



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE
CAMPUS CURRAIS NOVOS

**Desenvolvimento de uma tecnologia com propriedades piezoelétricas como forma
de geração de energia limpa**

Estudantes

José Manoel Freitas da Silva
Maria Luiza de Carvalho Silva

Orientadores:

Anderson Luiz Pinheiro de Oliveira
José Edson Martins Silva

Período de desenvolvimento do trabalho:
17 de agosto de 2020 a 18 de dezembro de 2020

AGRADECIMENTOS

Agrademos primeiramente a Deus, pois sem ele nada seria possível. Agradecemos também aos nossos familiares e amigos, pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as nossas realizações acadêmicas. Agradecemos aos nossos orientadores Anderson Luiz Pinheiro de Oliveira e José Edson Martins Silva por sempre estarem presentes durante o desenvolvimento do projeto, auxiliando na construção da nossa pesquisa, assim como todo o corpo do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, pela elevada qualidade de ensino e excelente ambiente de estudo.

RESUMO

A piezoeletricidade foi descoberta em 1800 pelos irmãos e físicos Pierre e Jacques Currie, na França, em cristais de quartzo. Este efeito consiste na produção de uma corrente elétrica quando um cristal de material piezoelétrico sofre compressão, ocasionando uma deformação em sua estrutura, produzindo uma carga elétrica. Após sua descoberta, o efeito piezoelétrico foi utilizado nos mais diversos equipamentos, onde possui maior atuação em equipamentos sonoros, estando presente em buzzers, cornetas e captadores acústicos. No entanto, apesar do surgimento dessas novas tecnologias e da contribuição progressiva para o avanço da humanidade, a maior parte acaba por causar impactos negativos e desastrosos ao planeta. Em razão disso, este projeto tem como objetivo desenvolver uma tecnologia de produção de energia limpa, utilizando o efeito piezoelétrico para produzir energia elétrica sem causar grandes impactos ao meio ambiente.

Palavras-chave: *Piezoeletricidade. Energia limpa. Energias renováveis.*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
2.1. A atual oferta de energia.....	8
2.2. Os malefícios desses meios energéticos	9
2.3. As iniciativas de energias renováveis	10
3. METODOLOGIA.....	11
3.1. O Efeito Piezoelétrico.....	12
3.2. O Piso Piezoelétrico	14
3.3. Instalação do Piso Piezoelétrico	18
3.4. Controlador de cargas.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
4.1. Desempenho do Piso Piezoelétrico	24
4.2. Soleira.....	26
4.3. Controlador de cargas.....	26
5. CONCLUSÕES	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
ANEXO A: PROTÓTIPO DO PISO PIEZOELÉTRICO – DESENHO TÉCNICO.	31
ANEXO B: ESQUEMÁTICO ELÉTRICO.	42
ANEXO C: RESULTADOS DOS PROTÓTIPOS.	45

1. INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral que a descoberta da energia elétrica trouxe inúmeros benefícios para a humanidade, possibilitando um maior conforto e novas possibilidades de desenvolvimento (CARNEIRO; FERREIRA, 2016). Com o passar dos anos e com o advento da revolução industrial, gradativamente se fez necessário a utilização em larga escala da energia elétrica, a fim de manter o funcionamento de um mundo que caminhava para uma era de intensa dependência tecnológica. Todavia, a utilização massiva destes produtos aumenta o número de detritos e emissões poluentes, o que acabam contribuindo para o avanço do efeito estufa e o aquecimento global, além de degradar e prejudicar o meio ambiente.

Com a finalidade de reduzir os impactos ao ecossistema surgiram as fontes de energia limpa, onde desempenham um papel de extrema importância para a proteção do meio natural e da manutenção da qualidade de vida. Como não geram poucos ou nenhuns detritos, não colaboram com aumento da poluição e das mudanças climáticas. Sob outra perspectiva, não havendo queima de combustíveis fósseis, não haverá produção de gases poluentes ou resíduos sólidos.

A energia limpa também é um importante fator para se garantir o desenvolvimento sustentável do planeta, onde vale ressaltar que cerca de 24% da energia produzida e consumida no mundo já são provenientes de fontes limpas (SANTANA, 2019).

Deste modo, a piezoelectricidade, como fonte de energia alternativa, possui diversas aplicações, tanto em nosso cotidiano, estando presente em aparelhos eletrônicos, como em áreas específicas, em radares e na produção de energia elétrica de maneira sustentável, como no caso do Club Surya, de Londres, além do Club Watt, em Roterdã, na Holanda, que utiliza dispositivos piezoelétricos para a captação de energia elétrica em pistas de dança (GODOY; SOUZA; NEUBAUER, 2014).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O efeito piezoelétrico foi descoberto em 1880 pelos irmãos Pierre e Jacques Curie, na França, onde teve sua primeira apresentação em trabalho científico por volta de 1880, porém seu efeito inverso só veio a ser descoberto através de uma dedução matemática dos princípios fundamentais da termodinâmica, em 1881, por Gabriel Lippmann, sendo

mais tarde provado pelos irmãos Curie, confirmando a reversibilidade completa das deformações nos cristais piezoelétricos.

Esta descoberta permaneceu adormecida até o ano de 1910, quando Woldemar Voigt publicou o livro *Lehrbuch der Kristallphysik*, onde é descrito 20 classes de cristais naturais que apresentam o comportamento piezoelétrico quando submetidos a pressão mecânica. No entanto, sua primeira aplicação só ocorreu durante a primeira guerra mundial, aparecendo em sonares desenvolvidos por Paul Langevin (PERLINGEIRO; PIMENTA; SILVA, 2016).

Os Estados Unidos, que também haviam entrado nesse mercado, desenvolveram as cápsulas piezoelétricas de Titanato Zirconato de Chumbo, PZT's, que consistem em cristais mistos de zirconato de chumbo (PbZrO_3) e titanato de chumbo (PbTiO_3), um material cerâmico perovskito, caracterizado pelo efeito piezoelétrico, que se tornou a tecnologia mais utilizada atualmente, juntamente com os cristais de Quartzo e carbonato de Zinco (ZnCO_3) (GODOY; SOUZA; NEUBAUER, 2014), onde são aplicados principalmente na área de equipamentos sonoros, em buzzers, cornetas, captadores acústicos e na medicina, em equipamentos de ultrassom e em eletroterapia. Além dessas aplicações ele pode ainda ser utilizada para produzir corrente elétrica, sendo um meio em potencial para a produção de energia limpa.

Desde o início das revoluções industriais o mundo, gradativamente, passou por diversas crises energéticas, influenciadas pelo crescimento exponencial da população mundial, exigindo uma maior quantidade de recursos, como alimento, vestimentas, combustíveis e meios energéticos. A necessidade de suprir a demanda por recursos desencadeou as grandes linhas de produções que mais tarde, com o boom dos aparelhos eletrônicos e o surgimento dos automóveis, tornou-se incrivelmente mais eficiente e capaz de abastecer as novas necessidades do mundo.

Os avanços proporcionados pelas revoluções industriais tornaram os combustíveis importantes ao ponto de se tornarem uma moeda, adotados como um sinônimo de riquezas, a exemplo do petróleo, que passou a estar em pauta na geopolítica.

Mais tarde, essa importância rendeu uma das primeiras crises mundiais, fruto de um embargo do petróleo em um conflito árabe-israelense, por volta de 1973. O ato, tido como uma investida político-econômica dos países árabes membros da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), elevou o preço do petróleo causando um aumento da fatura energética no Ocidente, porém também causou uma forte crise financeira nos

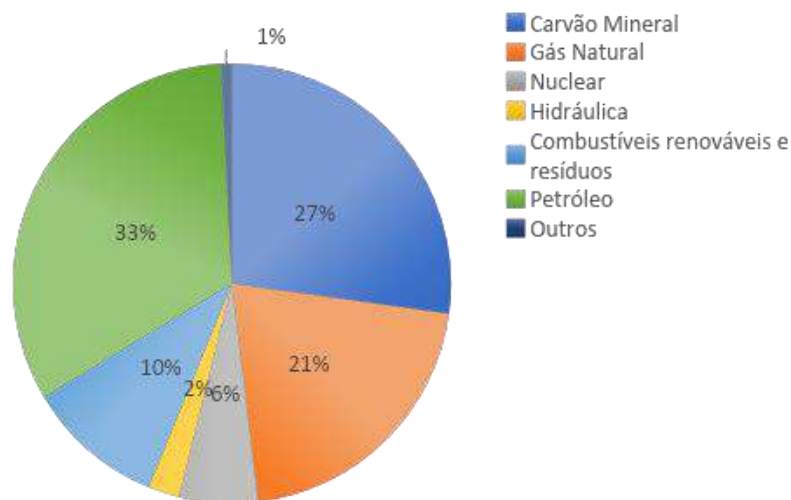
países mais industrializados. O evento estimulou a criação das políticas de diversificação e de economia, além do surgimento da AIE (Agência Internacional de Energia).

Este e outros eventos serviram como estímulo para o surgimento de uma preocupação com o futuro dos recursos naturais. Novas fontes de produção de energia passaram a ser estudadas e utilizadas com maior frequência, levando a uma grande inovação tecnológica na área de energias renováveis, onde se tornou possível a produção por diferentes métodos, como as hidrelétricas, parques eólicos, painéis fotovoltaicos e o meio piezoelétrico, abordado neste projeto.

2.1. A atual oferta de energia

Atualmente, boa parte da energia elétrica consumida no mundo ainda é proveniente de combustíveis fósseis, como mostra o gráfico a seguir:

Gráfico 01: Oferta de energia mundial (2009).



Fonte: IAE, 2011.

Estudos recentes alertam sobre a atual situação das emissões de detritos e gases poluentes, a fim de provocar uma diminuição na utilização dos combustíveis fósseis.

A poluição causada por esses componentes lançados na atmosfera acaba por fomentar o atual estado do planeta, onde os desmatamentos, extração desenfreada de recursos e a dispersão indevida de materiais poluentes são uns dos principais fatores responsáveis pela situação preocupante do meio ambiente.

Com o intuito de diminuir o impacto causado ao ecossistema, surgiram de novas tecnologias de produção de energia, a fim de maneira a minimizar o impacto na natureza e permitir um consumo sustentável. O Brasil, por exemplo, segue uma tendência de utilização de hidrelétricas para o fornecimento de energia, que utiliza a movimentação da água para movimentar os geradores e produzir energia elétrica.

Entretanto, o setor elétrico brasileiro se encontra em um estado de preocupação para os consumidores, devido ao quadro de instabilidade de recursos energéticos (FERNANDES; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2019). A utilização massiva de recursos, como a água, traz consigo inúmeros problemas, levando a criação de bandeiras tarifárias, que encarecem a conta de luz conforme o estado dos reservatórios, além dos constantes racionamentos de água.

No Brasil, a projeção para o crescimento do consumo de energia elétrica é de cerca de 5,3% ao ano, chegando por volta da quantia de 372 milhões de tep (Tonelada Equivalente de Petróleo) no ano de 2020 (TOLMASQUIM, 2012, p 250). Trazendo como base a projeção de consumo energético cresce em uma taxa exponencial onde a cada ano utilizamos cada vez mais recursos, a necessidade de novas fontes se faz necessário em um futuro em que o esgotamento destes materiais e a poluição massiva se tornam uma realidade.

2.2. Os malefícios desses meios energéticos

Os efeitos nocivos causados pelo sistema energético alcançam níveis globais e são responsáveis por grandes impactos ambientais, como a emissão de gases poluentes que são gerados a partir da queima de combustíveis fósseis que contribuem para o acúmulo de gases na atmosfera (efeito estufa), trazendo consigo as alterações climáticas, mau cheiro, queimadas e desmatamentos, além das inundações, promovidas pelas usinas hidrelétricas, que matam o ecossistema local e obrigam a população a migrarem para outras localidades, bem como os riscos de graves acidentes radioativos, causados pelas usinas nucleares, onde são utilizados elementos como o urânio e o plutônio, que liberam radiação.

Os meios mais utilizados para a extração de recursos energéticos - carvão, petróleo, hidroeletricidade e biomassa - são os principais agentes de grandes alterações muitas das

vezes irreversíveis ao solo, vegetação e atmosfera, comprometendo o meio ambiente e a saúde dos seres vivos. Esses danos são visíveis e podem ser sentidos por muitas gerações.

“Cerca de 75% do dióxido de carbono lançado à atmosfera vem do setor energético, que também emite mais de 40% do chumbo, 85% de enxofre e 75% de óxidos de nitrogênio. Esses gases são nocivos ao homem, causando alergias, problemas de pele e doenças respiratórias, poluem rios e contaminam plantações. O acúmulo desses gases acentua o efeito estufa, que causa graves alterações climáticas e, por consequência, traz implicações para a pesca, produção agrícola e pecuária, e é muito prejudicial ao homem.” (QUANTUM, 2016).

Com o propósito de minimizar estes impactos surgiram as fontes de energia eólica e solar, que rapidamente se popularizaram no mercado. Entretanto, apesar da energia eólica possuir baixo teor de emissões em sua produção, a utilização deste meio para obtenção de energia proporciona uma poluição sonora e visual, devido as suas grandes instalações que prejudicam visualmente a paisagem determinada região, além do risco constante de morte de aves por colisão com as turbinas durante o voo. Deste modo, a tecnologia já atuante mais indicada para a obtenção de energia é a energia solar, onde se necessita apenas dos painéis fotovoltaicos e alguns controladores de carga, onde seu maior impacto ambiental está relacionado apenas a fabricação e reciclagem desse material, tratando-se de uma ótima alternativa para empresas, indústrias e residências.

2.3. As iniciativas de energias renováveis

Visando o possível futuro cenário de escassez de recursos e uma elevada taxa exponencial de consumo energético, algumas empresas e estabelecimentos já buscam possíveis soluções de produção de energia renovável.

Iniciativas como a da empresa Sustainable Dance Club (SDC), que utiliza o efeito piezoelétrico em uma pista de dança para produzir e energia para as luzes do ambiente desde 2008, já obteve uma real economia no consumo de energia e uma redução de custos, além da empresa israelense Innowattech, que implementou a tecnologia piezoelétrica em uma estrada da cidade de Haifa, no norte de Israel. De acordo com a empresa, a faixa da rodovia é capaz de produzir 0,5 megawatts por hora, suficiente para abastecer cerca de 600 residências da região (CARNEIRO; FERREIRA, 2016).

No Brasil, todos anos a EPE, Empresa de Pesquisa Energética vinculada ao Ministério de Minas e Energias, apresenta o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), que um estudo sobre o consumo energético tendo como principal diretriz a priorização da participação das fontes renováveis de energia, a fim de atender o crescimento do consumo de energético (TOLMASQUIM, 2012, p 252), exercendo o papel de incentivo a novas tecnologias sustentáveis.

Levando a definição de que “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), inúmeros projetos são desenvolvidos com a finalidade de aproveitar a energia proveniente dessas fontes, como, por exemplo a os painéis fotovoltaicos que aproveitam a energia luminosa do sol e as turbinas eólicas. Dentre esses exemplos podemos citar também a produção de energia por meio de hidroelétricas e as usinas nucleares, que são meios limpos, porém o ecossistema local em certo grau. Como já mencionado por Nikola Tesla, “em todo o espaço há energia... é (só) uma questão de tempo até que os homens tenham êxito em associar seus mecanismos ao aproveitamento desta energia.” Partindo desse pressuposto, o piso piezoelétrico utiliza de componentes, tais como o piezo, para canalizar a energia produzida por tensões mecânicas aplicadas ao piso de uma calçada ou rodovia, se tornando um meio de produção limpa de energia.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo iremos abordar os métodos e materiais utilizados para o desenvolvimento dos protótipos, bem como as estratégias adotadas para a obtenção de energia e os métodos de testes desenvolvidos.

Este projeto foi idealizado com base no funcionamento do efeito piezoelétrico direto, levando em consideração o formato de um piso cerâmico convencional, bem como as forças atuantes e a forma de manuseio, a fim de proporcionar uma rápida instalação e um funcionamento eficiente.

Com o intuito de produzir uma estrutura modular, o projeto foi dividido em 2 segmentos, onde são separados em retificação e captação de energia elétrica, sendo composto pelo controlador de cargas, responsável por retificar e armazenar a carga elétrica e o pelo piso piezoelétrico, que atua em conjunto com a soleira para captar energia.

Deste modo, as etapas de desenvolvimento, como o levantamento bibliográfico, construção e levantamento dos resultados seguiram um cronograma de execução, onde levantamento bibliográfico foi abordado em caráter contínuo, visando o constante aprofundamento nas tecnologias utilizadas.

Tabela 01 - Cronograma de execução do projeto de pesquisa

Projeto de Pesquisa - Piso Piezoelétrico : Cronograma de execução																		
Atividade	Sem. 01	Sem. 02	Sem. 03	Sem. 04	Sem. 05	Sem. 06	Sem. 07	Sem. 08	Sem. 09	Sem. 10	Sem. 11	Sem. 12	Sem. 13	Sem. 14	Sem. 15	Sem. 16	Sem. 17	Sem. 18
1) Levantamento Bibliográfico	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2) Construção e manutenção dos Protótipos											X	X	X	X				
3) Testes e levantamentos de resultados														X	X	X		
4) Construção e manutenção do Controlador de cargas																X	X	
5) Testes e levantamentos de resultados																	X	
6) Revisão Bibliográficas																	X	X

Elaborado pelo autor, 2020.

A utilização deste método, em conjunto com as duas etapas de testes e levantamentos de resultados permitiu o acompanhamento contínuo do desempenho do protótipo, uma vez que a bateria de testes é executada ao final de cada etapa de construção do dispositivo, que é dividida entre os protótipos do piso piezoelétrico e seu controlador de cargas.

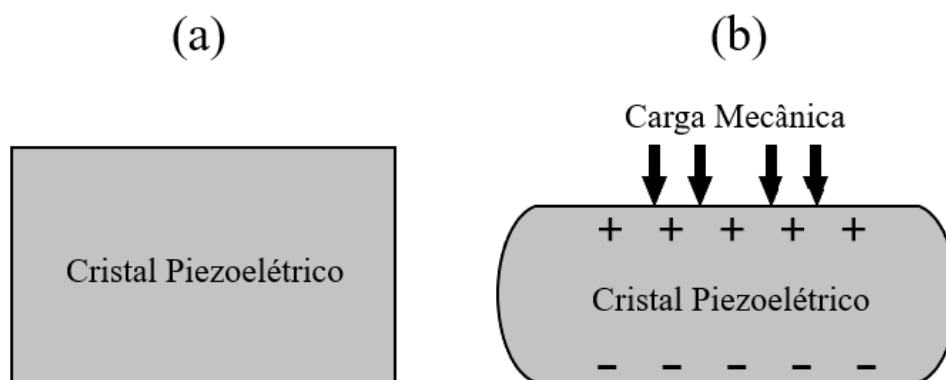
3.1. O Efeito Piezoelétrico

O efeito piezoelétrico baseia-se na indução de um dipolo elétrico, onde apresenta um acoplamento eletromecânico recíproco. Deste modo, “uma vez que um campo elétrico é aplicado, o material apresenta uma deformação mecânica; por outro lado, quando o material sofre uma carga mecânica um potencial elétrico é gerado. Essa reciprocidade permite que esse tipo de material possa ser utilizado como sensores ou atuadores”. (OLIVEIRA e SAVI, 2013, p.46).

Esses dois comportamentos são nomeados como efeito piezoelétrico direto e efeito piezoelétrico indireto, onde o efeito direto consiste na aplicação de uma tensão mecânica que é convertida em uma corrente elétrica através da indução de um dipolo elétrico em sua estrutura. Já o efeito inverso produz uma deformação na estrutura do dispositivo que possui essas propriedades quando submetido à um campo elétrico. Este comportamento ainda possui uma peculiaridade à altas temperaturas, onde quando acima da temperatura de Currie (PZT-5A e PZT-5H ~ 365°C e 190°C respectivamente (BERLIN COURT et al., 2004), o material tem sua estrutura modificada, perdendo a capacidade de produzir um dipolo elétrico.

Em nosso projeto iremos utilizar apenas do efeito piezoelétrico direto, onde a produção de energia por aplicação de uma tensão mecânica ocorre em quatro estágios. No primeiro estágio a peça ainda se encontra em repouso, onde as cargas se encontram balanceadas. A partir do segundo estágio temos uma carga mecânica sendo aplicada na superfície do cristal, produzindo uma diferença de potencial elétrico, onde surge o primeiro pico de tensão.

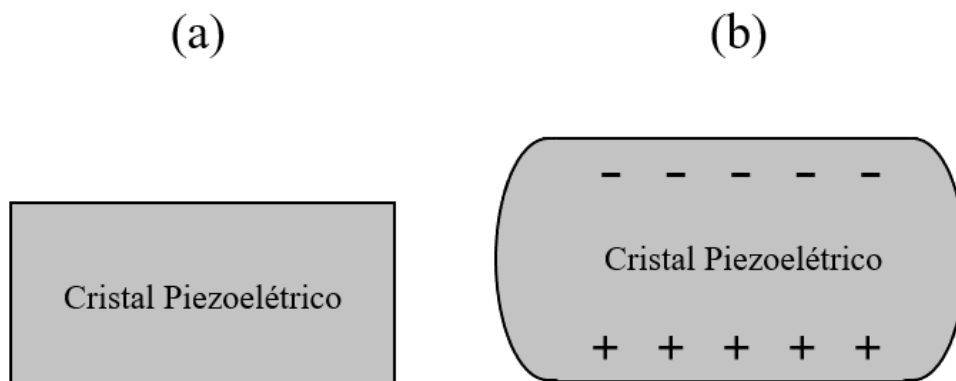
Figura 01 – Primeiro (a) e segundo (b) estágio de produção de energia do efeito piezoelétrico.



Elaborado pelo autor, 2020.

Já no terceiro estágio temos um rearranjo da estrutura do cristal, onde as cargas voltam a se balancear. O quarto estágio tem seu início a partir do momento em que temos a retirada da carga mecânica que estava sendo aplicada ao cristal piezoelétrico, onde temos novamente a formação de uma corrente elétrica, porém de polaridade inversa.

Figura 02 – Terceiro (a) e quarto (b) estágios de produção de energia do efeito piezoelétrico direto.



Elaborado pelo autor, 2020.

Os dispositivos piezoelétricos disponíveis comumente no mercado podem produzir energia em faixas de μW a mW de potência, classificando a piezoeletricidade como pertencente ao conjunto de tecnologias de colheita de micro energia.

Deste modo, podemos classificar a piezoeletricidade como uma fonte de micro energia sazonal de corrente alternada, uma vez que a produção de energia acontece em ciclos de dois picos de energia, onde os polos elétricos são invertidos a cada pico.

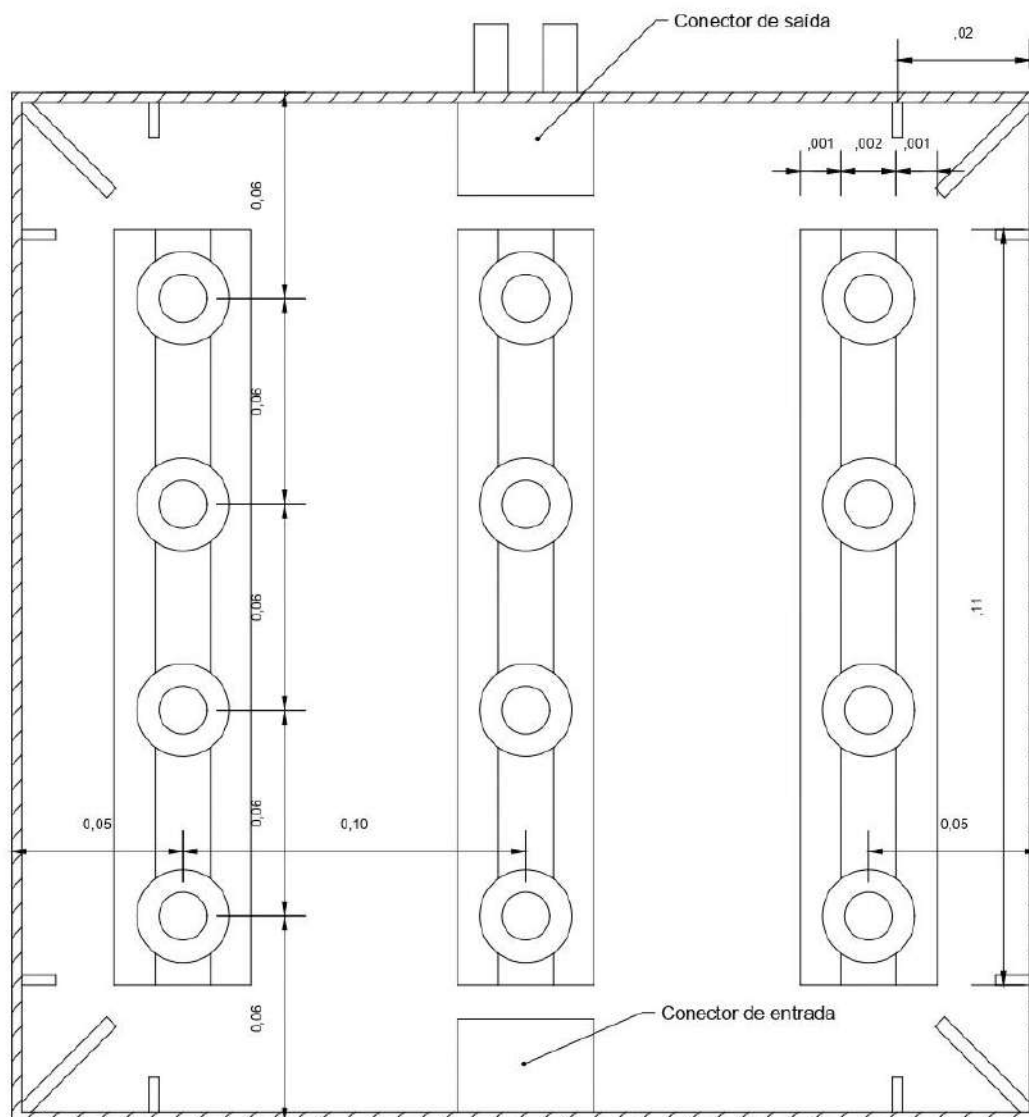
3.2. O Piso Piezoelétrico

O piso piezoelétrico foi desenvolvido de modo a possui semelhanças com as placas de piso cerâmico presente atualmente no mercado, tendo 30cm x 30cm x 2,4cm.

Internamente o protótipo é composto por uma malha piezoelétrica interna formada de pastilhas piezo de PZT (Titanato zirconato de chumbo), um material sintético comumente utilizado no mercado atual, estando presente em produtos como cornetas, buzzers e captadores sonoros. O piezo comercialmente pode ser encontrado em diâmetros que variam entre 15mm a 35mm, sendo escolhidos para este projeto as células piezoelétricas de 27mm, devido à baixa taxa de ocupação interna e menor preço.

O posicionamento de cápsula piezoelétrica se deu de modo a abranger a maior área possível dentro do case, conforme o modelo a seguir:

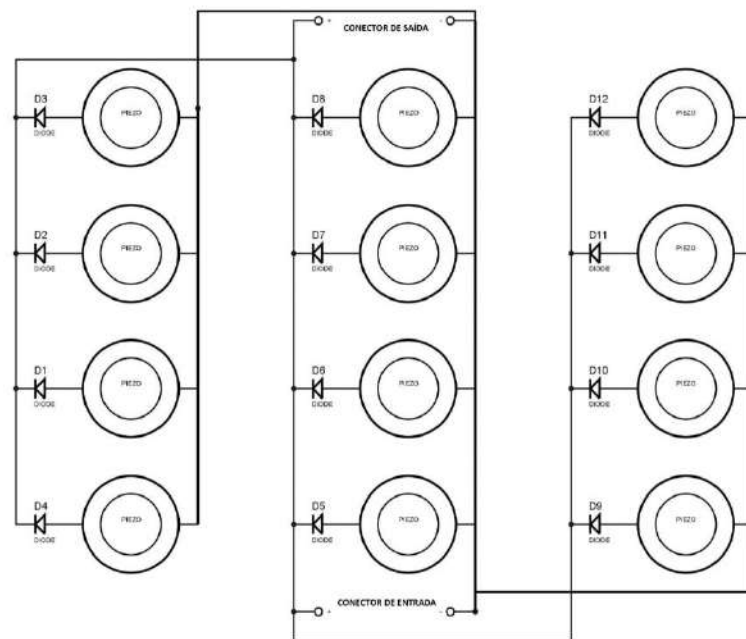
Figura 03 - Posicionamento interno das células



Elaborado pelo autor, 2020.

A malha piezoelétrica interna também é formada por cerca de 12 diodos, que por sua vez estão em série com cada cápsula piezoelétrica, onde são interligadas em paralelo. Deste modo, ocorre uma somatória das correntes elétricas produzidas por cada célula. Os diodos utilizados na malha possuem de impedir que a carga elétrica produzida por uma célula atue nas outras cápsulas piezoelétricas da malha, permitindo o fluxo de elétrons em somente uma direção.

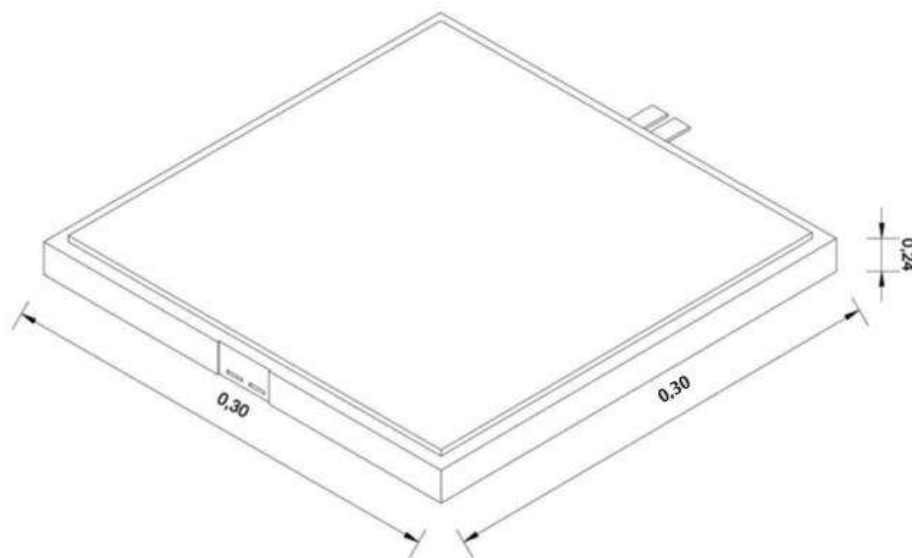
Figura 04 - Configuração interna das células piezoelétricas



Elaborado pelo autor, 2020.

O piso também dispõe de uma estrutura rígida que foi desenvolvida de modo a proteger e direcionar a carga mecânica nas cápsulas piezoelétricas de forma a aumentar a pressão no meio da cápsula.

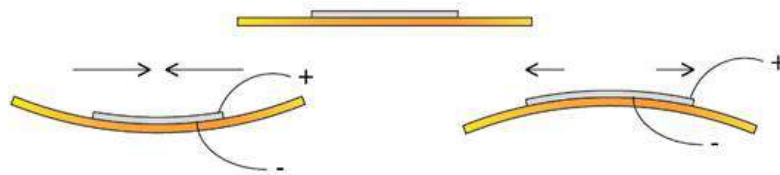
Figura 05 – Piso piezoelétrico



Elaborado pelo autor, 2020.

Além disto, no interior do piso também estão presentes alguns suportes posicionados abaixo de cada cápsula piezoelétrica, de forma a elevar a deformação proporcionada pela carga mecânica que é aplicada diretamente no corpo do piezo, produzindo assim uma maior quantidade de energia, uma vez que a carga elétrica produzida é proporcional a deformação gerada.

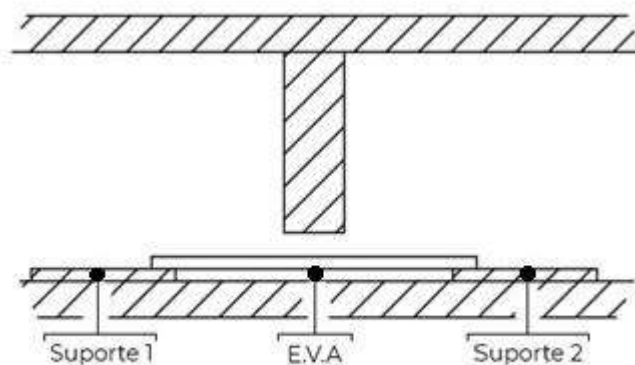
Figura 06 - Deformação da célula piezoelétrica



Fonte: Wikipedia, 2011.

Os suportes inferiores contam ainda com um pequeno amortecedor no centro da célula, fabricado em acetato-vinilo de etileno (E.V.A) que prolonga a vida útil do piezo e possibilita uma deformação controlada.

Figura 07 - Estrutura interna

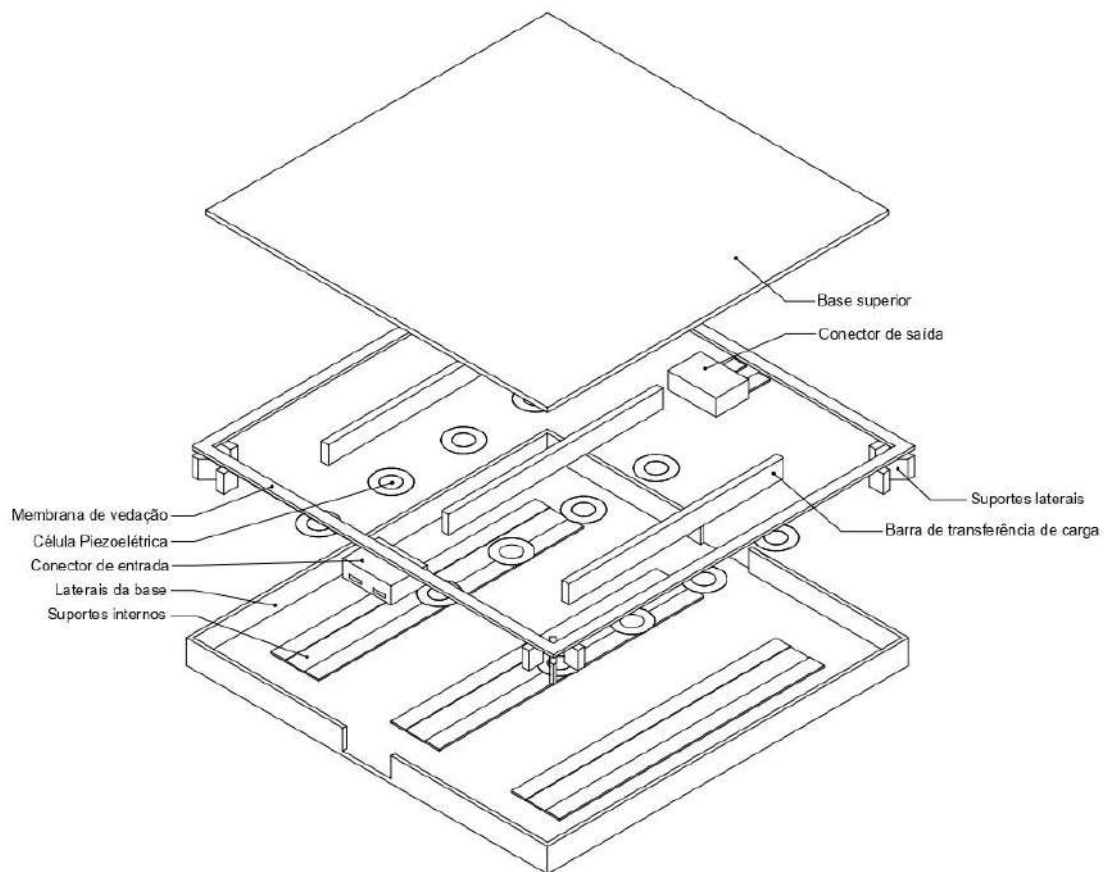


Elaborado pelo autor, 2020.

Deste modo o impacto total na célula piezoelétrica é reduzido, mantendo a deformação em seu corpo que é essencial para a produção de energia, já que por definição temos que a piezeletricidade consiste na habilidade que alguns cristais possuem de exercer um esforço mecânico quando uma carga elétrica é aplicada ou de produzir uma corrente elétrica quando um determinado esforço mecânico é aplicado na célula.

Com isso, a estrutura dos protótipos passa a ter a função de proteger e potencializar pressão exercida sobre a célula piezoelétrica, tendo dimensões que se ajustam ao formato da malha piezoelétrica interna, permitindo que a força exercida sobre ele seja uniformemente distribuída.

Figura 08 – Constituição do piso piezoelétrico.



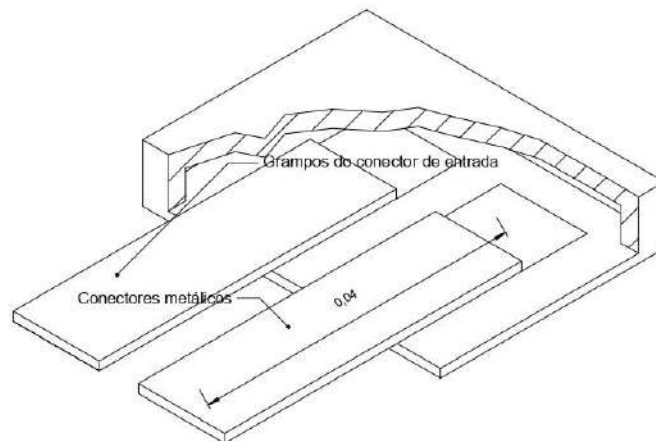
Elaborado pelo autor, 2020.

3.3. Instalação do Piso Piezoelétrico

O piso piezoelétrico foi desenvolvido para possuir uma fácil instalação e manuseamento, podendo ser instalado em diferentes ambientes sem maiores complicações. Para realizar a conexão entre os dispositivos, o piso dispõe de um par de conectores de entrada e saída de energia, que permitem interligar vários dispositivos para que assim o piso possa atuar em grandes áreas.

O conector de saída é constituído de duas barras fabricadas em placas de fenolite cobreado, apresentando 4cm de comprimento com cerca de 1cm de largura, interligadas por cabos internos as células piezoelétricas.

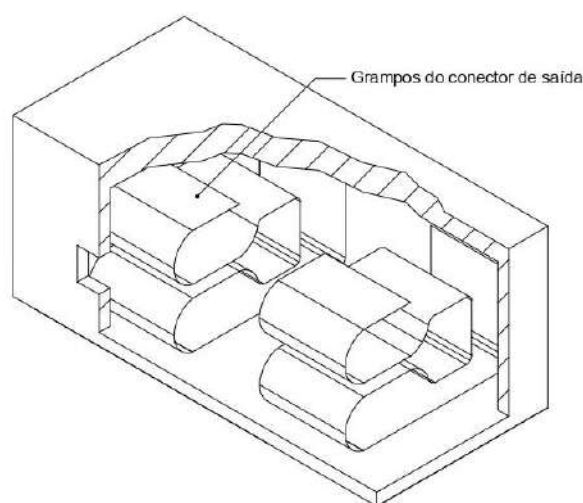
Figura 09 - Conector de saída de energia



Elaborado pelo autor, 2020.

Já o conector de entrada é composto por dois grampos fabricados em chapas zinco, tendo um formato abaulado nas extremidades, possibilitando que o acoplamento dos dispositivos possa acontecer com um certo grau de inclinação.

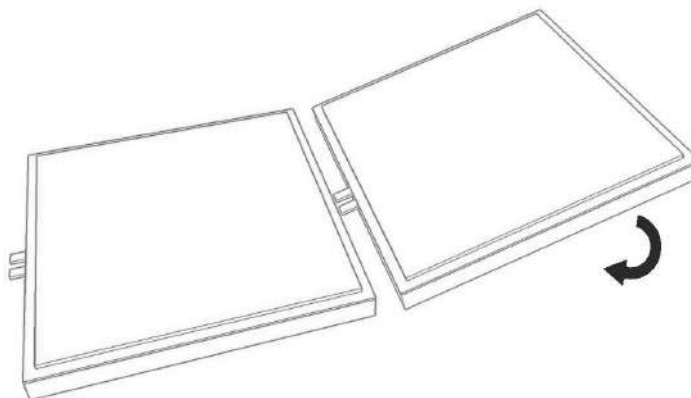
Figura 10 - Conector de entrada de energia



Elaborado pelo autor, 2020.

Graças a essa inclinação, o piso pode ser instalado diretamente sob o chão sem a necessidade de uma preparação do terreno, com uma abordagem Plug & Play, onde basta conectar todos os dispositivos entre si para construir a malha piezoelétrica.

Figura 11 - Modo de encaixe do Piso Piezoelétrico

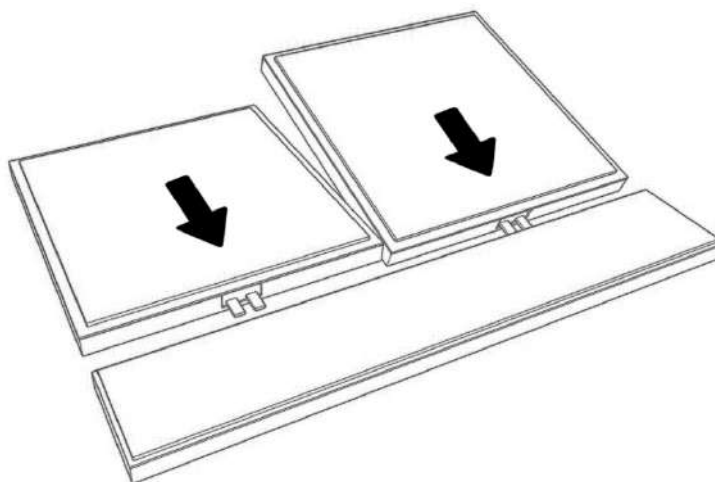


Elaborado pelo autor, 2020

No entanto, para que possam ser conectadas ao controlador é necessário um segundo aparelho responsável por realizar a junção entre a malha piezoelétrica e o controlador de cargas. Esta ferramenta foi desenvolvida de modo a ser semelhante a uma soleira, possuindo somente os conectores de entrada.

O encaixe e instalação da soleira se realiza da mesma maneira que o encaixe é realizado entre as placas de piso, porém este dispositivo não possui um tamanho pré-determinado, se adequando à quantidade de placas que serão interligadas. Neste projeto optamos por construir um protótipo de 60cm x 10cm, que possui duas entradas.

Figura 12 - Soleira



Elaborado pelo autor, 2020.

3.4. Controlador de cargas

Apesar de produzirem uma tensão de energia considerável, a corrente produzida pelas células piezoelétricas ainda é relativamente baixa, além de se tratar de uma fonte energética sazonal, de amplitude variante e corrente alternada sendo necessário um dispositivo para regular a carga e convertê-la em corrente contínua, fornecendo uma saída de energia estável (MASHALEH, 2018). Deste modo, se faz necessário o uso de um aparelho destinado a retificar e armazenar a carga elétrica produzida, denominado controlador de cargas.

O controlador de cargas expressa um papel fundamental em fontes de energias alternativas, como os painéis solares e fontes de energia piezoelétricas, sobretudo no armazenamento de energia, onde toda a carga elétrica é retificada e tratada para que as baterias possam ser carregadas corretamente.

Em nosso projeto utilizamos um controlador que já está presente no mercado, sendo incluído em produtos como carregadores portáteis que possuem painéis solares acoplados. Para esta função utilizamos o controlador de cargas distribuído em carregadores da marca ReneSola, onde foram realizadas algumas adaptações para utilizar este circuito em nosso projeto.

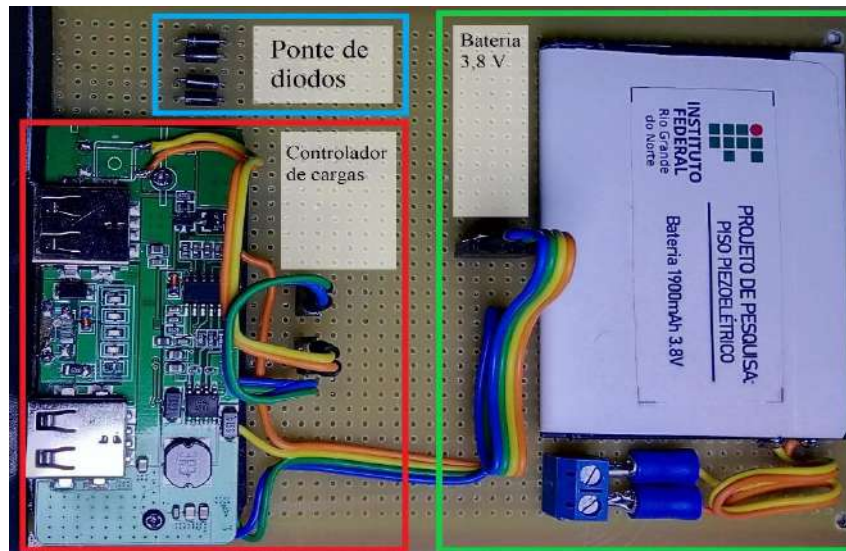
Figura 13 - Carregador ReneSola



Fonte: ReneSola.

Para a utilização em conjunto com o Piso Piezoelétrico se fez necessário criar uma ponte de diodos para retificar o sinal de corrente alternada produzida pela cápsula piezoelétrica, transformando-a em um sinal de corrente contínua, necessário para alimentar o circuito. Todas as modificações seguiram o projeto desenvolvido (**ANEXO X**).

Figura 14 - Circuito do controlador de carga



Elaborado pelo autor, 2020.

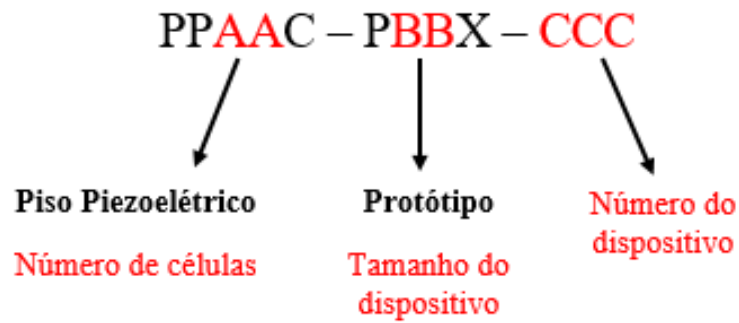
O controlador de cargas conta com duas saídas usb, destinadas à saída de energia 5v, com cerca de 1A. Para conectar a malha piezoelétrica o controlador de cargas dispõe de dois bornes, onde são conectados à ponte de diodos antes de partirem para a alimentação do circuito. Para armazenar a energia produzida pelo piso o controlador utiliza uma bateria de 1900 mAh, de 3.8V.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fim de verificar o funcionamento do dispositivo proposto, foram desenvolvidos cerca de 6 protótipos do piso piezoelétrico, um protótipo da soleira e um protótipo do controlador de cargas.

Para realizar a identificação de cada um dos protótipos, optamos por utilizar uma etiqueta nos 6 protótipos do piso piezoelétrico, onde possuem um código que contém informações como o número de células incluídas, o tamanho do dispositivo e sua numeração.

Figura 15 - Identificação dos protótipos



Elaborado pelo autor, 2020.

**Figura 16 - Etiqueta do Piso Piezoelétrico de base de 30x30 cm,
com 12 células, modelo n° 006**



Acervo do autor, 2020.

A partir destes dispositivos realizamos todas as leituras de corrente e tensão produzidas, assim como os cálculos de desempenho para plotagem de gráficos. Os protótipos foram submetidos à uma carga que se aproxima ao peso médio de um humano adulto do sexo masculino, cerca de 70Kg. As leituras das tensões e correntes foram realizadas utilizando um multímetro digital modelo DT – 830B.

O cálculo da tensão média produzida por cada placa se deu através da média aritmética, utilizando a seguinte fórmula:

$$\frac{T1 + T2 + T3}{3} = TMP$$

Fórmula 01: Cálculo da Tensão Média Produzida

Sendo T1, T2 e T3 as três medições de tensão de cada placa e TMP correspondente a Tensão Média Produzida. Para o cálculo da média da corrente foi utilizada uma fórmula semelhante, onde C1, C2 e C3 equivalem às três medições do piso e o CMP referente a Corrente Média Produzida.

$$\frac{C1 + C2 + C3}{3} = CMP$$

Fórmula 02: Cálculo da Corrente Média Produzida

O cálculo da potência média de cada dispositivo se deu através da seguinte fórmula, onde utilizamos o TMP e o CMP de cada aparelho.

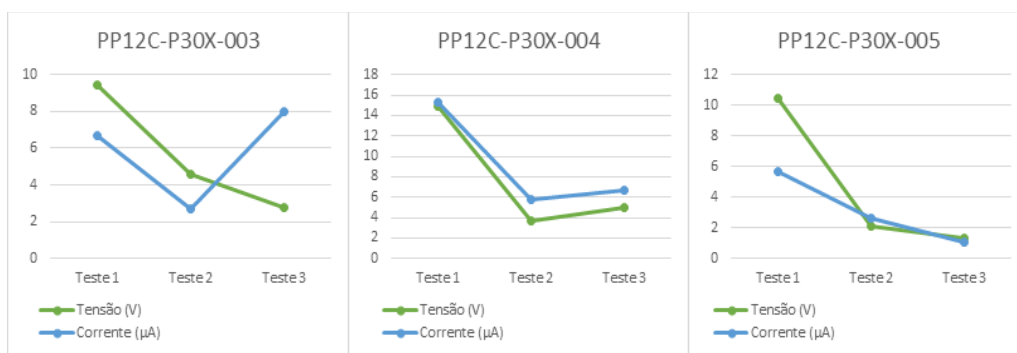
$$TMP \times CMP = PMP$$

Fórmula 03: Cálculo de Potência Média Produzida

4.1. Desempenho do Piso Piezoelétrico

Durante as análises unitárias de cada dispositivo observamos algumas discrepâncias em relação às leituras de tensão e corrente produzidas pelos itens PP12C-P30X-003, PP12C-P30X-004 e PP12C-P30X-005. Deste modo, optamos pela utilização do método de exclusão desses dados, onde o TMP e o CMP passaram a serem calculados com os valores restantes.

Gráfico 02 - Testes realizados nos dispositivos PP12C-P30X-003, PP12C-P30X-004, PP12C-P30X-005.



Elaborado pelo autor, 2020.

Após as correções necessárias, realizamos os cálculos de TMP e CMP, conforme a tabela a seguir:

Tabela 02 – Tensões e corrente média dos protótipos

	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Piso 6
TMP (V)	1,610	3,957	3,680	4,310	1,720	2,394
CMP (Aμ)	2,100	3,800	4,700	6,250	3,134	4,340
PMP (μW)	3,381	15,036	17,296	26,937	5,390	10,389

Elaborado pelo autor, 2020.

A partir destes resultados constatamos algumas flutuações nos valores, decorrentes da diferença de pressão em cada célula piezoelétrica presente na malha interna, onde por estarem separadas entre si, acabam sendo submetidas em diferentes momentos a diferentes cargas.

No entanto, isto não se enquadra como uma característica negativa, tendo em vista de que deste modo pode-se caminhar sobre o piso de diferentes formas, produzindo energia em qualquer ponto da superfície do dispositivo.

Na tabela 03 estão reunidos os resultados de alguns outros estudos realizados com a tecnologia piezoelétrica em diferentes tipos de dispositivos, de acordo com o tipo de transdutor, suas dimensões e os valores de tensão e potência alcançados.

Tabela 03 - Resumo dos resultados obtidos pelos principais autores

Autor	Dispositivo	Transdutor	Dimensão (mm)	Velocidade (m/s)	Tensão (V _{RMS})	Potência máxima
OH et al (2009)	Piezo viga incorporada ao troco	PZT	57,2×31,8×0,0018	-	2,04	2,24 μW
	Piezo viga incorporada à folha	PVDF	170×21,0×0,205			4 μW
LI et al. (2009)	Caulé – Folha	PVDF	41×16,0×0,205	0 a 8	-	296 μW
			72×16×0,205		-	76 μW
DEIVASIGAMANI (2014)	Caulé - Folha	PVDF	72×16×0,205	3 a 8	-	88,3 μW
GAO et al. (2011)	Piezo viga c/ extensão cilíndrica	PZT	31×10×0,075	2 a 10	4,3	3,5 μW
SUNDARARAJAN et al. (2012)	Piezo viga c/ extensão retangular	MFC	25,4×12,7×0,180	3 a 8	2,5	-
ORREGO et al. (2017)	Bandeira invertida	PVDF	60×120×0,2	2 a 9	-	5 mW
MCCLOSKEY et al. (2017)	Caulé – Folha	PVDF	61,5×12,2×0,205	2 a 15	-	165 μW
WANG et al. (2018)	Veias incorporadas à folha	PVDF	0,028 – 0,11 (espessura)	6 a 10	-	0,457μW
NASCIMENTO (2019)	Caulé – Folha	PVDF	41×16,0×0,157	3,22 a 5,66	4,71	3,96 μW

Fonte: NASCIMENTO, 2019.

Em comparação com os resultados alcançados por outros autores, podemos verificar que obtivemos resultados satisfatórios e próximos aos obtidos em outros trabalhos, chegando em alguns casos a superá-los em potência gerada, como é o caso do trabalho desenvolvido por OH et al (2009) e WANG et al (2018). No entanto podemos constatar que alguns fatores específicos da construção do modelo contribuíram para resultados mais modestos, como a utilização de pastilhas piezoelétricas PZT comuns, que não possuem a mesma resistência mecânica que os dispositivos MFC, ideais para aplicações que exigem maiores deformações. Estes e outros fatores devem ser considerados em estudos futuros.

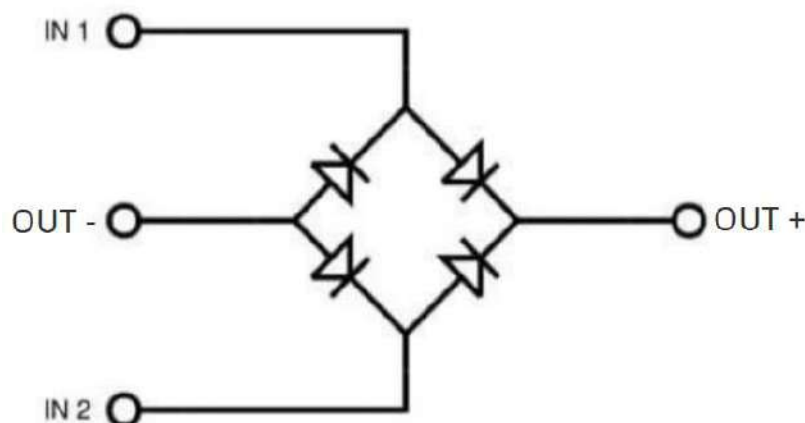
4.2. Soleira

A soleira é um dispositivo criado exclusivamente para interligar a malha piezoelétrica ao controlador de cargas, sendo constituída apenas de conectores de entrada de energia. Deste modo, obtivemos um resultado satisfatório em relação ao seu desempenho, onde permitiu realizar a conexão sem maiores complicações.

4.3. Controlador de cargas

O controlador de cargas utilizado foi baseado na placa logica do carregador solar da marca Renesola, onde foram feitas adaptações na conexão que antes eram destinadas ao painel solar, como a adição de uma ponte de diodos, a fim de retificar a corrente alternada proveniente da malha piezoelétrica.

Figura 17 - Esquemático da ponte de diodos



Elaborado pelo autor, 2020.

A ponte de diodos é um arranjo de diodos destinados a retificar uma corrente elétrica alternada de onda completa em onda contínua, onde se faz necessário que a tensão aplicada seja maior que 0,7 volt para que possa superar a queda de tensão característica de um diodo de silício. Além desta modificação também adicionamos uma bateria de 1900mAh com 3,8v que é carregada pelo circuito retirado do carregador.

Durante os testes verificamos que é necessária uma tensão maior que 1.4v para ativar o circuito e iniciar o carregamento da bateria, porém não obtivemos êxito ao calcular o tempo de carga necessário, bem como o datasheet dos componentes envolvidos. Apesar desses fatores, verificamos que a tensão nas saídas USBs se mantém constantes a 5v, o que por um lado permite conectar aparelhos como celulares e outros dispositivos USB, no entanto a sua utilização drena rapidamente a bateria. O controlador de cargas se apresentou como Estes e outros aspectos serão considerados em trabalhos futuros, a fim de obter melhores resultados.

5. CONCLUSÕES

Em virtude do cenário mundial de matrizes energéticas e seus impactos no ecossistema, surgiu a preocupação com a escassez de recursos e a degradação ambiental, que segue em ritmo acelerado. Deste modo a necessidade de criar meios de produção de energia, bem como novos produtos sustentáveis, se tornou um dos principais objetivos dos estudos da comunidade científica, que visa a substituição dos combustíveis fósseis por alternativas limpas e economicamente viáveis.

Em suma, o projeto apresentou uma proposta de utilização do efeito piezoelétrico para produzir energia elétrica de forma limpa a partir da tensão mecânica proporcionada pelo caminhar de outros indivíduos. De certo modo obtivemos êxito ao produzir uma corrente elétrica apenas com o caminhar, colhendo resultados satisfatórios dentro da categoria de micro energia, provando ser possível a utilização do equipamento. Outro ponto observado é a grande utilidade de uma estrutura modular, onde a área coberta pela malha piezoelétrica formada pelas placas de piso se estende pela superfície sendo apenas limitada pela dimensão do local. Esta característica, aliada à facilidade de instalação, permite que este dispositivo possa futuramente entrar com maior facilidade no mercado de produção de energia limpa, onde iria se especializar na produção em meio urbano, estando presente em praças e calçadas de maior movimentação, onde uma das maiores

vantagens desta tecnologia está na utilização de espaços já existentes, diminuindo significativamente os gastos com recursos para a criação de novos.

Durante os testes executados no piso piezoelétrico, observamos também que as células piezoelétricas trabalham dentro de uma faixa de tensão e corrente, produzindo energia na ordem de μW de potência. Apesar da constatação de bons números, estudos futuros podem ser conduzidos com o intuito de otimizar a produção de energia, de modo a aumentar a carga elétrica produzida por metro², seja através de novos componentes ou uma nova estrutura.

Outra dificuldade encontrada durante as pesquisas foi o desenvolvimento de um controlador de cargas destinado à colheita de energia em baixa potência. Devido às dificuldades encontradas em produzir um circuito capaz de lidar de maneira eficiente com a coleta e armazenamento de micro energia, o projeto teve seu desempenho reduzido, cabendo aos próximos estudos a tarefa de desenvolver um equipamento com uma menor quantidade de energia dissipada e buscar novos materiais mais eficientes e resistentes, a fim de proporcionar a confecção de um dispositivo que possa ser comercializado, aumentando o leque de fontes de energia limpa no mercado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMENDANI et al. (2017). **CONHECENDO A PIEZOELETRICIDADE UMA NOVA FORMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/geracao-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 30 de ago. de 2020.

BERLINCOURT, D.; KRUEGER, H. H. A.; NEAR, C. **Properties of piezoelectricity ceramics**. [S.I.]: Morgan Electro Ceramics, 2004. (Technical Publication TP, 266). Disponível em: <[http://www.ultrasonic-resonators.org/misc/references/articles/Berlincourt_Properties_of_Morgan_Electro_Ceramic_Ceramics_\(Morgan_Technical_Publication_TP-226\).pdf](http://www.ultrasonic-resonators.org/misc/references/articles/Berlincourt_Properties_of_Morgan_Electro_Ceramic_Ceramics_(Morgan_Technical_Publication_TP-226).pdf)>. Acesso em 17 de dez. de 2020.

CARNEIRO, Layilson; FERREIRA, Mariele. **Estudo sobre o potencial de geração de energia elétrica para semáforos a partir de placas piezoelétricas na MA 006**. Revista Brasileira de Iniciação Científica, Itapetininga. V.3, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.itp.ifsp.edu.br/index.php/IC/article/view/273>>. Acesso em: 06 de set. de 2020.

ENERGIAS RENOVÁVEIS: RIQUEZA SUSTENTÁVEL AO ALCANCE DA SOCIEDADE. Caderno de Altos Estudos n. 10. Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica. Centro de Documentação e Informação: Edições Câmara. Brasília, 2012.

FARNELL. **Piezoelectric Ceramic Sensors (PIEZOTITE)**. Junho 2001. Disponível em: <<http://www.farnell.com/datasheets/43406.pdf>>. Acesso em: 29 de ago. de 2020.

FERNANDES, Marcia; OLIVEIRA, Jean; OLIVEIRA; Livia da Silva. **GERANDO ENERGIA ELÉTRICA SUSTENTÁVEL ATRAVÉS DOS EFEITOS PIEZOELÉTRICOS**. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXIX, Nº000170, 14/06/2019. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/gerando-energia-eletrica-sustentavel-atraves-dos-efeitos-piezoeltricos>>. Acesso em: 05 de set. de 2020.

FERREIRA, Luiz Fernando Suzarte Silva. **Sistema de Geração de energia via sensores piezoelétricos**. 2017. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2017.

GODOY, Evelise; SOUZA, Maíra; NEUBAUER, Mariana. **PISO QUE TRANSFORMA ENERGIA MECÂNICA EM ELETRICIDADE**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 2014/2. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/projenergia3/projetos/trabalhos2014/trabalhos20142/GRUPHf>>. Acesso em: 25 de set. de 2020.

MASHALEH, Bayan Al. **Power Generation Using Piezoelectric Materials**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/329450289_Power_Generation_Using_Piezoelectric_Materials>. Acesso em: 27 de out. de 2020.

MORAES, Caio. **Análise do conversor Buck em Condução Contínua**. Disponível em: < <https://eletronicadepotencia.com/analise-do-conversor-buck-em-mcc/> >. Acesso em: 11 de nov. de 2020.

NASCIMENTO, Alessandro. **SISTEMA DE ENERGY HARVESTING EMPREGADO A ESTRUTURAS BIOINSPIRADAS USANDO DISPOSITIVO PIEZOELÉTRICO PVDF**. 2019. Universidade Federal da Fronteira Sul. Disponível em: < <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/3551> > Acesso em 12 de dez. de 2020.

O IMPACTO DO SISTEMA ENERGÉTICO NO MEIO AMBIENTE E A PROMESSA DA ENERGIA SOLAR. **Quantum**, 2016. Disponível em: <<https://www.quantumengenharia.net.br/o-impacto-sistema-energetico-no-meio-ambiente-e-promessa-da-energia-solar/>>. Acesso em: 11 de nov. de 2020.

OLIVEIRA, Sergio; SAVI, Marcelo. OS MATERIAIS INTELIGENTES E SUAS APLICAÇÕES. **REVISTA MARÍTIMA BRASILEIRA**, Rio de Janeiro, v. 133, n. 10/12, p. 39–56, out./dez. 2013.

PERLINGEIRO, Antônio Ramos; PIMENTA, Gilberto Maia; SILVA, Salviano Evaristo da. **GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DE MATERIAIS PIEZOELÉTRICOS**. Disponível em: < <http://www.cefetrj.br/attachments/article/2943/Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20Energia%20atrav%C3%A9s%20de%20Materiais%20Piezoel%C3%A9tricos.pdf> > . Acesso em: 17 de dez. de 2020.

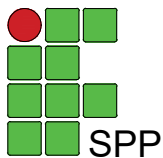
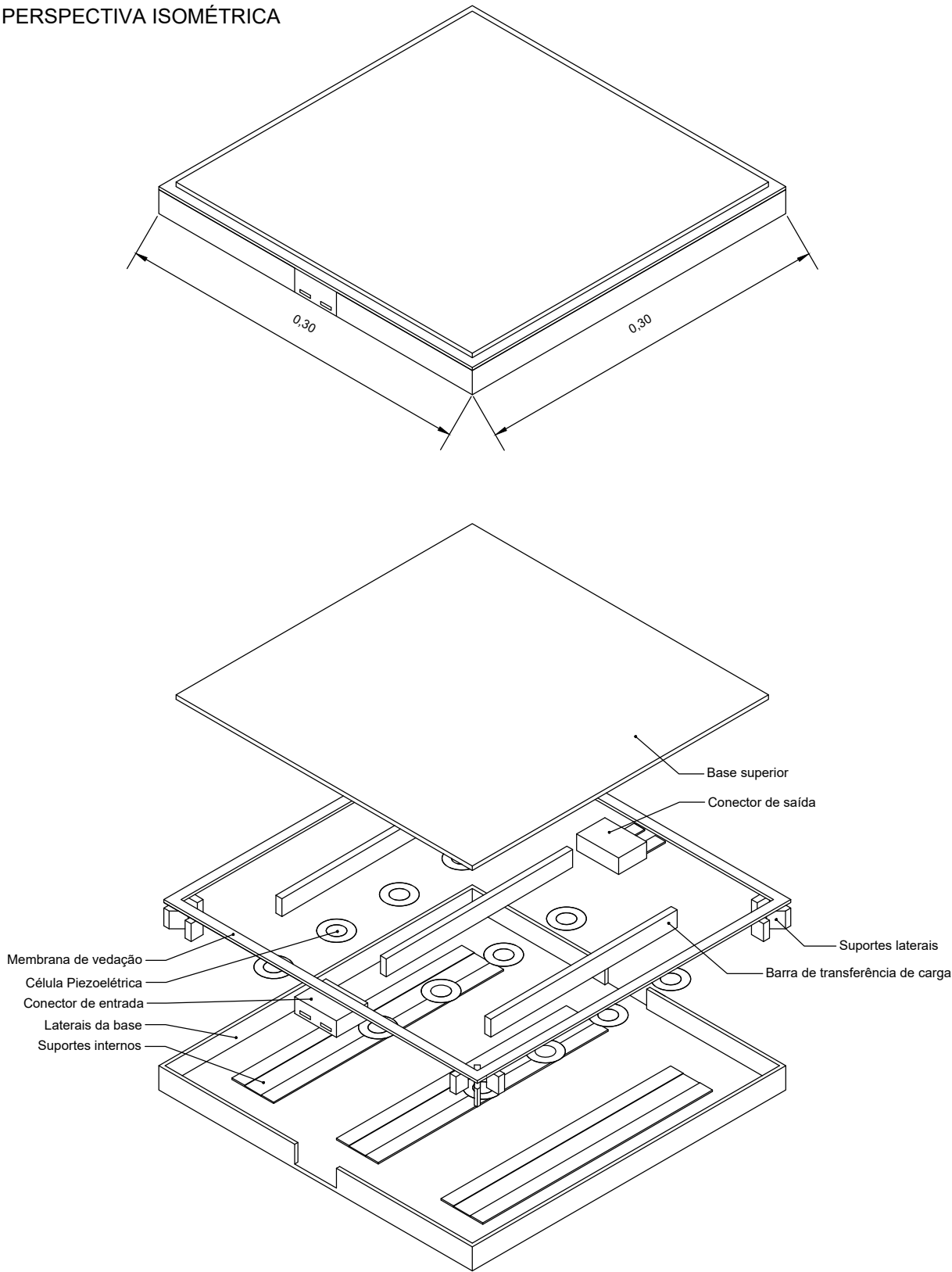
SILVA, Robson. **PIEZOELETRICIDADE COMO FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA**. Faculdade Santo Agostinho – FASA. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/robson.pdf>>. Acesso em: 25 de nov. de 2020.

SANTANA, Flávio. **A importância da Energia Limpa**. Disponível em: < <https://www.enersolar.eng.br/noticias/a-importancia-da-energia-limpa/> >. Acesso em: 18 de dez. de 2020.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil**. 2012. Estudos Avançados 26 (74). Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0103401420120001&lng=pt&_m=iso >. Acesso em: 11 de dez. de 2020.

ANEXO A: PROTÓTIPO DO PISO PIEZOELÉTRICO – DESENHO TÉCNICO.

PERSPECTIVA ISOMÉTRICA



PROJETO

PISO PIEZOELÉTRICO

DISCENTES

JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

CONTEÚDO DA PRANCHA

CORTE PARCIAL E VISTA ISOMÉTRICA DO PISO

ORIENTADOR

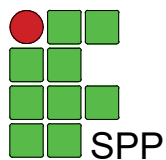
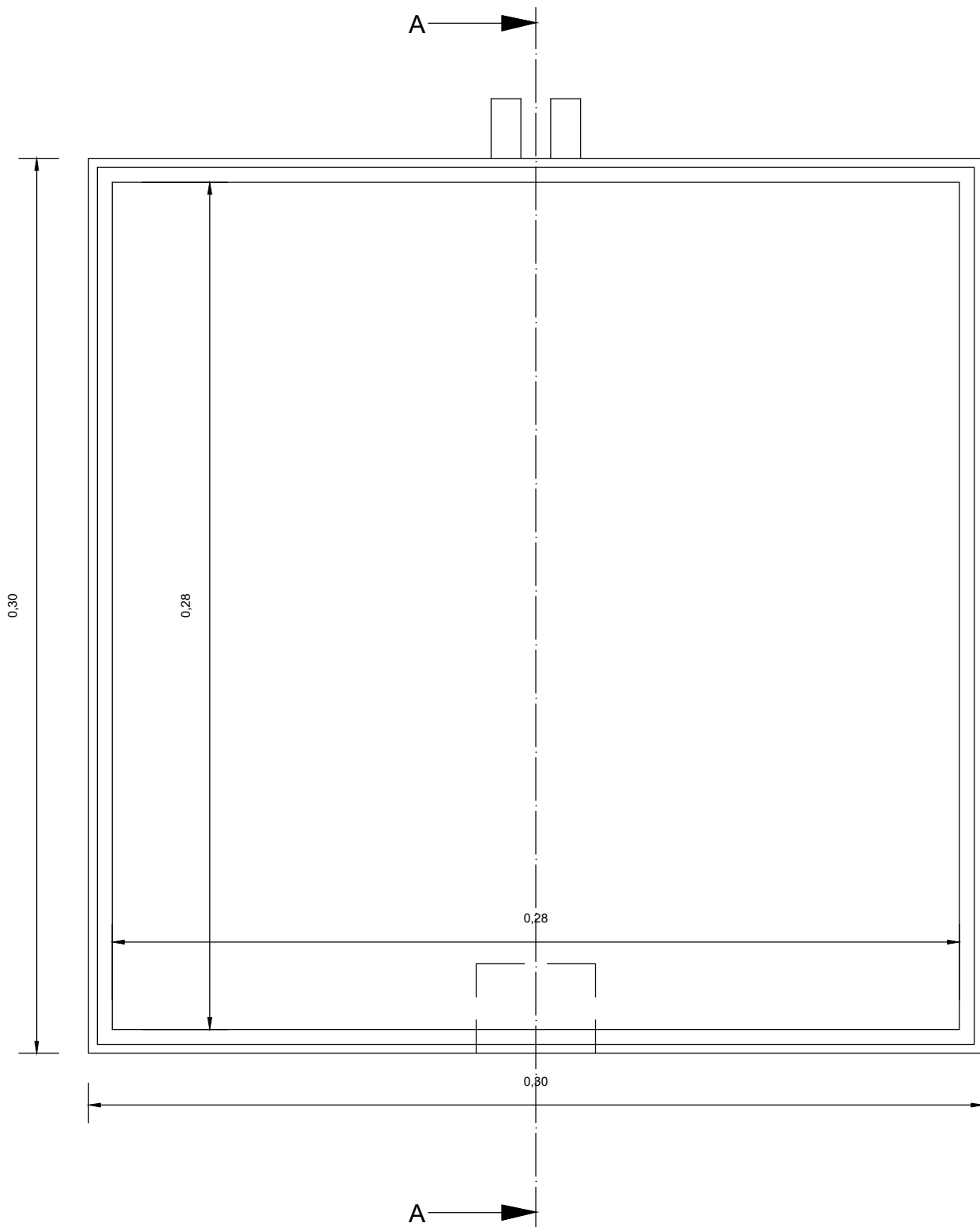
JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

ESCALA

1:4

PRANCHA

01 /10



PROJETO

PISO PIEZOELÈTRICO

ORIENTADOR

JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

ESCALA

1:2

DISCENTES

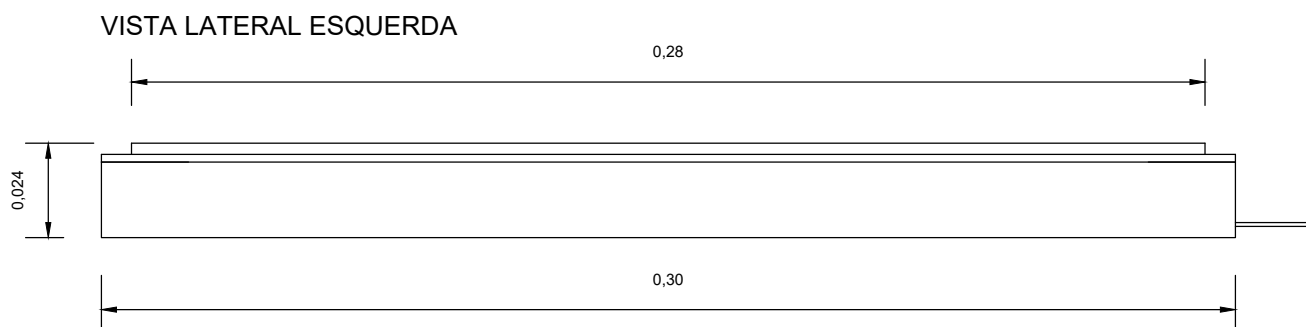
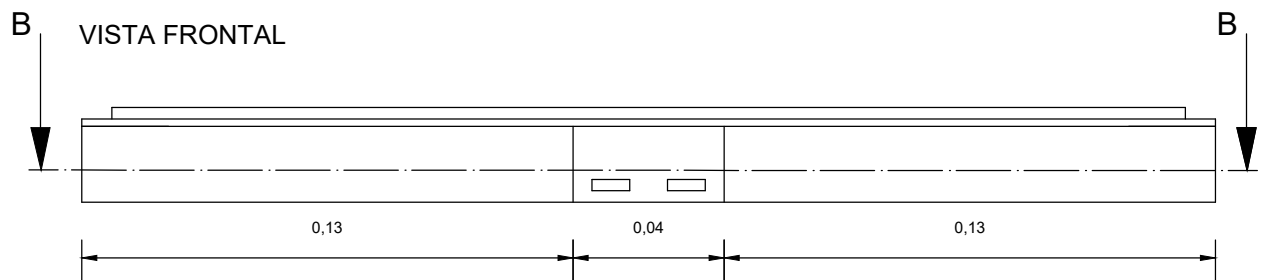
JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

PRANCHA

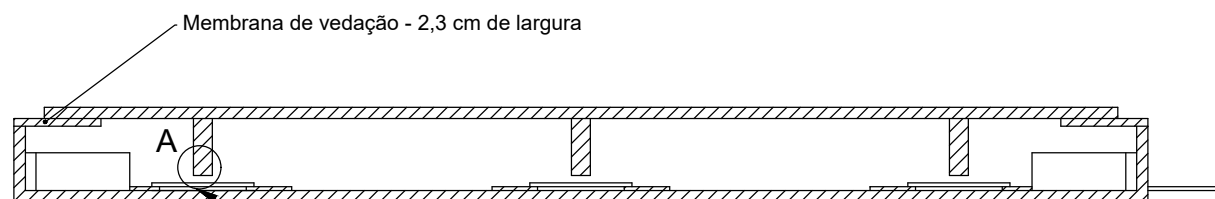
CONTEÚDO DA PRANCHA

VISTA SUPERIOR DO PISO

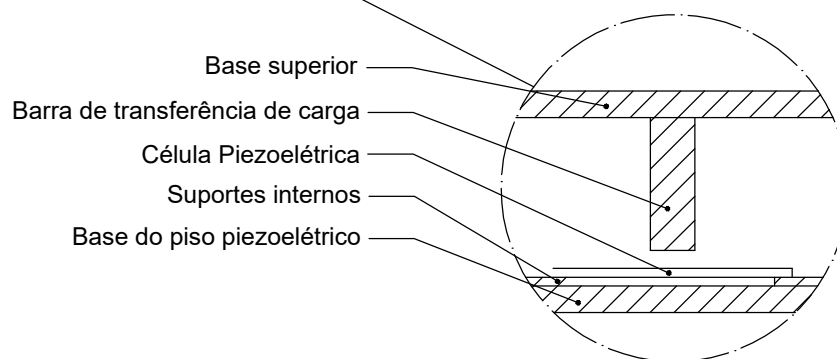
02/10



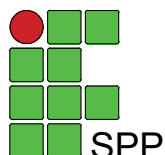
CORTE AA



Corte AA



Detalhe A



PROJETO

PISO PIEZOELÉTRICO

DISCENTES

JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

CONTEÚDO DA PRANCHA

CORTE AA, VISTAS FRONTAL, VISTA LATERAL ESQUERDA E DETALHE A

ORIENTADOR

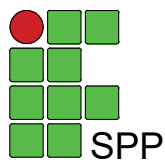
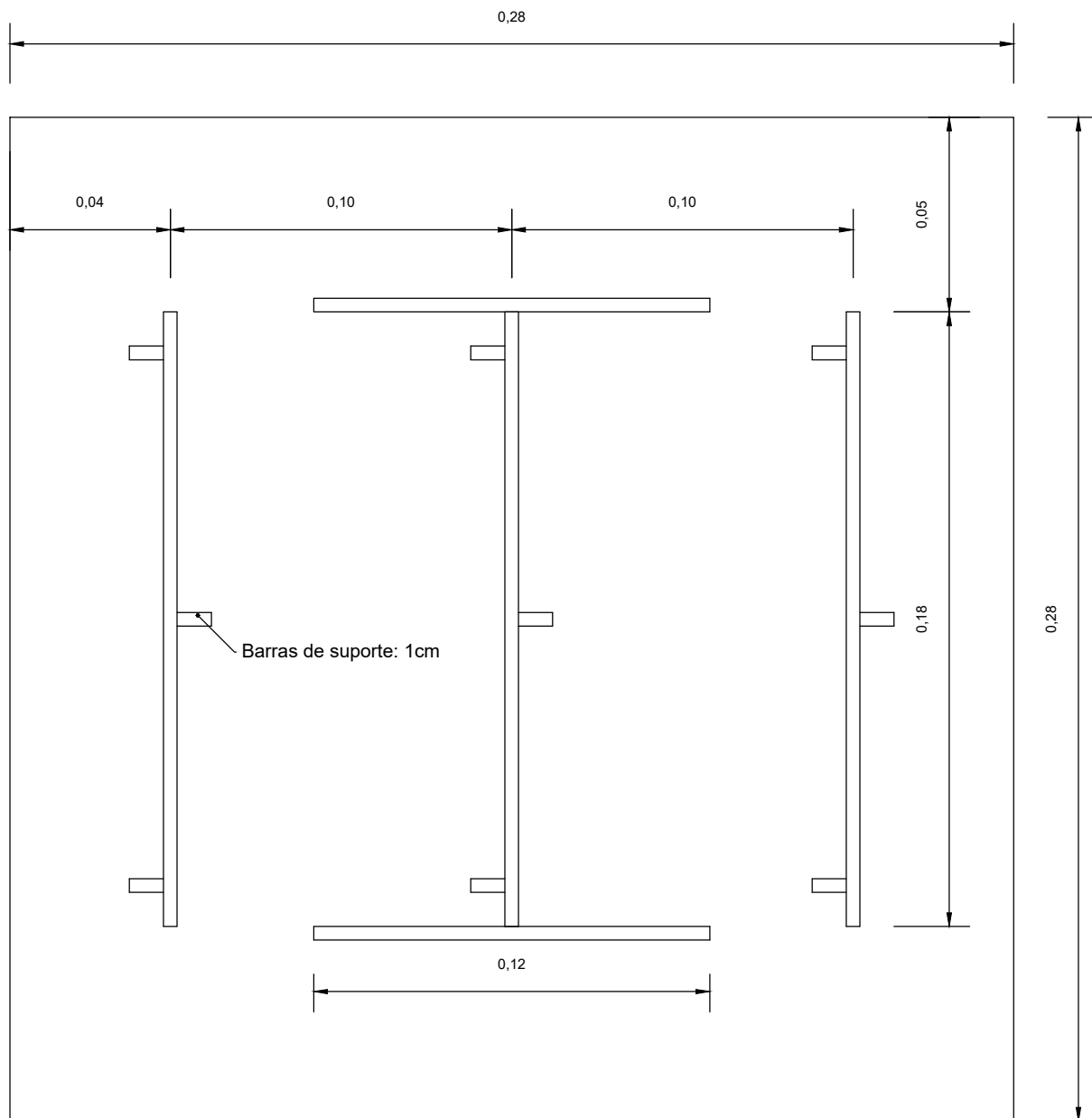
JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

ESCALA

1:2

PRANCHA

03 /10



PROJETO

PISO PIEZOELÈTRICO

DISCENTES

JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

CONTEÚDO DA PRANCHA

BASE SUPERIOR: VISTA INFERIOR

ORIENTADOR

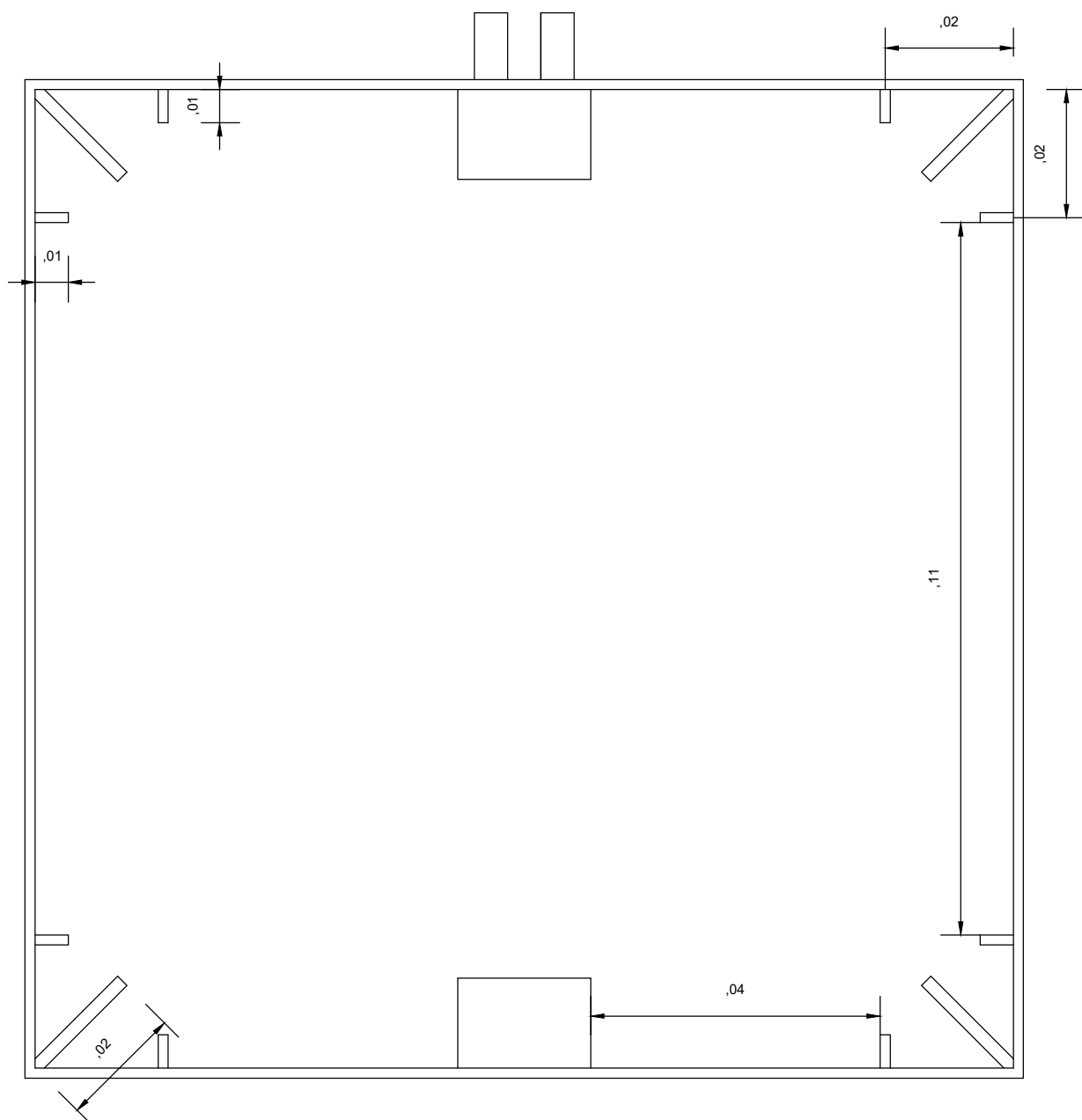
JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

ESCALA

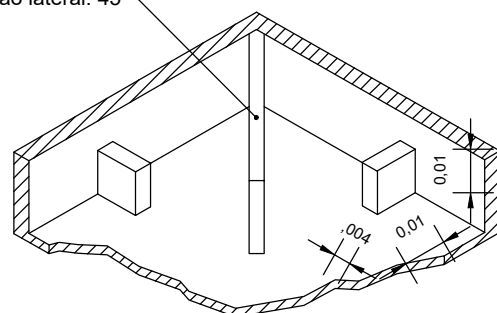
1:2

PRANCHA

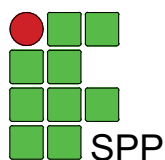
04 /10



Suporte de fixação lateral: 45°



PERSPECTIVA: POSICIONAMENTO DOS SUPORTES



PROJETO

PISO PIEZOELÈTRICO

DISCENTES

JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

CONTEÚDO DA PRANCHA

SUPORTES INTERNOS

ORIENTADOR

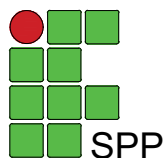
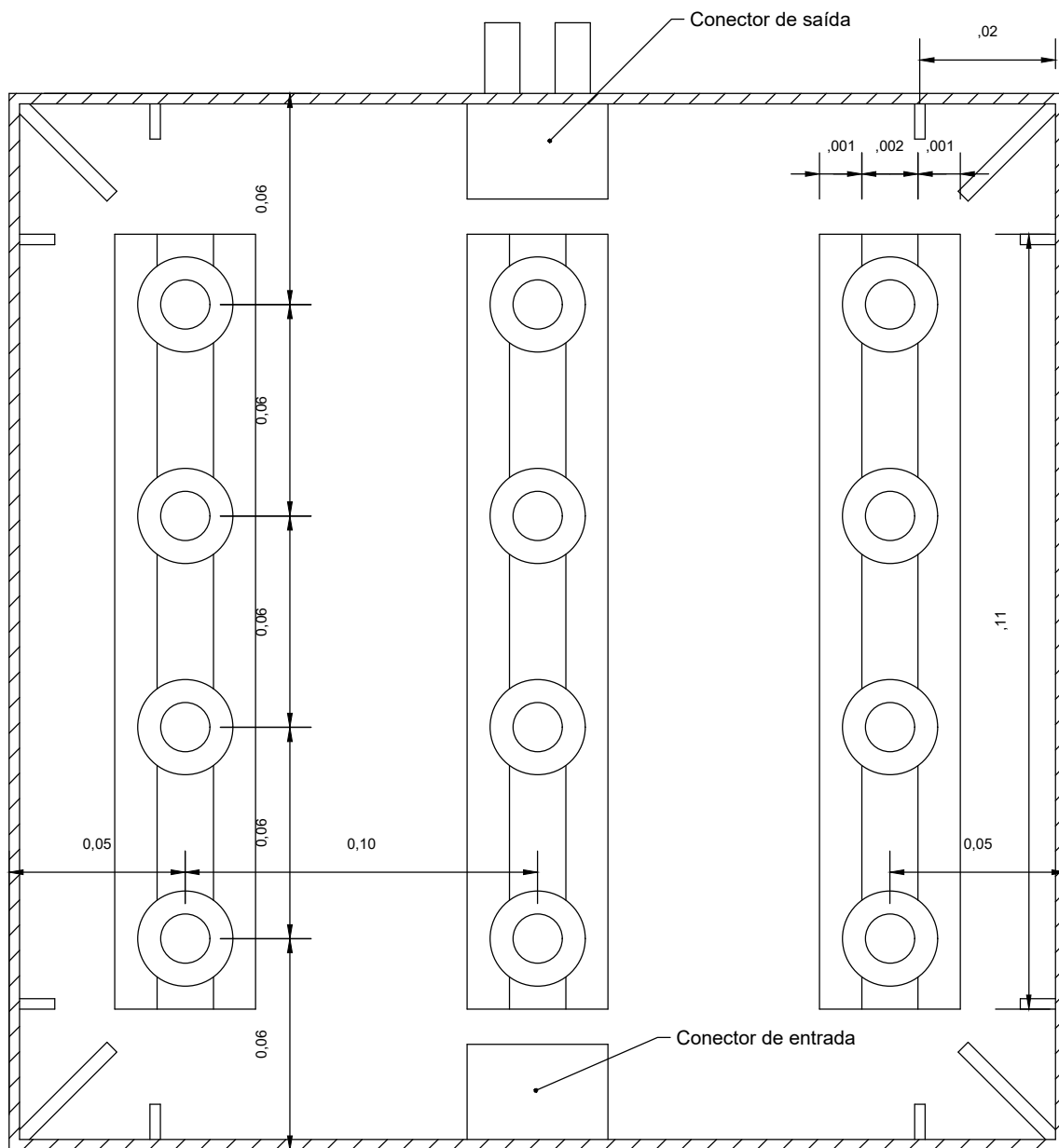
JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

ESCALA

1:2

PRANCHA

05/10



PROJETO

PISO PIEZOELÉTRICO

DISCENTES

JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

CONTEÚDO DA PRANCHA

CORTE BB

ORIENTADOR

JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

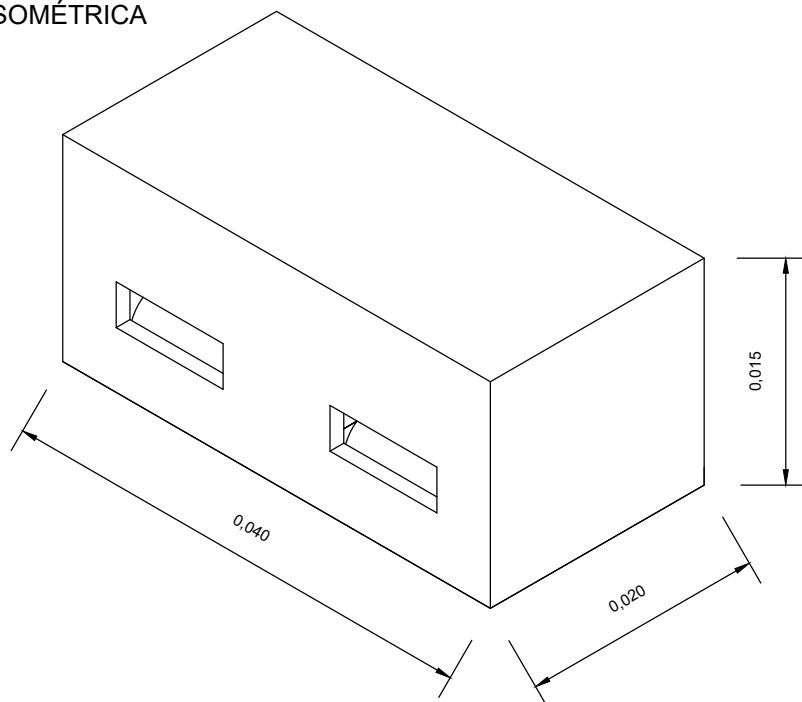
ESCALA

1:2

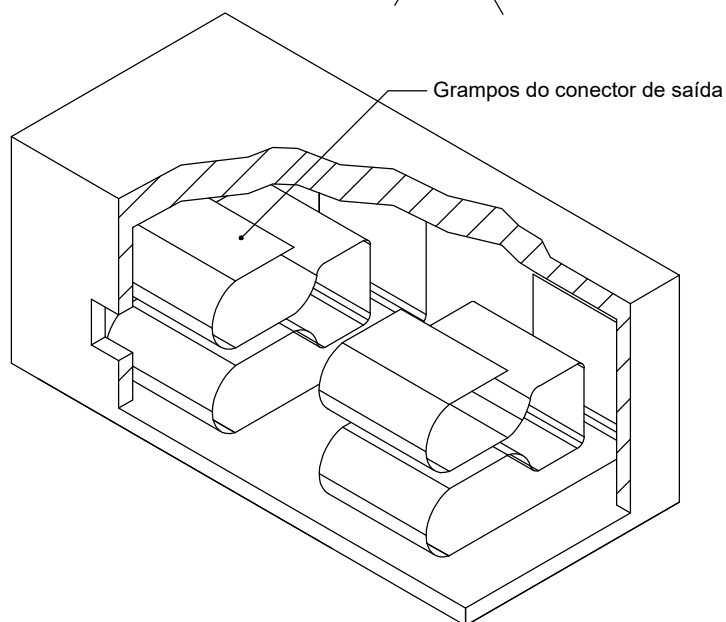
PRANCHA

06/10

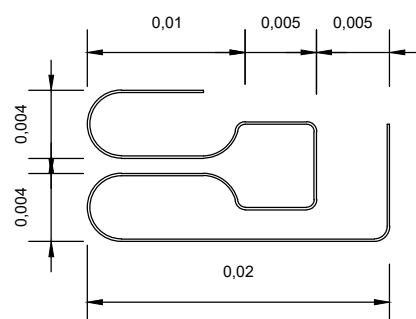
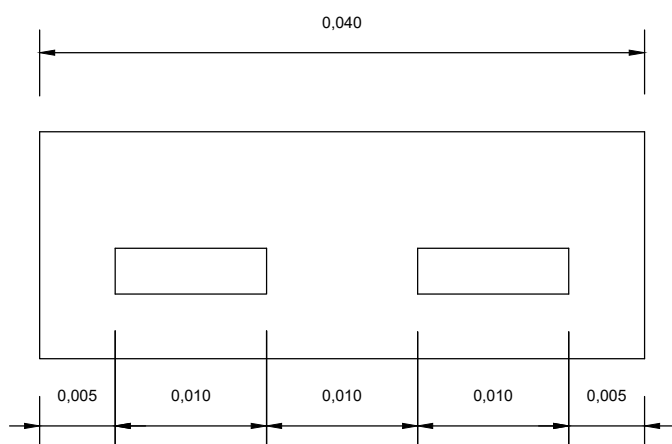
PERSPECTIVA ISOMÉTRICA



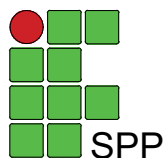
CORTE PARCIAL



VISTA FRONTAL



Detalhamento do grampo do conector de entrada



PROJETO

PISO PIEZOELÉTRICO

DISCENTES

JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

CONTEÚDO DA PRANCHA

PERSPECTIVA ISOMÉTRICA, CORTE PARCIAL E VISTA FRONTAL DO CONECTOR DE ENTRADA

ORIENTADOR

JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

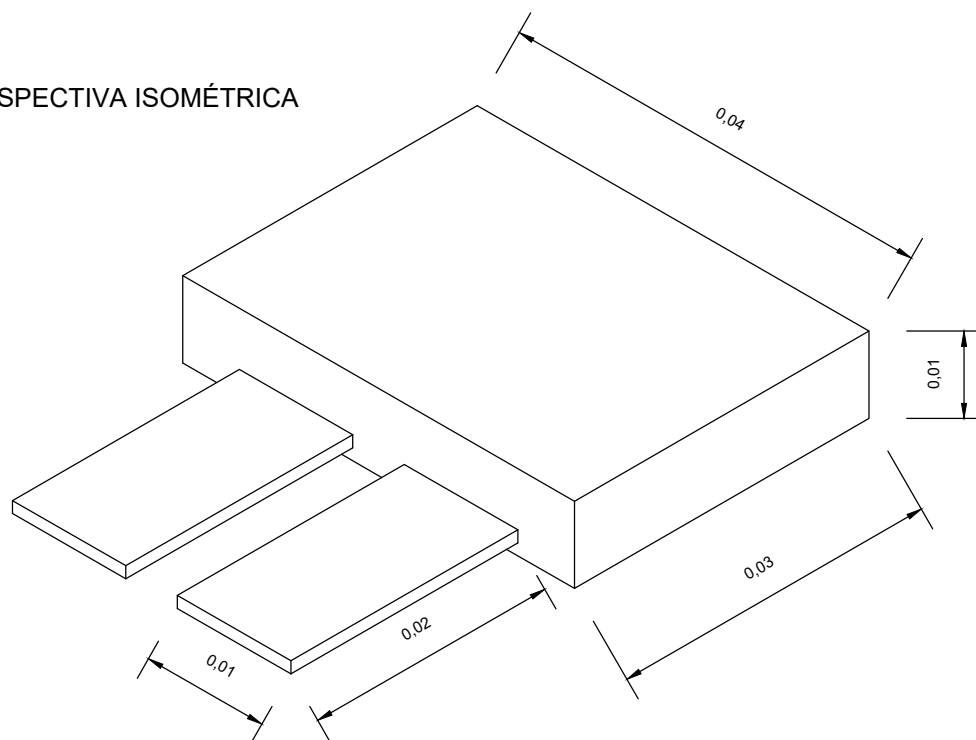
ESCALA

2:1

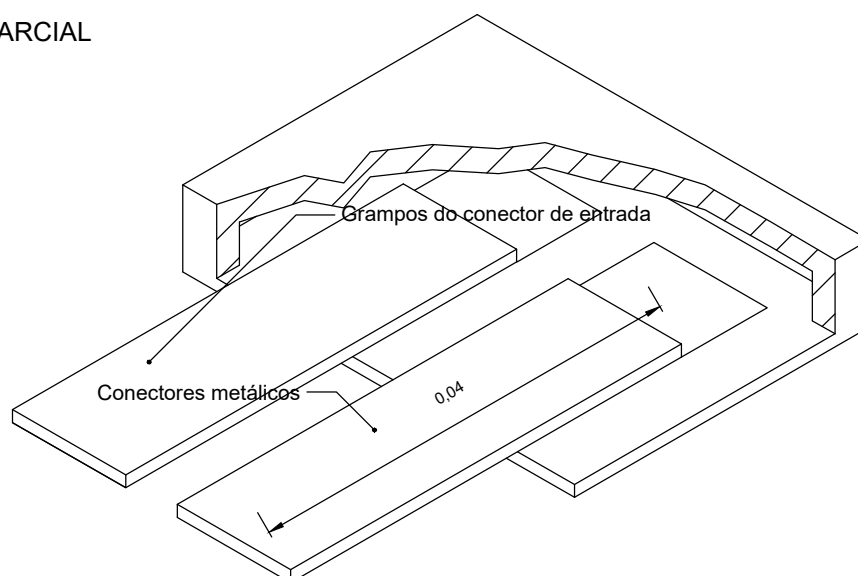
PRANCHA

07 /10

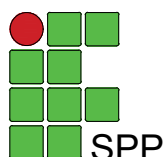
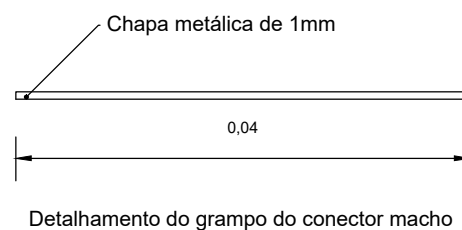
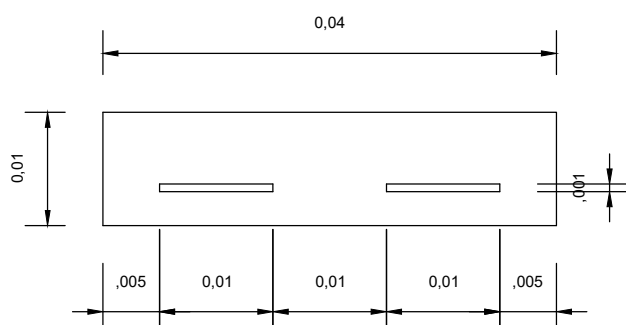
PERSPECTIVA ISOMÉTRICA



CORTE PARCIAL



VISTA FRONTAL



PROJETO

PISO PIEZOELÉTRICO

DISCENTES

JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

CONTEÚDO DA PRANCHA

PERSPECTIVA ISOMÉTRICA, CORTE PARCIAL E VISTA FRONTAL DO CONECTOR DE SAÍDA

ORIENTADOR

JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

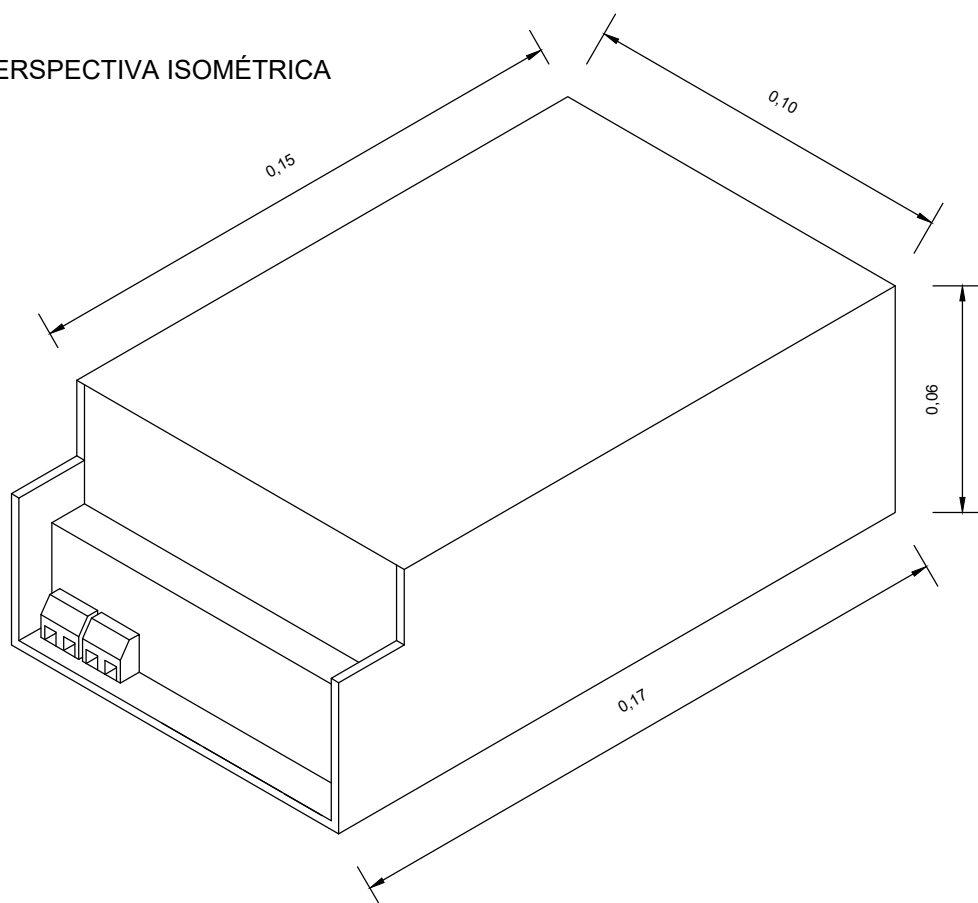
ESCALA

1,5:1

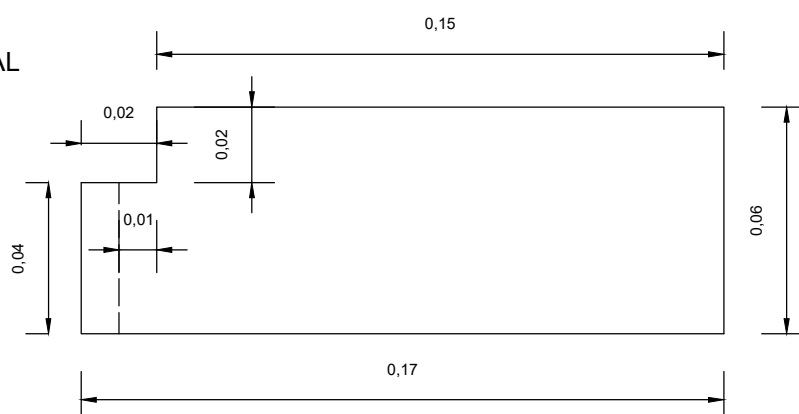
PRANCHA

08/10

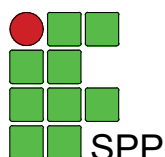
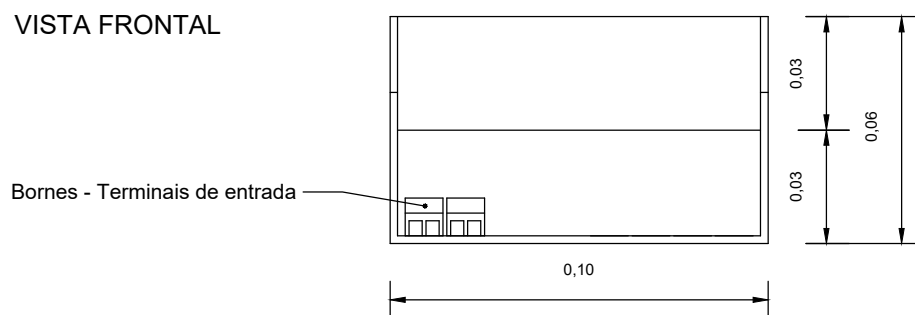
PERSPECTIVA ISOMÉTRICA



CORTE PARCIAL



VISTA FRONTAL



PROJETO

PISO PIEZOELÉTRICO

DISCENTES

JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

CONTEÚDO DA PRANCHA

CONTROLADOR DE CARGAS

ORIENTADOR

JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

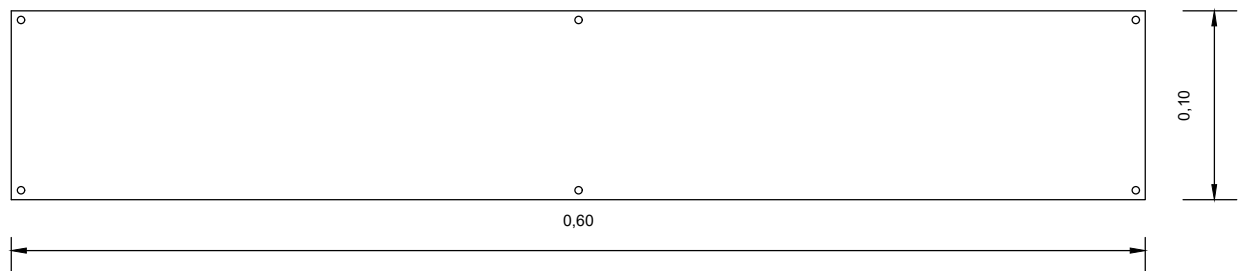
ESCALA

1:2

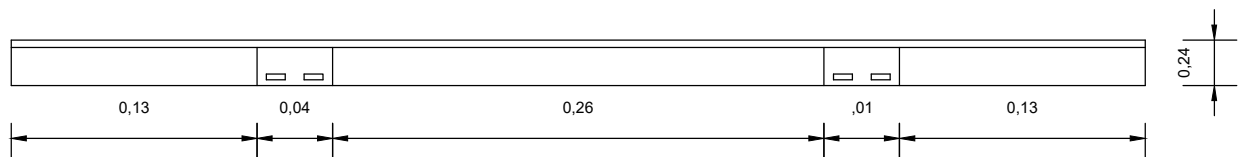
PRANCHA

09 /10

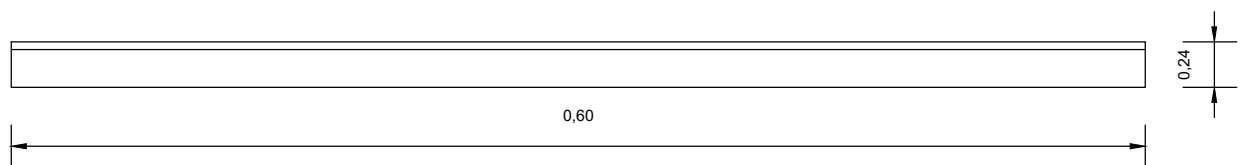
VISTA SUPERIOR



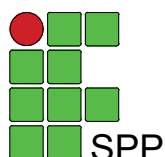
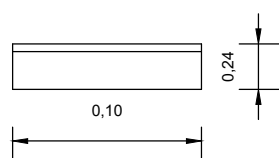
VISTA FRONTAL



VISTA POSTERIOR



VISTA LATERAL ESQUERDA



PROJETO

PISO PIEZOELÈTRICO

DISCENTES

JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

CONTEÚDO DA PRANCHA

SOLEIRA

ORIENTADOR

JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

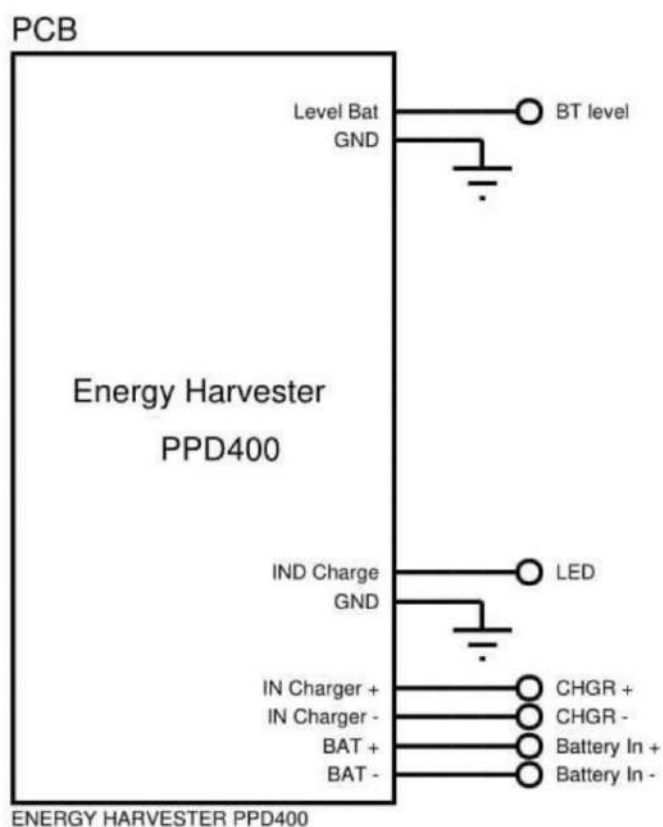
ESCALA

1:4

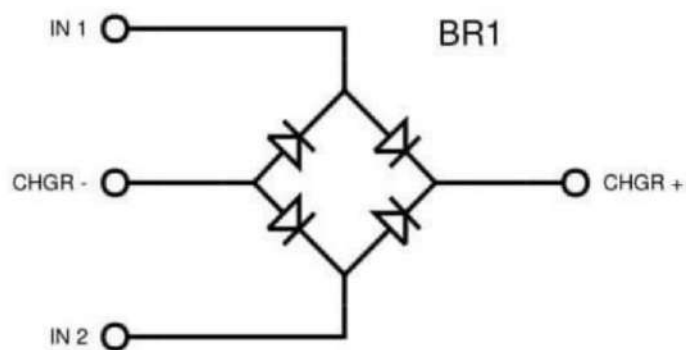
PRANCHA

10/10

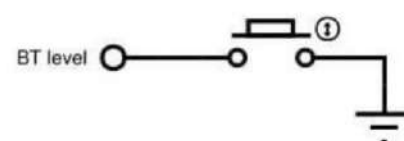
ANEXO B: ESQUEMÁTICO ELÉTRICO.



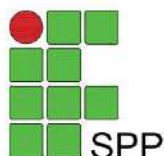
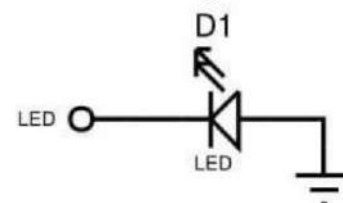
Ponte de Diodos



IND Nivel da bateria



LED Indicador de Carga



PROJETO

PISO PIEZOELÉTRICO: ESQUEMÁTICO ELÉTRICO

DISCENTES

JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

CONTEUDO DA PRANCHA

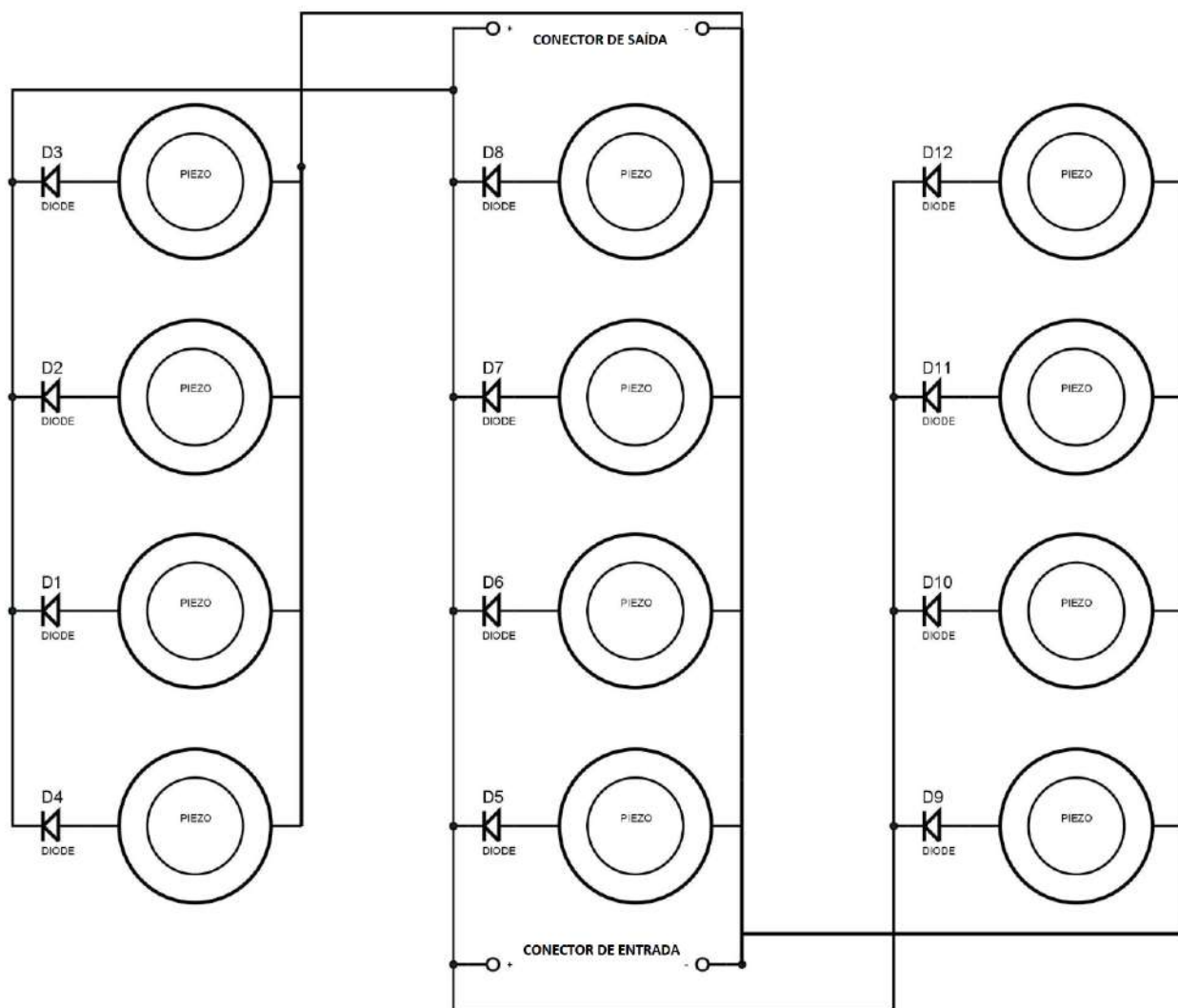
PISO PIEZOELÉTRICO - ESQUEMÁTICO ELÉTRICO INTERNO

ORIENTADOR

JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

PRANCHA

01 /02



PROJETO

PISO PIEZOELÉTRICO: ESQUEMÁTICO ELÉTRICO

DISCENTES

JOSÉ MANOEL FREITAS DA SILVA; MARIA LUIZA DE CARVALHO SILVA

CONTEÚDO DA PRANCHA

CONTROLADOR DE CARGAS - ESQUEMÁTICO ELÉTRICO

ORIENTADOR

JOSÉ EDSON MARTINS SILVA

PRANCHA

02/02

ANEXO C: RESULTADOS DOS PROTÓTIPOS.

Projeto de Pesquisa: Piso Piezoelétrico

Protótipos

Docente:	Jose Edson Martins Silva.		
Discentes:	José Manoel Freitas da Silva; Maria Luiza de Carvalho Silva.		
Dimensões:	30x30x2,4(cm)	Numeração:	PP12C-P30X-001
Início da construção:	17 de ago. de 2020	Última modificação:	14 de nov. de 2020

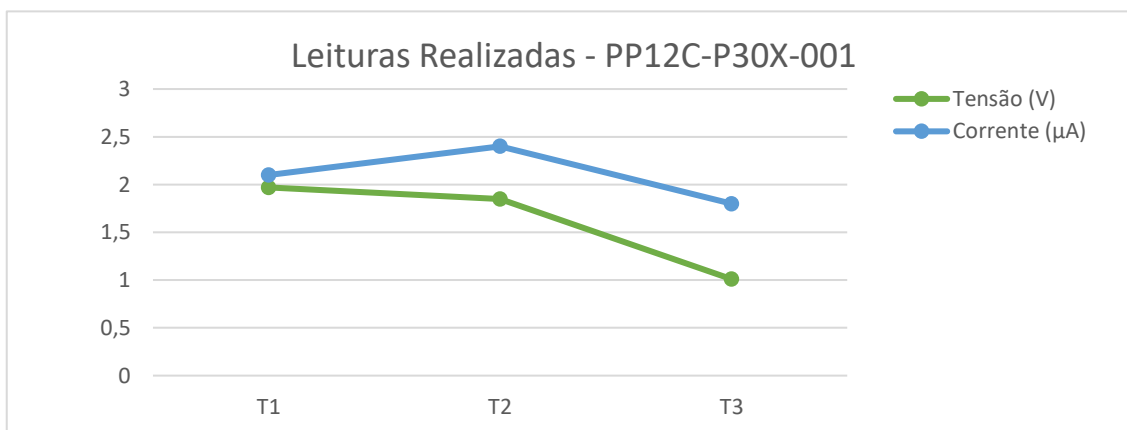
Composição:
Madeira compensada 4mm
E.V.A 2mm
Diodo 1N4148
Célula piezo 27mm

Especificações:
TMP (V): 1,610
CMP (μA): 2,100

Descrição:

O item apresentado consiste num protótipo de um piso piezoelétrico, construindo sobre uma carcaça de compensado 4mm, composto de 12 células piezoelétricas, capazes de produzir energia elétrica conforme são pressionadas.

Leituras realizadas:			
	T1	T2	T3
Tensão (V):	1,970	1,850	4,180
Corrente(μA):	2,100	2,400	1,800



Projeto de Pesquisa: Piso Piezoelétrico

Protótipos

Docente:	Jose Edson Martins Silva.		
Discentes:	José Manoel Freitas da Silva; Maria Luiza de Carvalho Silva.		
Dimensões:	30x30x2,4(cm)	Numeração:	PP12C-P30X-002
Início da construção:	17 de ago. de 2020	Última modificação:	14 de nov. de 2020

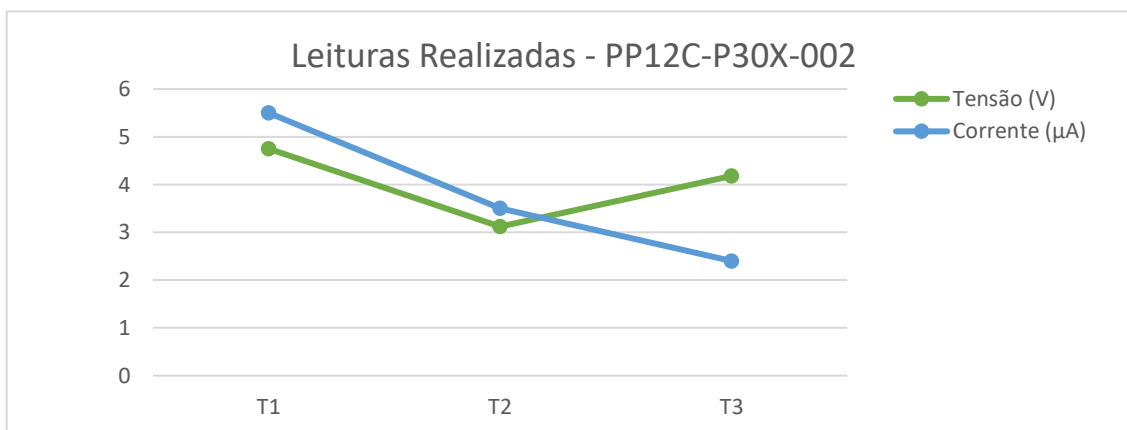
Composição:
Madeira compensada 4mm
E.V.A 2mm
Diodo 1N4148
Célula piezo 27mm

Especificações:
TMP (V): 3,957
CMP (μA): 3,800

Descrição:

O item apresentado consiste num protótipo de um piso piezoelétrico, construindo sobre uma carcaça de compensado 4mm, composto de 12 células piezoelétricas, capazes de produzir energia elétrica conforme são pressionadas.

Leituras realizadas:			
	T1	T2	T3
Tensão (V):	4,750	3,120	4,180
Corrente(μA):	5,500	3,500	2,400



Projeto de Pesquisa: Piso Piezoelétrico

Protótipos

Docente:	Jose Edson Martins Silva.		
Discentes:	José Manoel Freitas da Silva; Maria Luiza de Carvalho Silva.		
Dimensões:	30x30x2,4(cm)	Numeração:	PP12C-P30X-003
Início da construção:	17 de ago. de 2020	Última modificação:	14 de nov. de 2020

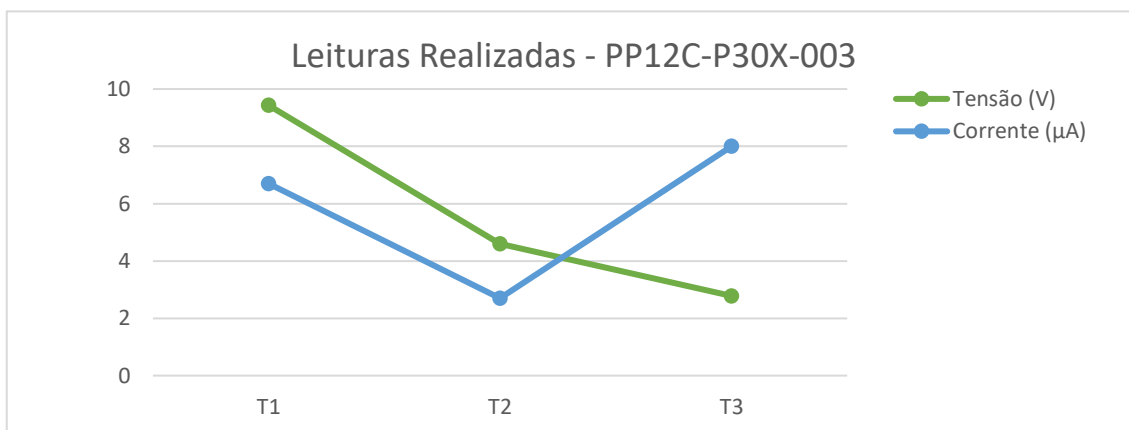
Composição:
Madeira compensada 4mm
E.V.A 2mm
Diodo 1N4148
Célula piezo 27mm

Especificações:
TMP (V): 3,690
CMP (µA): 4,700

Descrição:

O item apresentado consiste num protótipo de um piso piezoelétrico, construindo sobre uma carcaça de compensado 4mm, composto de 12 células piezoelétricas, capazes de produzir energia elétrica conforme são pressionadas.

Leituras realizadas:			
	T1	T2	T3
Tensão (V):	9,430	4,600	2,780
Corrente(µA):	6,700	2,700	8,000



Projeto de Pesquisa: Piso Piezoelétrico

Protótipos

Docente:	Jose Edson Martins Silva.		
Discentes:	José Manoel Freitas da Silva; Maria Luiza de Carvalho Silva.		
Dimensões:	30x30x2,4(cm)	Numeração:	PP12C-P30X-004
Início da construção:	17 de ago. de 2020	Última modificação:	14 de nov. de 2020

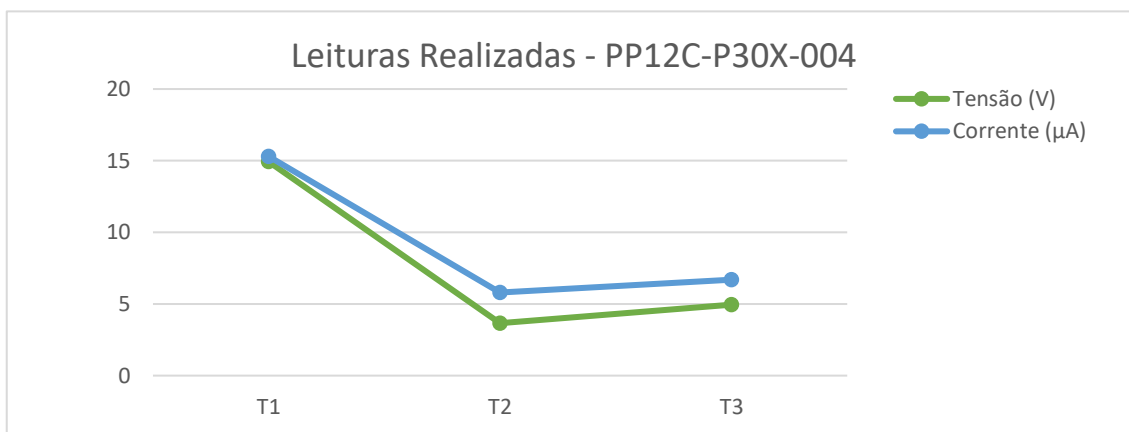
Composição:
Madeira compensada 4mm
E.V.A 2mm
Diodo 1N4148
Célula piezo 27mm

Especificações:
TMP (V): 4,310
CMP (μA): 6,250

Descrição:

O item apresentado consiste num protótipo de um piso piezoelétrico, construindo sobre uma carcaça de compensado 4mm, composto de 12 células piezoelétricas, capazes de produzir energia elétrica conforme são pressionadas.

Leituras realizadas:			
	T1	T2	T3
Tensão (V):	14,930	3,660	4,960
Corrente(μA):	15,300	5,800	6,700



Projeto de Pesquisa: Piso Piezoelétrico

Protótipos

Docente:	Jose Edson Martins Silva.		
Discentes:	José Manoel Freitas da Silva; Maria Luiza de Carvalho Silva.		
Dimensões:	30x30x2,4(cm)	Numeração:	PP12C-P30X-005
Início da construção:	17 de ago. de 2020	Última modificação:	14 de nov. de 2020

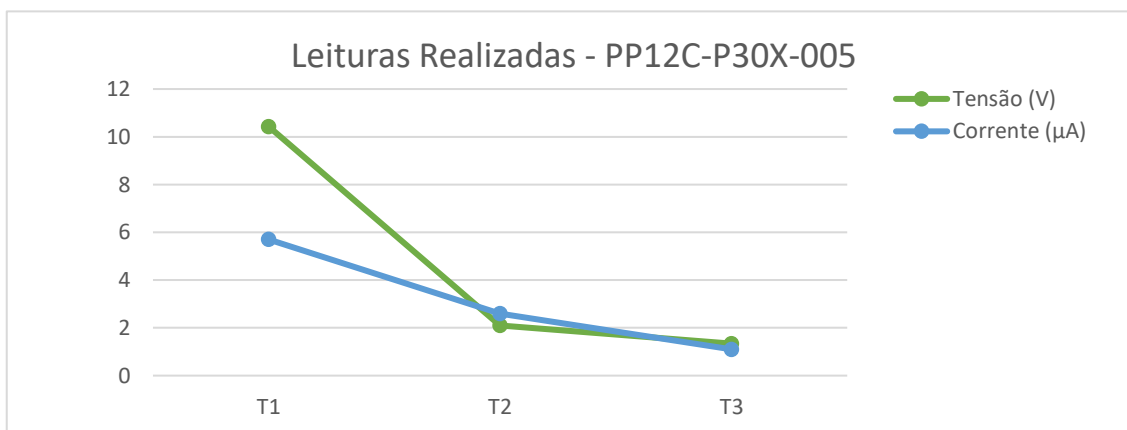
Composição:
Madeira compensada 4mm
E.V.A 2mm
Diodo 1N4148
Célula piezo 27mm

Especificações:	
TMP (V):	1,720
CMP (μA):	3,134

Descrição:

O item apresentado consiste num protótipo de um piso piezoelétrico, construindo sobre uma carcaça de compensado 4mm, composto de 12 células piezoelétricas, capazes de produzir energia elétrica conforme são pressionadas.

Leituras realizadas:			
	T1	T2	T3
Tensão (V):	10,430	2,100	1,34
Corrente(μA):	5,700	2,600	1,100



Projeto de Pesquisa: Piso Piezoelétrico

Protótipos

Docente:	Jose Edson Martins Silva.		
Discentes:	José Manoel Freitas da Silva; Maria Luiza de Carvalho Silva.		
Dimensões:	30x30x2,4(cm)	Numeração:	PP12C-P30X-006
Início da construção:	17 de ago. de 2020	Última modificação:	14 de nov. de 2020

Composição:
Madeira compensada 4mm
E.V.A 2mm
Diodo 1N4148
Célula piezo 27mm

Especificações:
TMP (V): 2,394
CMP (μA): 4,340

Descrição:

O item apresentado consiste num protótipo de um piso piezoelétrico, construindo sobre uma carcaça de compensado 4mm, composto de 12 células piezoelétricas, capazes de produzir energia elétrica conforme são pressionadas.

Leituras realizadas:			
	T1	T2	T3
Tensão (V):	4,510	1,670	1,000
Corrente(μA):	4,600	6,900	1,500

