



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E SOCIAIS APLICADAS – CCEA  
CAMPUS VII – PATOS/PB  
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA

MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR: UM ESTUDO ACERCA DA  
RELEVÂNCIA DESSE PROCESSO

PATOS – PB  
JULHO DE 2022

ANDRÉ LUIZ PEREIRA LÓPES

MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR: UM ESTUDO ACERCA DA  
RELEVÂNCIA DESSE PROCESSO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como  
requisito para obter o Título de Licenciatura em  
Física, pela Universidade Estadual da Paraíba, sob  
orientação do docente Prof.º Dr. Valdecir.

PATOS – PB

JULHO DE 2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L864m Lopes, André Luiz Pereira

Mecanismo de transferência de calor [manuscrito] : um estudo acerca da relevância desse processo / André Luiz Pereira Lopes. – 2022.  
36p.: il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro d Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, 2023.

“Orientação : Prof. Dr. Valdeci Mestre da Silva Júnior, Coordenação do Curso de Física - CCEA.”

1. Transferência de calor. 2. Termodinâmica. 3. Convecção. 4. Radiação. I. Título

21. ed. CDD 536.2

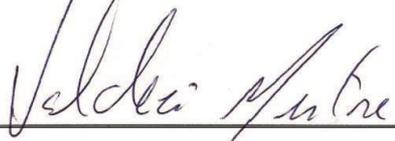
ANDRÉ LUIZ PEREIRA LOPES

MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR: UM ESTUDO ACERCA DA  
RELEVÂNCIA DESSE PROCESSO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Licenciatura em Física pela  
Universidade Estadual da Paraíba – (UEPB),  
como requisito final à obtenção do título de  
Licenciatura em Física.

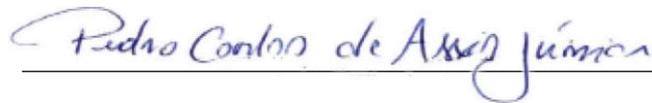
Aprovado em: 29/07/2022.

**BANCA EXAMINADORA**



Profº. Dr. Valdeci Mestre da Silva Júnior (Orientador)

Universidade Estadual Da Paraíba – (UEPB)



Profº. Dr. Pedro Carlos de Assis Júnior

Universidade Estadual Da Paraíba – (UEPB)



Profº Dr. Éverton Cavalcante

Universidade Estadual Da Paraíba-(UEPB)

PATOS-PB

2022

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, que tenho infinita crença, e que é o responsável pela minha vida. E também a toda minha família: minha esposa que está comigo em todos os momentos com toda atenção e carinho e aos meus pais que com a maior simplicidade do mundo me incentivaram na minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente ao meu bom Deus, este que me concedeu a dádiva da vida e me deu discernimento para concluir mais um projeto de vida. Entrego todo o meu caminho ao senhor para que eu possa andar nos caminhos da fé.

Quero deixar aqui também os meus sinceros agradecimentos ao meu orientador e professor Dr. Valdeci Mestre, esse que foi um dos grandes responsáveis para o acúmulo dos meus conhecimentos adquiridos durante a minha formação. Agradeço aos examinadores da banca, o professor Dr. Pedro Carlos e o professor Everton Cavalcante no qual ambos também contribuíram para o meu aprendizado, bem como agradeço também por terem se disponibilizado avaliar meu trabalho, muito obrigado professores. Obrigado também a todos os professores que tive a honra de ser aluno de forma que trago conhecimentos adquiridos através das aulas de cada um, meu muito obrigado.

Quero destacar aqui também o quão bom foi o acolhimento da minha família, ao meu pai que é um exemplo de homem e agradecer a minha mãe que é um ser inexplicável, tenho certeza que ela é a pessoa que mais acreditou em mim, ela fez de tudo para que eu pudesse concluir o curso. Então mãe, obrigado por tudo, sem a senhora eu não teria conseguido. Meu muito obrigado aos meus irmãos que mesmo de longe sei o quanto torceram e torcem por mim, obrigado pela força e por terem acreditado que seria capaz, muito obrigado.

Por ultimo, mas não menos importante quero agradecer a minha querida esposa por ser essa mulher linda, inteligente e cheia de força. Obrigado por ter contribuído e pela sua ajuda na realização e concretização da minha formação. Obrigado pela sua ajuda na realização desse trabalho e saiba que seu apoio foi fundamental para isso tudo está se realizando. Amo-te, minha pequena.

## **RESUMO:**

O referido estudo dá uma maior visibilidade sob as formas de mecanismos de calor por condução, convecção e radiação. Neste trabalho, é apresentada uma análise bibliográfica sobre os mecanismos de transferência, trazendo demonstrações e acontecimentos do dia a dia para a melhor compreensão desse assunto. Tendo como principal objetivo abordar as formas de transferência de calor na termodinâmica para tentar expor o conhecimento desse contexto, trazendo para esse debate maneiras simples e objetivas para a melhor compreensão dos mecanismos de transferência de calor. O presente trabalho trata-se de um artigo bibliográfico que segue uma linha de pesquisa exploratório e qualitativa e está dividida em seções das quais abordam da seguinte forma: de início a reflexão parte de uma introdução em relação ao calor e temperatura abordando conforme Halliday, 4ª edição, “o calor é a energia que é transferida entre um sistema e seu ambiente, devido a uma diferença de temperatura que existe entre eles”. Mais adiante, trata-se de forma bem sucinta sobre as quatro leis da termodinâmica abordando cada uma delas, e por último, abordamos os três mecanismos de transferência de calor; por condução, convecção e radiação, que ao desenvolver desse trabalho o estudo propõe trazer uma relevância para esse contexto e abordar de maneira que a compreensão do conteúdo seja captada e compreendida pelo leitor mesmo com pouca base de conhecimento sobre esses fenômenos que são explicados a partir de estudos da termodinâmica.

**PALAVRAS CHAVES:** Transferência de calor, mecanismo de transferência, termodinâmica, condução, convecção e radiação.

## **ABSTRACT:**

The aforementioned study gives greater visibility to the forms of heat mechanisms by conduction, convection and radiation. In this work, a bibliographical analysis is presented on the transfer mechanisms, bringing demonstrations and day-to-day events for a better understanding and apprehension of this subject. Having as main objective to approach the forms of heat transfer in thermodynamics to try to expose the knowledge of this context, bringing to this debate simple and objective ways to better understand the mechanisms of heat transfer. The present work is a bibliographic monograph that follows an exploratory and qualitative research line and is divided into sections which approach as follows: at the beginning the reflection starts from an introduction in relation to heat and temperature approaching according to Halliday, 4th edition, "heat is the energy that is transferred between a system and its environment, divided by a temperature difference that exists between them". Further on, we deal very succinctly with the four laws of thermodynamics, approaching each of them, and finally, we approach the three mechanisms of heat transfer; by conduction, convection and radiation, which, when developing this work, the study proposes to bring relevance to this context and approach in a way that the apprehension of the content is captured and understood by the reader even with little knowledge base about these phenomena that are explained from thermodynamic studies.

**KEYWORDS:** Heat transfer, transfer mechanism, thermodynamics, conduction, convection and radiation.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.0 - Equilíbrio térmico.....   | 15 |
| Figura 2.0: (a) Aquecimento do cilindro contendo gás munido (b) diminuição do gás contido.....                                 | 17 |
| Figura 3.0: Mecanismo de transferência por condução.....   | 22 |
| Figura 4.0: Processo de movimentação das moléculas com o aumento da temperatura.....   | 22 |
| Figura 5.0: Mecanismo de transferência de calor por condução sendo representada por uma situação comum no nosso dia a dia..... | 23 |
| Figura 6.0: Exemplificação de elementos condutores térmicos: madeira e metal.....  | 26 |
| Figura 7.0 Piloto de asa delta e pássaros utilizando por meio da convecção para se manter no ar.....                           | 27 |
| Figura 8.0: Mecanismo de convecção natural e forçada.....  | 28 |
| Figura 9.0: Ondas de calor da água da panela como forma transferência por convecção.....                                       | 29 |
| Figura 10: O sol emitindo transferência de radiação para a superfície terrestre.....   | 31 |
| Figura 11: mecanismo de transferência de calor existente em uma panela aquecida.....   | 33 |

## **LISTA DE TABELA**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1.0: Alguns materiais com suas representações e respectiva condutividade térmica..... | 24 |
|--|----|

## LISTA DE SIGLAS

|            |                       |         |
|------------|-----------------------|---------|
| W          | Trabalho              | [w]     |
| L          | Calor latente         |         |
| k          | Condutividade térmica | [W/m.K] |
| Q          | Calor                 |         |
| T          | Temperatura           |         |
| P          | Pressão               |         |
| F          | Força                 |         |
| A          | Área                  |         |
| $\Delta U$ | Energia Interna       |         |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | 12 |
| <b>1 CALOR E TEMPERATURA</b> .....  | 13 |
| <b>2 AS LEIS DA TERMODINÂMICA</b> .....                                     | 14 |
| 2.1 LEI ZERO DA TERMODINÂMICA.....  | 14 |
| 2.2 PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA.....                                      | 16 |
| 2.3 SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA.....                                       | 17 |
| 2.4 TERCEIRA LEI DA TERMODINÂMICA.....                                      | 18 |
| <b>3.0 TRANSFERÊNCIA DE CALOR</b> .....                                     | 19 |
| 3.1 MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONDUÇÃO.....                   | 20 |
| 3.2 MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO.....                  | 25 |
| 3.3 MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO.....                  | 29 |
| 3.4 – RELEVÂNCIA DOS PROCESSOS DE MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR..... | 31 |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....   | 34 |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                                     | 35 |

## INTRODUÇÃO:

O presente trabalho consiste em propor um estudo voltado para estudos na área de mecanismos de transferência de calor, cuja inspiração nasceu a partir das aulas da disciplina de termodinâmica. O trabalho tem como principal objetivo analisar e compreender as formas de transferência de calor e como cada uma dessas formas se comporta na física.

Segundo Rocha, 2010, o estudo da termodinâmica é a área da física clássica que estuda e expõe as transformações termodinâmicas estimuladas pelo calor e pelo trabalho em um sistema termodinâmico, no qual envolvem mudanças nas variáveis de temperatura e estado de energia.

“Termodinâmica é a parte da física que trata do calor e da temperatura, fazendo a ponte com a mecânica através da equivalência entre calor e trabalho, cujo fator de conversão foi determinado por Joule, em meados do século XIX. A obtenção precisa desse fator de conversão é um marco fundamental na construção conceitual da termodinâmica, reforçando-a enquanto instrumento de interpretação da interação entre trabalho e energia” (SEGUNDO ROCHA, 2010, P. 37).

Partindo dos estudos de Moreira (2014 p. 4), considera-se que a termodinâmica é o pilar fundamental para tratar do contexto de estados de equilíbrio térmico, mecânico e químico, na qual tendo como base fundamental de estudo as quatro leis fundamentais; A Lei Zero que trata sobre o “equilíbrio de temperaturas”, na qual possibilita a medição de temperatura e o estabelecimento de uma escala de temperatura. A Primeira Lei vai abordar a “conservação de energia”, ou seja, o calor gerado através da energia gerada de forma conservada. A Segunda Lei trata sob o direcionamento nos quais os processos ocorrem e os limites de conservação de uma forma de energia em outra e a Terceira Lei, estabelece condições da entropia para que a mesma seja nula ou garantindo que suas alterações sejam nulas no zero absoluto.

Conforme Araújo (1978) o processo de transferência de calor acontece no momento em que há uma contraposição de temperatura entre regiões ou quando são inseridas em contato com dois corpos com diferentes temperaturas, ou seja, processo que causa a transferência de energia entre dois corpos. Assim, o autor ainda reforça que esse processo é conhecido como transferência de calor.

Nesse caso, compreendemos que esse processo ocorre a partir do contato entre dois ou mais pontos específicos no qual está inserido em temperaturas diferentes, a partir do momento em que o calor é passado para um segundo corpo, faz-se com que esse ponto de calor transferido modifique sua temperatura inicial.

Os diferentes processos de transferência de calor são conhecidos como mecanismos de transferência de calor e existem três tipos que são denominados como transferência de calor por condução, transferência de calor por convecção e transferência de calor por radiação.

A transferência de calor por condução acontece em um meio estacionário que pode ser um sólido ou um fluido, a transferência de calor por convecção ocorre quando há uma superfície e um fluido em movimento com diferentes temperaturas e já o mecanismo de transferência por radiação ocorre quando há ausência de um meio interveniente entre duas superfícies a diferentes temperaturas.

Portanto, nesse trabalho é possível apreender conhecimentos sobre temperatura, calor e os mecanismos de transferência de calor. Desse modo, destacamos também que o referido trabalho se trata de um artigo bibliográfica, que segue uma abordagem metodológica qualitativa e exploratória com o objetivo de conectar as ideias referentes os mecanismos de transferência de calor dando maior ênfase a relevância dos mecanismos de transferência de calor.

## **1 - CALOR E TEMPERATURA**

O calor é definido como a energia em trânsito proveniente à diferença de temperatura, assim, segundo Quites e Lia (2005, p. 5), o calor é a energia em transito causado pela contraposição de temperatura, sempre que houver mudanças de temperatura haverá sempre o processo de transferência de calor.

Podemos destacar pontos importantíssimos para as definições de calor, salientando o primeiro ponto nessa definição que o calor é energia em transe, isto é, uma energia que ultrapassa o sistema ou a superfície do volume de controle. O calor não pode ser armazenado e deverá ser convertido para alguma outra forma de energia depois de cruzar a fronteira do sistema ou a superfície de controle. Assim, segundo Carneiro (s/a, p.8), o calor é considerado a energia que é transferida entre dois pontos, seja um sistema e/ou seu meio devido à diferença de temperatura entre eles.

Desse modo, podemos compreender que um dos fatores que interferem para a transferência é a existência da diferença de temperatura entre os ambientes.

Conforme Halliday (1983, p. 183) “o calor é a energia que é transferida entre um sistema e seu ambiente, devido a uma diferença de temperatura que existe entre eles”, ou seja, a transferência de energia que é transferida entre os corpos é causada pelas diferenças de temperaturas existentes em ambas.

De acordo com as contribuições de Halliday (1983, p.169) sobre a temperatura ele conceitua como “uma das sete grandezas fundamentais do SI”, ou seja, compreende-se que a temperatura é um fenômeno importante e fundamental para estudos termodinâmicos. De acordo com o autor a escala de Kelvin (escala fundamental da temperatura termodinâmica) é o método mais usado pelos cientistas.

Como a temperatura pode variar entre limites muito amplos, o simples fato de existirmos parece ser o maior dos milagres. Se a temperatura da terra fosse um pouco mais baixa, todos morreríamos de frio. Por outro lado, se fosse um pouco mais alta, os átomos do nosso corpo se moveriam tão intensamente que as moléculas se romperiam e a vida não seria possível (HALLIDAY, 1983, p. 170).

Portanto, a temperatura é uma grandeza da física na qual é usada para “medir” a energia de cada partícula de um sistema ou corpo em equilíbrio térmico, e o instrumento mais usado para realizar essa medição é através do termômetro, esse instrumento é o mais usado no dia a dia.

## **2.0 – AS LEIS DA TERMODINAMICA**

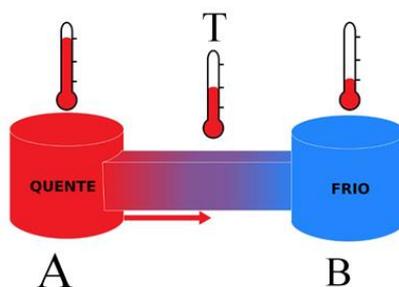
### **2.1 - LEI ZERO DA TERMODINÂMICA**

A lei zero da termodinâmica determina que quando dois pontos A e B estão separados em equilíbrio térmico com um terceiro corpo C, então os primeiros pontos A e B estão em equilíbrio térmico entre si. Para firmarmos esse processo, utilizamos um equipamento muito conhecido e utilizado no cotidiano, o termômetro, esse é um instrumento conhecido por “medir a temperatura” e chamemos de corpo C. (DE CARVALHO CUNHA, p. 286).

A figura 1.0 representa o efeito do equilíbrio térmico com o uso de um instrumento, o termômetro, onde temos uma barra dividindo dois recipientes, um

constando uma substância quente (A) e a outra fria (B), e o termômetro (T) demonstrando a medição da temperatura de ambas as substâncias. O termômetro do recipiente A está representando temperatura alta, por outro lado, o recipiente B está constando temperatura baixa, nesse processo a barra representa o equilíbrio térmico entre os dois pontos.

FIGURA 1.0 - Equilíbrio térmico



FONTE: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/equilibrio-termico.htm>

Dessa forma, pode-se observar na figura 3.0 a finalidade do processo que permeia a Lei Zero da Termodinâmica no qual se utiliza o termômetro para fazer a medição correta da temperatura na qual atingirá uma medida que não haverá alteração da temperatura, logo podemos determinar que após a realização desse processo sendo T (termômetro) será constante e assim firmamos que  $T_A$  e  $T_B$  estão em equilíbrio térmico. Netz (2008), afirma que:

“Se os dois corpos A e B forem colocados em contato diatérmico com um corpo C, as propriedades de A e B se modificam enquanto houver transferência de calor entre e o corpo C [...] A temperatura é aquela propriedade que os corpos em equilíbrio térmico entre si têm em comum, é a propriedade que A e B partilham com C, e, portanto, partilham entre si” (NETZ 2008 P.41).

O processo de equilíbrio térmico é explicado através da Lei Zero da Termodinâmica, onde esse processo ocorre de forma involuntariamente, de forma que esses corpos entram em contato e trocam temperaturas entre si até atingirem temperaturas equilibradas.

De acordo com Rocha (2010, p. 38), as leis da termodinâmica são difundidas a partir das experiências simples, onde podemos destacar medidas simples de pressão, temperatura, volume, e outras quantidades apropriadas, conforme o autor explica esse processo da termodinâmica pode ser facilmente visualizado, porém pouco notado durante

o dia a dia, onde acontecimentos “comuns” são assuntos abordados e explicados pela termodinâmica de forma geral.

Um exemplo bem comum que podemos destacar é o resfriamento de uma xícara de café, supomos que acabamos de preparar um café e ele está bem quente, pois acabou de sair do fogo, ao colocarmos em uma xícara e deixarmos em cima da mesa por um determinado tempo, logo perceberemos que o café da xícara esfriará e ficará em temperatura ambiente, ou seja, o café inserido na xícara estará em equilíbrio térmico se fazendo assim a lei zero, isso porque a temperatura do café estará em contato com a temperatura do ambiente.

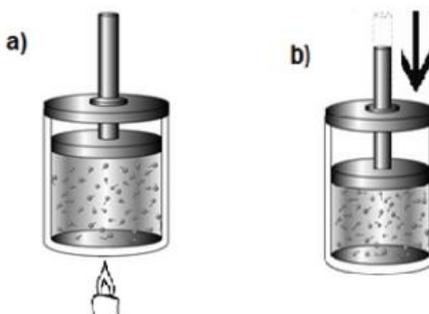
## 2.2 - Primeira lei da termodinâmica

Segundo Oliveira (2005) a primeira lei da termodinâmica é constituída pelo princípio de joule ou o princípio da conservação de energia. Da mesma forma que para Rocha (2010, p. 40) “a primeira lei da termodinâmica é uma generalização do princípio de conservação da energia, [...] marcante a consideração do calor como uma forma de energia”.

Nesse caso, Sousa (2019, p.34), reforça que a conservação da energia em sistemas termodinâmicos se apresenta através da Primeira lei da Termodinâmica, ou seja, define-se como “o princípio da conservação de energia aplicada à termodinâmica”, possibilitando visualizar a conduta de um sistema gasoso após passar por uma transformação termodinâmica.

De acordo com a figura 2.0, temos um sistema no qual temos a possibilidade de aumentar a Energia Interna, pois, cada vez que a temperatura vai aumentando, maior também será a energia interna gerada nos corpos, logo, a capacidade da realização do trabalho também será maior.

FIGURA 2.0: (a) Aquecimento do cilindro contendo gás munido (b) diminuição do gás contido.



FONTE:<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4461/1/ensinotermodinamicamaquinastermicas.pdf>.

Nesse caso temos um sistema, representado por dois cilindros contendo gás munido de embolo, segundo Sousa (2019, p.35) existem diversas maneiras de demonstrarmos o aumento da temperatura e a energia interna de um gás em recipiente, conforme o autor explica, umas das possibilidades são; na figura expressa na opção f2-a, temos um cilindro contendo um gás ideal e munido de um êmbolo sendo aquecido, logo consideramos que esse êmbolo desloca livremente. Assim, após o aquecimento, o gás aumenta seu volume. Na segunda opção é demonstrada na opção f2-b, demonstra a realização do trabalho no gás diminuindo o seu volume.

### 2.3 - Segunda lei da termodinâmica

A germinação da segunda lei da termodinâmica traz uma relação ao trabalho do físico Sadi Carnot (1796-1832), no qual deu embasamento as suas teorias a partir da eficiência de máquinas térmicas operando sobre condições ideais, assim, segundo Reis (2012), Carnot apresenta que, para produzir trabalho não é apenas com a absorção de calor pelas máquinas, é necessário também que a máquina emita alguma qualquer quantidade de calor.

De acordo Sousa (2019, p.41) historicamente, os argumentos da termodinâmica deu início com o estudo das propriedades básicas de máquinas térmicas, no qual são dispositivos que, operam em ciclos, absorve calor, converte em trabalho, e rejeita o restante. Considerando esse contexto, a segunda lei pode ser definida de forma que nenhuma máquina térmica pode absorver calor e convertê-lo totalmente em trabalho.

Nesse caso, Dechoum (2003), defende que a segunda lei da termodinâmica pode ser compreendida como uma lei de evolução, pois a mesma determina processos reversíveis acontecidos no universo em constante equilíbrio, e processos irreversíveis no qual o universo evolui de maneira a desgastando-se. Assim, a segunda lei determina que a variação da entropia após alguns processos do universo, será maior ou igual a zero.

Segundo Dechoum (2003);

“As máquinas térmicas reversíveis têm como finalidade gerar trabalho mecânico a partir de pelo menos duas

fontes de calor em temperaturas diferentes. A cada ciclo de operação, uma quantidade de calor é retirada da fonte quente e parte rejeitada a fonte fria, essa última necessária para se estabelecer o ciclo. A reversão consiste na possibilidade de se usar a mesma quantidade de trabalho anteriormente gerado em uma máquina operando um ciclo revertido, um refrigerador, permitindo assim que o calor rejeitado na fonte fria retorne a fonte quente, criando-se assim uma volta ao estado original do universo. A máquina térmica ideal e a de Carnot por estar associada, por assim dizer, a um princípio variacional, e por ser a máquina que maximiza os ganhos, ou seja, o trabalho que pode ser extraído sem alterar a entropia do universo. A máquina de Carnot tem um atributo a mais sobre qualquer outra máquina reversível por fixar um limite à rentabilidade, quer dizer, ha um limite máximo por ciclo para extração de trabalho sem comprometer a reversibilidade do processo, sem degradar energia útil”.

As máquinas térmicas são instrumentos que funcionam em círculos termodinâmicos e realizam com a transferência de calor entre o corpo e temperatura alta, como também, em temperaturas baixas para outro corpo com temperatura mais alta causada por meio de outro trabalho.

Sousa (2019, p.42) explica que o funcionamento de motores térmicos é transformado em energia na forma de calor, fazendo com que um móvel se movimente e transferindo para o ar, já em relação a um refrigerador, podemos afirmar que a energia utilizada é a elétrica, essa é usada na forma de trabalho, transferindo calor do refrigerador para o local do ambiente com temperatura mais alta.

## **2.4 - Terceira lei da termodinâmica**

O físico-químico alemão Walther Herman Nernst (1864-1941) foi o criador da terceira lei da termodinâmica, formulou o teorema do calor conhecido como a Terceira Lei da Termodinâmica, na qual, relaciona a um sistema zero absoluto a um valor menor da entropia, logo, tal conhecimento culminou no Prêmio Nobel de Química de 1920.

De acordo com Santos Filho (2021, p.39), em meados do século XIX, estudiosos e cientistas desenvolveram vários estudos a respeito das propriedades da matéria quando colocadas a temperaturas mais baixas, inclusive medidas próximas de zero absoluto. Assim, acerca de 1907, Walther Nernst nos apresentou o princípio de que “A entropia absoluta se aproxima de zero, à medida que a temperatura absoluta se aproxima de zero”, ou seja, após essa apresentação passou a ser conhecido de Terceira Lei da Termodinâmica.

O autor ainda traz uma discussão muito importante para a apreensão desse contexto, no que tange a agitação molecular de um sistema, na qual para a realização desse processo, será necessário o uso da energia cinética associada às moléculas, resultando em uma variação da temperatura. Na equação 1.0, podemos visualizar que um sistema no qual a temperatura aproxima-se a zero absoluto, não poderá existir movimento das moléculas fazendo assim com que não haja variação na energia interna;

$$\Delta U = Q - W = 0 \quad \therefore \quad Q = W \quad (1.0)$$

Seguindo a partir desse pressuposto, compreendemos que na equação 1.0, apresenta que em um estado de entropia nulo, todo o calor substituído pelo sistema seria convertido em trabalho, logo, passaria a ter uma maior eficiência.

Souza (2016) traz uma discussão bastante importante para fortalecer essa prática, afirmando que após o teorema de Nernst, houve uma grande evolução da terceira lei, ele constatou as alterações da entropia de um sistema em relação à temperatura quando tende a zero.

### **3.0 - TRANSFERENCIA DE CALOR**

A transferência de calor pode ser definida e determinada a partir da propagação de um corpo para outro causado pela diferença de temperatura em virtude da diferença de temperatura entre ambos. Ou seja, segundo Silva (2014, p.12) sempre que existir uma diferença de temperatura em certo sistema “a energia térmica propaga-se, da região de temperatura mais elevada para a de temperatura mais baixa, de acordo com a segunda lei da termodinâmica”.

Esse processo de transferência de calor entre dois sistemas pode ser executado a partir de três modos diferentes de transferência, seja pela transferência de calor por condução, transferência de calor por convecção ou transferência de calor por radiação.

“A transferência de calor acontece, por mecanismos diferentes, em todas as fases da matéria (sólida, líquida ou gás), por vezes afetando significativamente as suas propriedades físicas. O estudo da transmissão de calor centra-se na determinação da distribuição das temperaturas, tanto no espaço como no tempo” (SILVA 2014, p. 12).

Logo, compreende-se que a transferência de calor pode ocorrer em todas as fases da matéria, seja na fase da matéria líquida, sólida ou gasosa, e por diversas vezes afetando

suas propriedades físicas, ou seja, a transferência de calor aplica-se na distribuição de temperaturas no espaço e no tempo. Dessa forma, esses três mecanismos de transferência de calor pode esta sujeita a aflição a partir do compartimento da temperatura na matéria. Essa distribuição pode está combinado com esses três mecanismos de transferência.

Nos estudos de Silva (2014) ele fala que caso haja a transmissão de calor em meios sólidos, é característico considerar apenas o processo de condução já que a convecção não existirá nesse cenário e a radiação é frequentemente desprezada.

De acordo com Moreira (2014)

“A transferência de calor ocorre de três formas, quais sejam: condução, convecção e radiação térmica. (...). (a) Condução de calor - Gases, líquidos – transferência de calor dominante ocorre da região de alta temperatura para a de baixa temperatura pelo choque de partículas mais energéticas para as menos energéticas. - Sólidos – energia é transferência por vibração da rede (menos efetivo) e, também, por elétrons livres (mais efetivo), no caso de materiais bons condutores elétricos. Geralmente, bons condutores elétricos são bons condutores de calor e vice-versa. E isolantes elétricos são também isolantes térmicos (em geral). (...) (b) Convecção de Calor A convecção de calor é baseada na Lei de resfriamento de Newton (170) (...). (c) Radiação Térmica A radiação térmica é a terceira forma de transferência de calor e é regida pela lei de Stefan – Boltzmann. Sendo que Stefan a obteve de forma empírica (1879) – e Boltzmann, de forma teórica (1884). Corpo negro – irradiador perfeito de radiação térmica (...)” (MOREIRA, 2014, p. 6).

Desse modo, podemos compreender que a transferência de calor é um processo em que existe uma troca de energia em diferentes corpos. Isso significa que serão transferido de tres maneiras diferentes.

### **3.1 - Mecanismos de transferência de calor Condução**

O mecanismo de transferência de calor por condução é uma forma que podemos transferir energia sem necessariamente mudarmos a matéria, podendo ocorrer em um meio estacionário, Oliveira (2018, p.23) destaca que a partir desse efeito torna-se possível que, as moléculas só podem ocorrer através de meios materiais seja sólidos ou fluidos e não acontecerá no vácuo.

Segundo Freire (2008), podemos explicar esse fenômeno de modo que essas moléculas, após encontrarem em vibrações com amplitudes mais elevadas, elas irão entrar

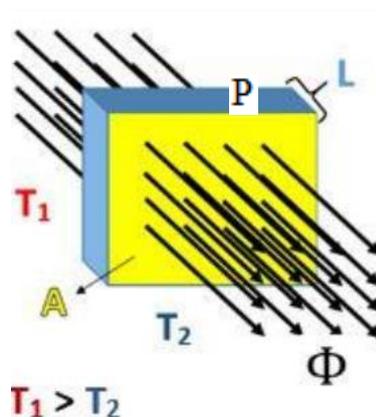
em contato com a outra próxima, e com essa aproximação, causa um efeito intensificando cada vez mais as forças repulsivas e conseqüentemente, todas as moléculas que estão em contato uma com a outra passarão a vibrar com mais intensidade, assim, efeito pode ser visualizado na transferência de calor conduzido pelo mecanismo chamado condução.

Barrera (2021) traz uma vertente e afirmação conceitual bem a temporal em relação ao mecanismo de transferência de calor por condução, nesse contexto, ele afirma a vertente de que a transmissão de calor se propaga após a colisão que há entre as partículas após o aumento da temperatura.

“A transmissão por condução ocorre quando a energia se espalha devido a colisões entre partículas, de modo que em cada colisão as partículas cedem parte de sua energia cinética para as partículas com as quais que interagem tudo sem que haja transporte de rede de matéria. Por exemplo: Ao aquecer uma barra de metal por um extremo: nesse ponto as partículas de metal começam se mover mais rápido, eles colidem com as partículas vizinhas e a energia é transmitida até atingir o outro extremo, o que aumenta sua temperatura.” (BARRERA 2021).

Na figura abaixo, temos uma ilustração de um processo de transferência de calor por meio do mecanismo de condução através de uma matéria, nela é possível visualizarmos o calor “passando” através da parede representada pela letra P.

FIGURA 3.0: Mecanismo de transferência por condução



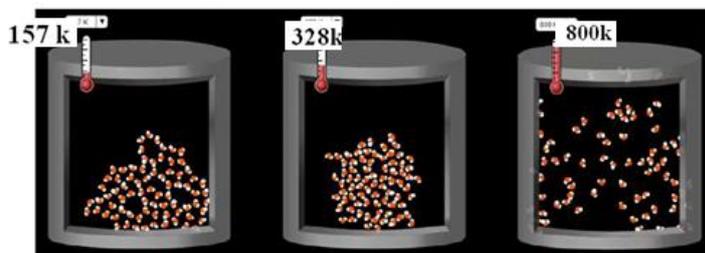
FONTE: OLIVEIRA, Emanuel Romário et al. **Uma proposta de sequência didática em website para o ensino de transferência de calor**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Analisando a imagem acima podemos dizer que o calor está sendo transmitido por meio da matéria, e não ocorre à necessidade de haver o deslocamento, e no geral, podemos dizer também que esse fenômeno da condução ocorre nos meios na fase sólida.

Ou seja, a temperatura ultrapassa a parede na qual conduz o calor por toda a superfície, e temos então o processo de transferência de calor do lado  $T_1$  para o lado  $T_2$  por meio do mecanismo de condução.

Já na figura 4.0, temos também um processo de transferência de calor por condução, na imagem podemos visualizar bem como se desenvolve o processo das moléculas na qual cada vez mais que as moléculas se encontram consequentemente vibra com mais intensidade se fazendo assim a propagação do calor.

FIGURA 4.0: Processo de movimentação das moléculas com o aumento da temperatura.



Fonte: OLIVEIRA, Emanuel Romário et al. **Uma proposta de sequência didática em website para o ensino de transferência de calor**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

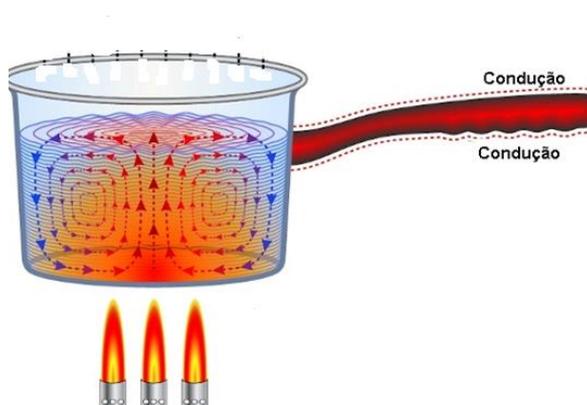
Na figura 4.0, temos três recipientes com temperaturas diferentes, o primeiro recipiente a temperatura é 157 k, no segundo 328 k e no terceiro recipiente consta 800 k, dessa forma podemos ler e compreender a imagem de forma bem sucinta, ou seja, conforme a temperatura aumenta as molécula começam a se agitarem e vibrarem cada vez mais forte, logo, quanto maior for a temperatura do recipiente maior sera a agitação e vibração das moléculas, fazendo com que haja o fenomeno de transferencia de calor por condução.

Segundo Oliveira (2018), a grandeza que mede o grau de movimentação das moléculas é a temperatura, ou seja, cada vez que a temperatura aumentar maior a agitação das moléculas e consequentemente a propagação do calor.

Os mecanismos de transferência de calor são processos “simples” de serem compreendidos, no nosso cotidiano vários fenômenos acontecem e consequentemente os mecanismos de transferência estão presentes no nosso dia a dia mais do que poderíamos imaginar.

Um exemplo bem simples a ser destacado, é quando colocamos uma panela de metal no fogo, e ao passar do tempo a temperatura da panela aumentará e atingirá a panela por completa, e conseqüentemente não conseguiremos tocar no seu cabo sem o auxílio de uma proteção, pois a temperatura da panela aumenta e logo fica “quente”, caso a panela seja tocada sem o auxílio de alguma proteção certamente causará queimaduras.

Figura 5.0: Mecanismo de transferência de calor por condução sendo representada por uma situação comum no nosso dia a dia.



FONTE: <https://www.preparaenem.com/fisica/conducao-termica.htm>

A figura acima mostra uma ação onde temos uma panela que está em contato com o fogo e que é algo comum no nosso dia a dia, nessa situação ocorre o processo de condução, pois o material da panela é metal, e sabemos que o metal é um condutor térmico, ou seja, ao colocar o metal em contato com o fogo toda a matéria de metal ficará com temperatura alta, logo, temos o processo que chamamos de transferência de calor por condução.

De acordo com Oliveira (2018) a condutividade térmica é uma propriedade física do material, na qual se desenvolve de modo que quanto maior o seu valor, melhor condutor é o material, ou seja, os materiais que tem baixo valor de condutividade térmica são chamados de **isolantes térmicos**. Porém não há nenhum isolante térmico perfeito como também não há isolantes elétricos perfeitos. Logo, os materiais com alto valor de condutividade térmica são chamados de **condutores térmicos**.

Oliveira (2018, p.25) também nos traz uma tabela na qual aborda alguns condutores térmicos e isolantes térmicos e nela consta o valor da condutividade de alguns materiais, demonstrados na tabela 1.0.

Tabela 1.0: Alguns materiais com suas representações e respectiva condutividade térmica.

| <b>MATERIAL</b>    | <b>CONDUTIVIDADE<br/>TÉRMICA K(W/m °C)</b> |
|--------------------|--|
| Diamante           | 2300                                       |
| Prata              | 429  |
| Cobre              | 401  |
| Ouro               | 31 7                                       |
| Alumínio           | 237  |
| Ferro              | 80,2                                       |
| Mercúrio (I)       | 8,54                                       |
| Vidro              | 0,78                                       |
| Tijolo             | 0,72                                       |
| Água (I)           | 0,607                                      |
| Pele Humana        | 0,37                                       |
| Madeira (Carvalho) | 0,17                                       |
| Hélio (G)          | 0,152                                      |
| Borracha           | 0,13                                       |

FONTE: COPETTI, Jacqueline. Transferência de calor Profa. Jacqueline Copetti LETEF–Laboratório de Estudos Térmicos e Energéticos página: [www. professor. unisinos. br/jcopetti](http://www.professor.unisinos.br/jcopetti).

Segundo as contribuições de Souza (2016) a transferência de calor por condução é descrita pela lei de Fourier, essa lei traz a afirmação de que o fluxo de calor depende diretamente das alterações de temperatura no meio.

Sabemos que a condutividade térmica é uma propriedade muito importante para que haja esse processo, assim a lei de Fourier dar embasamento a esse fenômeno. Ou seja, Conforme Silva (2021), a condutividade térmica é uma propriedade de suma importância e representa-se pela letra “k”, no qual é específico para cada material, pois, vai depender da estrutura física da matéria.

Poderíamos citar aqui vários exemplos que ocorrem no nosso dia a dia além do exemplo representado na figura 6.0, podemos destacar também, por exemplo, se colocarmos um objeto de metal e outro de madeira em uma mesma temperatura. Perceberemos que em um dia de baixa temperatura, ao tocarmos no objeto de metal temos

a sensação térmica de está mais frio de que o objeto de madeira, ou seja, se tocarmos nos dois objetos, o objeto de metal estará com sensação de temperatura bem mais abaixo em relação à madeira, isto ocorre justamente porque a condutividade térmica da madeira é bem menor do que o metal.

Figura 6.0: Exemplificação de elementos condutores térmicos: madeira e metal.



FONTE: Própria do autor

No exemplo acima temos dois condutores térmicos mais conhecidos, a madeira e os metais, a madeira como já sabemos é um isolante térmico com apenas 0,17k já os metais são grandes condutores térmicos. Na tabela 1.0 podemos visualizar a representação de condutividade de alguns elementos.

### 3.2 - Mecanismo de transferência por Convecção

O mecanismo de transferência de calor por convecção segundo Pellegrini (2019, p.3) é a condução de calor através de um meio móvel, necessariamente um fluido. Ou seja, nesse mecanismo de transferência de calor, além da transferência de calor por translação, rotação e vibração das moléculas, considera-se também que a energia é transportada por meio do movimento macroscópico do meio.

Desse modo, o autor destaca que esse movimento pode ser originado a partir de duas vertentes distintas; nesse primeiro caso, é denominado de **convecção natural** (ou livre) o movimento que é germinado pelas distinções de temperatura no fluido e as variações de densidade, que dão origem as forças de flutuação; já no segundo caso, estamos trata-se de **convecção forçada** o movimento que é empregado por meio de alguma força gradiente de pressão, do campo gravitacional ou em uma máquina.

Assim, segundo Oliveira (2019) a convecção térmica ocorre apenas em meios fluidos, ou seja, líquidos e gases. A partir dessa vertente, compreende-se que nesse processo o calor é transferido através do movimento do próprio fluido, constituindo uma corrente de convecção. Logo, esse processo acontece, pois a maioria dos fluidos aumenta seu volume quando é aquecido. Fazendo com que a densidade do fluido diminua e assim a porção aquecida do fluido se move para cima, após subir outra massa de fluido exerce o lugar da primeira e o processo reinicia, constituindo correntes de convecção.

Segundo Halliday (1916);

“A convecção faz parte de muitos processos naturais. A convecção atmosférica desempenha um papel fundamental na formação de padrões climáticas, globais e nas variações do tempo a curto prazo. Tanto os pilotos de asa delta e os pássaros [...] (corrente de convecção de ar quente) para se manter por mais tempo no ar. Grandes transferências de energia ocorrem nos oceanos pelo mesmo processo. Finalmente, no sol, a energia térmica produzida por reações de fusão nuclear é transportada do centro para a superfície de gigantescas células de convecção, nas quais o gás mais quente sobe pela parte central da célula e o gás mais frio desce pelos lados”.

Nesse caso, Halliday (1916) traz a importância desse fenômeno para a formação climática da atmosférica, o autor destaca o quanto esse processo é fundamento para nossa vida e o quanto esse fenômeno é essencial para a formação dos climas globais. Assim, podemos compreender melhor sobre o processo de convecção, onde tal fenômeno pode ocorrer de forma natural se fazendo um dos pontos importantes para o fenômeno climático. Ele instiga ainda a nossa imaginação, fazendo uma analogia entre os pilotos de asa delta e os pássaros, na figura 7.0 temos um piloto de asa delta utilizando por meio da convecção para se manter no ar, assim o autor destaca que ambos utilizam a corrente de convecção de ar quente para se manter por mais tempo no ar.

FIGURA 7.0: Piloto de asa delta utilizando por meio da convecção para se manter no ar.



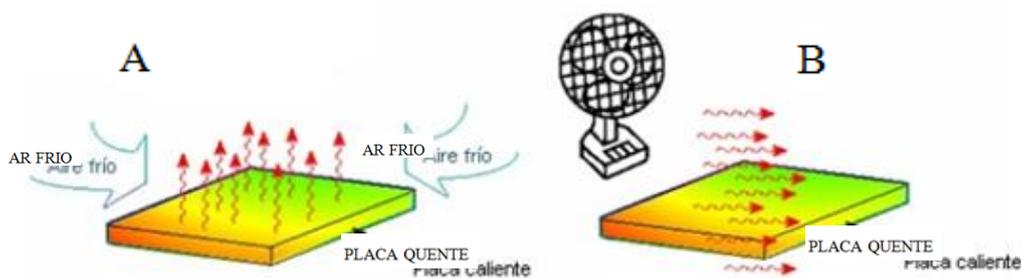
FONTE: Ercília T. Steinke. Climatologia fácil, 2012. Adaptado.

Na figura acima temos a imagem de um piloto de asa delta fazendo várias manobras no ar, essa ação acontece por causa dos ventos que impulsiona a asa delta realizando uma elevação da asa delta permitindo que o piloto consiga altura e permitindo uma duração de voo bem maior, então, tendo como base a figura acima podemos dizer que o mecanismo de transferência por convecção natural está presente na prática desse esporte. Onde não há nenhum motor ou máquina realizando a ação, apenas por meio dos ventos. Desse modo, podemos destacar alguns exemplos do efeito de convecção térmica, tais como, corrente marítima, vento, exaustor eólico entre outros.

De acordo com Barrera (2021) a transmissão por convecção é típica de fluidos, e produz um transporte de energia relacionado ao deslocamento de massas fluidas inseridas no próprio fluido, adequado à mudança causada pelas diferentes temperaturas de algumas áreas. O exemplo disso é a atmosfera ou os oceanos, pois, ambos têm dinâmica devido a esta forma de transmissão de calor.

Partindo desse pressuposto, podemos visualizar que na figura 8.0 nos trazem exemplificação de convecções natural e convecção forçada, aqui podemos compreender e apreender os aspectos que divergem entre esses dois modos de transferência por convecção.

FIGURA 8.0: Mecanismo de convecção natural e forçada



FONTE: BARRERA, Javier et al. Mecanismos de transferencia de calor. **TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río**, v. 8, n. 16, p. 38-42, 2021.

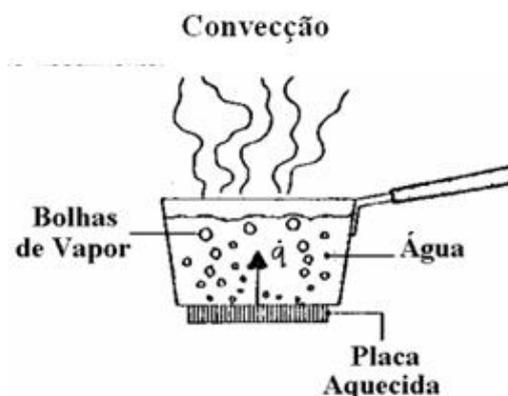
Acima temos duas imagens claras e objetivas para compreensão de transferência de calor por convecção. Sabemos que existem dois tipos de mecanismo de transferência por convecção, convecção natural e convecção forçada. Na figura 8.0-A temos uma demonstração de convecção natural, ou seja, esse fluido acontece de forma natural, na

qual não há interferência de nenhum fenômeno externo como máquinas e ventiladores. Já na figura 8.0-B temos a representação de uma transferência de calor por convecção forçada na qual é nítida a interferência do ventilador para que esse fenômeno aconteça. Segundo Amaral (2017) “A convecção natural é um processo induzido pelas forças de empuxo que se originam das diferenças de densidade do fluido em pontos distintos ao longo da interface sólida [...]”.

Já na figura 8.0-B temos uma placa quente onde o ar é “jogado” para o lado direito pois a máquina está fazendo uma interferência do lado esquerdo para o direito, então podemos dizer que essa camada de ar está sendo movimentada por meio da convecção forçada. Na verdade, seguindo a vertente de Pellegrini (2019, p.3) “uma vez que a convecção forçada põe em contato parcelas de fluido a temperaturas distintas, a convecção natural também se estabelece, de modo que não existe convecção forçada pura”. Para o autor a convecção forçada é o mecanismo prioritário em aplicações industriais, apropriado ao controle do fluxo de calor possível por meio da variação das propriedades do escoamento forçado.

Também podemos citar vários exemplos que poderão ser compreendido a partir do nosso cotidiano, é o caso de quando colocamos uma panela com água no fogão, após alguns minutos com o fogão ligado a água contida na panela começará a ferver e liberar camadas de ar quente.

FIGURA 9.0: Ondas de calor da água da panela como forma de transferência por convecção



FONTE: QUITES, Eduardo EC; LIA, Luiz RB. **INTRODUÇÃO À TRANSFERÊNCIA DE CALOR.** São Paulo, 2005.

Na ilustração acima temos uma chapa quente e uma panela de metal com água dentro sendo aquecida, após alguns minutos ao aproximarmos nossas mãos acima da

panela podemos sentir a temperatura que está saindo de dentro da panela, portanto, em termos mais simples, o vapor quente que sentimos é definido como convecção.

### **3.3 - Mecanismo de transferência por radiação**

A radiação térmica é definida e compreendida como o fluxo de radiação eletromagnética emitida por um meio seja corpo sólido, líquido ou mistura de gases. Segundo Pellegrini (2019, p.4) a radiação térmica é o modo de transferência que ocorre sem necessariamente haver um meio intermediário. Ou seja, Pellegrini considera que é a forma que a natureza conseguiu para equilibrar as mudanças de temperatura de corpos que estão separados entre si por meio do vácuo.

Patindo dessa estimativa Quites e Lia (2005, p. 8), diz que a radiação pode definir-se através do processo de transferência de calor a partir de uma superfície na qual se encontra com temperatura elevada para uma superfície com temperaturas mais baixas no momento em que essas superfícies estão separadas no espaço mesmo com a existência de vácuo.

Os autores Quites e Lia (2005, p. 9) destaca um exemplo no qual é muito evidente no dia a dia, o sol, pois mesmo existindo vácuo entre a superfície do sol e a superfície terrestre, o calor emitido através do sol é um fenômeno essencial para existência da vida na terra, mesmo que sua temperatura chegue aproximadamente a 5500 °c. tal energia chega na terra como forma de ondas eletromagnéticas.

Logo, segundo Quites e Lia (2005, p. 10);

“As emissões de ondas eletromagnéticas podem ser atribuídas a variações das configurações eletrônicas dos constituintes de átomos e moléculas, e ocorrem devido a vários fenômenos, porém, para a transferência de calor interessa apenas as ondas eletromagnéticas resultantes de uma diferença de temperatura (radiações térmicas) As suas características são: Todos os corpos a uma temperatura acima do zero absoluto (0 K) emitem continuamente radiação térmica; A intensidade das emissões depende apenas da temperatura e da natureza da superfície emissora. Não é necessária a presença de um meio material, pois a energia é transportada através de ondas eletromagnéticas. A transferência de calor ocorre devido à propagação de energia através de fótons; A região espectral da radiação térmica inclui uma faixa da radiação ultravioleta e todas as faixas da luz visível e da radiação infravermelho.”.

Assim, compreende-se que a transferência de calor nesse contexto é dada por ondas eletromagnéticas, na qual Carneiro (s/a, p.45) o calor é transferido entre dois

espaços com diferentes temperaturas, de modo que essa energia chega até nós por meio das ondas eletromagnéticas comuns nos raios-x, nas ondas de rádio e TV, micro-ondas e em vários outros tipos de radiação. Por esse motivo não sentimos a temperatura do sol com a mesma intensidade próximo a ele.

Segundo Pellegrini (2019, p.4) a transferência de calor por radiação também pode ocorrer através de corpos divididos por um meio interventor, tal como o ar, porém de maneira menos eficiente, de forma que o meio absorve, reflete e para parte da energia.

Vale destacar que “quando a energia radiante incide na superfície de um corpo, ela é parcialmente absorvida, parcialmente refletida e parcialmente transmitida através do corpo”. Ou seja, a parte que foi absorvida terá um aumento de energia interna e consequentemente aumenta sua temperatura.

Segundo oliveira (2018),

“Quando vários corpos a diferentes temperaturas são colocados num ambiente termicamente isolado, ao fim de algum tempo todos estarão a mesma temperatura. De forma que a potência irradiada por um objeto é igual à potência que o objeto absorve na forma de radiação dos objetos vizinhos”.

Desse modo, essa vertente vislumbra destacar que após colocarmos vários corpos em um mesmo ambiente com diferentes temperaturas, após passar um tempo, percebemos que todos estarão com a mesma sensação térmica, ou seja, com a mesma temperatura, isso ocorre, pois a potência de um objeto irradiado é igual ao objeto que absorve.

Podemos destacar alguns exemplos de radiação térmica que está presente no nosso dia a dia, seja através do sol, de uma fogueira ou até mesmo com o fogão esquentando uma panela. Na figura 10 temos a representatividade do mecanismo de transferência de calor por convecção realizado pelo sol para a terra.

FIGURA10: O sol emitindo transferência de calor por radiação para a superfície terrestre



FONTE: CARNEIRO, Joaquim AO. Mecanismos de transferência de calor. 2015

Visualizando a imagem acima temos a representação do mecanismo de transferência de calor por radiação através do sol, dessa forma, podemos dizer que sentimos a temperatura dos raios solares, porém com menos intensidade, já que a temperatura do sol é aproximadamente  $5500^{\circ}\text{C}$  e esse processo é explicado através do mecanismo de transferência por radiação, na qual a temperatura chega na terra em forma de radiação solar.

### **3.4 – Relevância Dos Processos De Mecanismos De Transferência De Calor**

A transferência de calor é o fenômeno primordial para os diversos campos de estudos em várias áreas, Quites e Lia (2005, p.7) destaca a relevância de estudos principalmente para apreender e conseguir alcançar melhores resultados, tendo em vista que segundo os autores da mesma forma que o engenheiro mecânico enfrenta problemas de refrigeração de motores, de ventilação, os engenheiros metalúrgicos também necessitam do processo de transferência de calor para resolução de problemas relacionados às áreas do piro-metalúrgicos e hidro metalúrgicos, ou no projeto de fornos, conversores, e em diversas maneiras de sua prática profissional.

Com essa mesma perspectiva Costa (2015) diz que;

“A transferência de calor é de extrema importância na indústria de processamento de alimentos. Normalmente, este processo ocorre em um estágio da produção em que calor é removido de, ou transferido para os produtos. Um exemplo da utilização de transferência de calor na indústria é a pasteurização de produtos alimentares (PLAZL et al., 2006; HUANG, 2007; BETTA et al., 2009; SILVA et al., 2011d). A fim de descrever o processo, os parâmetros termo físicos referentes à convecção, radiação, mudança de fase, fontes de calor e condução devem ser conhecidos.

Ou seja, compreende-se que os mecanismos de transferência de calor têm grandes relevâncias em vários contextos e cenários, e o autor traz um destaque para o setor industrial, ou seja, para que haja a produção de alimentos ou de qualquer outro nicho veiculado a produção, serão necessários o conhecimento e a prática da utilização dos mecanismos de transferência. Logo, a utilização do conhecimento e dos mecanismos de transferência é fator primordial para o desenvolvimento e produção de produtos.

O autor ainda destaca que para que haja produção industrial será necessário um grande conhecimento a cerca dos aspectos e fundamentos físicos referentes a condução, convecção e radiação, sem o acúmulo desses conhecimentos não será possível que haja produção.

É o que explica Altnetter (2017), nos seus estudos a cerca dos mecanismos de transferência de calor ele vai dizer que a apreensão desse conhecimento é de suma importância e relevância para meios científicos e que possibilita inúmeras aplicações na engenharia.

Nesse mesmo contexto, Incropera (1999) também traz um debate a cerca da relevância dos mecanismos de transferência de calor, de acordo com o autor, a transferência de calor é um aspecto fundamental para diversos dispositivos de conservação e produção de energia, sabendo disso, já podemos entender de fato a sua importância, Incropera (1999) destaca que a transferência de calor é o aspecto mais importante para a conservação e produção de energia, e, portanto, já podemos compreender um pouco da relevância desse estudo.

É com base nesse contexto que entendemos que é possível a existência da energia solar, eólica, térmica, enfim, para que haja a existência e produção de energia utiliza-se dos mecanismos de transferência de calor, pois se temos energia na nossa casa independente de qual utilizemos o fator primordial para isso são os estudos acerca dos mecanismos de condução, convecção e radiação.

De acordo com Incropera (1999) esse fenômeno não é importante apenas para estudos e área da engenharia, pois também é de suma importância para a natureza. Ou seja, os mecanismos de transferência de calor também são de extrema relevância para a vida dos seres vivos, na qual é a base para demarcar a divisão de saúde e doença.

E vimos no decorrer deste trabalho que esses mecanismos de transferência de calor estão mais presentes no nosso dia a dia do que podíamos imaginar, quando falamos que ao colocar uma panela com água no fogo dizemos também que em apenas nesse processo utilizamos das três formas de transferência.

Ao colocar a panela no fogo para aquecer percebemos que a panela também esquentará por meio da condução, a água contida dentro da panela quando passar alguns minutos a parte que está mais próximo do fogo esquentará mais rápido posteriormente esse calor se expandirá e toda a água atingirá temperaturas altas, logo, o calor se expandirá para cima, ou seja, será transferida por meio da convecção, já a transferência por radiação está existente em formas de ondas eletromagnéticas, ou seja, o calor é transferido a partir das chamas do fogão. Como podemos visualizar na figura 11.

FIGURA 11: Mecanismos de transferência de calor existentes em uma panela aquecida.



FONTE: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/conducao-termica.htm>

Na figura 18 podemos visualizar melhor como acontece esse fenômeno de transferência em uma ação que acontece várias vezes no nosso cotidiano. Como podemos perceber estudar e compreender esse fenômeno é de suma importância, pois esses são processos “simples” que realizamos com esses mecanismos.

Assim, os estudos a cerca desse assunto é de extrema necessidade, pois Incropera (1999) também afirma que é importante estudar esse fenômeno para o acúmulo de conhecimento a serem utilizados em várias situações e o autor destaca dois exemplos simples, acerca da existência dos seres vivos, nesse caso ele destacou a hipotermia que é resultada do resfriamento de um corpo humano e choque térmico, apresenta-se em ambientes quentes e úmidos.

Esses dois exemplos estão ligados diretamente às temperaturas corporais que ultrapassam os limites fisiológicos. Assim como também houve avanços no que tange as cirurgias a laser, essas foram viabilizadas através de princípios fundamentais dos mecanismos de transferência de calor.

Ou seja, os mecanismos de transferência de calor têm grandes relevâncias em praticamente todos os setores e principalmente no setor de saúde, onde são produzidos equipamentos e técnicas utilizando os três ou pelo menos um mecanismo de transferência de calor. É nesse contexto que Incropera (1999) destaca a capacidade de arquitetar “dispositivos médicos e de desenvolver o protocolo apropriado para seu uso depende da capacidade do engenheiro de prever e controlar a distribuição de temperaturas ao longo do tratamento térmico e a distribuição de espécies químicas em quimioterapias”.

Portanto, é de extrema necessidade compreender tanto quais os mecanismos de transferência, suas características, a forma que cada um se processa como também compreender a sua relevância para o processo como um todo. Assim, passamos a apreender esse conhecimento no qual vislumbra e determina vários fatores para a existência não somente de estudos da área das engenharias, físicas e matemáticas, mas também demonstram relevância para a existência da vida dos seres vivos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir do estudo realizado, percebe-se que os mecanismos de transferência são de suma importância para que haja um desenvolvimento em estudos voltado para a engenharia, física, estudos da biomedicina e também para a fronteira no âmbito da saúde e doença. Ou seja, é de suma importância para a sobrevivência e existência da vida de seres vivos.

Nesse caso, ao visualizarmos a figura 11 podemos observar uma demonstração bem simples de como ocorre esse fenômeno, assim, podemos perceber esses processos através de acontecimentos comuns do dia a dia, abordamos vários exemplos que podem demonstrar esses acontecimentos em diversas situações e possibilitando compreender sobre os três mecanismos de transferência de calor: condução, convecção e radiação.

Pois, tendo em vista essa análise podemos apreender a importância de se estudar esses processos, para que compreendemos tais acontecimentos que ocorrem diariamente na nossa vida, e para que possamos trazer um debate a cerca de conhecimentos desses

mecanismos e que posteriormente compreendemos que tais acontecimentos são explicados através da termodinâmica e em especial através dos mecanismos de transferência de calor.

Portanto, de acordo com Incropera (1999), devido à evolução da tecnologia da informação nos últimos anos, houve um forte aumento da produtividade industrial, no qual trouxe uma melhoria na qualidade de vida ao redor do mundo após várias descobertas importantes da tecnologia advindas das engenharias, mas em especial à engenharia térmica, essa que tem controle de temperaturas, e claro, os mecanismos de transferência de calor se fazem presentes em todos os contextos desse debate.

## REFERÊNCIAS:

**ALTNETTER**, Maicon Vinicius et al. Análise geométrica de um canal aletado com transferência de calor por convecção mista através do Design Construtal. **Scientia Plena**, v. 13, n. 4, 2017. Disponível em: <https://www.scientiaplenua.org.br/sp/article/view/3653/1719>. Acesso em: 05 de março 2022.

**INCROPERA**, Frank P.; **DEWITT**, David P. **FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR**. Pearson Educación, 1999. Disponível em: <[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC030/Prof\\_Luciano/Fundamentos-de-transferencia-de-calor-e-de-massa-incropera.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC030/Prof_Luciano/Fundamentos-de-transferencia-de-calor-e-de-massa-incropera.pdf)>. Acesso em: 06 de março de 2022.

**BARRERA**, Javier et al. **MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR**. TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río, v. 8, n. 16, p. 38-42, 2021. Disponível em: <<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/6401>>. Acesso em: 05/03/2022.

**CARNEIRO**, Joaquim AO. **MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR**. 2015. Acesso em 08/03/2022.

**CARNOT**, N. L. S.; **Réflexions Sur la**

**Puissance Motrice du Feu** et Sur les Machines Propres a Développer Cette Puissance, Chez Bachelier: Paris, 1824. Acesso em 28 /02 /2022.

**CINDRA**, José Lourenço: Teixeira, Odete Pacubi Baiarl. **Calor e temperatura e suas explicações por intermédio de um enfoque histórico**. In: Martins, R. A.; Martins, L. A. C., P.; SILVA, C. C.; Ferreira, J. M. H. (eds.). Filosofia e história d ciência no Cone Sul: 3º Encontro. Campinas: AFHIC, 2004. Pp. 240-248. (ISBN 85-904198-1-9). Acesso em 19 de janeiro 2022.

**COPETTI**, Jacqueline. **TRANSFERÊNCIA DE CALOR** Profa. Jacqueline Copetti LETEF–Laboratório de Estudos Térmicos e Energéticos página: [www.professor.unisinos.br/jcopetti](http://www.professor.unisinos.br/jcopetti). Disponível em: <

[http://professor.unisinos.br/jcopetti/transcal\\_ppg/Introducao.pdf](http://professor.unisinos.br/jcopetti/transcal_ppg/Introducao.pdf)>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2022.

**CORREIA**, Jornandes Jesús; José, Wagner Duarte. **O Conceito De Entropia E As Leis Da Termodinâmica Em Livros Didáticos De Física**. X COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO. 2013. Disponível em: <<file:///C:/Users/WINDOWS%207/Desktop/TCC/3008-10305-1-PB%202%20lei.pdf>>. Acesso em 19 de janeiro 2022

**DE CARVALHO**; Cunha, Frederico Guilherme. **Lei Zero Da Termodinâmica**. Link <[https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/11435204052012Fisica\\_Basica\\_Aula\\_16.pdf](https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/11435204052012Fisica_Basica_Aula_16.pdf)>. Acesso em 17 de janeiro 2022.

**ERCÍLIA T. Steinke**. **CLIMATOLOGIA FÁCIL**. 2012. Adaptado. Acesso em 05 de março de 2022.

**SANTOS FILHO**, Jailton dos. **As Leis da Termodinâmica: contexto histórico, definições e aplicações**. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/210303684.pdf>>. Acessado em 05 de março de 2022.

**HALLIDAY**, David; **RESNICK**, Robert; **WALKER**, Jearl. **Fundamentos De Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. Cap. 20. Calor e a Primeira Lei da Termodinâmica. P. 186-xxx. 4.ª Edição. LTC Editora. Acesso em 20 de janeiro 2022.

**HALLIDAY**. David, **FUNDAMENTOS DE FÍSICA**. Vol. 2: gravitação, ondas e termodinâmica / Halliday. Resnick, Jearl Walker; tradução e revisão técnica Ronaldo Sergio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 209. Acesso em 05 de março de 2022.

**MOREIRA**, José R. Simões. PME – 2361 **Processos de Transferência de Calor**. 2º semestre/2014 versão 1.4 primeira versão: 2005. Acesso em 20 de janeiro 2022.

**NASCIMENTO**, Cássius K., **BRAGA\***, João P. e **FABRIS**, José D. **Reflexões Sobre A Contribuição Da Carnot À Primeira Lei Da Termodinâmica**. Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, CP 702, 31270-901 Belo Horizonte – MG. Quim. Nova, Vol. 27, No. 3, 513-515, 2004. Acesso em 05 de fevereiro 2022.

**NETZ**, Paulo A; Ortega, George Gonzláles. **Fundamentos De Fisico-Química [Recurso Eletrônico]: uma abordagem conceitual para as ciências farmacêuticas / Porto Alegre: Artmed, 2008**. Acesso em 05 de março 2022.

**OLIVEIRA**, Emanuel Romário et al. **Uma proposta de sequência didática em website para o ensino de transferência de calor**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <<http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3961/1/websiteensinotransferenciacaor.pdf>>. Acesso em: 11 de março de 2022.

**OLIVEIRA**, Mário J. de. **Contribuição De Ners E Planck Para A Terceira Lei Da Termodinâmica**. Universidade De São Paulo. São Paulo. 2007. Acesso em 05 de fevereiro 2022.

**OLIVEIRA**, Mário José de. **Termodinâmica**. Editora Livraria de Física. São Paulo. 2005. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=sneRJDsuC->

QC&lpg=PR3&dq=leis%20da%20termodinamica&lr&hl=pt-BR&pg=PR4#v=onepage&q&f=false. Acesso em 03 de março 2022.

**OLIVEIRA, P.M.C de. & Dechoum, K. Facilitando a Compreensão da Segunda Lei da Termodinâmica.** IN: Revista Brasileira do Ensino de Física, Vol. 25, no. 4, dezembro, 2003. Acesso em 03 de março 2022.

**QUITES, Eduardo EC; LIA, Luiz RB. INTRODUÇÃO À TRANSFERÊNCIA DE CALOR. São Paulo, 2005.** Acesso em 05 de março de 2022.

**REIS, Martina Costa; BASSI, Dalberto Bono Maurizio Sacchi. A Segunda Lei Da Termodinâmica, V.** Quim. Nova Ol. 35, No. 5, 1057-1061, 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/WINDOWS%207/Desktop/TCC/A%20SEGUNDA%20LEI.pdf>. Acesso em 03 de março 2022.

**ROCHA, Jal. Elementos de termodinâmica. IN: Termodinâmica da fratura: uma nova abordagem do problema da fratura nos sólidos [online].** Salvador: EDUFBA, 2010, p. 35-46. ISBN 978-85-232-1235-3. Acesso em 03 de março 2022.

**SOUZA, Elizangela Paulino Bento de. Entropias Generalizadas: vínculos termodinâmicos da terceira lei.** 2016. Natal-RN. 97 f.: il. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/24145/1/EliangelaPaulinoBento\_TESE.pdf>. Acesso em 05 de março de 2022.

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

**SOUZA, Robineide Borges de. Sequência Didática Para O Ensino Das Leis Da Termodinâmica E Máquinas Térmicas.** 2019. 134 f. : il. ; 30 cm.. A segunda começou a ser formulada em 1824, por Sadi Carnot. Acesso em 28 de fevereiro 2022.

**TIPLER, Paul A. Física Para Cientistas E Engenheiros. Volume 1 Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica.** Rio de Janeiro. LTC. 1976. Acesso em 03 de março 2022.

**YOUNG, H. D.; Freedman, R. A. Sears & Zemanky, Física 2 – Termodinâmica e Ondas.** Pearson Education, São Paulo: 2008. Acesso em 03 de março 2022.