

AULAS EXPERIMENTAIS COMO FACILITADOR NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA TERMODINÂMICA: RELATO DE CASO NA ENGENHARIA

EXPERIMENTAL CLASSES AS A FACILITATOR IN THE TEACHING-LEARNING PROCESS OF THERMODYNAMICS: CASE REPORT IN ENGINEERING

Antonio Karlos Araújo Valença¹, Marcos Antonio Passos Chagas²

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v41p122-127.2022

RESUMO

Neste trabalho é apresentado o relato de uma experiência realizada por alunos da disciplina de Termodinâmica Aplicada do curso de graduação em Engenharia de Produção de uma faculdade particular, na qual foram examinadas as contribuições teóricas e práticas do conteúdo. O experimento foi baseado no desenvolvimento de um tipo de equipamento por meio do uso de dois potes de cerâmica, areia e toalha, com o objetivo de refrigerar frutas e verduras. O intuito foi que os alunos buscassem entender e explicar por meio dos princípios termodinâmicos o funcionamento e como ocorre a conservação dos alimentos nesse equipamento refrigerador. Foram realizados testes com dois tipos de areia: de praia e de construção. Após a realização dos experimentos, os dados coletados foram registrados e a partir deles gerados gráficos de resultados. Nesses registros foi possível verificar alterações na temperatura interna do resfriador, mas, devido às condições externas do ambiente, somente foi possível diminuir entre 10°C a 15°C da temperatura em relação à da cidade. Um outro aspecto é que com a areia de construção a média de temperatura foi mais próxima do desejado do que com a areia de praia. Conclui-se que o experimento se deu de modo positivo, em que os conceitos estudados em sala de aula foram bem aplicados, tendo os alunos apresentado ótimos resultados na avaliação final da disciplina.

Palavras-chave: Termodinâmica; engenharia; conservação de energia; resfriador.

ABSTRACT

This work presents the report of an experience carried out by students of the discipline of Applied Thermodynamics of the graduation course in Production Engineering at a private college, examining the theoretical and practical contributions. The experiment was based on the development of a type of equipment through the use of two ceramic pots, sand and a towel, in order to refrigerate fruits and vegetables. The aim was for the students to seek to understand and explain, through thermodynamic principles, the operation and how the preservation of food occurs in this refrigerator equipment. Rounds of tests were carried out with two types of sand: beach and construction. After the experiments were carried out, the collected data were registered and result graphs were generated. In these records it was possible to verify changes in the internal temperature of the cooler, but due to the external conditions of the environment, it was only possible to reduce the temperature between 10°C and 15°C in relation to the city. Another aspect is that with construction sand the average temperature was closer to what was desired than with beach sand. It is concluded that the experiment took place in a positive way, where the concepts of the course were applied, with the students having excellent evaluation results at the final test.

Keywords: Thermodynamics; engineering; energy conservation; cooler.

¹ Mestre em Engenharia Mecânica, PPGEM/UFPB, Joao pessoa, PB; akavalenca@gmail.com

² Doutor em Física, CCET/UFS, Aracaju, SE; mchagasfisica@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os princípios extraídos da Termodinâmica e de outras ciências, como da Mecânica dos fluidos e da Transmissão de calor, são utilizados para analisar e projetar sistemas com o objetivo de atender às necessidades humanas, otimizando e apresentando um melhor desempenho (MORAN, 2009). Nesse sentido, esses princípios estão relacionados intrinsecamente aos fenômenos do cotidiano.

A Termodinâmica é uma ciência que lida com as transformações de energia e tem como base o entendimento das suas leis básicas (SAVI; COLUCCI, 2010). Subtraída da Física, é considerada por muitos professores como uma disciplina de difícil entendimento e complexa, pois os alunos possuem dificuldade de entender os fenômenos físicos envolvidos (MAZARO; DAROZ, 2017).

Para Lima (2016), é uma área que apresenta conceitos que não são facilmente compreendidos pelos alunos, o que leva ao desinteresse pela disciplina. Diante do apresentado, é preciso criar estratégias diferentes do ensino tradicional que proporcionem um ensino mais dinâmico aos fenômenos relacionados à Termodinâmica.

A estimulação de aulas experimentais focadas em transmitir os princípios da disciplina permite que o sistema de ensino se torne mais dinâmico, pois, além de despertar o interesse do aluno, permite que ele se desenvolva cientificamente (ARAÚJO; ABIB, 2003).

O presente trabalho apresenta um relato sobre aplicação dos princípios termodinâmicos de um experimento que foi elaborado em uma turma de graduação em Engenharia de Produção na disciplina de Termodinâmica Aplicada.

O EXPERIMENTO

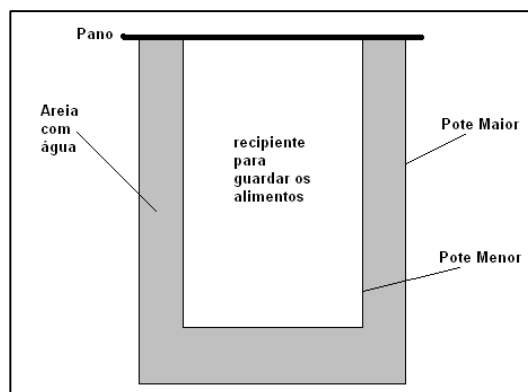
Inicialmente, é preciso conceituar sobre as leis da Termodinâmica. A primeira Lei da Termodinâmica se relaciona com o conceito de Trabalho e Calor e determina que a Energia é sempre conservada em qualquer processo da

natureza (FERRACIOLI, 2001). Por sua vez, conforme a segunda Lei, o calor flui do corpo mais quente para o corpo mais frio. Acontece que o corpo mais quente possui moléculas mais desordenadas e agitadas. As moléculas mais agitadas colidem com as paredes do recipiente com maior frequência, transferindo energia cinética. Essa energia cinética vai lentamente sendo transmitida para as moléculas menos agitadas do recipiente com menor temperatura. Ao longo do tempo, a tendência é que as moléculas dos dois recipientes (o quente e o frio) atinjam a mesma temperatura, ou seja, esteja em estado de equilíbrio, o que indica o mesmo grau de agitação térmica.

Segundo Savi e Colucci (2010), um sistema termodinâmico pode ser caracterizado de acordo com a sua delimitação, podendo ser aberto, fechado ou isolado. Em um sistema aberto é permitida tanto a troca de energia quanto a troca de massa, diferentemente do fechado que é caracterizado somente pela troca de energia com a vizinhança, não permitindo a troca de massa. Já o sistema isolado está impedido de qualquer tipo de interação com suas vizinhanças.

O experimento proposto é constituído de dois jarros de cerâmica (argila) de diâmetros diferentes, sendo um maior e o outro menor. O vaso menor é colocado dentro do maior, e o espaço deixado nas laterais é preenchido com areia e utilizada a água para saturar. Uma toalha umedecida foi utilizada, servindo como tampa para não permitir a saída do ar resfriado dentro dos jarros, como mostra o desenho esquemático na Figura 1.

Figura 1 – Desenho esquemático do refrigerador



Fonte: elaborada pelos autores.

O protótipo é de um sistema de condicionamento de ar que funciona com processos induzidos de transferência de calor e massa, em que a água e o ar são fluidos para trabalho. O resfriamento da geladeira resulta na alta umidade relativa do ar dentro do jarro, a partir da evaporação em relação ao ar ambiente.

Seu princípio de funcionamento se baseia na evaporação de água e a consequente extração do calor latente de vaporização da superfície em que ocorre a evaporação, este resfriamento evaporativo acontece quando a temperatura da superfície do vaso é maior que a temperatura do ponto de geada do ar ambiente, dessa forma a superfície do jarro começa a esfriar.

O resfriamento é proporcionado pela troca de calor por evaporação que tira proveito dos princípios do calor latente de evaporação, em que o calor é trocado e faz a água evaporar. Quando a água evapora retira energia do seu entorno, o ar seco, e, ao passar sobre uma superfície molhada, sofre aumento de umidade e redução de temperatura; para aumentar as taxas de evaporação, deve-se aumentar a superfície de água, por essa razão os jarros de cerâmica porosos são cobertos por um tecido úmido.

O sistema do refrigerador é caracterizado como aberto, pois, quando as moléculas de água roubam calor das frutas e vegetais, elas passam mais facilmente ao estado de vapor e escapam para o ambiente, levando o calor das frutas consigo. Por isso a necessidade de se molhar continuamente a areia e o pano.

Os cálculos necessários, conforme as Leis da Termodinâmica, foram realizados através das Equações (1) e (2):

Calor específico

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (1)$$

Calor Latente

$$Q = m \times L \quad (2)$$

Para a realização dos testes se utilizou dois vasos de argila em formatos cônicos com as seguintes medidas: o vaso maior com 24,2 cm de altura e diâmetro maior de 29,5 cm e diâmetro menor de 22 cm para ser o pote externo, pesando 3,5 kg; como pote interno, de altura 19 cm, diâmetro maior 23,7 cm e diâmetro menor 14,5 cm, pesando 1,5 kg. Foram usados 4,5 kg de areia de praia e 3,0 kg de areia de construção. Ao total foram utilizados 3,2L de água para a areia de praia e 1,6L para areia de construção.

RESULTADOS DO EXPERIMENTO

Ensaio com areia de praia

Os testes iniciaram às 08h e a cada 2h eram realizadas as medições da temperatura interna do refrigerador. Após quatro coletas dos dados, o grupo decidiu encerrar as medições por parte da manhã às 14h. Os testes foram retomados às 16h e os valores voltaram a ser medidos a cada 2hrs, encerrando as medições às 22h, totalizando oito leituras. A cada 2h eram colocados 300ml de água. As condições do ambiente variaram entre sol com vento, sombra e vento e sombra sem vento. Nesse ensaio foram utilizados um pimentão, uma cebola e uma cenoura. Os dados estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados das medições com a areia da praia

Horário	Temperatura (°C)	Condições do ambiente
08:00	25,6	Sol e Vento
10:00	23,9	Sombra e Vento
12:00	24,1	Sombra e sem Vento
14:00	23,6	Sombra e Vento
16:00	25,5	Sombra e Vento
18:00	24,3	Sombra e Vento
20:00	23,9	Sombra e Vento
22:00	23,7	Sombra e Vento
MÉDIA	25,0	

Fonte: elaborada pelos autores.

Após a conclusão das medições com a areia de praia, verificou-se que a média das temperaturas chegou a 25,0°C, valor considerado como temperatura ambiente e aceitável na conservação de alguns alimentos.

Após os testes com a areia de praia, foi realizado os cálculos com base nas Equações 1 e 2.

Calor Específico (Areia)

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 4500 \times 0,12 \times (29,3 - 22,9)$$

$$Q = 3.456 \text{ cal}$$

Calor Específico (Vaso Maior)

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 3500 \times 0,00022 \times (29,3 - 22,9)$$

$$Q = 4,92 \text{ cal}$$

Calor Específico (Vaso Menor)

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 1500 \times 0,00022 \times (29,3 - 22,9)$$

$$Q = 2,11 \text{ cal}$$

Calor Latente (Água)

$$Q = m \times L$$

$$Q = 3200 \times 540$$

$$Q = 1.728 \times 10^3 \text{ cal}$$

Quantidade de Calor Total

$$Q_{total} = Q_A + Q_V + Q_v + Q_{H2O}$$

$$Q_{total} = 3456 + 4,92 + 2,11 + 3200 \times 540$$

$$Q_{total} = 1,73 \times 10^6$$

Ensaio com areia de construção

Os testes se iniciaram as 08h e as medições foram realizadas a cada 2h, seguindo o mesmo procedimento do ensaio com a areia de praia. Nesta bateria foi colocado um tomate, uma cebola e uma laranja. Os testes foram encerrados às 22h. Os dados estão na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados das medições com a areia de construção

Horário	Temperatura (°C)	Condições do ambiente externo
08:00	22,4	Sombra e Vento
10:00	22,1	Sombra e Vento
12:00	22,3	Sombra e Vento
14:00	19,8	Sol e Vento
16:00	23,8	Sol e Vento
18:00	24,9	Sombra e Vento
20:00	23,3	Sombra e Vento
22:00	24,1	Sombra e Vento
Média	22,8	

Fonte: elaborada pelos autores.

Após a conclusão do ensaio se calculou a média das temperaturas, obtendo uma média de 22,8°C, uma redução de 8% em relação a temperatura do ensaio com areia de praia. Desse modo, se conclui que a troca da areia proporcionou uma redução das temperaturas entre os ensaios.

Após os testes com a areia de construção, foram realizados os cálculos com base nas Equações (1) e (2).

Calor Específico (Areia)

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 3000 \times 0,19 \times (24,9 - 19,8)$$

$$Q = 2.907 \text{ cal}$$

Calor Específico (Vaso Maior)

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 3500 \times 0,00022 \times (24,9 - 19,8)$$

$$Q = 3,93 \text{ cal}$$

Calor Específico (Vaso Menor)

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 1500 \times 0,00022 \times (24,9 - 19,8)$$

$$Q = 1,68 \text{ cal}$$

Calor Latente (Água)

$$Q = m \times L$$

$$Q = 1600 \times 540$$

$$Q = 864 \cdot 10^3 \text{ cal}$$

Quantidade de Calor Total

$$Q_{\text{total}} = Q_A + Q_V + Q_v + Q_{H_2O}$$

$$Q_{\text{total}} = 2.907 + 3,93 + 1,68 + 1600 \times 540$$

$$Q_{\text{total}} = 872,1 \cdot 10^3 \text{ cal}$$

CONCLUSÃO

Ao se analisar os resultados obtidos nas baterias de testes é notória a existência de troca de calor no refrigerador, porém as temperaturas internas alcançadas não são ideais para a conservação de alimentos. Por conta das variações da temperatura externa da cidade em que foram realizados os testes, é totalmente plausível que as variações encontradas no refrigerador não tenham atingido a temperatura ideal para conservação.

A cerâmica utilizada, por ser um material de baixo custo, comprova ter uma excelente condutividade térmica, conseqüentemente é o material ideal para o experimento, porém podem ser utilizados vários tipos de cerâmicas, como porcelanas, refratários etc. De certa forma, poder-se-ia haver uma alteração nos resultados. Vale ressaltar que o processo termodinâmico ocorre, as trocas de calor são realizadas e a temperatura interna do refrigerador diminui. Portanto, conclui-se que a prática comprova a teoria das leis termodinâmicas.

A eficiência da geladeira sem eletricidade depende das condições de umidade e temperatura do meio em que esta está exposta. Quanto menores as taxas de umidade do ar, maior a capacidade da água evaporar, do ar manter o vapor e do recipiente resfriar. A

evaporação será mais rápida quando o jarro de barro estiver a uma temperatura elevada, a transferência de calor através do conteúdo do vaso para a superfície exterior acontece de modo mais eficiente com uma pequena diferença de temperatura, o que requer uma condutividade térmica elevada para o reservatório.

A diminuição da espessura do jarro duplo e da camada de areia provavelmente melhora a condutividade térmica do sistema, pois, quando o ar quente e seco entra em contato com o material, ocorre a evaporação da água, aumentando a umidade do ar e reduzindo sua temperatura. Devido a isso, quanto menor for a espessura, mais rápida será a refrigeração, entretanto a desvantagem seria a redução na capacidade de armazenar água, o que implicaria a necessidade de se acrescentar água com maior frequência para que o sistema continuasse funcionando).

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 25, n. 2, 2003.
- CASTRO, R.; FERRACIOLI, L. Segunda lei da termodinâmica: um estudo de seu entendimento por professores do ensino médio. **Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, v. 8, 2002.
- FERRACIOLI, L. O conceito de Energia e a Educação Ambiental. **Caderno Modelab 11** (Publicação Interna), p. 2-7, 2001.
- LIMA, J. **Sequência didática para o ensino da Termodinâmica**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.
- MAZARO, S. B.; DARROZ, L. M. Atividades experimentais: um caminho para o ensino da Termodinâmica no Ensino Médio. **Caderno de Física da UEFS**, v. 15, n. 2, 2017.

MORAN, M. J. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

SAVI, A. A.; COLUCCI, C. C. **Termodinâmica**. Coleção Formação de Professores em Física–EA, Maringá: Editora Eduem, 2010.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



Antonio Karlos Araújo Valença – Mestre em Engenharia Mecânica pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFPB (PPGEM/UFPB). Possui graduação em Engenharia de Produção pela Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe (FANESE).



Marcos Antonio Passos Chagas – Professor dos cursos de Engenharia de Produção e Civil da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe (FANESE). Concluiu o curso de Licenciatura em Física e Mestrado e Doutorado em Física da Matéria Condensada na Universidade Federal de Sergipe - UFS. Atualmente está cursando Pós-Doutorado em Ciências e Matemática na UFS. É membro do Núcleo Docente Estruturante NDE, do curso de Engenharia de Produção.