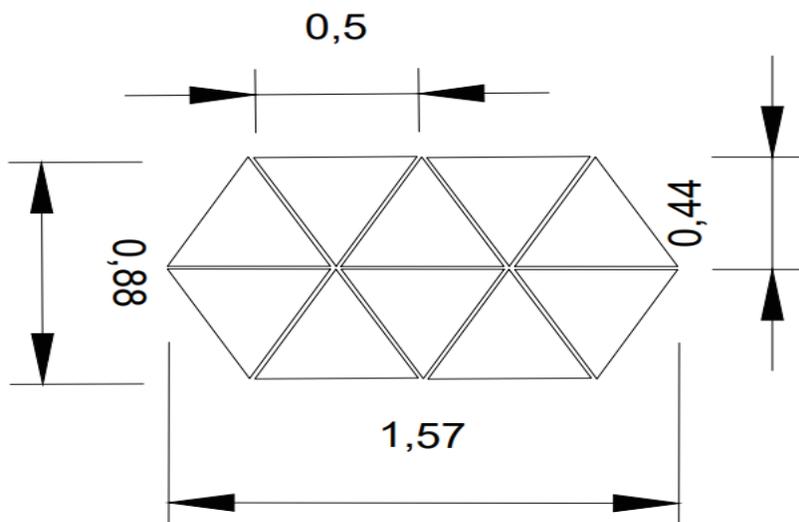


Figura 2 – Esboço da montagem dos pisos piezoelétricos no passeio

Fonte: Compilação do autor, 2022

As plataformas de placas piezoelétricas devem ser instaladas de forma que cada pessoa acione o maior número de placas durante seu trajeto na estação.

Sendo assim, conclui-se que as plataformas compostas por 10 placas piezoelétricas devem ser instaladas próximas aos acessos de entrada e saída das escadas rolantes, desta forma, todas as pessoas que utilizam as escadas para entrar, sair e fazer a integração entre linhas, obrigatoriamente pisem nas placas piezoelétricas.

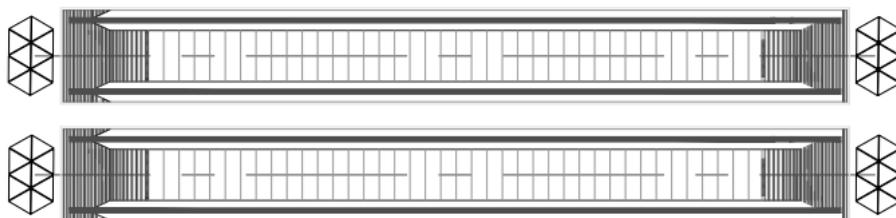


Figura 3 – Escadas rolantes e plataformas piezoelétricas

Fonte: Compilação do autor, 2022

3.2 Analisando os dados e a viabilidade do projeto na Estação Sé

3.2.1 Análise de dados da Estação do Metrô Sé

Nos primeiros oito meses deste ano, levando em consideração somente a soma dos usuários que embarcaram na Linha 1-Azul com as transferências da Linha 3-Vermelha, foram em média 157 mil pessoas por dia que passaram pela Estação Sé, conforme a Tabela 3.

INFORMAÇÕES SOBRE A DEMANDA DE PASSAGEIROS DA LINHA AZUL DO METRO - 2022 (EM MILHARES)										
LINHA 1-AZUL	Jan*	Fev*	Mar*	Abr*	Mai*	Jun*	Jul*	Ago*	Set*	Média
Estação										
Jabaquara	53	58	63	66	66	64	64	66	67	63
Conceição	16	20	22	24	23	22	21	23	24	22
São Judas	10	11	13	14	13	13	13	13	14	13
Saúde	18	22	24	25	25	24	23	25	26	24
Praça da Árvore	10	12	14	14	14	14	13	15	14	13
Santa Cruz	66	77	84	89	88	86	84	89	90	84
Vila Mariana	11	15	18	19	19	17	14	19	19	17
Ana Rosa ¹	46	57	65	68	68	66	62	70	71	64
Paraíso ¹	57	69	80	84	84	81	77	87	89	79
Vergueiro	16	21	23	24	24	22	21	25	25	22
São Joaquim	14	18	23	24	24	22	18	25	28	22
Japão-Liberdade	14	16	18	20	19	18	20	20	20	18
Sé2	125	145	164	168	165	161	155	165	168	157
São Bento	38	42	44	47	46	46	46	46	47	45
Luz	86	100	108	114	115	111	111	117	119	109
Tiradentes	8	13	15	15	15	14	12	15	16	14
Armênia	15	17	19	21	21	20	19	20	21	19
Portuguesa-Tietê	35	36	40	43	42	41	44	42	44	41
Carandiru	7	9	10	10	10	10	9	10	11	10
Santana	35	38	45	47	47	43	44	47	48	44
Jardim São Paulo-Ayrton Senna	7	8	10	10	10	10	9	10	11	9
Parada Inglesa	7	9	10	11	11	11	10	11	11	10
Tucuruvi	39	46	50	53	52	51	49	53	54	50
Total	733	860	963	1008	1003	967	938	1015	1035	947

¹ Corresponde à soma dos usuários que embarcaram na Linha 1-Azul com as transferências da Linha 2-Verde

² Corresponde à soma dos usuários que embarcaram na Linha 1-Azul com as transferências da Linha 3-Vermelha

* Demanda reduzida devido à pandemia do novo Coronavírus anunciada pela Organização Mundial da Saúde em mar/20

Tabela 3 – INFORMAÇÕES SOBRE A DEMANDA DE PASSAGEIROS DA LINHA AZUL DO METRO – 2022 (EM MILHARES)

Fonte: Setor de Operações do Metrô de São Paulo

Além da Linha 1- Azul do Metrô, leva-se em consideração a soma dos usuários que embarcam na Linha 3-Vermelha e fazem a transferência para a Linha 1-Azul na estação Sé ou simplesmente desembarcam nessa estação. Em média são mais 175 mil pessoas por dia que passam pela estação Sé vindas da linha Vermelha, conforme a Tabela 4.

INFORMAÇÕES SOBRE A DEMANDA DE PASSAGEIROS DA LINHA VERMELHA DO METRO - 2022 (EM MILHARES)										
LINHA 3-VERMELHA	Jan*	Fev*	Mar*	Abr*	Mai*	Jun*	Jul*	Ago*	Set*	Média
Estação										
Corinthians-Itaquera	56	66	80	75	73	72	69	73	73	71
Artur Alvim	39	47	51	52	53	51	49	53	54	50
Patriarca	14	17	19	20	19	19	18	20	20	18
Guilhermina-Esperança	14	17	18	19	19	19	18	19	20	18
Vila Matilde	17	21	23	24	24	23	22	25	25	23
Penha	19	23	25	26	26	26	24	26	27	25
Carrão	29	36	46	47	47	42	36	46	47	42
Tatuapé	53	62	71	71	71	70	69	71	72	68
Belém	26	30	33	34	34	34	32	35	35	33
Bresser-Moóca	21	24	30	31	30	29	26	31	32	28
Brás	67	73	78	81	79	77	74	74	75	75
Pedro II	13	15	16	16	16	15	15	16	16	15
Sé ¹	136	159	178	186	186	179	174	187	190	175
Anhangabaú	34	40	43	46	46	44	44	46	47	43
República	79	91	104	108	109	107	105	111	114	103
Santa Cecília	17	20	22	23	22	21	20	22	23	21
Marechal Deodoro	19	23	25	26	25	25	23	26	26	24
Palmeiras-Barra Funda	105	120	134	139	131	130	129	135	140	129
Total	758	883	996	1.023	1.010	980	948	1.015	1.035	961

¹ Corresponde à soma dos usuários que embarcaram na Linha 3-Vermelha com as transferências da Linha 1-Azul

* Demanda reduzida devido à pandemia do novo Coronavírus anunciada pela Organização Mundial da Saúde em mar/20

Tabela 4 – INFORMAÇÕES SOBRE A DEMANDA DE PASSAGEIROS DA LINHA VERMELHA DO METRO – 2022 (EM MILHARES)

Fonte: Setor de Operações do Metrô de São Paulo

Por meio do Sistema Integrado de Informação ao Cidadão (SIC.SP) adquiriu-se os dados atuais do fluxo de pessoas da Estação Sé, onde a média gira em torno de 332 mil pessoas nos dias úteis, como mostra a Tabela 5.

FLUXO DE PASSAGEIROS NA ESTAÇÃO SÉ DO METRO EM DIAS ÚTEIS - 2022 (EM MILHARES)										
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Média
Circulação de Passageiros	261	304	342	354	351	340	329	352	358	332

Tabela 5 – FLUXO DE PASSAGEIROS NA ESTAÇÃO SÉ DO METRO EM DIAS ÚTEIS – 2022 (EM MILHARES)

Fonte: Setor de Operações do Metrô de São Paulo

3.2.2 Cálculo de geração de energia na Estação Sé

Com base nos dados enviados pelo Setor de Operações do Metrô de São Paulo através do Sistema Integrado de Informação ao Cidadão (SIC.SP) a Estação Sé possui ao todo 38 escadas rolantes. Para o projeto, são importantes somente as 12 escadas rolantes que dão acesso as áreas de embarque para a linha vermelha e as 6 escadas rolantes que dão acesso para a área de embarque da linha azul. Sendo assim, se faz necessário que cada uma das 18 escadas rolantes tenha nos acessos de entrada e saída uma plataforma

composta por 10 pisos V3. Isso compreende: 10 pisos V3 no acesso de entrada e mais 10 pisos V3 no acesso de saída, totalizando assim 360 pisos V3. Estima-se um custo total de R\$3.600.000,00 para a realização do projeto, tendo em vista que cada conjunto de piso V3 custa aproximadamente R\$ 10.000,00.

Os acessos para as escadas rolantes são os melhores lugares para a instalação das plataformas, pois a maioria das pessoas que utilizam a estação preferem utilizar as escadas rolantes e não as escadas comuns e sabendo que cada pessoa devera pisar em uma placa piezoelétrica para acessar a escada rolante e mais uma vez para sair da mesma escada, conclui-se o seguinte cálculo:

$$\text{Acionamentos (AC)} = \text{Número de pessoas (NP)} \times 2.$$

$$\text{Acionamentos (AC)} = 332000 \times 2$$

$$\text{Acionamentos (AC)} = 664000$$

A instalação das placas segue o projeto de modo que cada usuário da estação pise pelo menos em duas placas durante todo o seu caminho dentro da estação. Dessa forma, teríamos no mínimo 652 mil acionamentos por dia.

Levando em consideração que cada acionamento da placa piezoelétrica produza 5w, continuamos com o seguinte cálculo:

$$w \text{ gerado} = \text{AC} \times 5$$

$$w \text{ gerado} = 664000 \times 5$$

$$w \text{ gerado} = 3320000$$

Segundo os cálculos o resultado é de 3.320.000w ou 3,32 Mw por dia.

Levando em consideração que esse fluxo de pessoas na estação se dá somente em dias úteis, podemos multiplicar esse resultado por 25, que corresponde aos dias úteis e teríamos o seguinte resultado:

$$\text{Mw gerados no mês} = 3,32 \times 25$$

$$\text{Mw gerados no mês} = 83$$

Sendo assim, segundo os cálculos, o sistema composto por placas piezoelétricas tem a capacidade de gerar até 83 Mw por mês com o fluxo de pessoas da estação.

3.2.3 Análise do tempo de retorno da instalação na Estação Sé

Levando em consideração que com a implantação do projeto seria economizado aproximadamente 83 MW, e com base na tabela da ENEL o menor custo do MW é de R\$

520,12, a economia seria de R\$ 43.169,96 por mês. Dessa forma, o retorno do investimento de R\$ 3.600.000 se daria em aproximadamente 84 meses.

4 | CONCLUSÃO

Apesar do tempo de retorno ser de aproximadamente de 84 meses, o projeto se mostra tecnicamente viável, principalmente se levarmos em consideração a forma inovadora de geração de energia e o fator sustentabilidade e levando em consideração a quantidade diária de energia que o estudo mostrou ser possível gerar, pode-se concluir que o caminhar das pessoas é uma forma de gerar energia elétrica que pode ser aproveitada.

A placa V3 da Pavegen possui uma boa capacidade de gerar energia e como demonstrado neste trabalho, cada pessoa iria gerar 10W de energia por dia passando pelo local, que se tornaria mais sustentável. Apesar de ainda se mostrar uma forma cara de se gerar energia elétrica, uma realidade em que um passeio equipado com a tecnologia piezoelétrica esteja em nosso dia a dia ainda é um pouco distante, mas isso não deixa a tecnologia menos atrativa. Sem dúvida, à medida que essa tecnologia for ganhando mais espaço, também se tornará mais acessível, facilitando dessa forma, a criação de um mundo mais sustentável.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Resolução Normativa ANEEL N° 1.000**, de 7 de dezembro de 2021 da ANEEL. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651>>. Acesso em: 12 set. 2022.

BRITO et al. **Homo Deus:Um ensaio sobre o futuro energético da humanidade**. XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnologia em Engenharia, UNIJUI, p.3. 2017. Disponível em: <<https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/cricte/article/view/8826/7534>>. Acesso em: 12 mai. 2022.

BULLA E PENLUPPI. **A China pós-Covid-19: um Convite ao Novo Real**. Editora Universitária, UFV, p.5. 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Olivia-Bulla/publication/354854265_A_China_pos-Covid-19_um_Convite_ao_Novo_Real/links/6150e773f8c9c51a8af65990/A-China-pos-Covid-19-um-Convite-ao-Novo-Real.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2022.

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.

CIÊNCIA TODO DIA. **A Civilização Mais Avançada do Universo: A Escala de Kardashev** Explicada. YouTube, 13 de abr. de 2022. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nfPGirmp8NQ>>. Acesso em: 06 de julho de 2022

ENEL. **Tarifas para o fornecimento de energia elétrica Resolução Homologatória n° 3.053/2022 da ANEEL**. Disponível em: <https://www.enel.com.br/pt-saopaulo/Para_Voce/tarifa-energia-eletrica.html>. Acesso em: 12 set. 2022.

Diário Oficial do Estado de São Paulo: Parte 4: Poder Executivo II, São Paulo, ano 2018, n.128, p.37, 28 fev. **Estação Sé completa 40 anos fazendo a história do Metrô.** Disponível em: <<https://www.aeamesp.org.br/wp-content/uploads/sites/4/2018/02/180228-MATERIA-ESTA%C3%87%C3%83O-SE-METRO-DIARIO-OFICIAL-ESTADO.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

FREITAS, G.C.; DATHEIN, R. **As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental.** Revista Nexos Econômicos, v. 7, n. 1, p. 71-94, 2013.

HERMES, Prado Junior, MD. **Efeito Piezoelétrico.** 2013. Disponível em:< <http://artesmedicas.com/piezoelasticidade.htm>>. Acesso em 13 de set de 2022.

Pavegen: **Conheça O Piso Que Transforma Passos Em Energia Limpa.** Portal Ekkogreen, 2022. Disponível em: <<http://ekkogreen.com.br/pavegen-piso-energia-limpa>>. Acesso em: 20 out. 2022.

LOBO, Renato: Estação mais movimentada do Metrô de São Paulo completa 43 anos. Viatrolebus, 2021. Disponível em: < <https://viatrolebus.com.br/2021/02/estacao-mais-movimentada-do-metro-de-sao-paulo-completa-43-anos/>>. Acesso em: 21 set. 2022.

LOPES, Reinaldo: Campo de futebol em favela absorve impacto de pisadas e gera eletricidade. Folha de São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://m.folha.uol.com.br/ciencia/2014/10/1527099-campo-de-futebol-em-favela-absorve-impacto-de-pisadas-e-gera-eletricidade.shtml>>. Acesso em: 21 set. 2022.

RIBEIRO e FERREIRA. **Viabilidade técnica de 1328 de placas piezoelétricas no terminal urbano de rio branco - AC.** In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC, 4.,2021, Acre: SOEA, 2021. p. 4.

SMART CITIES INSPIRE CITIZENS. Pavegen, 2021. Disponível em:<<https://www.pavegen.com/smart-cities>>. Acesso em: 02 fev. 2022.