

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
MATEUS TEODORO SANTOS SILVA

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM COPOS TÉRMICOS: um estudo de caso do copo
Stanley®**

Varginha
2021

MATEUS TEODORO SANTOS SILVA

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM COPOS TÉRMICOS: um estudo de caso do copo
Stanley®**

Projetos de pesquisa apresentados ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS MG, sob a orientação do Prof. Dr. Luiz Carlos Vieira Guedes

Varginha

2021

SUMÁRIO

1 TEMA.....	4
2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	4
3 HIPÓTESE.....	4
4 OBJETIVOS	5
4.1 Objetivo geral.....	5
4.2 Objetivos específicos	5
5 JUSTIFICATIVA.....	5
6 REFERENCIAL TEÓRICO	6
6.1 Condução.....	6
6.1.1 Condutividade térmica dos materiais	7
6.2 Convecção.....	8
6.2.1 Convecção normal.....	10
6.2.2 Convecção Forçada	10
6.3 Radiação	10
6.3.1 Radiação do corpo negro	11
6.3.3 Radiação de corpos cinzentos	12
6.4 Funcionamentos da garrafa térmica	13
7 METODOLOGIA	13
8 CRONOGRAMA	13
REFERÊNCIAS	15

1 TEMA

O processo de transferência de calor pode ocorrer em diversas áreas do nosso cotidiano e existem três maneiras diferentes para que isso aconteça que são através condução, convecção e radiação. A condução depende do contato entre o corpo quente e o frio, por meio da diferença de temperatura entre duas superfícies ou regiões em um mesmo meio, ocorre mais acentuada em sólidos. A convecção é a transferência de energia que acontecem em líquidos e gases, sendo um fluido em movimento e uma superfície no momento em que eles se encontram em temperaturas diferentes e por último a radiação que depende da razão da emissão de radiação por alguns corpos na forma de ondas eletromagnéticas, que têm o poder de aquecer.

No caso da radiação é o processo pelo qual o calor é transferido de um corpo sem o auxílio do meio interveniente, não precisa de meio para ocorrer, diferente da condução e convecção, pois nesse tipo de processo a energia térmica é transferida por ondas eletromagnéticas, que são capazes de se propagar no vácuo, o mesmo tipo de transferência acontece nas garrafas térmicas onde tem o vácuo para evitar que aconteça a convecção, mas acaba acontecendo a radiação.

O projeto busca fazer um estudo sobre um copo Stanley®, um copo feito de aço inoxidável, que tem a capacidade de manter a temperatura das bebidas por até 4 horas e meia sem perder calor segundo os fabricantes, o trabalho proposto busca descobrir se esse fato realmente acontece e quais motivos para que o mesmo ocorra.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais processos de transferência de calor acontecem no copo Stanley® para que o líquido consiga manter sua temperatura por quatro horas e meia?

3 HIPÓTESE

Quando se trata de transferência de calor de copos, garrafas, canecas ou qualquer outro tipo de recipiente térmico as formas e os materiais usados variam, de acordo com o tempo vão se modificando mais o princípio de funcionamento continua o mesmo. O intuito sempre é reduzir o máximo que a condução, convecção e irradiação térmica aconteçam.

Para minimizar tanto a condução quanto a convecção térmica, podemos introduzir o vácuo no sistema, por meio das paredes duplas internas do recipiente, porém, para a diminuição da irradiação térmica é o maior desafio, por isso as paredes dentro do recipiente são um fator importante para essa troca de calor, essa radiação é amenizada através de suas paredes espelhadas, assim busca evitar que a energia térmica transite tanto do interior para o meio exterior como vice-versa.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Explicar quais processos de transferência de calor ocorre no copo Stanley, visando identificar o mecanismo que possibilita que a água gelada a 2° Celsius, mantenha a sua temperatura por 4 horas e meia.

4.2 Objetivos específicos

- Apresentar os três diferentes processos de transferência de calor;
- Apresentar os conceitos, os materiais e a tecnologia utilizados no processo de uma garrafa térmica;
- Descrever o copo Stanley®;
- Apresentar os materiais utilizados no copo Stanley®;
- Explicar os processos de transferência de calor copo Stanley®;
- Explicar a troca de calor que acontece no copo Stanley®;
- Comprovar a eficiência do copo Stanley®, em relação à manutenção da temperatura por quatro horas e meia;
- Testar os materiais que estão compostos em um copo Stanley®.

5 JUSTIFICATIVA

O motivo pelo qual esse tema foi proposto é o estudo que proporciona a temperatura de líquidos dentro de um copo por mais tempo, sem que haja mudanças térmicas, esse projeto busca compreender os materiais e os tipos de processos de transferência de calor que ocorrem nesse tipo de copo. Esse tipo de tecnologia serve para ter um privilégio de poder beber a sua

bebida gelada por um período de tempo maior que o comum. Essa tecnologia pode ser aplicada em outros ambientes dentro da engenharia onde se precisa dessas vantagens que foram citadas anteriormente.

6 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento deste trabalho será utilizado livros, apostilas e materiais didáticos relacionados ao tema escolhido.

Sempre que houver uma diferença de temperatura entre dois pontos, haverá transferência de calor do ponto de temperatura mais alta para o ponto de temperatura mais baixa. O objetivo de estudar a transferência de calor é encontrar o fluxo de calor e a temperatura envolvida no processo, isso se tem importância quando você deseja minimizar ou aumentar o processo de troca de calor ou controle a temperatura. Existem três modos de essa propagação acontecer, e serão discutidos a seguir (ALENCASTRO, 2015).

6.1 Condução

A condução de calor é uma forma de transferir energia sem transferir matéria. Sob a ação da diferença de temperatura, o calor é transmitido por meio de agitação molecular e impacto entre o meio material (OLIVEIRA, 2018).

Ainda segundo Oliveira (2018), por esse motivo, as moléculas só podem ocorrer por meio de meios materiais (Sólido e fluido) e não acontecerá no vácuo. A condutividade térmica é uma propriedade física dos materiais. Quanto maior for o seu valor, melhor será o condutor do material. Materiais de baixo valor a condutividade térmica são chamadas de isolante térmico. Não existe um isolador térmico perfeito, assim como não existe um isolador elétrico perfeito, materiais com altos valores de condutividade térmica são chamados de condutores térmicos.

Os metais geralmente têm uma alta condutividade e, portanto, são considerados condutores térmicos. Com base na experiência, é determinado que a condutividade térmica de um metal seja diretamente proporcional à sua condutividade elétrica. Sendo assim, metais que são bons condutores de eletricidade também são bons condutores de calor (OLIVEIRA, 2018).

Segundo Souza (2016), a transferência de calor por condução é descrita pela lei de Fourier. A lei afirma que o fluxo de calor depende da mudança de temperatura no meio.

Baseia-se em observações experimentais, onde o tipo de material que constitui o corpo depende da intensidade do fluxo de calor. Em outras palavras, cada material exibe comportamentos relacionados à estrutura dos átomos, moléculas e elementos químicos que compõem cada material, determinando assim suas características.

Uma propriedade térmica importante é a condutividade térmica, que é representada pela letra k . Que é específico para cada material porque depende da estrutura física da matéria. Para aplicar a lei de Fourier, precisamos saber a condutividade térmica do material em questão.

$$q = -k A \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Onde, considerando todas as unidades de medidas no sistema métrico:

q = fluxo de calor por condução (Kcal/h);

k = condutividade térmica do material;

A = área da seção através da qual o calor flui, medida perpendicularmente à direção do fluxo (m^2);

dT/dx = razão de variação da temperatura T com a distância, na direção x do fluxo de calor ($^{\circ}C/h$) (FRAGA, 2013).

6.1.1 Condutividade térmica dos materiais

Segundo Alencastro (2016), a condutividade térmica de uma substância é geralmente maior na fase sólida e menor na fase gasosa. Ao contrário dos gases, a condutividade térmica da maioria dos líquidos diminui com o aumento da temperatura, sendo a água uma exceção notável. Como os gases, a condutividade térmica dos líquidos diminui com o aumento da massa molar. Metais líquidos (como mercúrio e sódio) têm altos valores de condutividade e são muito adequados para aplicações que requerem alta velocidade de transferência de calor para líquidos, como usinas nucleares.

Em sólidos, a condução de calor é o resultado de dois efeitos: Vibração da rede excitada pelo movimento vibracional das moléculas dispostos em uma posição relativamente fixa, periodicamente, formando uma rede, e a energia transmitida por meio do movimento livre dos elétrons existentes no sólido. A condutividade térmica de um sólido é determinada pela soma dos componentes da rede e dos componentes eletrônicos relativamente altos a

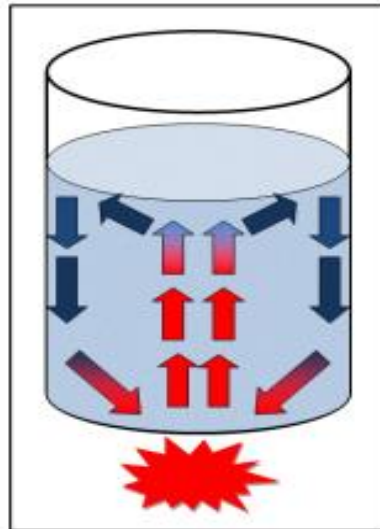
condutividade térmica de metais puros é principalmente devido à composição do produto eletrônico. O componente de rede da condutividade térmica depende fortemente de como as moléculas estão organizadas. Por exemplo, os diamantes são sólidos feitos de um cristal altamente ordenado com o maior valor de condutividade conhecido, aquecido à temperatura ambiente, e bons condutores de calor e eletricidade, e tem os semicondutores como os silícios, são bons condutores térmicos, mas a condutividade térmica é fraca na questão de condutor de eletricidade (ALENCASTRO, 2015).

6.2 Convecção

Segundo Mello (2016), a transferência de calor por convecção é uma forma comum de transferência de calor de gás e líquido. Quando os dois são combinados, ocorre entre o fluido em movimento e a superfície encontrada em diferentes temperaturas. Transferência através de movimento molecular aleatório e movimento global de fluidos.

Para Pellegrini (2019), o modo transferência de calor denominado convecção nada mais é do que condução de calor em um meio em movimento (necessariamente um fluido). Na convecção, além da transferência de calor por meio de processos relacionados à condução (ou seja, a translação, rotação e vibração das moléculas), a energia também é transmitida pelo movimento macroscópico do meio. Este movimento pode ter duas origens diferentes: O movimento é causado naturalmente pela diferença de temperatura no fluido e a mudança de densidade correspondente, que produz flutuabilidade, isso é o movimento é exercido por alguma força externa, como gradiente de pressão, campo de gravidade ou máquina. O primeiro caso é chamado de convecção natural (ou livre), e o segundo caso é chamado de convecção forçada. Na verdade, devido à convecção forçada, ele faz contato com envelope de fluido em diferentes temperaturas, também estabelecerá convecção natural, portanto, não há convecção forçada pura. Abaixo uma figura que mostra como o processo de convecção corre em um fluido.

Figura 1: Convecção em líquido.



Fonte: Oliveira, 2018.

Para exemplificar este fenômeno de convecção, pode-se imaginar uma nova folha de metal fundido que precisa ser resfriada. Se nenhum fluxo de ar for estabelecido (nem livre nem obrigatório), a placa aquecerá o ar circundante por meio de condução e levará muito tempo para resfriar a placa. Porém, se estabelecermos fluxo de ar para renovar o ar em contato com a placa, a primeira camada de ar será rapidamente removida e dará lugar à camada fria, pois possui uma diferença de temperatura maior com a placa fria, estabelecendo uma alta troca de calor de fluxo em uma determinada unidade de tempo e área, esse fenômeno ocorrerá muitas vezes, melhorando assim a eficiência de resfriamento da placa. Supõe-se, portanto, que a troca de calor está ligada com a área de troca de calor e a velocidade do fluido no entorno, e também, da diferença de temperatura entre o fluxo de ar e o corpo (SOUZA, 2016).

Assim, a taxa de transferência de calor por convecção é dada por:

$$q = h(T_s - T_\infty) \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2)$$

Ou

$$q = hA_s(T_s - T_\infty)[W] \quad (3)$$

Onde:

q = Potência da energia (calor);

A_s = Área da superfície de transferência de calor (m^2);

T_s = Temperatura da superfície do objeto ($^\circ C$);

T_∞ = Temperatura do fluido distante do objeto ($^\circ C$);

h = Coeficiente de transferência de calor por convecção ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

Esse tipo de transferência de calor pode ser natural (também chamado de livre), onde o movimento do fluido é dado apenas por diferenças de densidade, que ocorrem devido aos gradientes de temperatura; ou forçado, onde o movimento do fluido é causado por fontes externas (bombas, ventiladores, dispositivos de sucção) (MELLO, 2016).

6.2.1 Convecção normal

Segundo Pellegrini (2019), a troca de calor também ocorre por meio da movimentação do fluido, mas, neste caso, o fluido não é afetado por forças externas de bombas, máquinas ou ventiladores. Existem algumas situações de convecção natural: quando a força causada pela diferença entre o fluido (campo gravitacional) e a densidade do fluido está relacionada às mudanças de temperatura, e se a temperatura da superfície for superior à temperatura do ar. Quando a temperatura da camada extra de ar próxima ao solo é mais alta do que a temperatura isso irá expandir o fluido, reduzindo sua densidade, então, a força causada pelo gradiente a densidade de massa (flutuabilidade), leva a uma camada limite convectiva na qual o fluido aquecido sobe verticalmente.

6.2.2 Convecção Forçada

A convecção forçada é o modo preferido em aplicações industriais porque o fluxo de calor pode ser controlado alterando as características do fluxo forçado, especialmente o tipo e a velocidade do fluido. A convecção natural é utilizada como medida econômica, pois não requer energia desde que o fluxo de calor obtido atenda aos requisitos do processo (PELLEGRINI, 2019).

6.3 Radiação

A radiação térmica é o modo de transferência de calor que pode ocorrer sem meio intermediário, esta é uma maneira que a natureza descobriu para equilibrar a diferença de temperatura de objetos separados por um vácuo. Qualquer objeto acima do valor zero absoluto emitirá radiação, que é atribuída à mudança na configuração eletrônica dos átomos ou moléculas do objeto, nesse caso, a energia é transmitida por ondas eletromagnéticas (ou

fótons. A radiação térmica também ocorre entre objetos separados por intervenções, como ar menos eficiente porque o meio absorve, reflete e dispersa alguma energia (PELLEGRINI, 2019).

Segundo Oliveira (2018), quando a energia radiante atinge a superfície do corpo, ela é parcialmente absorvida, parcialmente refletida e parcialmente transmitida através do corpo. A parte absorvida aumenta a energia interna do corpo e aumenta sua temperatura.

Portanto, neste caso, o mecanismo de transferência de calor não deve depender do meio material para se propagar, este fenômeno é denominado radiação térmica. Para isso a transferência de calor por radiação tem algumas características importantes:

- a) Sua ocorrência independe do meio material;
- b) Sem atenuação no vácuo;
- c) A transferência de calor é mais rápida do que os fenômenos de condução e convecção;
- d) Pode existir em sólidos, líquidos e gases;
- e) Pode ocorrer entre dois objetos separados por um meio cuja temperatura seja inferior à temperatura do objeto (SOUZA, 2016).

6.3.1 Radiação do corpo negro

Segundo Souza (2016), objetos com temperatura superior a zero absoluto emitem radiação. Para objetos opacos, podemos pensar na emissão de radiação como um fenômeno de superfície, que provavelmente ocorrerá em todas as direções, sabe que quanto maior a temperatura corporal, maior a emissividade da radiação, no entanto, a quantidade de radiação emitida e absorvida também dependendo do material e da condição da superfície corporal. Portanto, mesmo na mesma temperatura, diferentes objetos emitem diferentes quantidades de radiação.

Um corpo negro é a idealização de um objeto que emite e absorve radiação perfeitamente. Um emissor perfeito significa que nenhum outro objeto pode emitir mais radiação do que um corpo negro a uma temperatura e comprimento de ondas específicas, por sua vez, um absorvedor perfeito significa que toda radiação incidente em um corpo negro é absorvida por ele (SOUZA, 2016).

A taxa de transferência de calor por unidade de área (W/m^2), ou seja, o fluxo de energia, que é emitido por uma superfície é conhecido como poder emissivo E . O poder emissivo é determinado pela lei de Stefan-Boltzmann para um corpo negro (radiador ideal). Sendo assim, Fraga (2013), defini a lei de Stefan-Boltzmann da seguinte maneira: o poder

emissivo (E) de um corpo negro (cn) é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta (T). Matematicamente, podemos expressar:

$$E_{cn} = \sigma \cdot T^4 \quad (4)$$

Em que σ é a constante de Stefan-Boltzmann e é igual a aproximadamente $5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ e T é a temperatura da superfície em Kelvin.

6.3.2 Radiação de corpos cinzentos

Radiação de corpos cinzentos ou também conhecidos por um corpo real, conforme diz Souza (2016), em um objeto real, a intensidade da radiação emitida em um determinado comprimento de onda é menor do que a intensidade da radiação emitida por um corpo negro e depende da emissividade do objeto para diferentes comprimentos de onda, portanto, para cada comprimento de onda um objeto real emite uma energia total menor do que um corpo negro na mesma temperatura.

Portanto, podemos definir um corpo cinza como um objeto com emissividade inferior a um. A energia emitida ou absorvida pelo corpo cinza é parte da energia emitida ou absorvida pelo corpo negro (SOUZA, 2016).

Segundo Fraga (2013), Para um corpo real, a energia emitida é dada por:

$$E = \varepsilon \sigma \cdot T^4 \quad (5)$$

Onde:

E= Poder emissivo do corpo Cinzento;

ε = Emissividade;

σ = Constante de Stefan-Boltzmann;

T= Temperatura da superfície.

6.4 Funcionamentos da garrafa térmica

A termodinâmica está relacionada ao estudo de vários fenômenos que envolvem mudanças de temperatura na vida diária, fenômenos que indicam suas causas ou efeitos. Neste caso, este artigo enfoca o resfriamento com água fria na garrafa térmica, uma garrafa térmica é uma espécie de recipiente, que é feito de um corpo externo (tanque) ou de uma garrafa de diferentes materiais (como plástico, aço inoxidável), e o interior é composto por ampolas (geralmente de vidro). Essas garrafas são muito utilizadas no dia a dia das pessoas para proteger a temperatura das bebidas, quentes e frias, e possuem diferentes capacidades e diferentes sistemas de armazenamento (CAMPOS, 2020).

7 METODOLOGIA

O trabalho será realizado através de uma pesquisa bibliográfica por meio de artigos, livros e outros materiais acadêmicos que contém matérias sobre o estudo de recipientes térmicos, e os processos. E de um estudo de caso sobre um copo da marca Stanley®, no qual será desenvolvida uma análise sobre os tipos de transferência de calor que ocorrem no seu processo, e sobre os tipos de materiais presentes em sua composição. A análise acontecerá no laboratório do Grupo Unis visando entender e observar o mecanismo através do qual o copo estudado tem a vantagem de manter a água a 2º Celsius por até 4 horas e meia sem que haja grandes mudanças térmicas.

8 CRONOGRAMA

Agosto	<ul style="list-style-type: none"> - Definição do Tema – linhas de pesquisa; - Escolha do Orientador; -Pesquisa bibliográfica sobre o tema e listagem das referências (usar NBR 6023:2018), 10 fontes; -Análise do cenário para definir o tipo de pesquisa a ser desenvolvida.
---------------	--

Setembro	<ul style="list-style-type: none"> - Definição do Problema de Pesquisa e hipótese; - Formulário de aceitação de orientação; - Objetivo geral, objetivos específicos, justificativa; - Submissão das atividades elaboradas para avaliação do professor de TCC1 e para o orientador; - Análise das demandas para o início da pesquisa prática.
Outubro	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração do Referencial teórico; - Início das atividades práticas da pesquisa, Metodologia.
Novembro	<ul style="list-style-type: none"> - Cronograma, referências; - Revisão Projeto ao orientador; - Formulário de pesquisa do Unis; - Continuidade das atividades de pesquisa.
Dezembro	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão final do Projeto; - Elaboração dos slides; - Banca de defesa do projeto.
Janeiro	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão juntamente com o orientador das sugestões da banca; - Continuidade das atividades de pesquisa.
Fevereiro	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão do referencial teórico; - Continuidade das atividades de pesquisa; - Início da descrição da execução da metodologia; - Início da elaboração da monografia a partir do projeto de pesquisa e das orientações do professor de TCC2.
Março	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração e formatação da monografia; - Descrição da execução da metodologia no Laboratório do Unis e análise dos resultados; - Submissão das atividades já executadas ao professor de TCC2 e ao orientador.
Abril	<ul style="list-style-type: none"> - Finalização da elaboração e redação da monografia;
Maiο	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração dos slides; revisão do texto; - Entrega final.
Junho	<ul style="list-style-type: none"> - Banca de defesa da monografia.

REFERÊNCIAS

- ALENCASTRO, Jocarli Itamirã Duarte. **Metodologia para análise do coeficiente de transferência de calor em superfícies corrugadas sob jatos**. 2015, 156 f. Tese para a obtenção do título de Doutor.- Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais. Disponível em: <<http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/7096>> Acessado em: 02 de out. 2021.
- CAMPOS, d. r. s., & CAMPOS, l. f. de a . (2020). **Avaliação dos aspectos da usabilidade no uso de garrafas térmicas: Uma experiência de uso do SUS pictórico**. *Revista Triades*, 2(9). Disponível em: <<https://triades.emnuvens.com.br/triades/article/view/302>> Acesso em: 30 out. 2021.
- FRAGA, Felipe Ferreira. **Estudo numérico e experimental dos processos de transferência de calor em prototipagem rápida por soldagem a arco**. 2013, 118 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade de Brasília faculdade de tecnologia de departamento de engenharia, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/15111>>. Acesso em: 4 out. 2021.
- MALATEAUX, Ezequiel Costa. **Análise numérica da transferência de calor de um cilindro horizontal isotérmico isolado excêntrica por convecção natural e radiação**. 2013, 197 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/263415>>. Acesso em: 29 out. 2021.
- MARTINS, Francisco Jorge Alvim. **Análise e otimização térmica de um sistema de aquecimento em moldação de compressão a quente**. 2016. Dissertação de Mestrado – Faculdade de engenharia universidade do porto, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/9605/1/000482299-Texto%2BCompleto-0.pdf>> Acesso em: 30 out. 2021.
- MELLO, Paula Vieira. **Influência do parâmetro rugosidade na transferência de calor em juntas coladas**. 2016. Dissertação de Mestrado - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ. Disponível em: <http://dippg.cefet-rj.br/ppemm/attachments/article/81/63_Paula%20Vieira%20de%20Mello.pdf>. Acesso em: 11 out. 2021.
- OLIVEIRA, Emanuel Romário. **Uma proposta de sequência didática em website para o ensino de transferência de calor**. 2018. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3961>>. Acesso em: 21 out. 2021.
- PELLEGRINI, Cláudio de Castro. **A busca pelo copo ideal: um estudo de otimização em transferência de calor**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 41, nº 3, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/9jLNjK6FC8bKvd7WTHwFmR/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 06 out. 2021.
- SOUSA, Lays Figueiredo. **Aplicações dos conceitos da física no cotidiano**. 2017. 13 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais)—Universidade de

Brasília, Planaltina-DF, 2017. Disponível em: <<https://bdm.unb.br/handle/10483/19580>>
Acesso em: 03 out. 2021.

SOUZA, Jeferson Afonso Lopes (Org.). **Transferência de calor**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

VECCHIA, Leonardo Casagrande Dalla. **Estudo da transferência de calor de nanofluidos submetidos à convecção natural em uma cavidade**. 2019. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2019, Disponível em:
<<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/214320>> Acesso em; 15 out. 2021