

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SAGRADO CORAÇÃO**

**GABRIEL LEÃO COSTA**

**APLICAÇÃO EXPERIMENTAL DA EFICIÊNCIA  
TÉRMICA NO PROCESSO DO USO DE PASTILHAS  
TERMOELÉTRICAS EM AR CONDICIONADO**

**BAURU**

**2020**

**GABRIEL LEÃO COSTA**

**APLICAÇÃO EXPERIMENTAL DA EFICIÊNCIA  
TÉRMICA NO PROCESSO DO USO DE PASTILHAS  
TERMOELÉTRICAS EM AR CONDICIONADO**

Monografia de Iniciação Científica  
apresentado à Pró-Reitoria de Pesquisa e  
Pós-Graduação da Universidade do  
Sagrado Coração, sob orientação do  
professor Me. Alexander da Silva  
Maranho.

**BAURU**

**2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C837a | <p>Costa, Gabriel Leão</p> <p>Aplicação Experimental da Eficiência térmica no Processo do Uso de Pastilhas termoeletricas em ar Condicionado / Gabriel Leão Costa. -- 2021.</p> <p>50f. : il.</p> <p>Orientador: Prof. M.e Alexander da Silva Maranhão</p> <p>Monografia (Iniciação Científica em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP</p> <p>1. Meio Ambiente. 2. Ar-Condicionado. 3. Pastilha Termoeletrica. I. Maranhão, Alexander da Silva. II. Título.</p> |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Elaborado por Lidiane Silva Lima - CRB-8/9602

## RESUMO

O grande impacto do efeito estufa ocasionou um aumento na temperatura, proporcionando calores bem mais intensos, e como fuga para isso entram em cena os aparelhos de ar-condicionado. Estes, por sua vez, utilizam gases. Atualmente o HCFC é o substituto do CFC, por ser menos prejudicial ao meio ambiente, mas ainda contribuem para o efeito estufa, além de possuir uma grande demanda energética. As hidrelétricas são a maior fonte de energia elétrica no Brasil, e ao contrário do que muitos pensam, também produz grande impacto no meio ambiente, como o desmatamento e afetando negativamente a fauna. Em relação ao gás, antigamente o mais comum era o CFC que apresentava grandes riscos ambientais, portanto, foi substituído pelos HCFC, que ainda são prejudiciais, porém, menos do que seu antecessor. Tendo isso como base motivadora, dentro de aproximadamente um ano, será analisado nesse projeto: a viabilidade de um sistema capaz de refrescar o ar, buscando chegar a temperatura ambiente próxima dos 24 °C, utilizando pastilhas peltier (termoelétrica), para assim retirar o gás da equação, também visando uma redução na demanda energética, consumindo menos do que um ar-condicionado.

**Palavras-chave:** Meio Ambiente, Ar-condicionado, Pastilha Termoelétrica.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Consumo de HCFs. ....                                                               | 07 |
| Figura 2 – Tipos de ar-condicionado.....                                                       | 08 |
| Figura 3 – Elementos de um ar-condicionado.....                                                | 10 |
| Figura 4 – Semicondutores tipo-p e tipo-n.....                                                 | 12 |
| Figura 5 – Estrutura da pastilha termoeletrica.....                                            | 12 |
| Figura 6 – Esquema de montagem do sistema.....                                                 | 16 |
| Figura 7 – Dissipador convencional .....                                                       | 19 |
| Figura 8 – Montagem do sistema com cooler... ..                                                | 20 |
| Figura 9 – Resultado do primeiro experimento .....                                             | 21 |
| Figura 10 – Condensação no dissipador frio.....                                                | 22 |
| Figura 11 – Dissipador com água.....                                                           | 23 |
| Figura 12 – Montagem sistema experimento 2 .....                                               | 24 |
| Figura 13 – Temperatura inicial experimento 2.....                                             | 25 |
| Figura 14 – Resultado temperatura experimento 2 .....                                          | 26 |
| Figura 15 – Pastilhas no recipiente de alumínio com água .....                                 | 27 |
| Figura 16 – Montagem do sistema para resfriar água.....                                        | 28 |
| Figura 17 – Consumo e temperatura inicial da água.....                                         | 29 |
| Figura 18 – Temperatura final da água no recipiente com peltier... ..                          | 30 |
| Figura 19 – Montagem do sistema de resfriamento com água na caixa de isopor.....               | 31 |
| Figura 20 – Interior da caixa com radiador para a água.....                                    | 32 |
| Figura 21 – Temperatura Inicial do experimento com resfriamento via água.....                  | 32 |
| Figura 22 – Temperatura final do interior da caixa com resfriamento via água.....              | 33 |
| Figura 23 – Dispositivo com peltier de dissipação eficiente.....                               | 34 |
| Figura 24 – temperatura inicial no centro dos dissipadores seco com pastilhas em paralelo..... | 35 |
| Figura 25 – Formação de gelo no dissipador seco.....                                           | 36 |
| Figura 26 –Temperatura final dos dissipadores seco em paralelo.....                            | 36 |
| Figura 27 – Temperaturas iniciais do sistema em paralelo na caixa .....                        | 37 |
| Figura 28 – Interior da caixa com sistema em paralelo.....                                     | 38 |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 29 – Temperatura dentro da caixa com sistema em paralelo.....                              | 39 |
| Figura 30 – Ligação do sistema em série .....                                                     | 40 |
| Figura 31 – Consumo e temperatura inicial do sistema em série no meio livre.....                  | 41 |
| Figura 32 – Temperatura final do sistema em série no meio livre.....                              | 42 |
| Figura 33 – Temperaturas iniciais do sistema em série dentro da caixa de isopor..<br>.....        | 43 |
| Figura 34 – Temperatura final no interior da caixa de isopor com sistema ligado em<br>série ..... | 44 |

## SUMÁRIO

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                           | <b>05</b> |
| <b>1.1 AR CONDICIONADO .....</b>                                                    | <b>08</b> |
| <b>1.2 EFEITO PELTIER.....</b>                                                      | <b>10</b> |
| <b>1.3 PASTILHA PELTIER .....</b>                                                   | <b>11</b> |
| <b>1.4 OBJETIVOS.....</b>                                                           | <b>13</b> |
| <b>2 TRABALHOS CORRELATOS .....</b>                                                 | <b>14</b> |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>                                                          | <b>15</b> |
| <b>4 PLANO DE TRABALHO.....</b>                                                     | <b>17</b> |
| <b>5 DESENVOLVIMENTO .....</b>                                                      | <b>18</b> |
| <b>5.1 DISSIPADOR COM COOLER .....</b>                                              | <b>19</b> |
| <b>5.2 DISSIPADOR COM ÁGUA.....</b>                                                 | <b>23</b> |
| <b>6 RESFRIAMENTO RESERVATÓRIO D'ÁGUA .....</b>                                     | <b>27</b> |
| <b>6.1 RESFRIAMENTO DO AMBIENTE CONTROLADO COM UTILIZAÇÃO DE<br/>ÁGUA FRIA.....</b> | <b>30</b> |
| <b>6.2 RESFRIAMENTO DA PASTILHA EM PARALELO EM MEIO LIVRE .....</b>                 | <b>34</b> |
| <b>6.3 PASTILHA PELTIER EM PARALELO NA CAIXA DE ISOPOR.....</b>                     | <b>37</b> |
| <b>6.4 SISTEMA EM SÉRIE EM MEIO LIVRE .....</b>                                     | <b>40</b> |
| <b>6.5 PASTILHAS EM SÉRIE NA CAIXA DE ISOPOR.....</b>                               | <b>43</b> |
| <b>7 RESULTADOS FINAIS .....</b>                                                    | <b>45</b> |
| <b>8 CONCLUSÃO .....</b>                                                            | <b>46</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                             | <b>47</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

É possível observar atualmente como as manifestações climáticas estão cada vez mais imprecisas, caóticas e drásticas. Moutinho (2006, P.119) aponta diversas pesquisas recentes que mostram como o aquecimento global está superando qualquer outro evento climático que já tenha passado pela Terra. Ao longo do século XX, a temperatura do planeta teve um aumento de 0,5°C. (*apud* IPCC,2001).

Tais mudanças podem ter diversas causas, e, até mesmo a própria natureza é uma delas, mas analisando toda a ação recorrente do homem no planeta, é possível concluir que grande parte dessa confusão climática poderia ser reflexo das atitudes humanas.

Como constatado por Moutinho (2006, p.119), um fator preocupante são as oscilações de temperaturas, que normalmente ocorrem dentro de um período de milhares de anos. Porém, agora essas mudanças vêm ocorrendo em questão de séculos e até mesmo décadas. Por volta do ano 1750, a concentração de CO<sub>2</sub> era de 280 ppm (partícula por milhão), enquanto atualmente a mesma é de 368 ppm, 30% maior, e todo esse aumento em apenas 250 anos. (*apud* IPCC,2001).

Ainda de acordo com Moutinho (2006, p.119), tendo isso como exemplo, se a concentração de CO<sub>2</sub> e outros gases responsáveis pelo efeito estufa continuarem aumentando, em 100 anos estima-se que a temperatura do planeta sofrerá um aumento em média de 1,4 e 5,8°C. (*apud* IPCC,2001).

O Brasil é um exemplo de uma grande mistura de todas as variações climáticas, e esse projeto abordará especificamente o calor, visto que é o que mais causa transtornos nas regiões. Como forma de combater o calor, uma grande parte da população brasileira conta com a utilização do aparelho de ar condicionado, de modelos e especificações diversas.

Primeiramente, é cabível mencionar o problema da baixa temperatura, pois muitos usuários se sentem mais satisfeitos com a temperatura do ambiente inferior à 20°C. Supondo uma situação cotidiana em que o ambiente externo está em torno de 32°C, e o usuário entra em um ambiente à 20°C, e, sai novamente para o exterior onde a temperatura é maior, é possível que o corpo sofra um “choque térmico”



(CARLOS, 2019), podendo assim gerar uma gripe, resfriado, ou até uma complicação um pouco mais séria.

Existe também a questão do consumo elevado de energia, onde um aparelho ar-condicionado pode chegar a consumir de 1000 Watts a 2100 Watts, dependendo da sua especificação. Com o aumento de demandas de energia, é necessária a construção de mais usinas hidrelétricas, as quais não causam poluição no ar, mas causam grandes impactos ambientais, “É um estrago e tanto. Na área que recebe o grande lago que serve de reservatório da hidrelétrica, a natureza se transforma: o clima muda, espécies de peixes desaparecem, animais fogem para refúgios secos, árvores viram madeira podre debaixo da inundação... E isso fora o impacto social: milhares de pessoas deixam suas casas e têm de recomeçar sua vida do zero num outro lugar.” (PAQUETE, 2011)

Os gases HFC substituem os CFCs nos aparelhos de ar condicionado, isso com objetivo reduzir o impacto na camada de ozônio, mas atualmente eles são grandes responsáveis pelo aumento da temperatura do planeta. No Brasil os HCFCs mais utilizados são: HCFC-141b e HCFC-22, e, com base no Siscomex (Sistema Integrado de Comércio Exterior), em 2012 o consumo desses gases foi de 1.387,87 toneladas, das quais 32% é referente ao HCFC-141b e 67% ao HCFC-22. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE 2014, P.61).

No Brasil o consumo do HCFC-22 é principalmente destinado a aparelhos relacionados a refrigeração, usado como fluido refrigerante, como no caso do ar-condicionado. Desse consumo, 15% são representados na construção de novos aparelhos, e 85% para a manutenção dos mesmos. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE 2014, P.62).

“A figura abaixo apresenta o consumo de HCFCs no Brasil entre os anos 1992 e 2013. A Instrução Normativa Ibama no 14, de 20 de dezembro de 2012, dispôs sobre o controle das importações de HCFCs para os anos 2013, 2014 e 2015 com o objetivo de manter o Brasil em cumprimento com as duas primeiras metas do Protocolo de Montreal: o congelamento em 2013 e a redução de no mínimo 16,6% do consumo em PDO em 2015.” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE 2014, P.63).

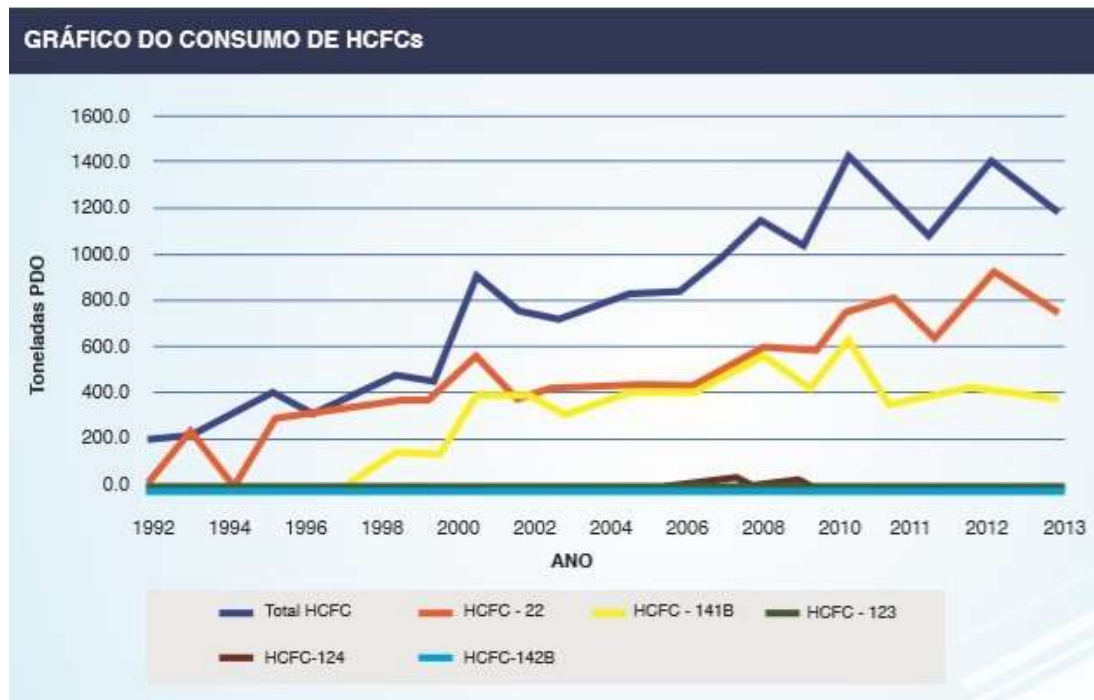


Figura 1. Consumo de HCFs

FONTE: Associações brasileiras para proteção da camada de ozônio.

O motivo pelo qual esse tema foi escolhido foi a sensação incômoda presenciada em casas onde se chega a temperaturas superiores a 35°C em dias quentes, o que gerou a ideia de criar algo que conseguisse controlar a temperatura do ambiente, consumindo menos energia do que um ar-condicionado, além de ser mais acessível em seu valor de aquisição.

Tendo essa ideia em mente, foram feitas algumas pesquisas que mostraram a importância de se analisar os malefícios que os gases utilizados nesses aparelhos podem trazer ao meio ambiente. A ideia se juntou com a necessidade e a problemática ambiental, que juntos deram origem a vontade de se pesquisar e construir algo capaz de resfriar o ambiente, com valor acessível e sem prejudicar a atmosfera. Dessa forma, buscando estudar diversas formas de montagem de um sistema para resfriamento do ar e se é um projeto viável.

Através desse projeto de pesquisa serão testadas algumas formas de montagem de um equipamento de resfriamento, partindo da ideia de retirar o gás do sistema e reduzindo o consumo de energia elétrica. Portanto, os relatórios serão feitos a cada teste, mostrando os resultados e a viabilidade para construção e funcionamento dele.

## 1.1 AR CONDICIONADO

Os ares-condicionados mais comuns hoje em dia são os split, que são divididos em duas partes: uma fica dentro do cômodo a ser resfriado, e outra parte fica fora do ambiente, sendo essa última composta pelo motor-compressor, um evaporador e ventoinha.



Figura 2: Tipos de ar-condicionado mais comuns

FONTE: Portal Barueri

Indiferente do modelo do aparelho, seja os split, os de janela ou até mesmo os portáteis, todos funcionam utilizando dos mesmos fundamentos, que serão apresentados aqui.

De acordo com pesquisas e informações oferecidas pelo canal de YouTube “Aprenda Engenharia”, foi de fácil compreensão que um ar-condicionado funciona a partir de duas bobinas (serpentinhas) conectadas e com gás refrigerante passando continuamente dentro delas. A bobina que fica localizada dentro do cômodo é chamada de evaporador, enquanto a que fica fora é denominada condensador. A partir disso, utiliza-se um conceito bem simples. Basta manter o evaporador em uma temperatura inferior a temperatura do cômodo, para que ele absorva calor, enquanto o condensador é mais quente do que a temperatura ambiente. (APRENDA ENGENHARIA, 2020)

Tendo isso em mente, são necessários um compressor e uma válvula de expansão, conectados a essas bobinas. O compressor, por sua vez, tem a função de comprimir o gás aumentando a pressão e a temperatura, que em seguida vai para o condensador, que ejeta esse calor para o ambiente. Para facilitar essa questão, um ventilador é acoplado junto a unidade condensadora, auxiliando a troca, e nesse momento de ejeção de calor, o gás ali contido é condensado em um líquido. Por conta disso, uma válvula de expansão é montada logo na saída do condensador, com o objetivo de restringir o fluxo do refrigerante, assim reduzindo a pressão. À medida que a pressão cai, uma parte do líquido refrigerante é evaporada, o que reduz também a sua temperatura, que fica inferior a temperatura do ambiente. (APRENDA ENGENHARIA, 2020)

Após esse resfriamento do gás refrigerante, ele segue e vai para o evaporador, onde faz uma troca de calor novamente, mas, dessa vez, com o ambiente interno e com ajuda de um outro ventilador. Nesse processo, o refrigerante é transformado em vapor e junto do mesmo há condensação de água, por isso temos um tubo que extrai a água ali condensada e a joga para o lado exterior. Outro item a destacar é que o motor-compressor de um ar-condicionado é projetado para trabalhar somente com vapor, uma baixa quantidade de líquido pode afetar o desempenho e até mesmo a vida útil do mesmo. Por isso, é importante que o evaporador transforme todo líquido em vapor e até aumente um pouco a temperatura, e para garantir isso, é utilizada uma válvula de expansão termostática, onde a temperatura de uma lâmpada controla a abertura da agulha. Quando a lâmpada está quente o refrigerante é evaporado e a pressão move a agulha para baixo, permitindo a passagem do vapor. (APRENDA ENGENHARIA, 2020)

De maneira superficial esses processos descritos acima são responsáveis pelo funcionamento de um ar-condicionado. É claro que existem outros componentes e sensores que tornam a praticidade e conforto do aparelho um bem muito requisitado.

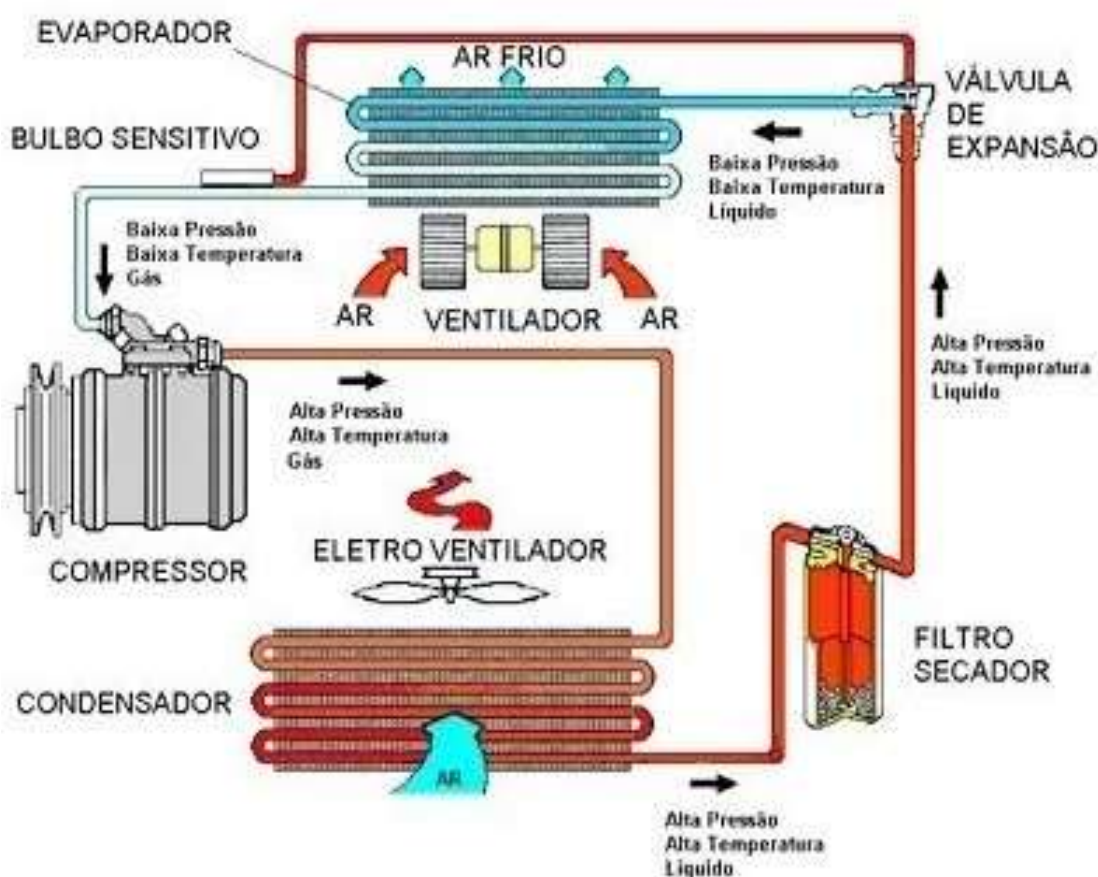


Figura 3: Elementos de um ar-condicionado.

FONTE: Unibus RN

## 1.2 EFEITO PELTIER

Antes de compreender o que é a pastilha peltier temos que entender do que se trata o efeito peltier (também conhecido como força eletromotriz de Peltier).

Segundo Santos et al.(2019,p.02), o efeito peltier foi descoberto e registrado no ano de 1834 a partir de experimentos realizados pelo físico francês Jean Charles Athanase Peltier. O experimento consistiu em testar o comportamento de certos materiais ao serem submetidos a uma corrente elétrica. O físico notou que ao submeter o cobre por uma corrente elétrica esse se mostrava mais frio, enquanto o bismuto, quando submetido a mesma corrente, se tornava mais quente em relação a temperatura inicial.

No ano de 1835, dando continuidade em seus experimentos, baseando-se em trabalhos desenvolvidos por outro físico, Leopoldo Nobili, Jean desenvolveu um galvanômetro, que por sua vez serviria para aferir a condutividade de dois materiais

ao serem percorridos por uma pequena corrente elétrica, o bismuto (Bi) e antimônio (Sb). Após esses estudos foi desenvolvido um termoscópio termoeletrico que tempo depois foi substituído por um termômetro de ar, e logo após foi feita a descoberta do efeito peltier. (SANTOS, et al.,2019,p.02).

Anos depois, em 1841, outro físico muito importante, James Prescott Joule, teve uma grande descoberta referente a corrente elétrica e a resistência em um pedaço do fio. De acordo com o entendimento de James, a quantidade de calor é proporcional à resistência elétrica multiplicada pelo quadrado da corrente. (SANTOS, et al.,2019,p.02).

Com isso, Feitosa explica que a produção de um gradiente de temperatura entre dois condutores ou semicondutores, no caso o cobre e o bismuto, quando submetidos a uma diferença de potencial em um circuito fechado, é denominado efeito peltier. (FEITOSA; 2019).

### **1.3 PASTILHA PELTIER**

Após entender a origem do chamado efeito peltier, podemos entender o funcionamento da pastilha em si.

Utilizando-se do efeito peltier, as pastilhas termoeletricas operam a partir da teoria de que uma corrente passa por dois condutores diferentes gerando um efeito aquecedor ou resfriador. Quando se tem uma voltagem aplicada em dois polos de materiais distintos é propiciada uma diferença de temperatura, por ter essa diferença, quando se tem o resfriamento na pastilha peltier, o calor é deslocado de um lado ao outro, tendo assim a troca de calor que faz da pastilha termoeletrica um item surpreendente para diversas realizações. (DANVIC, 2020?)

Uma pastilha comum contém uma série de elementos semicondutores do tipo-p e do tipo-n, que por sua vez são agrupados em pares como demonstra a figura 1. Esses pares agem como condutores dissimilares.

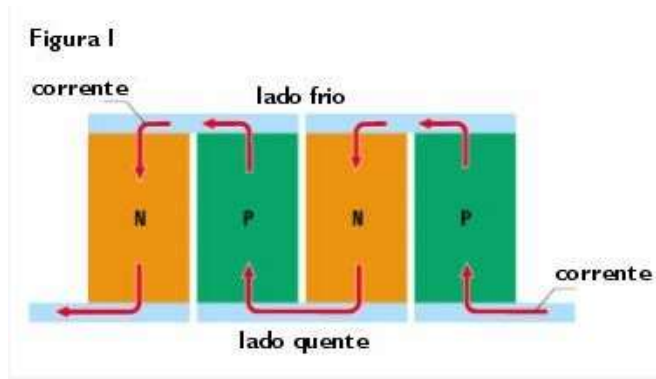


Figura 4: Semicondutores tipo p e tipo n

FONTE: [www.peltier.com.br](http://www.peltier.com.br)

Entendendo esse conceito, temos que isolar esses materiais, e é por isso que esses elementos são soldados entre placas de cerâmica, para que fiquem termicamente em paralelo e eletricamente em série. Após essa visualização, uma corrente contínua é aplicada nesses elementos (tipo-n e tipo-p), com isso, quando resfriamos o lado mais frio, o calor é transferido pela pastilha por um transporte de elétrons e emitido do lado mais quente dessa pastilha. Essa capacidade de “resfriamento” ou “aquecimento” é proporcional à corrente aplicada e ao número de pares dos elementos n e p. (DANVIC, 2020?).

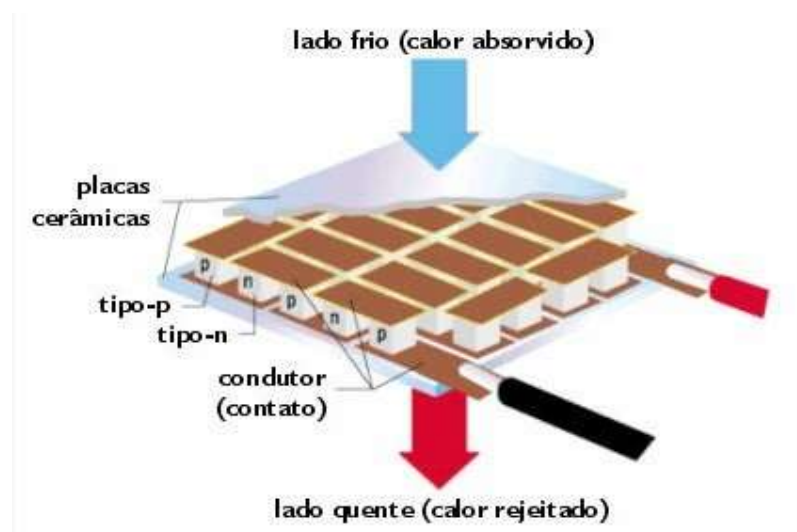


Figura 5: Estrutura da pastilha termoelétrica.

FONTE: [www.peltier.com.br](http://www.peltier.com.br)

Explicando de maneira mais simplificada, essas pastilhas são comumente utilizadas em bebedouros. A partir do seu conceito, temos um reservatório de água onde uma das laterais é feita de um material cuja propriedade é de excelente condução de calor. Com isso, o lado “frio” da pastilha fica voltada para ele, unida com pasta térmica, enquanto o outro lado fica em contato com um dissipador de calor acompanhado por um cooler (normalmente um cooler de 120 mm, 12 V.). Enquanto o dissipador “tira” calor do lado mais quente, o lado mais frio tem uma redução de temperatura.

De acordo com especificações de diversos vendedores desse produto e testes realizados pelos mesmos, a pastilha de modelo TEC-12706 é capaz de chegar a  $-30^{\circ}\text{C}$  de um lado, e a  $80^{\circ}\text{C}$  no outro.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL**

Realizar testes a fim de captar resultados positivos e negativos a respeito da eficiência das pastilhas termoelétricas no contexto refrigeração de ambiente a partir de experimentos em escala reduzida.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar testes em escala reduzida simulando um sistema de ar condicionado com pastilhas peltier

Extinguir o uso do gás refrigerante do aparelho e

Relatar a viabilidade da pastilha peltier para resfriamento.



## 2 TRABALHOS CORRELATOS

A partir de buscas e análises em diversos conteúdos, observamos que já existem algumas pesquisas feitas referentes a minigeladeira e ar-condicionado utilizando pastilhas peltier (termoelétrica), que utilizam do mesmo conceito. Porém, todos usam a pastilha e gelo adicional para tentar chegar a temperaturas mais baixas, mas o resultado não é promissor, visto que o gelo se derreterá rapidamente e os meios de dissipação da pastilha não são eficientes o bastante. Dessa forma, o resultado obtido seria afetado pela utilização gelo e não só da pastilha peltier. Outra questão é que o uso de serpentina pode fazer toda a diferença, como será desenvolvido nesse projeto.

É também importante lembrar que há uma vasta possibilidade de materiais para serem explorados a fim de obter o melhor resultado. Nos vídeos utilizados para estudo, é possível notar que a isolamento térmica não foi feita de maneira apropriada, muito menos a distribuição e posicionamento das pastilhas em função do espaço. O meio de dissipação de calor é muito importante, tanto para o lado quente quanto para o lado frio. Temos disponíveis outros materiais que podem ser testados, eventualmente sendo possível conseguir melhores resultados de resfriamento do que os dissipadores padrões.

### 3 METODOLOGIA

Inicialmente temos, aproximadamente, 1,5 litro de água no reservatório, que será revestido por uma caixa de isopor para manter a temperatura da água. Em uma das laterais teremos o primeiro sistema de pastilhas peltier, onde as duas pastilhas serão fixadas do lado quente com pasta térmica no dissipador maior. O lado que esfria nos dissipadores menores, através de uma abertura no reservatório, ficará em contato direto com a água, dessa forma, resfriando a mesma. Tudo será devidamente vedado para evitar vazamentos.

A seguir uma bomba submersa de 400 l/h estará dentro do reservatório como mostra a figura abaixo, ela é a responsável por bombear água para todo o sistema e fazer o ciclo ser contínuo. A água bombeada passará pelo segundo sistema de peltiers, onde fluirá por dentro de dissipadores de calor em alumínio próprios para água. Esses dissipadores, ou water coolers, são os mesmos encontrados em CPU's de computador. Eles estarão em contato direto com o lado frio da pastilha enquanto o lado quente estará em contato com o dissipador de calor junto a dois coolers 12v 120x120x25mm.

A água que sairá dos dissipadores estará com a temperatura mais próxima de zero possível, sendo assim, ela circulará pelo condensador onde se encontra uma serpentina de cobre de diâmetro  $\frac{1}{4}$ . Esse condensador estará em uma “caixa” junto a um ventilador/ventoinha que puxará o ar de dentro para fora como mostrado na imagem abaixo, assim, o ar que passar pelo condensador terá uma redução na temperatura e será liberado ao ambiente, e, a água que por ele circulou, por fim, voltará ao reservatório, onde começará todo o ciclo novamente.

Serão testados: pastilhas TEC1 12706, dissipadores de calor de 10,4 cm de largura por 20 cm de comprimento, coolers de 120x120x25mm 12v 0,3A cada, mangueiras  $\frac{1}{4}$ ”, e, se houver necessidade, todas as mangueiras serão revestidas com algum material isolante térmico a fim de evitar que a água troque calor com o ambiente.

Todo esse sistema será ligado em uma fonte chaveada de 12v, 20A, 240W, podendo eventualmente ser substituída por uma de 30A, caso a demanda das pastilhas seja superior a 20A.

A princípio esse é o projeto que será elaborado, podendo haver alterações no decorrer dos testes a fim de se obter o resultado desejado.

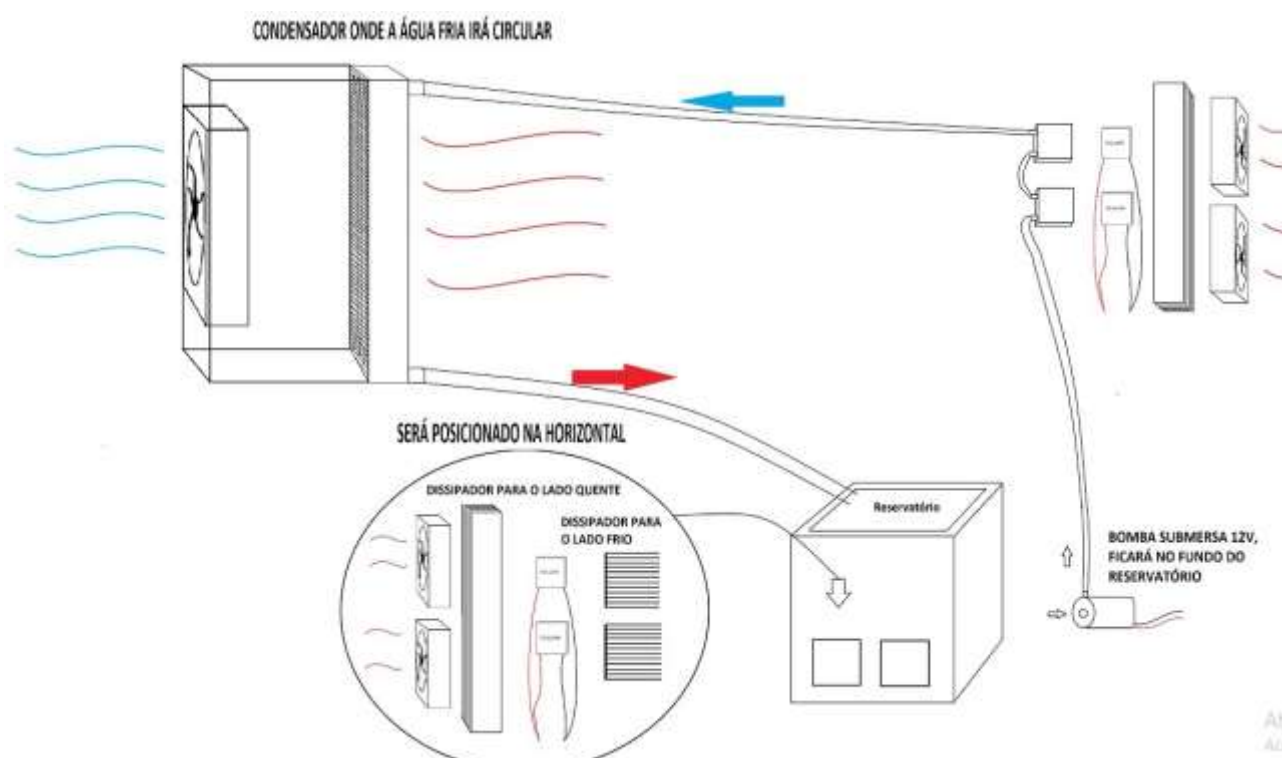


Figura 6. Esquema de montagem do sistema

FONTE: Feito pelo autor do projeto.

#### **4 PLANO DE TRABALHO**

Após toda teoria ter sido devidamente apresentada, a parte prática do projeto teve início.

De início, antes de começar a elaboração de algo mais complexo, é de grande suporte a realização de experimentos preliminares a fim de constatar quais os melhores métodos para a realização de uma informação concreta, e também promover conteúdo visando relatar a viabilidade de tais meios utilizados.

Nessa iniciação científica os testes serão realizados todos dentro de um tempo pré-determinado, será analisado os valores iniciais e finais e em meio ao experimento serão feitas alterações com finalidade de promover uma melhora no sistema. Por fim, ao término dos experimentos teremos informações de quais os melhores métodos para implementar um sistema a fim de desenvolver um protótipo mais elaborado e analisar seu funcionamento, seguindo os objetivos do trabalho será verificado a viabilidade do tal.

## 5 DESENVOLVIMENTO

Para um melhor aproveitamento e conclusão dessa pesquisa, cada etapa que viria a ser acoplada ao projeto final será testada antecipadamente com suas variáveis, a fim de promover um melhor resultado para o mesmo. Como a pesquisa toda de baseia na utilização das pastilhas termoelétricas, é necessário analisar qual o melhor método para obter o máximo de eficiência das mesmas.

Primeiramente para obter um bom rendimento das pastilhas temos que estudar a melhor forma de dissipação de calor para ela, lembrando que quanto mais resfriarmos o lado quente da peltier, mais frio será a outra face dela. O primeiro teste será feito a partir do método mais utilizado na refrigeração das pastilhas, o mesmo que também é agregado no resfriamento do processador de computadores e notebook, esse processo é composto por um dissipador de calor, em grande parte dos casos este é feito em alumínio para uma melhor dissipação e para ajudar tem-se um cooler posicionado logo acima do dissipador com o posicionamento de exaustão do ar.

### 5.1 DISSIPADOR COM COOLER

Para nosso experimento colocaremos a pastilha com o lado frio voltado para o dissipador dourado e o lado quente em contato com o dissipador maior na cor prata, ambos feitos em alumínio, foram retirados de uma CPU, no dissipador do lado quente temos um cooler com o lado exaustão favorecendo o dissipador, esse cooler em específico é 127V, mas na maioria dos casos e os encontrados em computadores são 12V. Dando sequência, a peltier deve ser ligada em 12V, para isso utilizou-se uma fonte chaveada de 12V, 5A. Um termômetro digital foi posicionado no dissipador dourado para termos um controle da temperatura inicial e final em decorrência a um determinado período. Confira a montagem do dissipador na foto abaixo.



Figura 7: Dissipador convencional

Fonte: Elaborado pelo autor

O teste foi realizado com foco em alguns objetivos, em dez minutos ver quantos graus celsius a pastilha conseguiu reduzir a temperatura do dissipador referente ao lado frio antes de estabilizar a temperatura. Note na imagem abaixo que a temperatura inicial do teste foi de 28,6 °C.

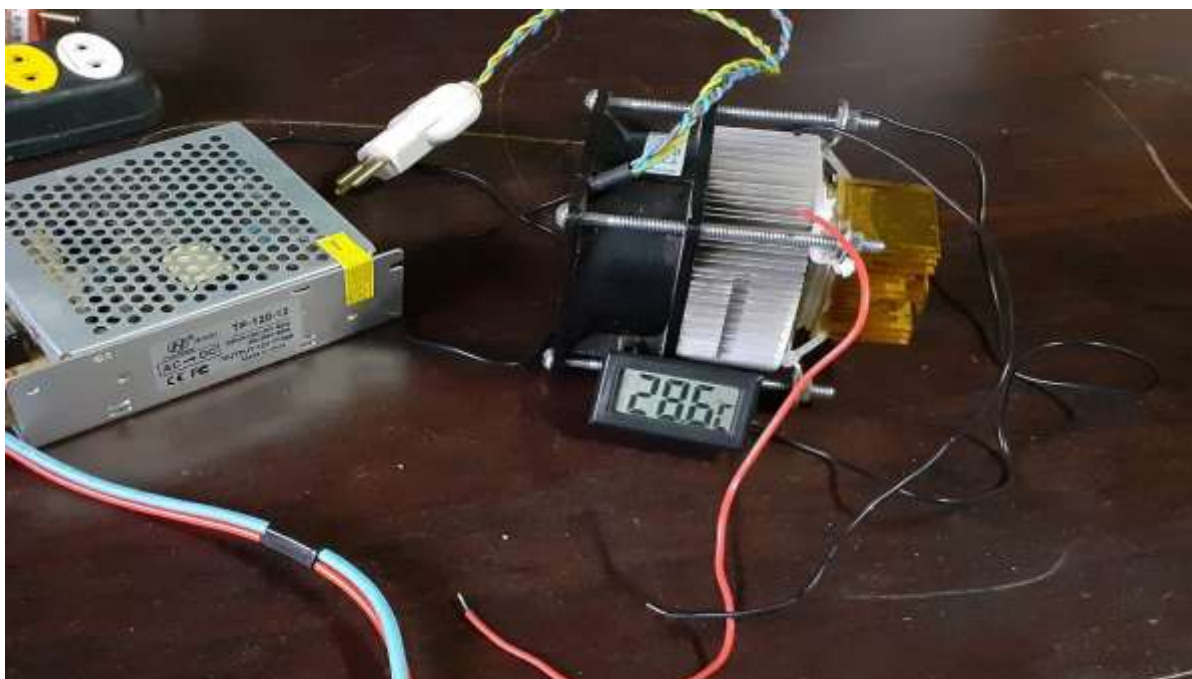


Figura 8: Montagem do sistema com cooler

Fonte: Elaborado pelo autor

Dentro do tempo estipulado no teste foi possível observar que em 4 minutos a pastilha conseguiu atingir seu auge, nos 6 minutos restantes a temperatura se manteve estável nos 17,7 °C como mostrado na figura a seguir, sendo essa a temperatura final do experimento.

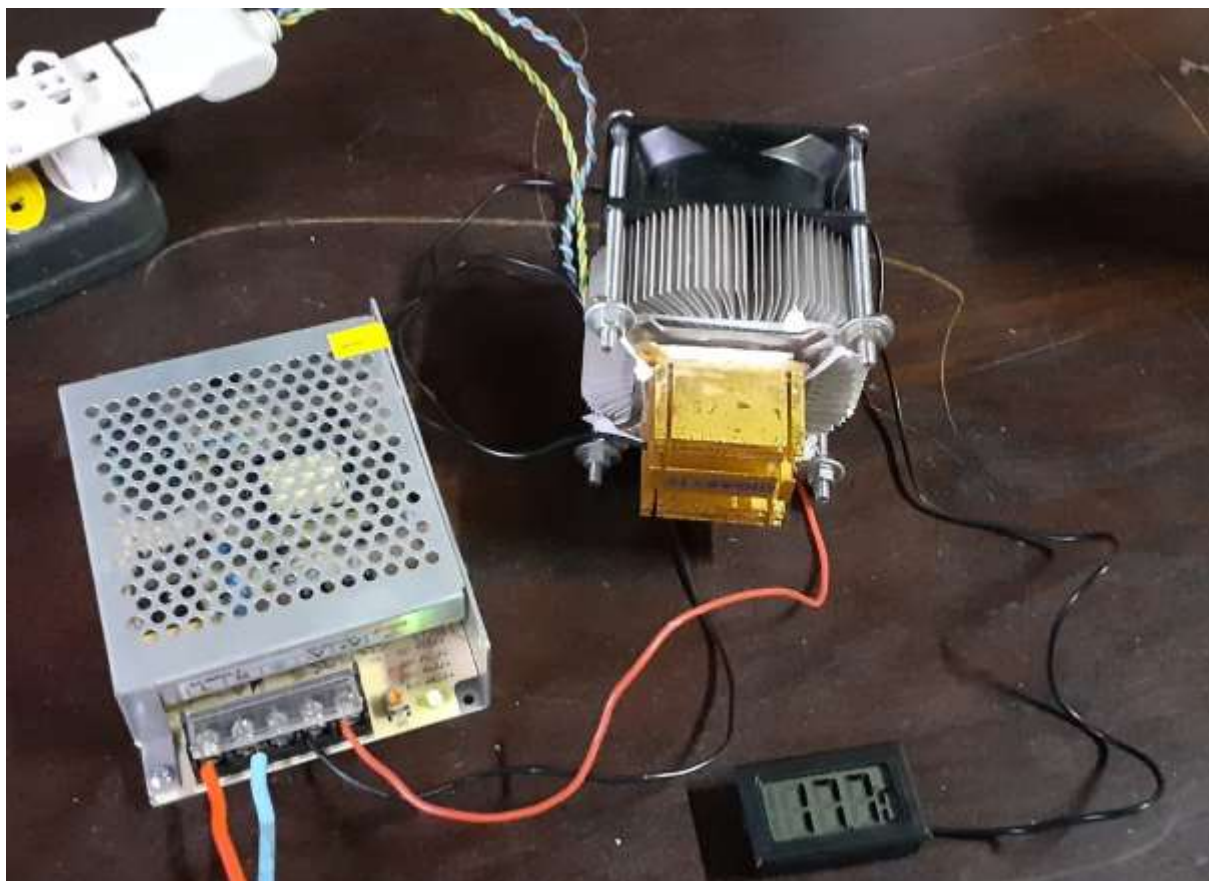


Figura 9: Resultado do primeiro experimento

Fonte: Elaborado pelo autor

Note que fica fácil de observar a formação de gotículas de água se formando no dissipador frio da imagem abaixo, isso ocorre em decorrência a diferença de temperatura, mesmo processo que ocorre na unidade evaporadora de aparelhos de ar condicionado, por esse fato que todos os eletrônicos que contam com unidade evaporadora tem uma saída para água onde vemos gotejar com frequência quando o mesmo se encontra em funcionamento.





Figura 10: Condensação no dissipador frio

Fonte: Elaborado pelo autor

## 5.2 DISSIPADOR COM ÁGUA

Em vista ao resultado da temperatura final da pastilha a partir da utilização de cooler convencional, necessitou-se de uma nova abordagem para comparar resultados, por conta disso, nessa etapa utilizou-se dissipador feito em alumínio que permite a passagem de líquido para o arrefecimento da pastilha, da mesma forma que o experimento anterior o dissipador dourado ficou em contato com a parte fria enquanto o de alumínio encontrou-se posicionado junto a parte quente da Peltier.

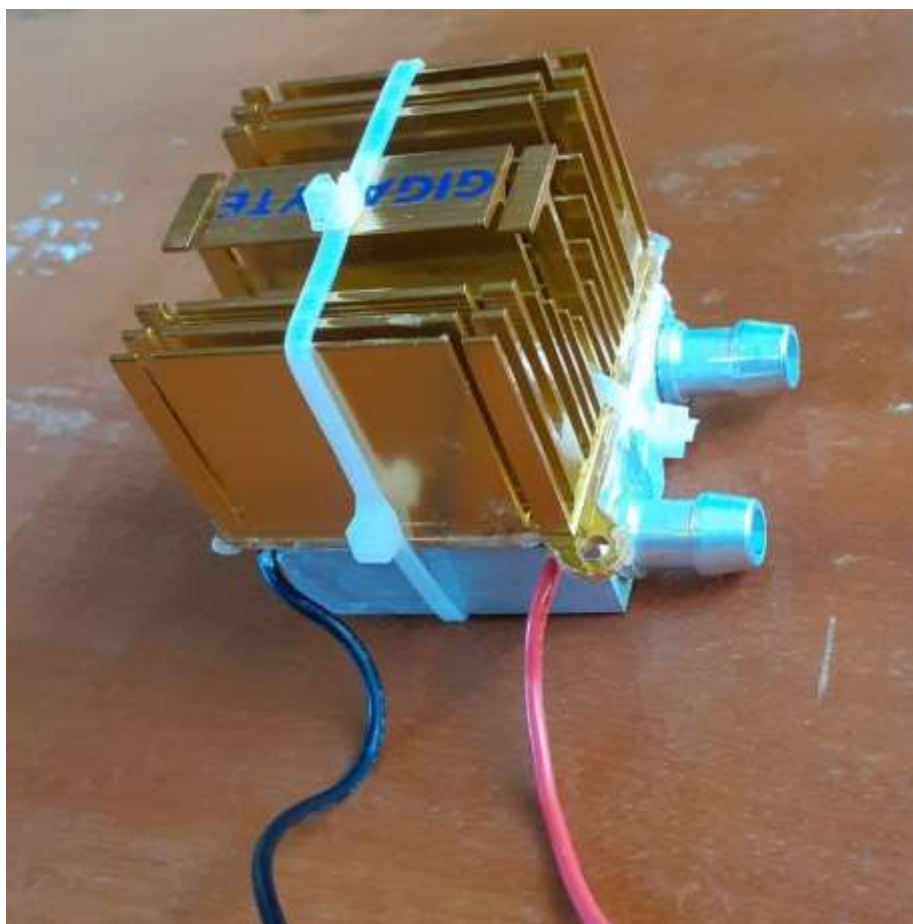


Figura 11: Dissipador com água

Fonte: Elaborado pelo autor

Na sequência, o sistema foi montado da seguinte maneira mostrada na foto da página seguinte, dentro de um balde com água foi posicionada uma bomba d'água submersa de 1000l/h, essa bomba através de uma mangueira de  $\frac{1}{4}$ " circulava a água do balde para a pastilha e retornava para o balde

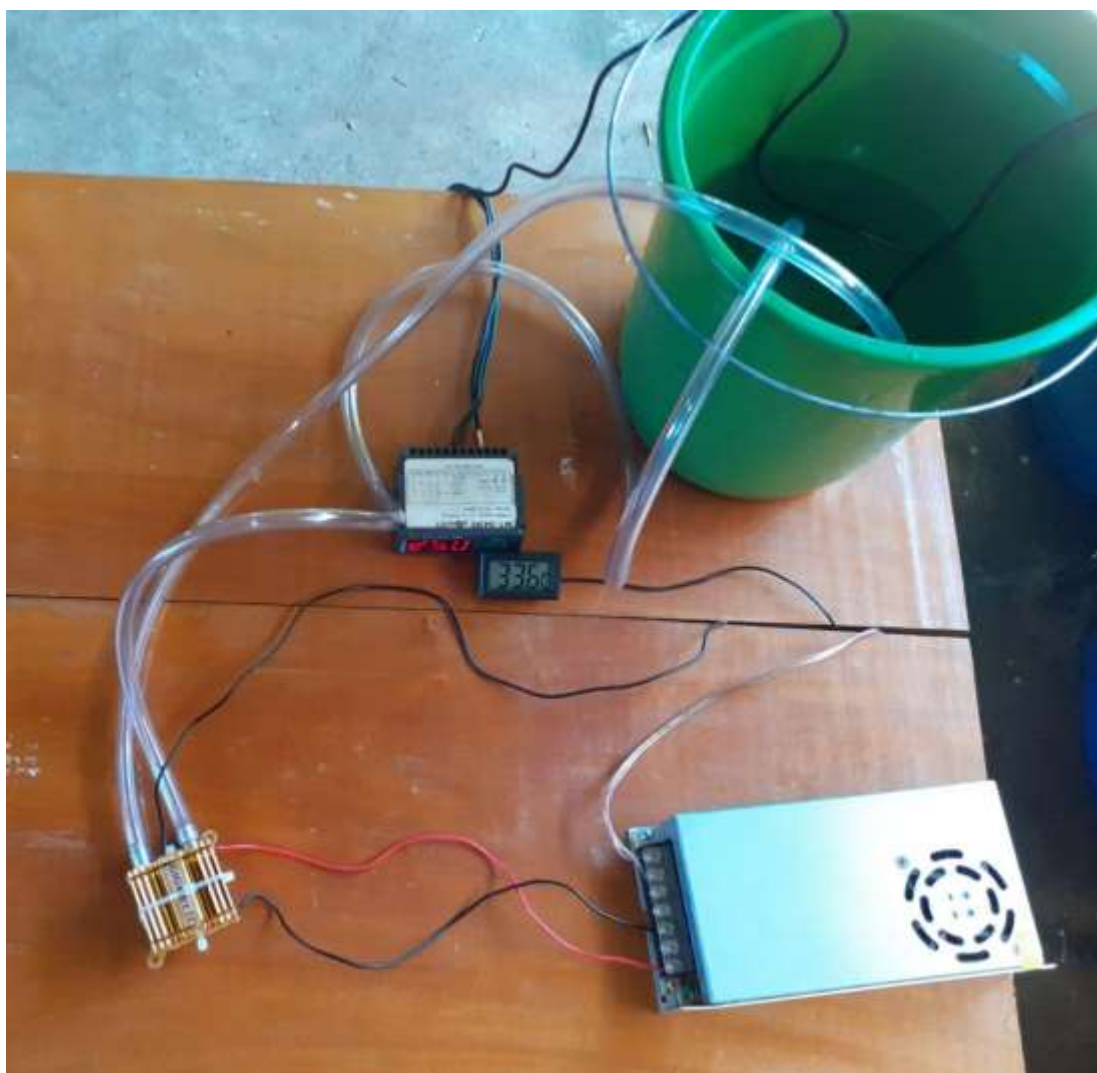


Figura 12: Montagem sistema experimento 2

Fonte: Elaborado pelo autor

Em síntese o funcionamento do sistema do experimento é bem simples, agora referente a parte elétrica do mesmo, foi dividida da seguinte forma, a pastilha foi conectada a uma fonte de 12v 20A, a bomba ligada em 110V, o termostato de display vermelho tem apenas como objetivo informar em tempo real a temperatura da água dentro do recipiente enquanto o termostato menor marca a temperatura do dissipador dourado que está diretamente em contato com a Peltier, em ambos os lados da mesma utilizou-se pasta térmica para uma melhor condutividade de calor.



Figura 13: Temperatura inicial experimento 2

Fonte: Elaborado pelo autor

Como mostrado na imagem anterior, tem-se que a temperatura inicial da água era de 25°C enquanto no dissipador marcava 33,6°C. Da mesma forma que o experimento anterior, o sistema será ligado e acompanhado por 10 minutos, sendo que ao final desse tempo serão registrados os resultados.

Dando sequência, ao se passarem 10 minutos a temperatura final do dissipador dourado foi de -0,7°C, essa temperatura foi atingida logo nos primeiros três minutos, porém essa não se manteve estável, variou desde -1,8°C até 1,5°C. Mesmo com pequena variação o resultado foi promissor em relação ao experimento anterior com o cooler.



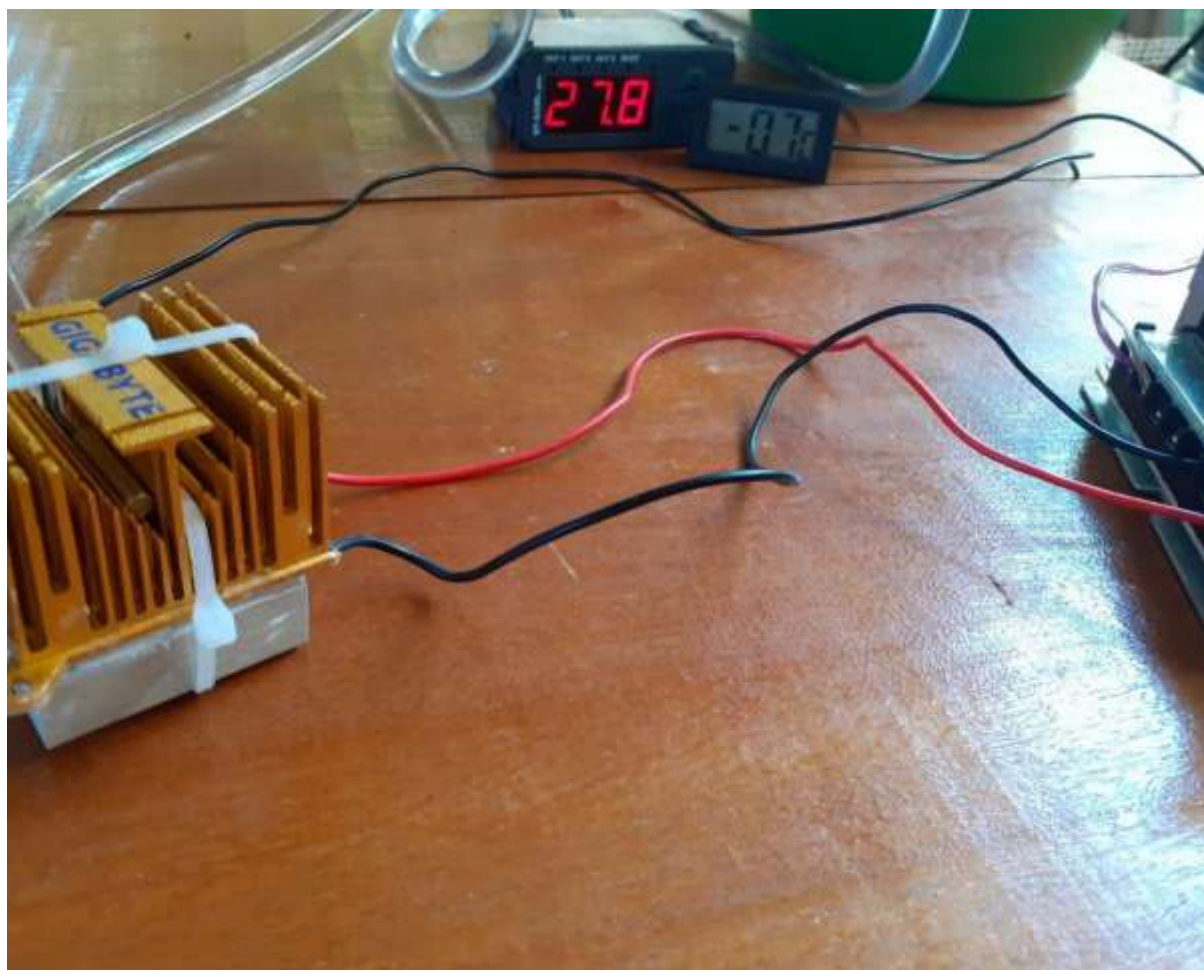


Figura 14: Resultado temperatura do experimento 2

Fonte: Elaborado pelo autor

É importante relatar a temperatura da água que tem como função resfriar o lado quente da pastilha, essa sofreu um aumento de  $1,8^{\circ}\text{C}$ , mas levando em consideração a temperatura ambiente, o aumento da temperatura do líquido ainda não significa um problema. Porém, quando o sistema tiver que funcionar por um período maior, algo deverá ser feito como medida para evitar que essa temperatura suba sem regulação. Em decorrência disso, construiu-se uma estrutura com um condensador com uma tubulação  $\frac{1}{2}$ ", acoplado unido a uma ventoinha de exaustão, desse modo, conectou-se a mangueira de retorno d'água na entrada da serpentina, fazendo a água circular por ela até que retorne ao reservatório com a bomba. Em poucos minutos de funcionamento, nota-se que a temperatura da água do recipiente

se eleva rapidamente até atingir a temperatura ambiente, pois o líquido que ali circula absorve a temperatura juntamente impulsionada pela ventoinha.

Com esse resultado, podemos concluir que esse sistema de refrigeração da água do circuito pode ficar desativado, mas com um sensor termostato que, quando detectar o aumento da temperatura do líquido do sistema, inicia a circulação através da serpentina, podendo assim, a partir de um set point, evitar o aquecimento prematuro da água que arrefece as peltier.

## 6 RESFRIAMENTO RESERVATÓRIO D'ÁGUA

Para princípio deste teste, foi utilizada uma caixa de passagem, a qual é feita em alumínio (um excelente condutor térmico). Nessa caixa, uma das laterais foi escolhida para receber as pastilhas termoelétricas, então foi lixada e dois furos foram feitos onde se encontram, na imagem abaixo, com parafusos segurando o sistema de peltier, esse que segue o mesmo raciocínio do resultado dos testes anteriores onde foi definido o melhor método de dissipação. Os parafusos receberam uma borracha para vedação interna, e, na parte exterior um calço de madeira foi utilizado para fazer que o dissipador de água ficasse bem unido com a pastilha, somado a pasta térmica para potencializar a troca de calor



Figura 15: Pastilhas no recipiente de alumínio com água

Fonte: Elaborado pelo autor

Essa etapa do experimento tem como objetivo analisar a eficiência das pastilhas no resfriamento da água. Neste reservatório contendo 1 litro, o teste será feito no decorrer de 15 minutos. A bancada de testes é composta por uma série de objetos e equipamentos. Inicialmente a alimentação de todo sistema é feito com um filtro de linha, antes do filtro foi conectado um wattímetro, que tem como objetivo registrar em tempo real o consumo dos equipamentos. Em conjunto com a caixa do wattímetro, temos um termostato, que será utilizado posteriormente. Esse e os demais equipamentos serão ligados no filtro de linha para que o consumo seja registrado, adiante uma fonte de 12V e 20A é utilizada para alimentar as pastilhas e futuros demais itens. Atrás, na direita, temos o reservatório de água com uma bomba de 400L/H responsável pelo resfriamento das pastilhas, esse será utilizado em todo os testes, visto que em experimentos anteriores foi constatado como o método de resfriamento mais eficiente.

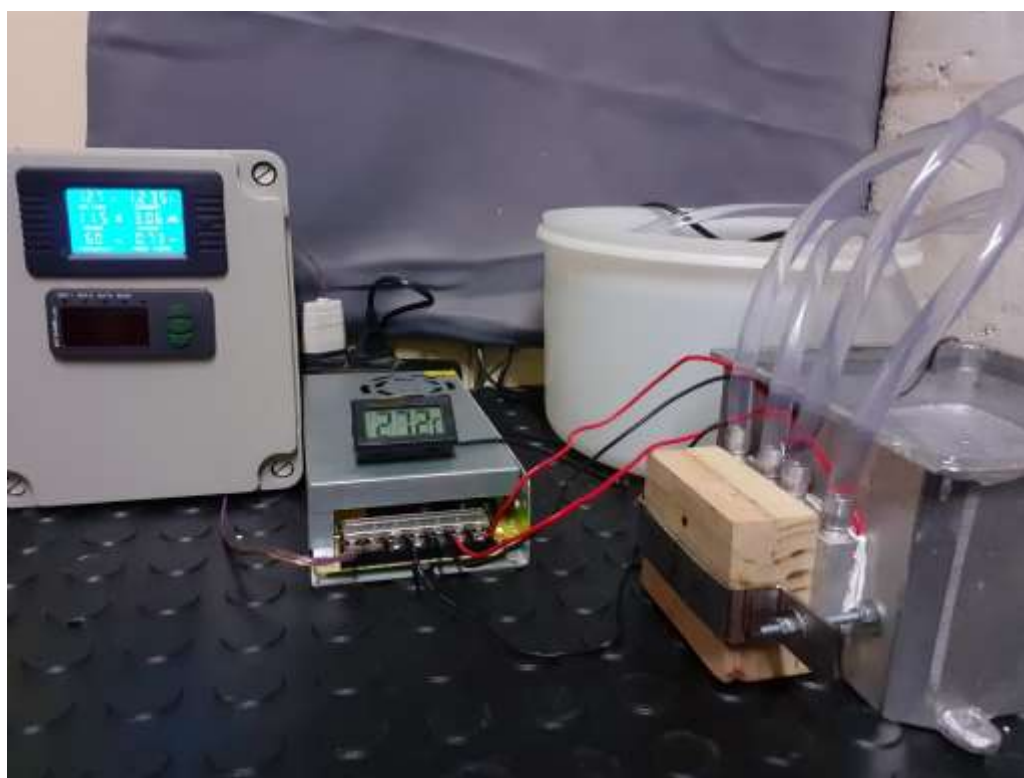


Figura 16: Montagem do sistema para resfriar água

Fonte: Elaborado pelo autor

Dado início ao teste, notamos que a potência consumida pelo sistema, como mostrado pelo wattímetro na imagem abaixo, ficou em torno dos 115 Watts, sendo registrado o consumo da bomba d'água e das duas pastilhas. A temperatura inicial da água dentro do reservatório de alumínio no teste foi de 27,7°C.



Figura 17: Consumo e temperatura inicial da água

Fonte: Elaborado pelo autor

Após 10 minutos de experimento, percebe-se que a temperatura da água atingiu os 22,4°C e manteve o consumo em 115W. O valor de queda da temperatura da água acabou não sendo tão brusca como o imaginado, mas para fins de pesquisa e resultados o próximo teste trará na prática a eficiência de resfriamento do sistema.





Figura 18: Temperatura final da água no recipiente com peltier

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.1 RESFRIAMENTO DO AMBIENTE CONTROLADO COM UTILIZAÇÃO DE ÁGUA FRIA

A forma de execução desse teste foi idêntica ao anterior em relação a forma de resfriamento da água, o diferencial está no ambiente utilizado no experimento. Por se tratar de testes e necessitar de resultados claros, utilizou-se uma escala reduzida em todos os testes e o ambiente, no caso, foi uma caixa de isopor com tamanho interno de 50cm cúbicos.

Como ilustra a imagem a baixa, dentro da caixa está posicionado um radiador muito utilizado em computadores. Por dentro dele passam 10 tubos de alumínio

formando uma serpentina, onde foi acoplado um cooler de 12V devidamente conectado ao sistema de medição de consumo.



Figura 19: Montagem do sistema de resfriamento com água na caixa de isopor.

Fonte: Elaborado pelo autor

No centro da caixa está localizado um segundo termostato, esse tem sua temperatura informada em vermelho abaixo do wattímetro na esquerda da imagem anterior. Assim, teremos a temperatura em tempo real do interior da caixa e da água no reservatório de alumínio, este que, por sua vez, se encontra com uma outra bomba d'água que circula com a água "fria" pelo radiador e retorna para o reservatório com as pastilhas.



Figura 20: Interior da caixa com radiador para a água

Fonte: Elaborado pelo autor

A caixa foi devidamente fechada, mas antes disso foi aquecida e teve sua temperatura interna estabilizada em  $33,2^{\circ}\text{C}$  como mostra o display vermelho, simulando um dia quente, enquanto a água do reservatório teve o start em  $24,2^{\circ}\text{C}$

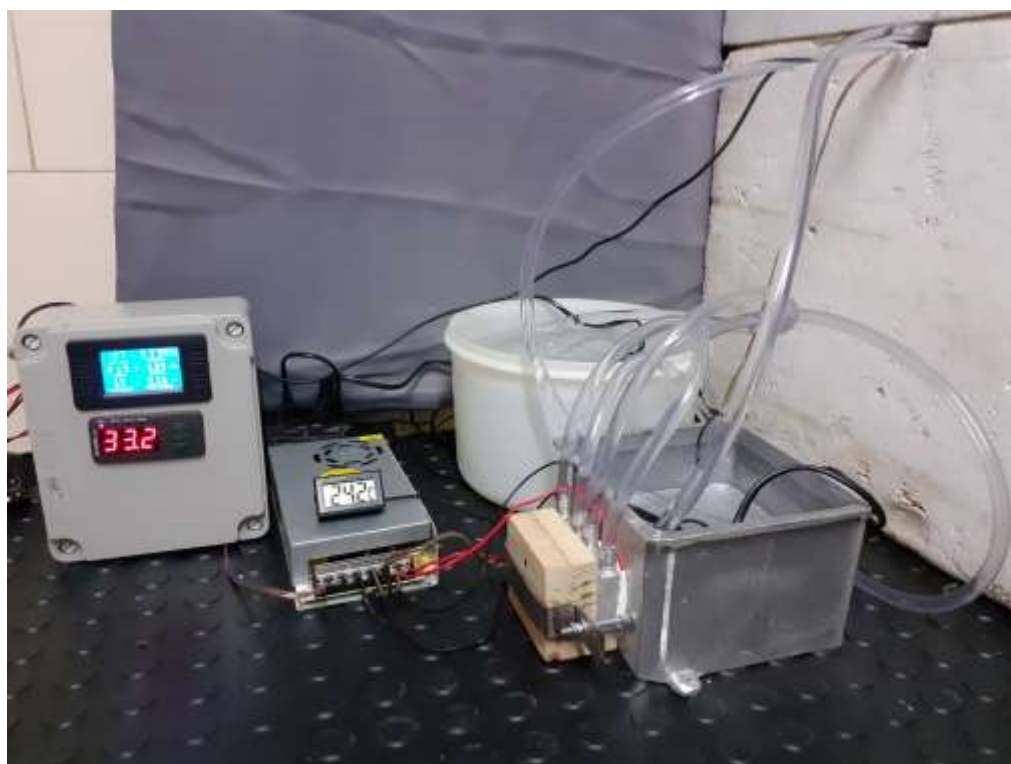


Figura 21: Temperatura Inicial do experimento com resfriamento via água

Fonte: Elaborado pelo autor

O consumo de energia se mantém estável com o acréscimo da segunda bomba e cooler de dissipação dentro na caixa. Após 10 minutos de teste, percebe-se que a temperatura da água se estagnou em 22°C e juntamente a ela a temperatura do interior da caixa se igualou a temperatura da água, sendo assim, é de fácil entendimento que a temperatura da caixa tende a se igualar a temperatura fornecida pelo sistema de resfriamento.



Figura 22: Temperatura final do interior da caixa com resfriamento via água.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Lembrando que o teste foi realizado em escala reduzida e em uma caixa isolada e livre de interferências externas. Para uma escala real de ambiente seria necessário um número maior de pastilhas e de dissipação, tornando-se assim inviável o projeto devido ao alto custo de aquisição e consumo energético.

Isso seria se baseando na ideia principal do projeto, porém, se formos levar em conta o poder de resfriamento das pastilhas em si como já foi apresentado nesse trabalho, podemos aproveitar muito mais ainda de um sistema partindo desse princípio de utilização da pastilha, sendo assim, surge uma nova ideia para análise de viabilidade.

## 6.2 RESFRIAMENTO DA PASTILHA EM PARALELO EM MEIO LIVRE

A ideia a partir desse ponto se baseia em eliminar a água que faz contato com as pastilhas dentro do reservatório principal. Isso requer ter um sistema direto com um dissipador de alumínio na parte fria da pastilha, que facilitará a troca térmica entre os dois meios, a pastilha e o dissipador e dele para o ar.

Após uma busca minuciosa pela internet, foi encontrado um sistema vendido na China que cumpre com os requisitos desejados. Por aproximadamente 150 reais, o item foi importado. Ele é constituído por duas pastilhas peltier com um sistema de resfriamento utilizando dissipadores de água para obter maior eficiência, mostrado na imagem seguinte, e ambas conectadas aos dissipadores de alumínio com um cooler para potencializar a troca de calor com o ambiente.





Figura 23: Dispositivo com peltier de dissipação eficiente.

Fonte: Elaborado pelo autor

Desse modo, no primeiro teste todo o sistema foi ligado em paralelo na mesma configuração dos testes anteriores, as temperaturas iniciais foram registradas no início do teste (imagem abaixo) a qual é de 24°C e, será feita uma nova aferição ao final de 10 minutos de teste.

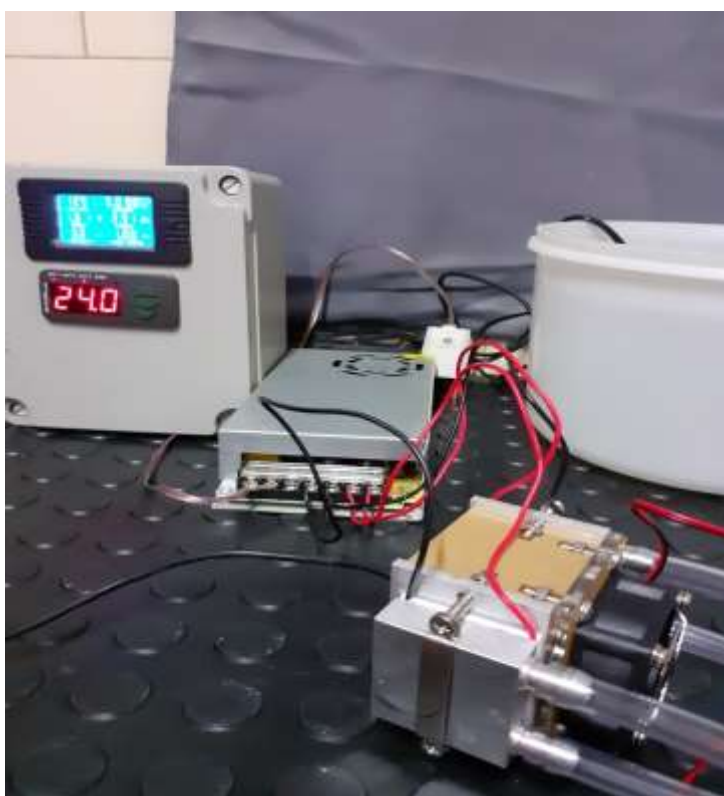


Figura 24: temperatura inicial no centro dos dissipadores seco com pastilhas em paralelo.

Fonte: Elaborado pelo autor

A potência do sistema funcionando permaneceu em torno dos 161w. Notou-se uma queda brusca de temperatura logo de início, aos 5 minutos de execução do experimento. É possível observar a formação de gelo nos dissipadores. No momento da imagem abaixo, a temperatura era de -2°C.



Figura 25: Formação de gelo no dissipador seco.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No final dos 10 minutos, contatou-se a temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  nos dissipadores e uma potência estável de consumo do sistema de 152w.



Figura 26: Temperatura final dos dissipadores seco em paralelo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Importante salientar que a temperatura ainda estava caindo, porém, como o critério de avaliação foi determinado 10 minutos de teste, esse encerrou-se por ali, mas se ele fosse mais extenso obter-se-iam temperaturas ainda menores.

### 6.3 PASTILHA PELTIER EM PARALELO NA CAIXA DE ISOPOR

Visto o desempenho do sistema no teste realizado anteriormente, utilizou-se mais uma vez a caixa de isopor, a mesma utilizada no tópico 5.4. Foi montado o mesmo sistema dentro da caixa, e, assim como todos, terá um tempo de duração de 10 minutos.

A temperatura inicial interna da caixa relatada foi de 36°C, enquanto a temperatura no núcleo do dissipador era de 28,4°C, apresentado na imagem a seguir.



Figura 27: Temperaturas iniciais do sistema em paralelo na caixa.

Fonte: Elaborado pelo autor.



O sistema foi posicionado no centro da caixa com um termômetro registrando a temperatura diretamente dos dissipadores da pastilha e outro localizado livre na caixa, que foi devidamente fechada e isolada termicamente, para assim iniciarmos o teste.



Figura 28: Interior da caixa com sistema em paralelo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O consumo do sistema se mantém em 147W. Poucos minutos depois, percebe-se uma grande queda de temperatura, lembrando que junto aos dissipadores das pastilhas existe um mini cooler, que ajuda na troca de calor com o meio interno da caixa térmica.

No fim dos 10 minutos de exame, temos a temperatura final da caixa na casa dos 9,5°C, uma perda de 26,5°C em um tempo relativamente curto, levando em consideração tal sistema.

Um ponto importante a ser destacado, como evidenciado na imagem abaixo, a temperatura interna do recipiente foi de 9,5°C, porém, a temperatura no centro dos dissipadores registrava temperatura de 3,1°C. Ou seja, a temperatura da caixa tende a se igualar com a temperatura resultante da troca de calor das pastilhas. Com mais tempo de teste, teríamos temperaturas mais baixas no interior da caixa, possivelmente chegando a um número negativo.



Figura 29: Temperatura dentro da caixa com sistema em paralelo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.4 SISTEMA EM SÉRIE EM MEIO LIVRE

Será observado nos demais testes que a potência do sistema será menor do que a registrada nos testes em paralelo, isso porque, no sistema em série, os elétrons possuem um único caminho a seguir, sendo assim, temos a fórmula:  $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$ . Enquanto no sistema em paralelo o fluxo de elétrons se

divide, resultando na seguinte fórmula:  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$  (MATTEDE, 2021.)

Essa fórmula possui a desvantagem de que: em um sistema em série, se uma pastilha parar de funcionar; as seguintes também deixaram de funcionar, devido ao fluxo de elétrons que será interrompido. Por conta desse fluxo temos o consumo reduzido, pois há uma perda de potência em cada uma das pastilhas, diferente da ligação em paralelo, onde devido ao fluxo de elétrons ser independente, a potência sofre menos perda e gera um resultado mais satisfatório. (MATTEDE, 2021.)

Isso em teoria, mas observaremos a seguir a concretização desses fatos, dando sequência na ligação em série, como mostrado na figura abaixo.

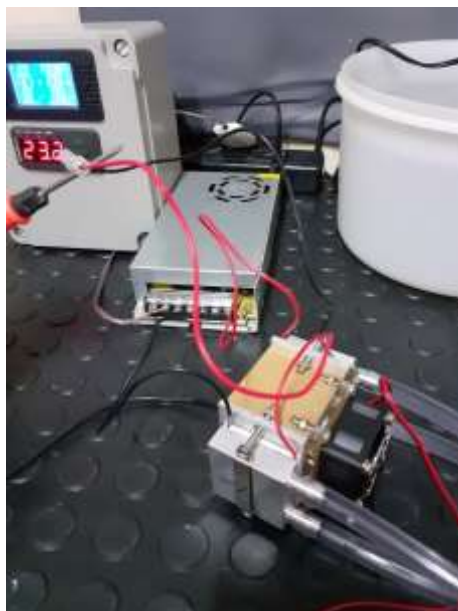


Figura 30: Ligação do sistema em série.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir disso, os mesmos dois experimentos serão realizados com a ligação somente das pastilhas ligadas em série, tanto ao ar livre, quanto na caixa de isopor. Inicialmente as pastilhas foram ligadas em série como mostrado na figura acima, enquanto os meios de dissipação continuam da mesma forma, sendo a única diferença a ligação das peltier.

Em sequência, relatou-se a potência de 65,2w consumida pelo sistema, uma diferença relativamente grande em comparação com o mesmo teste realizado com a ligação em paralelo. Há uma redução no consumo de 86,8w, o que pode não parecer muito de início, porém, se levarmos em conta que se trata de experimentos em escala reduzida, ao passarmos esses valores para escalas reais, a falta de economia se torna muito perceptível.



Figura 31: Consumo e temperatura inicial do sistema em série no meio livre.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação a temperatura, no início a temos no centro dos dissipadores perto de 23,2°C. No decorrer dos 10 minutos de teste, percebe-se uma queda mais lenta

de temperatura. No final desse tempo, alcançamos o valor de  $-2,3^{\circ}\text{C}$ , lembrando que, no respectivo teste em paralelo, ela foi de  $-10^{\circ}\text{C}$ .

De forma geral, levando em consideração a redução da potência utilizada pelas pastilhas, ainda houve uma queda muito significativa na temperatura, já que em 10 minutos tivemos uma redução de  $20,9^{\circ}\text{C}$ .



Figura 32: Temperatura final do sistema em série no meio livre.

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.5 PASTILHAS EM SÉRIE NA CAIXA DE ISOPOR

Seguindo a sequência anterior, deu-se início ao teste na caixa de isopor, seguindo o mesmo modelo já utilizado. A temperatura inicial no interior da caixa foi de 35°C, e no centro dos dissipadores foi de 22,5°C, como mostrado pelo display vermelho e preto respectivamente abaixo.



Figura 33: Temperaturas iniciais do sistema em série dentro da caixa de isopor.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim como no experimento anterior, a queda de temperatura foi um pouco mais lenta em relação aos sistemas em paralelo. No atual em questão, o consumo ficou entre 68,1w e 63,8w, também apontando uma economia maior.

Já em relação a temperatura final, o interior da caixa chegou na temperatura de 15,2°C em 10 minutos, uma diferença de 5,7°C em comparação ao sistema em paralelo, o qual registrou-se 9,5°C.



Figura 34: Temperatura final no interior da caixa de isopor com sistema ligado em série.

Fonte: Elaborado pelo autor.



É também de importância ressaltar que a temperatura do centro dos dissipadores, que estão dentro da caixa, chegou na casa dos  $6,8^{\circ}\text{C}$ , ou seja, com mais tempo de funcionamento a temperatura do interior da caixa tende a se igualar a dos dissipadores com o auxílio do cooler, facilitando a troca de calor. Sendo assim, quanto mais tempo de funcionamento, menor a temperatura obtida.

## 7 RESULTADOS FINAIS

Ao final dos testes mostrados acima, foi possível observar que as pastilhas peltier tem grande potencial de resfriamento levando em conta seu tamanho.

Sendo assim, se torna viável sua utilização em aparelhos de resfriamento de ar, porém com apontamentos, já que os testes foram realizados em escala reduzida, temos dois cenários viáveis: o primeiro é o sistema ligado em série resfriando a caixa de isopor, esse é o mais eficiente e consegue atingir temperaturas baixas rapidamente, mas, com um consumo elevado, em torno de 150W, já o segundo sistema é em paralelo, e, mesmo apresentando desempenho um pouco inferior ao teste em paralelo, ainda sim é viável para resfriamento e o mais importante é que este tem um consumo relativamente reduzido em comparação ao anterior, ficando na casa dos 68W.

Supondo que o teste seja realizado em escala real, seriam utilizados pelo menos 5 sistemas de resfriamento contendo 10 peltier e mais uma para resfriar o reservatório de água. Em série o consumo ultrapassaria os 700W, o que já deixaria questionável a questão do consumo e economia, a não ser que o local conte com sistema de geração própria, como, por exemplo, um sistema fotovoltaico. Agora, o sistema utilizando ligação em paralelo, utilizará até 7 sistemas de peltier e o consumo se manterá abaixo dos 600W, tornando-se assim, viável para ambientes pequenos com pouca troca térmica com o exterior. No quesito extinção do gás refrigerante, o sistema com pastilha se mostrou 100% viável.

## 8 CONCLUSÃO

Foi possível concluir que há uma viabilidade - variável - na utilização das pastilhas térmicas em relação a refrigeração, sendo completamente viável na substituição do gás refrigerante, porém, a redução de consumo irá depender do tamanho do sistema a ser montado. Mas, de forma geral, existe uma redução em comparação a aparelhos de ar condicionado comuns.

Na questão resfriamento em espaços pequenos, tal qual foram realizados os experimentos do presente trabalho, se mostram extremamente eficientes, dando um resultado muito significativo dentro de um curto período de tempo, possibilitando a abertura de novos estudos para diversas finalidades de resfriamento, comportando testes até mesmo com temperaturas negativas.

## REFERÊNCIAS

ABRIL, super. **Qual o impacto ambiental da instalação de uma hidrelétrica?**. São Paulo, 18 de abr. de 2011. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/qual-o-impacto-ambiental-da-instalacao-de-uma-hidreletrica/>>. Acesso em 06 de mar. de 2020.

ADIAS, AR-CONDICIONADO. **Afinal, o que são fluidos refrigerantes de ar-condicionado?**. 19 de fev. de 2018. Disponível em: <<https://blog.adias.com.br/afinal-o-que-sao-fluidos-refrigerantes-de-ar-condicionado/#>>. Acesso em 03 de mar. de 2020.

DICAS, GRUPO. **Cuidado com o ar-condicionado! Ele pode causar choque térmico.** São Paulo, 19 de jan. de 2019. Disponível em: <<https://grupodicas.com.br/servicos/cuidado-com-o-ar-condicionado-ele-pode-causar-choque-termico/>>. Acesso em 03 de mar. de 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Ações brasileiras para a proteção da camada de ozônio.** Brasília: MMA, 2014. 144 p.

MOUTINHO, Paulo. **Biodiversidade e Mudança Climática: sob um Enfoque Amazônico.** Separata de: BIOLOGIA da Conservação: Essências. 1. ed. São Paulo: Rima, 2006. v. 1, cap. 5, p. 119.

VENTILADORES, GUIA. **Quanto é que você gasta por mês em energia com o seu ventilador ( ou com o seu ar-condicionado)?**. 2014. Disponível em: <<https://www.guia-ventiladores.com/QuantGasta.html>>. Acesso em 03 de mar. de 2020.

Rodrigo A. Santos, Damaris Dias de Freitas, Sergio Jose da Silva, Marcos Henrique. **Principais características das pastilhas de efeito peltier.** 2019. 17 p. Monografia (Mestrado em Eng. Elétrica) - Uni Drummond. São Paulo.

INTRODUÇÃO AO EFEITO PELTIER. Danvic, 2020. Disponível em: <[peltier.com.br](http://peltier.com.br)>. Acesso em: 23 de Outubro de 2020.

ENGENHBUS: **AR CONDICIONADO E CAPACIDADE DE CONFORTO PERFEITO**. Unibusrn, 2016. Disponível em: <<https://unibusrn.com/2016/10/02/engenhbus-ar-condicionado-e-capacidade/>>. Acesso em: 17 de novembro de 2020.

AR CONDICIONADO: **COMO ESCOLHER O MELHOR MODELO**. Portal Barueri, 11 de agosto de 2016. Disponível em: <<https://www.portalbarueri.com/clima/ar-condicionado-como-escolher-o-melhor-modelo/>>. Acesso em 11 de novembro de 2020.

**COMO O SEU AR CONDICIONADO FUNCIONA**, Aprenda Engenharia. Youtube, 14 de fev. de 2020. 8min33s. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=CNofxbMUsnY&ab\\_channel=AprendaEngenharia](https://www.youtube.com/watch?v=CNofxbMUsnY&ab_channel=AprendaEngenharia)>. Acesso em 17 de novembro de 2020.

**VOCÊ PODE ME EXPLICAR UM POUCO MAIS SOBRE A TEORIA DAS PASTILHAS TERMOELÉTRICAS?**. Danvic, 2020. Disponível em: <<http://www.peltier.com.br/index.php?url=faq>> Acesso em: 17 de novembro de 2020.

**INTRODUÇÃO AO EFEITO PELTIER**. Danvic, 2020. Disponível em: <<http://www.peltier.com.br/>>. Acesso em: 17 de nov. de 2020.

MATEDE, Henrique. **Diferenças entre circuito série e paralelo**, 2021. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/diferencas-entre-circuito-serie-e-paralelo/>. Acesso em: 01 de set. de 2021.