



PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE REFRIGERADOR TERMOELÉTRICO PORTÁTIL

Rafael Coan Sardinha Pontes¹ – rafael.coan@hotmail.com

Micael Szwako Bellini¹ – micaels-b@hotmail.com

Arianne Angélica Alves¹ – alvesarianne@outlook.com

Mariane Oliveira de Jesus¹ – marianeoliveira15@hotmail.com

Rodolfo Rodrigues Barrionuevo Silva¹ – rodolfo.silva@ifpr.edu.br

Ricardo Toshiyuki Kato¹ – ricardo.kato@ifpr.edu.br

Resumo: A sociedade busca diariamente por tecnologias que lhe proporcionem maior facilidade e comodidade. Neste sentido, este trabalho desenvolveu um recipiente portátil que pudesse manter alimentos em uma temperatura adequada para sua preservação e consumo, sem que fosse necessária a utilização de gelo. Foi projetado e construído um refrigerador portátil utilizando módulo termoeletrico que, devido ao Efeito Peltier, atua como uma bomba de calor. Foram apresentadas as etapas de projeto e construção do protótipo. Os resultados obtidos demonstraram que o protótipo construído foi de dimensões adequadas para ser transportado, leve e funcional.

Palavras-chave: Refrigerador portátil; módulo termoeletrico; Protótipo.

1. Introdução

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um refrigerador portátil que pudesse ser utilizado em passeios, pescarias, pesquisas de campo, enfim, em circunstâncias que fosse necessário um sistema de refrigeração, porém, sem acesso a rede de energia elétrica e a suprimento de gelo. Diante disso, este trabalho descreve as etapas do projeto e da construção do protótipo de um refrigerador utilizando módulo termoeletrico instalado em uma câmara térmica.

A elaboração desse projeto envolveu o estudo da termoeletricidade, da refrigeração, da propagação de calor, do isolamento térmico, dos processos de fabricação e montagem do protótipo. Portanto, nesse trabalho são apresentados os materiais e métodos utilizados na construção do protótipo.

2. Projeto e construção do refrigerador

Nesta seção serão apresentadas as etapas que viabilizaram o desenvolvimento do protótipo, logo, serão descritos os materiais e as etapas de construção dos componentes do refrigerador.

2.1 Definição dos materiais

Na etapa de definição dos materiais, buscaram-se materiais que promovesse a retirada do calor do ambiente a ser refrigerado, bem como materiais que viabilizasse o isolamento térmico com ambiente externo.

Para resfriar o ambiente, optou-se pelo uso de módulo termoeletrico. Devido ao Efeito Peltier, ao circular uma corrente contínua nos semicondutores do módulo, consegue-se resfriar uma das faces do módulo e aquecer a outra (FERNANDES, 2012). Na construção de um sistema de refrigeração termoeletrica, utiliza-se uma montagem em série de vários semicondutores positivos e negativos de maneira alternada (COSTA, 1982). A Figura 1 ilustra esse processo.

Figura 1 – Arranjo interno nos módulos termoeletricos



Fonte: Silva (2012).

Tendo em vista que o módulo termoeletrico apresentaria temperaturas diferentes do ambiente, tanto no interior quanto no exterior da câmara térmica, projetaram-se materiais que aumentassem a eficiência da transferência de calor do ambiente com o módulo. Neste sentido, foram acoplados ao módulo termoeletrico, dissipadores e ventiladores, visando explorar dois modos de propagação de calor: a condução e a convecção. A Figura 2 ilustra esses componentes.

Figura 2 – Dissipador e ventilador



(dissipador)

(ventilador)

Fonte: Os autores (2019).

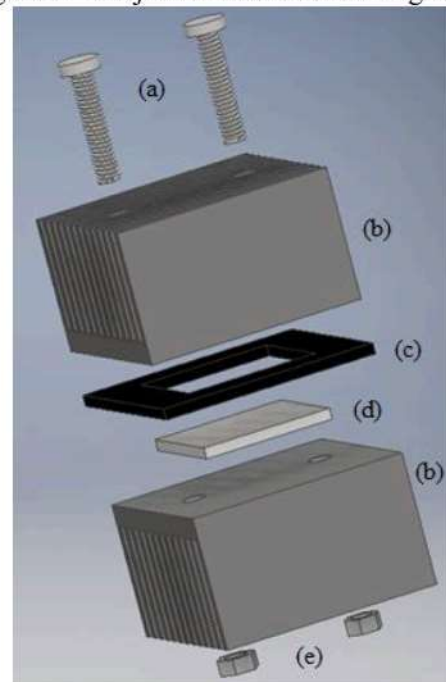
Os dissipadores foram utilizados para conduzir o calor dos módulos termoeletricos, aumentando a superfície de contato com o ar e a troca de calor (SANTOS, 2016). Optou-se por dissipadores de alumínio, por ser um excelente condutor térmico e de baixa densidade ($2,7 \text{ g/cm}^3$), favorecendo a construção de um refrigerador leve. Entre os dissipadores e o módulo, foi utilizada pasta térmica para aumentar a eficiência na condução. Os ventiladores tiveram a função de aumentar o fluxo de ar nos dissipadores para distribuir o ar frio no interior do refrigerador e também para espalhar o ar quente no lado de fora, favorecendo, assim, a troca de calor por convecção, visando melhorar o desempenho do sistema.

Quanto ao isolamento térmico da câmara, optou-se pelo poliestireno expandido (isopor), pois possui propriedades favoráveis a construção do protótipo que fundamentam sua escolha: baixa condutividade térmica ($0,028 \text{ kcal/m.h.}^\circ\text{C}$); boa resistência mecânica ($0,3$ a $0,7 \text{ kgf/cm}^2$); baixa permeabilidade ($1,3$ a $1,82 \text{ g/m.h.mm.Hg}$); sofre pouca influência física em relação à temperatura; e é abundante, leve e barato (COSTA, 1982).

2.2 Construção da unidade de refrigeração

A unidade responsável pela refrigeração consiste no conjunto: módulo termoeletrico, dissipadores e ventiladores. Este conjunto foi montado conforme ilustrado na Figura 3. O módulo termoeletrico foi posicionado entre os dois dissipadores e o espaço restante entre eles foi isolado com borracha para evitar a transferência de calor do lado quente para o lado frio. Pasta térmica foi aplicada nos dois lados do módulo termoeletrico e, em seguida, as peças foram fixadas com porcas e parafusos. Os ventiladores foram encaixados nos dissipadores e o conjunto ficou montado conforme apresentado na Figura 4.

Figura 3 – Projeto da unidade de refrigeração



a-parafusos; b-dissipador; c-borracha;
d-módulo termoeletrico; e-porcas

Fonte: Os autores (2019).

Figura 4 – Unidade de refrigeração montada



Fonte: Os autores (2019).

3.2 Construção da câmara térmica

O projeto da câmara térmica iniciou-se pelo cálculo da espessura de isolamento (L), utilizando a equação (1) de densidade de fluxo térmico (COSTA, 1982).

$$L = \frac{K \cdot (T_1 - T_2)}{q} \quad [m] \quad (1)$$

Nesse cálculo, foram consideradas: a condutividade térmica do poliestireno expandido, $K = 0,028 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$; a média das temperaturas climáticas máximas na cidade de Maringá no ano de 2016, $T_1 = 27,53^\circ\text{C}$ (PROJETEE, 2018); a temperatura que se deseja obter no interior do refrigerador, $T_2 = 5^\circ\text{C}$; e a densidade de fluxo de calor, $q = 10 \text{ kcal/m}^2\text{h}$. Resultando em uma espessura de 6,31 cm, conforme (2).

$$L = \frac{0,028 \cdot (27,53 - 5)}{10} \cong 6,31 \text{ cm} \quad (2)$$

A densidade de fluxo de calor foi definida para um bom isolamento térmico, conforme a classificação apresentada por Costa (1982), ilustrada na Tabela 1.

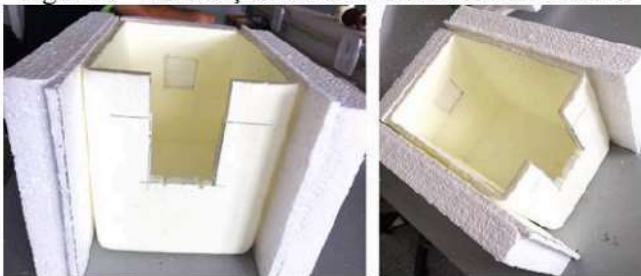
Tabela 1 – Classificação do isolamento térmico

Classificação do isolamento	Densidade de fluxo térmico [$\text{kcal/m}^2\text{h}$]
Excelente	8
Bom	10
Aceitável	12
Regular	15
Ruim	>15

Fonte: Adaptado de Costa (1982).

Na confecção da câmara térmica com espessura igual a 6,31 cm, utilizou-se uma caixa comercial, com espessura igual a 1,5 cm, e placas para aumentar a espessura, conforme Figura 5.

Figura 5 – Confecção das laterais da câmara térmica

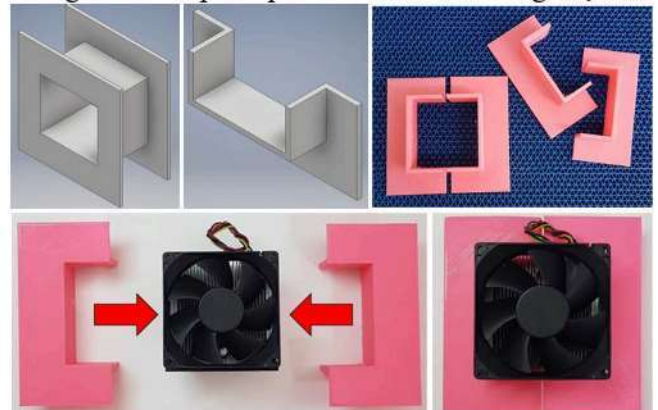


Fonte: Os autores (2019).

Nota-se na Figura 5, que em uma das

laterais foi feito um corte para o encaixe da unidade de refrigeração na câmara térmica. Foi necessário projetar e imprimir um suporte, conforme ilustrado na Figura 6. A peça foi projetada no *software* Autodesk Inventor (v.2018) e produzida em uma impressora 3D FFF DH Plus. Devido às características da impressora e do encaixe do suporte na unidade de refrigeração, foi necessário dividi-lo em quatro partes iguais.

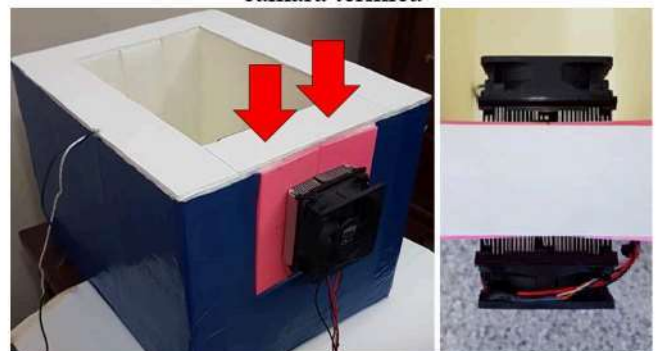
Figura 6 – Suporte para a unidade de refrigeração



Fonte: Os autores (2019).

O suporte com a unidade de refrigeração foi encaixada na câmara térmica, preenchendo o espaço restante com isopor e espuma do tipo EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*), conforme Figura 7.

Figura 7 – Encaixe da unidade de refrigeração na câmara térmica



Fonte: Os autores (2019).

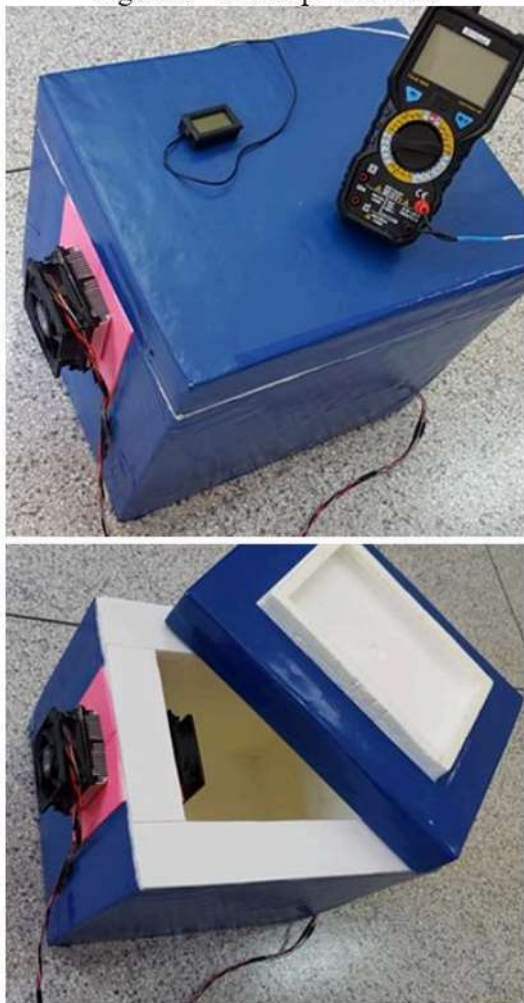
Em seguida, a câmara térmica foi montada e revestida com filme vinil-adesivo. Foi instalado um termopar no fundo do protótipo para monitorar a temperatura interna, e um termômetro digital entre as aletas do dissipador interno, para analisar a temperatura nesse componente. A Figura 8 apresenta o protótipo montado.

Este protótipo foi testado e apresentou desempenho adequado para seu propósito. Foram realizados testes com temperatura ambiente de

25°C e constatou-se que a temperatura no interior do refrigerador atingiu 10°C após 40 minutos de funcionamento, permanecendo constante nesta temperatura.

Notou-se que a vedação do sistema não estava adequada, sendo necessário colocar um peso sobre a tampa. Logo, sugere-se a utilização neste projeto de borracha de vedação, comumente utilizada em refrigeradores comerciais. Detalhes do funcionamento e dos testes realizados neste protótipo podem ser encontrados em Alves *et. al.* (2018).

Figura 8 – Protótipo montado



Fonte: Os autores (2019).

3. Considerações finais

Este trabalho apresentou as etapas do projeto e construção de um refrigerador portátil baseado na tecnologia termoeletrica. Foram definidos os materiais e os processos de fabricação do refrigerador, composto por uma unidade de refrigeração e uma câmara térmica.

Foram realizados testes que demonstraram que os resultados foram satisfatórios, visto que a construção do protótipo viabilizou o adequado isolamento térmico e a troca de calor entre o ambiente interno e externo, promovendo a refrigeração esperada.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. A.; JESUS, M. O. de; SZWAKO-BELLINI, M.; PONTES, R. C. S. **Projeto e construção de um refrigerador portátil utilizando módulo termoeletrico**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletromecânica). Instituto federal do Paraná, Paranavaí, 2018.

COSTA, Ê. C. da. **Refrigeração**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1982. 322 p.

FERNANDES, A. E. S. dos S. **Conversão de Energia com Células de Peltier**. 119 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2012. Disponível em <https://run.unl.pt/bitstream/10362/8084/1/Fernandes_2012.pdf>. Acesso em 16 set. 2019.

PROJETEE. **Dados Climáticos**: gráfico de temperatura e zona de conforto. Disponível em <<http://projeteer.mma.gov.br/dados-climaticos/>>. Acesso em 28 ago. 2018.

SANTOS, P. V. dos. **Desenvolvimento de recipiente fechado para condicionamento de produtos termolábeis**. Trabalho de Graduação (Engenharia) – Setor Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2016. 48 p. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14931/1/2016_PauloVitorDosSantos_tcc.pdf>. Acesso em 28 jun. 2018.

SILVA, K. **Sistema termoeletrico aplicado ao estudo dos efeitos de congelamento e de propriedades térmicas**. 195 f. Tese (Doutorado) – Setor Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2012. Disponível em <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/reposip/255773/1/Silva_Karla_D.pdf>. Acesso em 15 set. 2019.