

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

RASTROS DE PARTÍCULAS EM CÂMARAS DE NUVENS

GABRIELA C. DOS SANTOS¹, CLEIDE M. RIZZATTO²

¹ Graduanda em Engenharia de Controle e Automação, Bolsista PIBITI - CNPq, IFSP, Campus Suzano, gabriela.caldeira@aluno.ifsp.edu.br.

² Docente, IFSP, Campus Suzano, cleide.rizzatto@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.05.04.06-0 - Métodos Experimentais e Instrumentação para Partículas Elementares e Física Nuclear

RESUMO:

A Câmara de Nuvens foi um aparato científico muito importante para a descoberta de partículas subatômicas e ainda hoje é utilizada para o contato e aprendizado didático da área da Física de Partículas. As mais simples podem ser feitas utilizando gelo seco, que cria o ambiente necessário para a visualização de rastros de partículas. Porém apesar da simplicidade, carregam um problema consigo, por conta do difícil armazenamento e rápida sublimação do gelo seco. Nesse sentido, o presente projeto tem como objetivo substituir o gelo seco por um componente elétrico, o módulo Peltier, a fim de eliminar essas desvantagens e facilitar a execução deste experimento, além de possibilitar uma montagem mais duradoura para a visualização dos rastros de partículas provenientes de raios cósmicos presentes na atmosfera.

PALAVRAS-CHAVE: física de partículas; câmara de nuvens; raios cósmicos; módulo Peltier.

PARTICLE TRACKS IN CLOUD CHAMBERS

ABSTRACT:

Cloud Chamber was a very important scientific apparatus for the discovery of subatomic particles and is still used today for contact and didactic learning in the area of Particle Physics. The simplest can be done using dry ice, which creates the necessary environment for the visualization of particle trails. However, despite their simplicity, they carry a problem with them, due to the difficult storage and rapid sublimation of dry ice. In this sense, the present project aims to replace dry ice with an electrical component, the Peltier module, in order to eliminate these disadvantages and facilitate the execution of this experiment, in addition to enabling a more durable assembly for the visualization of particle trails from cosmic rays present in the atmosphere.

KEYWORDS: particle physics; cloud chamber; cosmic rays; Peltier module.

INTRODUÇÃO

A Física de Partículas é norteada por propriedades e estudos complexos, mas quando se utilizam aparatos simplificados para sua compreensão, o processo de aprendizagem e conhecimento é facilitado.

A câmara de nuvens foi um dos primeiros aparelhos científicos utilizados para visualização de rastros de partículas (SOUZA, 2017), uma vez que por meio desta foi possível a descoberta de diversas partículas elementares, à exemplo do pósitron (ANDERSON apud SOUZA, 2017).

Essa câmara consiste em um recipiente de vidro, revestido internamente com feltro (embebido em álcool isopropílico), que fica apoiado em uma placa metálica em contato com gelo seco. Após alguns minutos, o álcool presente no feltro começa a evaporar e resfriar, o que faz com que ele atinja um estado de supersaturação. Assim, quando uma partícula carregada atravessa o vapor supersaturado, ela ioniza as moléculas que estão em seu caminho e permite a visualização de um traço a olho nu, que pode ser melhor observado com uma lanterna ou uma fita LED.

Contudo, o presente projeto nasceu com o objetivo de substituir a utilização do gelo seco por outro elemento, o módulo Peltier. Esta é uma pastilha termoelétrica construída à base de semicondutores soldados entre duas placas cerâmicas, que utilizam o efeito Peltier. Esse efeito realiza a passagem de corrente elétrica direta entre os terminais do Peltier (MOURA; ALMEIDA, 2014), transferindo continuamente calor de um dos lados para o outro, de forma que um lado da pastilha aqueça e o outro resfrie (BERNARDO, 2015, apud NIEDERMAEYER, 2022). Dessa forma, utiliza-se, então, o módulo Peltier como substituto do gelo seco na construção de um protótipo mais duradouro de câmara de nuvens.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste projeto foi a quantitativa, com ênfase na pesquisa experimental, visto que seu objetivo era o desenvolvimento de um protótipo de câmara de nuvens utilizando módulos Peltier.

Para isso, foi necessária a análise de variáveis elétricas, a exemplo da tensão e corrente elétrica empregadas nos módulos Peltier, resultando em sua potência elétrica exercida (conhecida como carga térmica), juntamente com a verificação da temperatura emitida no lado frio da pastilha, cujos valores ideais deveriam estar entre -25°C e -30°C (SILVA; LABURÚ, 2019; STROSKI, 2024).

Ademais, também foram realizados diversos testes elétricos para a análise e determinação dessas variáveis, juntamente com testes de dimensionamento de montagem da câmara com todos os seus componentes, a fim de verificar a possibilidade de visualização dos rastros de partículas.

Os materiais utilizados para a construção do protótipo da câmara de nuvens estão descritos a seguir:

- 1 fonte chaveada (para o projeto em questão, a fonte foi modificada manualmente para 10V e 7,8A);
- 2 fontes de bancada;
- 1 Peltier TEC1-12703;
- 1 Peltier TEC1-12715;
- Conectores e cabos para conexões elétricas;
- 1 Air Cooler;
- Fita LED verde;
- Parafusos M6 X 50mm;
- Porcas sextavadas M6;
- Arruelas lisas M6;
- Componentes impressos em 3D (presilhas de suporte e encaixes para os módulos Peltier; suporte para o Cooler);
- Álcool isopropílico;
- Pasta térmica;
- Feltro com cola adesiva;
- Luva nitrílica;
- Chapa de alumínio cortada;
- Termômetro infravermelho laser;
- Câmara (vidro e acrílico)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realizar a montagem da câmara de nuvens utilizando os módulos Peltier, foram feitos, inicialmente, diversos testes de dimensionamento de variáveis, a fim de determinar quais seriam os parâmetros elétricos ideais para que se atingisse a temperatura estimada por Silva; Laburú (2019) e Stroski (2024).

A justificativa de escolha em relação aos modelos das pastilhas Peltier se dá pela carga térmica máxima que estas transmitem. O ideal é a utilização de uma pastilha que transmita uma carga mais elevada, com a parte quente em contato direto com o *cooler* - neste projeto, optou-se pela pastilha TEC1-12715. Além disso, logo acima da pastilha com maior carga térmica (no lado frio), fez-se necessário a utilização de outra pastilha menos efetiva - neste caso, foi utilizada a pastilha TEC1-12703, apenas para maximizar a quantidade de carga térmica transmitida e tornar o Peltier mais gelado, pois é esse módulo que estará em contato com a câmara para resfriá-la.

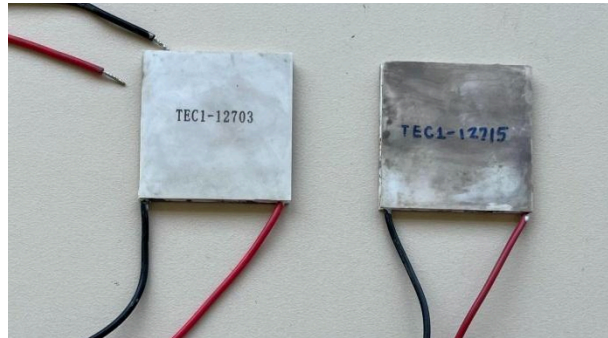


FIGURA 1. Módulos Peltier utilizados (TEC1-12703 e TEC1-12715).

A opção por apenas esses dois módulos foi feita por causa da disponibilidade das fontes de energia de corrente e tensão, uma vez que os valores não apresentam linearidade matemática, como visto nas tabelas abaixo.

TABELA 1. Teste 1 para o dimensionamento de parâmetros elétricos.

	Tensão (V)	Corrente (A)
Cooler	12 V	0,13 A
Peltier (TEC1-12703)	5,6 V	1,71 A
Peltier (TEC1-12715)	10 V	7,8 A
Carga térmica máxima (W): 87,58 W		
Temperatura total atingida no lado frio do Peltier TEC1-12703: -26,3°C		

TABELA 2. Teste 2 para o dimensionamento de parâmetros elétricos.

	Tensão (V)	Corrente (A)
Cooler	12 V	0,13 A
Peltier (TEC1-12703)	6,7 V	1,7 A
Peltier (TEC1-12715)	10 V	7,8 A
Carga térmica máxima (W): 89,39 W		
Temperatura total atingida no lado frio do Peltier TEC1-12703: -26°C		

TABELA 3. Teste 3 para o dimensionamento de parâmetros elétricos.

	Tensão (V)	Corrente (A)
Cooler	12 V	0,12 A
Peltier (TEC1-12703)	7,7 V	1,46 A
Peltier (TEC1-12715)	10 V	7,8 A
Carga térmica máxima (W): 89,24 W		
Temperatura total atingida no lado frio do Peltier TEC1-12703: -30°C		

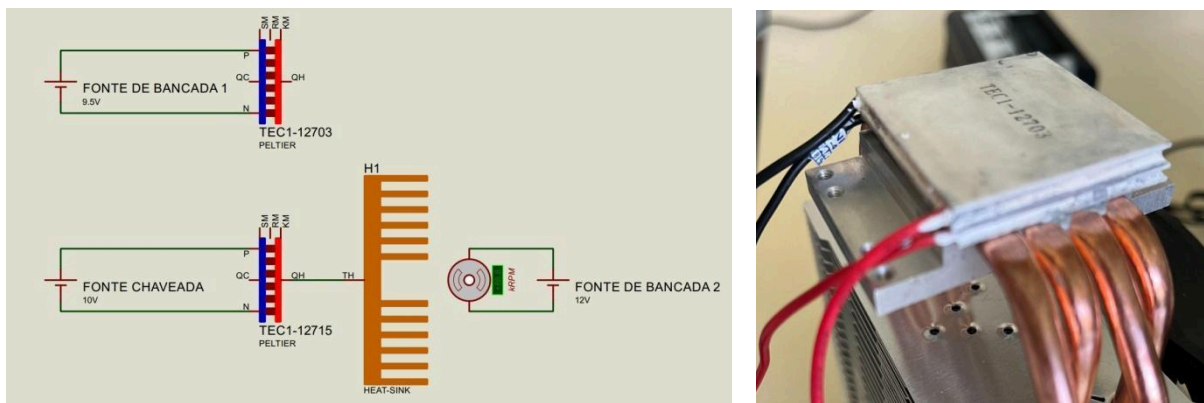
TABELA 4. Teste 4 para o dimensionamento de parâmetros elétricos.

	Tensão (V)	Corrente (A)
Cooler	12 V	0,12 A
Peltier (TEC1-12703)	9,5 V	1,42 A
Peltier (TEC1-12715)	10 V	7,8 A
Carga térmica máxima (W): 91,49 W		
Temperatura total atingida no lado frio do Peltier TEC1-12703: -32°C		

Os parâmetros elétricos escolhidos para realizar todos os testes de montagem da câmara foram os da tabela 4, pois com estes dados foi possível obter a menor temperatura possível na face fria do Peltier TEC1-12703 e, conseqüentemente, a maior carga térmica total transmitida. Desta forma, concluiu-se que os dados a serem utilizados deveriam seguir o padrão dessa tabela, sendo toleráveis valores aproximados destes.

Também vale ressaltar que a medição de temperatura da face fria do Peltier TEC1-12703, para análise dos dados acima, foi feita utilizando um termômetro infravermelho com a pastilha em contato com o ambiente externo, isto é, sem estar dentro de um ambiente fechado, onde, possivelmente sua temperatura pode se tornar ainda menor.

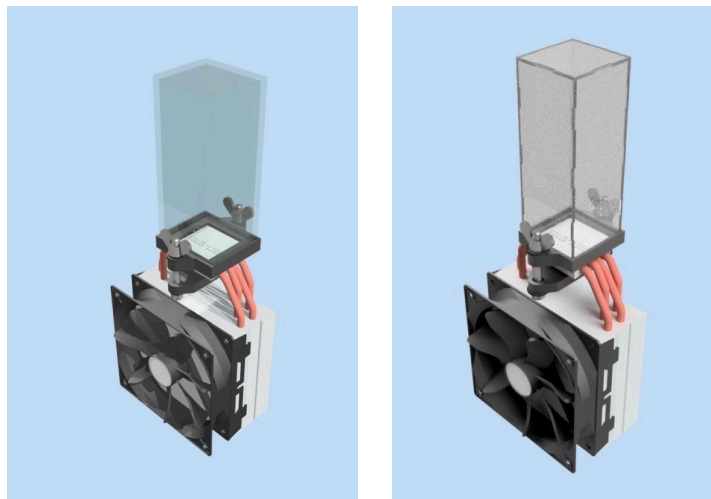
Por fim, cabe salientar que os circuitos de ambos os módulos Peltier são independentes, assim como o do *cooler*, sendo apenas a disposição física das pastilhas em série (um em cima do outro, transmitindo a passagem de calor de forma linear).



FIGURAS 2 e 3. Circuitos elétricos dos Peltiers e Cooler; Disposição em série dos Peltiers.

Finalizado o processo de determinação dos parâmetros elétricos, foi realizado o procedimento de montagem da câmara física, dividido em três testes, considerando a alteração de diversos materiais - luva nitrílica, alumínio, acrílico e vidro, a fim de verificar em qual destes seria possível visualizar melhor os rastros de partículas.

Abaixo, há a projeção da câmara realizada no aplicativo *Inventor* para melhor visualização do processo de montagem e encaixe das peças mecânicas.



FIGURAS 4 e 5. Câmara em vidro e em acrílico, respectivamente, projetadas no aplicativo *Inventor*.

Para o primeiro teste, utilizou-se a pasta térmica para colar ambos os módulos termoeletrônicos e também para mantê-los em contato direto com o *cooler*. Além disso, foi realizado o encaixe com a presilha e o suporte impressos em 3D, junto com os parafusos. Em seguida, foi colocado em cima do

Peltier TEC1-12703 um pedaço da luva nitrílica¹. Por fim, foi utilizada a câmara de acrílico para finalizar o processo. Com a conexão dos cabos nos Peltiers e no *cooler* concluída, e após ligar as fontes, esperou-se um curto período para a formação da “nuvem” (estado em que o álcool está supersaturado), e logo em seguida, foi possível observar alguns rastros. Entretanto, encontrou-se uma pequena dificuldade quando foi inserida a fita LED ao redor da câmara, pois como o acrílico era um pouco translúcido e estava com algumas trincas, os rastros não estavam facilmente visíveis.

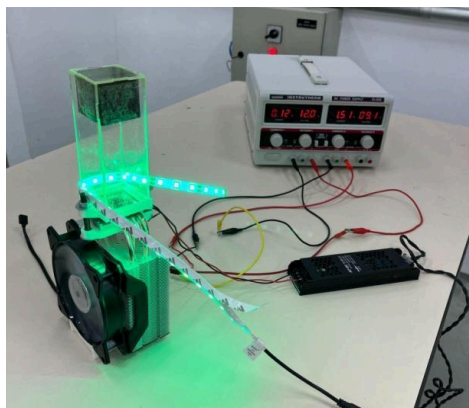
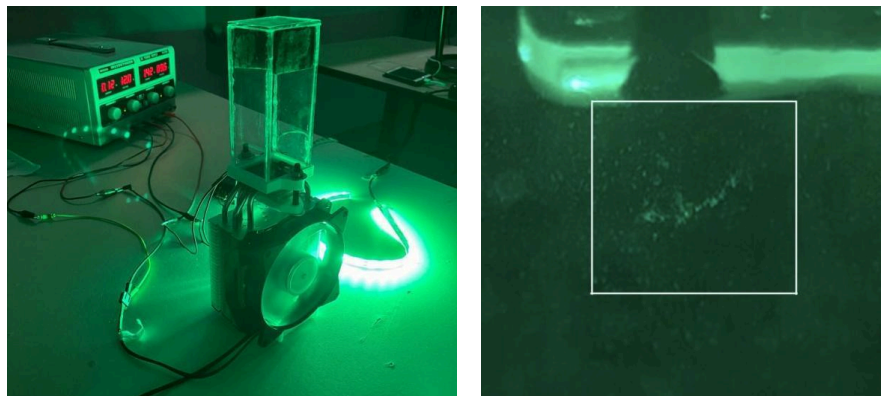


FIGURA 6. Teste 1 de montagem com acrílico, luva nitrílica e fita Led.

Para o segundo teste, foram realizados os mesmos procedimentos de montagem anterior, apenas substituindo-se a câmara de acrílico pela câmara de vidro. Desta forma, com a ligação elétrica estabelecida, e após a espera de alguns minutos, foi possível visualizar de uma forma muito mais nítida os rastros de partículas. Além disso, o tempo para o álcool supersaturar foi o mesmo do que o teste anterior, pois a luva nitrílica foi mantida em contato direto com a pastilha de menor potência e o ambiente estava fechado.



FIGURAS 7 e 8. Teste 2 de montagem com vidro, luva nitrílica e fita Led; Rastro de partícula visto.

Por fim, realizou-se um terceiro e último teste de montagem, substituindo a luva nitrílica, no fundo da câmara, pelo pedaço da chapa de alumínio pintada de preto. O procedimento de montagem foi exatamente igual aos testes anteriores, mas antes de fechar a câmara definitivamente, os módulos termoelétricos foram ligados com a chapa em cima para verificar a temperatura que estava sendo transmitida, e, logo em seguida, verificou-se que a temperatura máxima atingida foi de $-15,8^{\circ}\text{C}$. Sem a chapa, a temperatura máxima captada pelo termômetro estava entre -30°C e -32°C .

Assim, mesmo com uma menor temperatura atingida, montou-se a câmara para verificar se o processo de supersaturação ocorria, e de fato, acontecia, porém ainda que utilizando o vidro para visualizar melhor por dentro, obteve-se uma grande dificuldade para visualizar os rastros de partículas, sendo estes bem mínimos e escassos, se comparado aos testes anteriores.

¹ Para visualizar os rastros das partículas subatômicas é necessário utilizar um fundo escuro, tanto para a câmara com gelo seco, quanto para a câmara com Peltier. Para a construção deste protótipo, foram utilizados dois materiais de teste: luva nitrílica e chapa de alumínio.

CONCLUSÕES

O propósito desse projeto era desenvolver um protótipo de câmara de nuvens que substituísse o gelo seco por um componente termoelétrico, o Peltier, a fim de tornar essa experiência mais duradoura e didática, estimulando o estudo da área de Física de Partículas. Com o decorrer do projeto, foi possível compreender o processo de funcionamento das pastilhas Peltier e de como dimensioná-las para atingir temperaturas baixas no lado frio da pastilha..

Também foi realizado um estudo de instrumentação, considerando as ligações elétricas que deveriam ser utilizadas (fontes, cabos e análise de tensão x corrente), e os elementos mecânicos (*cooler*, parafusos, porcas e arruelas), uma vez que estes componentes eram imprescindíveis para a montagem, pois possibilitam o funcionamento das pastilhas Peltier e ajudam a evitar perdas de transferência de calor dos módulos para a câmara.

Ao longo de diversos testes, tanto de dimensionamento de variáveis elétricas, quanto de montagem, foi possível estabelecer os melhores materiais e parâmetros para cumprir o objetivo do projeto, e isso pôde ser verificado, no teste 2 de montagem, pois ao utilizar o vidro como câmara, houve uma melhor visualização do interior, o que possibilitou uma nitidez do processo de supersaturação do álcool e da passagem dos rastros de partículas no fundo da câmara. Assim, pode-se concluir que o protótipo ideal deve utilizar o vidro como câmara. Além disso, também se enfatiza a importância da luva nitrílica como fundo, pois esse material não gera perdas no processo de transferência de calor, diferentemente da chapa de alumínio.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

CMR: Concepção, Metodologia, Recursos, Supervisão, Redação (revisão e edição).

GCS: Pesquisa, Metodologia, Validação, Visualização, Redação (original), Redação (revisão e edição).

AGRADECIMENTOS

Agradeço, principalmente, a minha orientadora, que me deu a oportunidade de fazer uma iniciação científica a partir de uma bolsa do CNPq. Agradeço, também, aos meus amigos e professores do curso de Engenharia, que me auxiliaram de diversas formas para a realização desse projeto.

REFERÊNCIAS

LABURÚ, Carlos E.; SILVA, Osmar H. M. **Uma montagem de câmara de nuvens por difusão para museus de ciências e laboratórios didáticos.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 36, n. 2, p. 514-528, ago. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Camara-de-nuvens-e-os-detalhes-da-refrigeracao-Fonte-autores_fi_g1_335470684. Acesso em: 11 ago. 2024.

MOURA, Paulo R.; ALMEIDA, Daniel. **Refrigerador termoelétrico de peltier usado para estabilizar um feixe laser em experimentos didáticos.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 1, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/4r5f7hxCjJwkgKSvyqp35Xg/abstract/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 10 dez. 2023.

NIEDERMAEYER, Amanda C. **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO CONTROLADO: Uma aplicação da pastilha de Peltier.** 2022. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/31428>. Acesso em: 05 dez. 2023.

SOUZA, Lucas W. G. **Revelando o Invisível com uma Câmara de Nuvens através de uma Proposta Investigativa.** 2017. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26350/1/Revelando%20o%20Invis%3%ADvel%20com%20uma%20C%3%A2mara%20de%20Nuvens%20atrav%3%A9s%20de%20uma_Proposta%20Investigativa.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

STROSKI, Pedro N. **Câmara de Wilson: o que é e como funciona?** 2024. Disponível em: <https://www.electricalibrary.com/2024/03/22/camara-de-wilson-o-que-e-e-como-funciona/#:~:text=A%20c%3%A2mara%20deve%20ser%20iluminada,deve%20ser%20menor%20que%20%2D26%C2%BAC>. Acesso em: 12 ago. 2024.