



UNIFESSPA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA**

CLAUDIO ALVES DA SILVA

**ESTUDO DA SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA VIA ROTAÇÃO POR
ESTAÇÕES**

**MARABÁ (PA)
2020**

PRODUTO EDUCACIONAL
ESTUDO DA SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA VIA ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES

CLÁUDIO ALVES DA SILVA

Este Produto Educacional compõe o trabalho de Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Jeânderson de Melo Dantas

MARABÁ (PA)
2020

ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Calor passa espontaneamente do corpo quente para o corpo frio.....	8
Figura 2 - Transformação isotérmica reversível.....	11
Figura 3 - Na expansão livre de um gás perfeito, há aumento de entropia.	12
Figura 4 - Máquinas térmicas	15
Figura 5 - Motor de explosão de quatro tempos.....	16
Figura 6 - Gráfico $p \times v$ representado reversível ciclo de Carnot formado por duas transformações isotérmicas e duas adiabáticas.....	17
Figura 7 - Representação das transformações durante o ciclo de Carnot.....	18
Figura 8 - Diagrama esquemático de um fluxo de energia de um refrigerador.....	20
Figura 9 - Diagrama do princípio de funcionamento o ciclo de um refrigerador.....	21
Figura 10 - Estados físicos da água.	24
Figura 11 - Material de montagem de experimento com garrafa pet, mangueira e bolinhas de gude.	26
Figura 12 - Máquina a vapor.	28
Figura 13 - Misturas de tintas com água a partir de estado de baixa entropia.	32
Figura 14 – Compartimentos coletados e abertos na divisória central.....	32

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO.....	5
2 INTRODUÇÃO.....	6
3 SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA.....	8
3.1 Transformações reversíveis.....	9
3.2 Transformações irreversíveis.....	11
3.3 Entropia.....	12
3.4 Máquinas térmicas.....	14
3.5 Ciclo de Carnot.....	17
4 DESCRIÇÃO METODOLÓGICA.....	21
4.1 Metodologia rotação por estações.....	23
REFERÊNCIAS.....	34

1 APRESENTAÇÃO

O presente Produto Educacional foi idealizado para oferecer possibilidades pedagógicas ao professor de física da educação básica em especial aos que atuam na segunda série do Ensino Médio, e ao mesmo tempo incentivá-lo a construir metodologias possíveis que exploram o ensino de termodinâmica em todos os turnos a partir do ensino híbrido e personalização.

Porém, caso você prefira ensinar os conceitos introdutórios ou aprofundados dos temas abordados de forma dinâmica e criativa este é o produto ideal para você.

Portanto, se sua intenção é a aquisição de material didático na área de física sobre a segunda lei da termodinâmica, você vai encontrar textos, experimentos, lista de atividades com desafios de forma dinâmica que agregam conhecimentos que proporciona ao mesmo tempo a possibilidade de pesquisas futuras no campo da investigação de qualidade.

Caso você busque uma estratégia metodológica que facilite a preparação de suas aulas, apresentamos uma metodologia inovadora, considerada uma metodologia ativa de aprendizagem na perspectiva do ensino híbrido e aprendizagem significativa de David Ausubel (1968), Jerome Bruner (1976).

Em linhas gerais, a metodologia que propomos aqui é a Rotação por Estações, que é uma excelente alternativa pedagógica com o uso ou não das tecnologias, que pode se adequar a qualquer área do conhecimento onde os alunos são estimulados a fazerem parte de todo o processo, desenvolvendo sua autonomia através da interação e produção de conhecimentos. Entretanto este produto educacional foi aplicado em uma escola da rede estadual de ensino em uma cidade do interior do estado do Maranhão, que despertou o interesse pela temática, e ao mesmo tempo proporcionou novos momentos de aprendizagem além das aulas tradicionais, onde a participação, interação no desenvolvimento de cada estação evidenciou a qualificação de pensamento e aprendizagem significativa.

Desejamos a todos, que este Produto Educacional seja útil para a inovação em sua prática decente em sala de aula!

2 INTRODUÇÃO

A procura de uma prática pedagógica, direcionada para a uma aprendizagem significativa, fundamenta-se pela crescente necessidade ou insatisfação dos paradigmas utilizados no ensino em sala de aula, que se restringe na maioria das vezes no repasse de conteúdos de forma mecânica priorizando apenas a memorização, e ao mesmo tempo, tornando o aluno um sujeito passivo, que não participa da construção do seu conhecimento, ao invés de dar lugar a uma aprendizagem que estimule essa construção, onde o aluno participe ativamente do processo ensino aprendizagem, interagindo com o objeto de conhecimento para apropriação de saberes. Neste sentido se faz necessário as considerações prévias dos alunos durante o processo que possa representar um foco e significado no que se deseja aprender [1].

Entretanto as abordagens, com uso de metodologias tradicionais no ensino da física térmica, em particular da primeira e segunda lei da termodinâmica, têm sido basicamente macroscópicas, o que tem contribuído para maiores dificuldades de compreensão, principalmente na segunda lei da termodinâmica, por considerar que depende de elementos grandes para o seu entendimento. Vale ressaltar que no ensino médio há inúmeras propostas ou sequências didáticas que abordem a real presença da segunda lei da termodinâmica e aplicabilidade de máquinas térmicas. Diante desse paradigma, a apresentação de metodologias ativas de aprendizagem são elementos de pesquisa em ensino que visam promover uma melhor aquisição do conhecimento de forma simples e dinâmica que contribuirá para algumas soluções relacionadas aos problemas supracitados no ensino de física, sobretudo no contexto das novas tecnologias.

A proposta apresentada a seguir, utiliza uma abordagem da termodinâmica, por meio da metodologia ativa denominada *rotações por estações*, com foco no ensino da segunda lei da termodinâmica, em rotações que propõe compreensão através de experimentos, socialização e questionário final com o propósito de mensurar as aprendizagens adquiridas. Diante dessa metodologia, acredita-se que além de melhorar o entendimento e a compreensão dessa temática, minimiza-se as principais dificuldades encontradas pelos estudantes. Nesta ótica, os conceitos relacionados à reversibilidade, irreversibilidade, seta do tempo, ciclo de Carnot e máquinas térmicas, serão explorados no desenvolvimento da proposta que metodologicamente sincronizará cada atividade realizada.

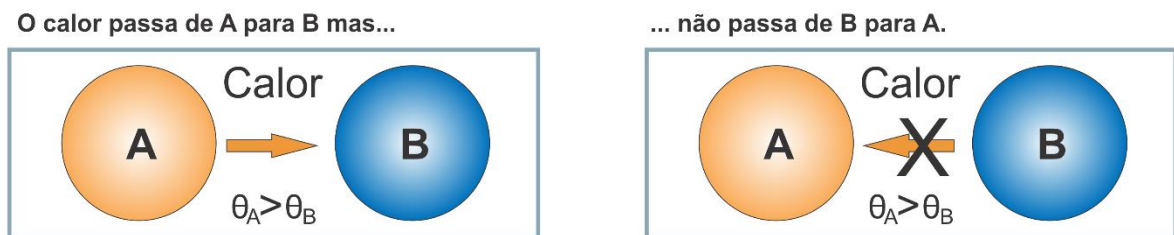
Acredita-se que essa abordagem permite explicar os fenômenos térmicos, a partir de experimentos de baixo custo com materiais ligados ao cotidiano dos alunos. Vale ressaltar que todas as atividades das estações requerem os conhecimentos prévios dos alunos, de modo que

toda a proposta está fundamentada na Teoria da Aprendizagem de Bruner, mesmo que a fundamentação teórica da metodologia rotação por estações não exija do conhecimento prévio de uma estação para outra. Na verdade, o que se espera é uma abordagem ampla de todo o conteúdo, de maneira prática e possível em sala de aula. Além de criar a possibilidade de pesquisas futuras.

3 SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

De acordo com o estudo da primeira lei da termodinâmica, em todas as transformações naturais, não há restrições à cerca do sentido que as transformações podem ocorrer, uma vez que a energia total permanece constante, fundamentada pelo princípio da conservação da energia em todo o processo. Assim, muitos fenômenos que são possíveis de acordo com a primeira lei, tornam-se impossíveis ocorrer de acordo com a segunda lei, pois ela impõe certas limitações, e existe a necessidade de outros mecanismos que contribui para a efetiva ocorrência. Neste sentido, a segunda lei se apresenta, tendendo para um estado de equilíbrio térmico de acordo com um sentido preferencial, em que a temperatura de um corpo de maior temperatura flui espontaneamente para o de menor temperatura, e o processo inverso não acontece, isso levou Clausius ao anúncio da segunda lei, onde o calor não passa espontaneamente de um corpo para o outro de temperatura mais alta [2], conforme visto na figura a seguir.

Figura 1 - Calor passa espontaneamente do corpo quente para o corpo frio



Fonte: Retirado de Ramalho, Nicolau, Toledo, 2009, p.197.

Conforme enunciado por Clausius “O calor flui espontaneamente de um corpo quente para um corpo frio. O inverso só ocorre com a realização de trabalho”, o calor sendo uma forma de energia inferior (energia degradada), sua convenção em outra forma de energia não é um processo simples, embora estabelecida essa possibilidade na primeira lei. Assim Lord Kelvin e Max Plank (1848-1947), enunciaram logo depois a segunda lei como “É possível construir uma máquina, operando em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e convertê-lo integralmente em trabalho”. Como se pode observar no estudo das máquinas térmicas, chamando a atenção dos físicos em relação a uma série de transformações que nunca irão ocorrer, embora esta não viole as Leis da Conservação de energia [2].

Conforme Sampaio e Calçada [3], entre as transformações que foram consideradas “proibidas “do ponto de vista físico, está a passagem espontânea de calor de um corpo frio para um corpo quente, sendo que tal fenômeno sempre ocorrer de modo inverso. Entre os exemplos

é possível citar: as máquinas frigoríficas, na qual a passagem de calor da região fria (congelador) em direção a região quente (ar externo). Portanto se sabe que essa passagem não foi espontânea, nesse caso houve a realização de trabalho.

No processo de construção de máquinas térmicas, percebeu-se a necessidade de haver duas fontes a temperaturas distintas, de modo que uma parte do calor retirado da fonte quente é rejeitada para a fonte fria. Entende-se que não se consegue transformar em trabalho todo o calor retirado da fonte quente, porém o processo inverso a este é possível, ou seja, a transformação integral do trabalho em calor, semelhante ao que acontece nas câmaras frigoríficas [3].

Essas “proibições” assim chamadas foram transformadas em lei, ocasionando assim a formulação da Segunda Lei da Termodinâmica, embora que ao longo dos séculos ocorreram muitas reformulações dentro dela, na qual os estudiosos mostraram ser equivalentes.

A segunda Lei da Termodinâmica é a que tem maior aplicabilidade, pois na Revolução Industrial, uma das consequências diretas, possível de apontar, foi a construção de máquinas e a sua utilização na indústria, trazendo grandes impactos socioeconômico e ambiental [4]. A partir dos estudos de Sadi Carnot (1796-1832), esta Lei alcançou validade científica, os estudos desenvolvidos por este físico francês se estabeleciam na possibilidade de aumentar a eficiência das máquinas. Ao longo dos anos, tanto físicos, como outros cientistas, foram percebendo que havia uma relação entre a segunda Lei da termodinâmica e os conceitos de reversibilidade e desordem [3].

3.1 Transformações reversíveis

Existem transformações que podem acontecer em ambos os sentidos, às vezes nem se pensa em sua ocorrência no sentido inverso. Nesta ótica, destacam-se como transformações reversíveis aquelas que podemos inverter o processo, voltando a seu estado inicial. Alguns exemplos como: o ar comprimido dentro de uma seringa, ao comprimir bem devagar e depois soltarmos, o gás se expande e volta ao estado inicial, a descida de um cubo em um plano inclinado na presença de uma mola que ao tocá-la retorna a seu estado de origem do movimento. No entanto, essas transformações são unicamente mecânicas, realizam-se sem considerar os atritos produzidos pelo contato nas superfícies, e considerando os eventos [2].

Considerando a situação de um cubo de massa M , na base do plano inclinado e uma mola considerada ideal na outra extremidade, o cubo ao deslizar sem considerar a resistência

por atrito irá chocar-se com a mola e voltará a sua posição inicial, conclui-se que esse fenômeno é um processo reversível [2].

Um processo reversível pode ser definido como algo que pode ser invertido sem deixar nenhum vestígio no ambiente. Ou seja, tanto o sistema, quanto o ambiente, são devolvidos ao seu estado inicial, no final do processo inverso. Na verdade, esse tipo de processo não ocorre na natureza, eles são apenas idealizações de processos reais, ou que também podem ser aproximados por dispositivos reais, mas eles nunca podem ser realizados [4].

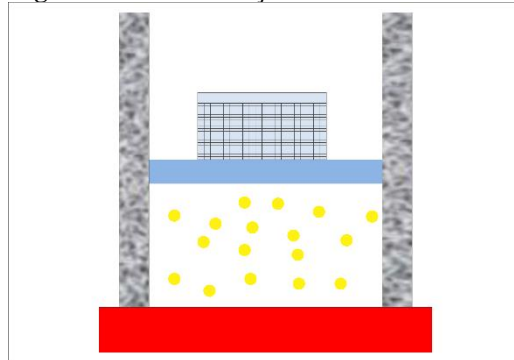
Em sentido específico, os processos reversíveis podem ser aplicados ao que não acarretam aumento de entropia. Nos sistemas termodinâmicos isolados, a reversibilidade está relacionada com a capacidade de um sistema termodinâmico macroscópico ou microscópico sofrer alterações físicas, ou químicas, sem que estas alterações impliquem um aumento da entropia (desordem) do sistema, sendo assim sempre possível voltar-se ao estado anterior à transformação uma vez revertida as condições que implicaram tal transformação [5].

Em sentido geral, a "reversibilidade" aplica-se a sistemas com fronteiras permeáveis – fechados ou mesmo abertos - nos quais os estados A e B diferem de tal forma que, o estado B retém em si todas as condições necessárias para que o estado A mostre-se novamente acessível, uma vez invertido o processo que afrouxou as restrições que impediam a transformação de A para B, geralmente espontânea [5].

Para considerar um processo reversível é preciso observar as seguintes condições segundo Tiple [6]:

- 1º Não deve se haver trabalho realizado pelo atrito, por forças de viscosidade ou por outras forças dissipativas que produzem calor;
- 2º Não deve haver condução de calor devido a diferença de temperaturas;
- 3º O processo deve ser quase estático, de modo que o sistema esteja sempre num estado infinitamente próximo do estado de equilíbrio;

Fazendo uma análise das condições acima, podemos observar que os processos reversíveis são praticamente impossíveis de acontecer de fato, devido a problemas de não termos um processo que atenda todas essas condições. Mesmo com essa dificuldade de acontecimentos, é importante estudarmos os processos reversíveis para acharmos as variações das variáveis termodinâmicas entre o estado final e inicial de cada sistema estudado como, por exemplo, o atrito de um cilindro com relação as suas paredes que é considerada desprezível conforme figura abaixo [7].

Figura 2 - Transformação isotérmica reversível

Fonte: Retirado de Gregio, 2016, p. 32.

Existe uma variedade de exemplos clássicos que remetem na aplicabilidade dos processos reversíveis, entre eles é possível citar o processo de carga e descarga das pilhas recarregáveis (baterias). Quando contrastado ao processo irreversível atrelado às pilhas comuns não recarregáveis, outro exemplo típico de reversibilidade são os materiais elásticos que podem variar seu estado de deformação e tensão sob a ação de certas forças e voltar a seu estado inicial quando as forças deixam de atuar sobre o material.

Diante dos resultados empíricos, a definição de reversibilidade associar-se-ia a rigor à definição em sentido específico ora, apresentada, sendo esta, entretanto irreal, visto que na prática não ocorrem processos completamente reversíveis, que estejam em acordo com a forma exata com a definição estrita, embora que processos muito próximos a estes possam ser verificados. Na prática, verificam-se apenas os processos que concordam com a definição em sentido lato de "reversibilidade". Portanto, se fala em transformações de processos quase estáticos, ou ainda processos quase reversíveis [2].

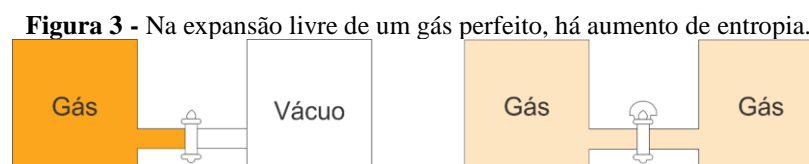
3.2 Transformações irreversíveis

Segundo Dourado, Marchiori [4], a irreversibilidade é entendida como uma manifestação de um processo físico real, a qual entende-se a impossibilidade de ocorrência no sentido inverso ao sentido temporal original. A exemplo é possível citar a impossibilidade de transferência de calor espontaneamente de um corpo frio para um corpo quente. A natureza é repleta de processos irreversíveis e eles são muito mais comuns do que os processos reversíveis. Estes últimos, por sua vez, são raros e dependem de condições muito singulares para ocorrerem, assim define. No entanto, mesmo diante da natureza irreversível da dinâmica de sistemas reais, toda a teoria da termodinâmica clássica ensinada está baseada na hipótese de equilíbrio e reversibilidade destes processos.

De acordo com o princípio fundamental da natureza com relação à conservação de energia, “energia não se cria, não se perde, ela se transforma”, processos que não violam esse princípio são chamados processos irreversíveis, e por obedecer a tal princípio as suas transformações sofrerão somente em um único sentido. Em outras palavras, nos processos irreversíveis, naturalmente o inverso não ocorre, por exemplo: Quebra de um copo de vidro, a mistura de água com tinta, o derretimento de um cubo de gelo, a queima de um pedaço de lenha seca, a junção das moléculas de um gás após o estouro de um balão etc., tais processos são impossíveis voltarem ao seu estado inicial. Outra situação considera-se que sua inversão só ocorrerá através de agentes externos mais complexos que envolve modificações nos corpos, exemplificando hipoteticamente a situação de quando retiramos uma pedra de gelo de um congelador e expomos a uma temperatura elevada para que se tenha a água através da fusão, fenômeno este que acontece espontaneamente, para que aconteça o processo inverso necessariamente precisamos retirar o calor dessa água colocando novamente no interior do congelador que através dessa ação do agente externo, será possível em condições normais retornar a temperatura de 0°C [2].

3.3 Entropia

De acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de variação de entropia é Joule por Kelvin (Símbolo: J/K). A variação de entropia é da mesma forma que a variação de energia interna ΔU , é uma função de estado, assim como energia, pressão e temperatura, ou seja, não dependendo das particularidades das transformações que deslocam de um estado para o outro, e sim do estado inicial e final durante a transformação, porém, essa denotação só será visível através de experimentos, por exemplo, a passagem de um gás ideal por um processo reversível. Assim, a definição acima é válida para a transformação reversível, pois na transformação irreversível é feito de modo indireto como mostra a figura abaixo [2].



Fonte: Retirado de Ramalho, Nicolau, Toledo, 2009, p.207.

Através da variação da grandeza entropia é possível definir se um processo é reversível ou irreversível. No estudo da termodinâmica, sabemos que é impossível transformar todo o calor trocado em um processo de trabalho. Neste sentido, diante dessa ocorrência nos sistemas

termodinâmicos, uma parte da energia sempre no final do processo se transforma em formas menos úteis ou desorganizadas. Assim, em uma transformação natural, várias formas de energia se convertem em calor, ou seja, ao mesmo tempo a energia total do sistema tende a aumentar sua ineficácia e, conseqüentemente, há um aumento de sua entropia [2].

De acordo com Hallyday [8], a entropia se diferencia de energia, pois não obedece a uma lei de conservação, assim, entende-se que a energia em um sistema fechado é conservada, permanecendo constante. Já nos processos irreversíveis, a entropia aumenta em um sistema fechado. Por consequência dessa propriedade, a variação de entropia é conhecida às vezes como “Seta do tempo” e isso é observado em várias ações do cotidiano, como a explosão de um milho de pipoca no sentido positivo do tempo, ou seja, um aumento de entropia, ou um filme passado do final para o início, no sentido negativo, faz-se correspondência ao retorno a sua fase inicial como a pipoca se transformar em milho, ou seja, uma diminuição de entropia. Esse processo jamais ocorreria, no entanto, há possibilidade de se obter trabalho, dependendo da temperatura T (Temperatura durante a transformação isotérmica reversível), em que essa quantidade é trocada, a partir de uma certa quantidade de calor Q (Quantidade de calor que o sistema troca), [8]. Segundo Rodolph Clasius, a entropia permanece constante nos processos reversíveis, mas aumenta nos processos irreversíveis, e sua variação é a razão entre a troca de calor, pela temperatura absoluta inicial, definida pela relação:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \quad (1)$$

Note-se que, a variação total de entropia, não depende do trabalho. Vale apenas ressaltar que, mesmo a ocorrência sendo de forma reversível, a variação do universo será nula. E vale considerar duas situações distintas como a entropia gerada em uma transformação irreversível, e a entropia trocada entre o sistema e vizinhança. O calor recebido pelo sistema é idêntico ao calor retirado da vizinhança, assim teremos que $\Delta Q_T - \Delta Q_V = 0$, e assim vale a relação:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q_t}{T} - \frac{\Delta Q_v}{T} = 0 \quad (2)$$

Conforme, Yamamoto, Fuke [9] os fenômenos naturais, são irreversíveis por realizarem-se em sentido mais prováveis, e ao mesmo tempo, tendem a ocorrência de um estado ordenado para um estado desordenado, como também a degradação natural de energia tende a uma evolução para a desordem. Para Clausius, o conceito estático de desordem, fez associação ao conceito matemático de entropia, ou seja, na verdade é uma questão de probabilidade e

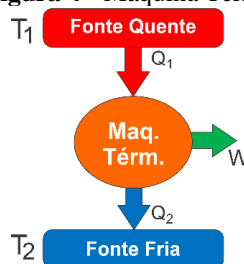
estatística, que através de análise é possível fazer uma interpretação da irreversibilidade dos processos, estando no maior número de moléculas possíveis presentes nas configurações.

3.4 Máquinas térmicas

Desde o início da humanidade, os povos aprenderam a usar o calor através de fogueiras para cozinhar alimentos e se aquecer. Dessa forma, eles transformavam a energia proveniente do calor em energia térmica. Nos dias atuais, pode-se usar a energia liberada por combustíveis para acelerar veículos, lançar foguetes ou realizar qualquer atividade que exige a presença da força, e ao mesmo tempo, provocar a realização de trabalho através do calor. Mas o primeiro dispositivo que foi capaz de transformar calor em trabalho foi a máquina a vapor, símbolo da Revolução Industrial. Assim, um feito físico observado nessa máquina, foi que, após o seu surgimento, mostrou-se que ao ferver a água para obter vapor a alta pressão, esse vapor foi capaz de empurrar um pistão e realizar trabalho. Durante os séculos XIX e o XX, constata-se o desenvolvimento do motor a gasolina, do motor a jato, a turbina a vapor, e outros dispositivos que com a queima dos combustíveis, transforma-se o calor em trabalho útil, e a evolução desses dispositivos é que move nossa sociedade moderna e contemporânea [10].

Uma maneira de compreender a importância e a dinâmica das máquinas térmicas, é imaginar que a quantidade de energia, opera entre dois recipientes, sendo um de alta temperatura e outro de baixa temperatura. Assim, considera-se que o recipiente de baixa temperatura “frio” é o local onde parte do calor não realiza trabalho, isso é, uma realidade que vem diante de muitos fatos históricos, como na revolução industrial, com a presença de antiga locomotiva, que convertia calor do vapor d’água (reservatório quente), em trabalho onde o calor não utilizado na combustão é lançado para o ar atmosférico (reservatório frio) [9]. Conforme figura abaixo:

Figura 4 - Máquina Térmica



Fonte: Retirado de Greggio, 2016, p.27.

Assim, uma máquina térmica pode ser entendida como um dispositivo, que extrai do ambiente energia na forma de calor e realiza trabalho útil, ao mesmo tempo, o trabalho passa a ser uma substância indispensável no entendimento de todo o funcionamento de uma máquina que opera em ciclos, chamados tempos termodinâmicos [8].

De modo geral, qualquer máquina térmica como motor de automóveis de combustão interna até seu ciclo de vida, converte calor em trabalho operando em ciclos contínuos, onde cada um dos ciclos retira calor da fonte quente Q_1 , utiliza assim parte para realizar trabalho, e o calor dissipado é enviado para a fonte fria, para isso vale a relação:

$$Q_1 = \tau + Q_2 \quad \text{ou} \quad \tau = Q_1 - Q_2 \quad (3)$$

A diferença entre essas duas quantidades de calor: uma da fonte quente a uma temperatura T_1 , a qual retira calor Q_1 , e uma fonte fria a uma temperatura T_2 , rejeita uma quantidade de calor Q_2 , define-se como a convenção do calor em trabalho de uma máquina térmica [11].

Conforme, Gaspar [12], o fluxo de calor em uma máquina térmica, tornar-se evidente que o trabalho é proveniente somente da parte do calor que é recebido da fonte quente, assim como a sua potência útil. Neste sentido entende-se que outra parte, cede calor ou dissipa para a fonte fria. Logo o rendimento de qualquer máquina térmica é sempre inferior a 100%.

O rendimento de uma máquina térmica é calculado pelo o quociente da quantidade útil de trabalho realizado, pelo pela quantidade total de calor retirada da fonte quente, portanto:

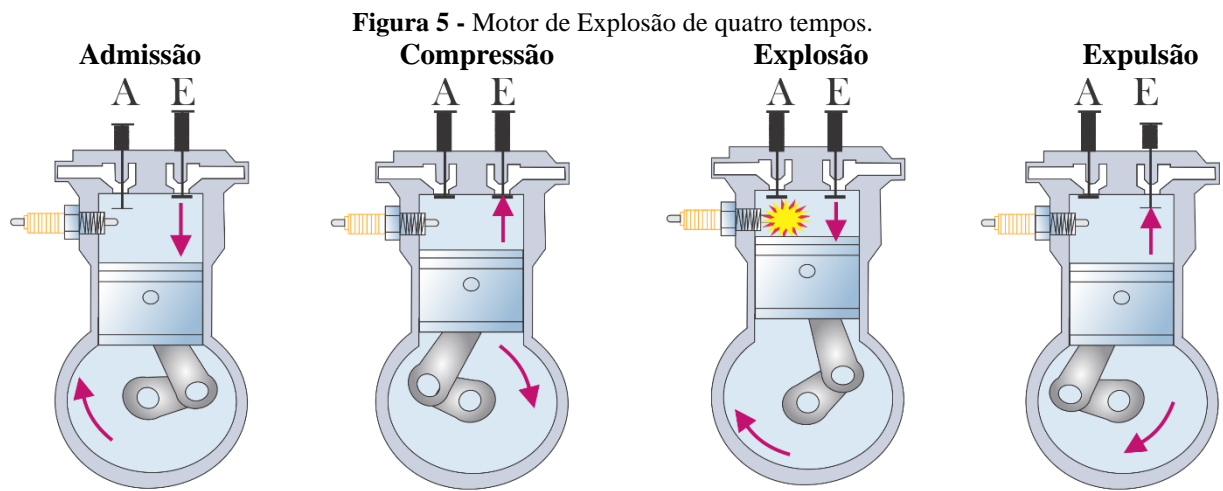
$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} \quad (4)$$

Entretanto, a utilização de modulo em Q_2 , se faz necessária em virtude da convenção utilizada nos estudos da primeira lei da termodinâmica, em que atribui a Q_2 o sinal negativo nas relações, porém, o uso do sinal tornará o rendimento maior que 1, que obviamente contraria os princípios físicos sobre a produtividade das máquinas térmicas conforme relação:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \text{ou} \quad \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (5)$$

Segundo, Ramalho, Nicolau, Toledo [2], outra situação, que observa-se é com relação dos motores de explosão, como os de turbinas a vapor ou a gás, locomotiva, automóvel, reator de avião dentre outros, que produzem trabalho quando é fornecido calor. Nos automóveis o sistema de injeção eletrônica ou carburador, mistura adequadamente uma dosagem de ar e vapor de combustível que ao penetrar no cilindro é inflamada e comprimida. Assim o calor produzido

pela combustão explosiva é uma mistura de ar e combustível que após a compressão libera grande quantidade de calor. Desse modo a explosão provoca uma pressão a um valor muito alto, com isso a massa gasosa provocada, exerce sobre o pistão uma intensidade de força que provoca a rotação do eixo motor. O motor de automóvel é um motor de quatro tempos como mostra a figura abaixo:



Fonte: Retirado de Ramalho, Nicolau, Toledo, 2009, p. 247.

No primeiro tempo (**ADMISSÃO**) - A mistura de ar + combustível, que se encontrava no ponto superior do pistão, é fragmentada em partículas muito pequenas na câmara de combustão (C) através da válvula de admissão (A), que se encontra aberta. Nesse momento, a válvula de escape (E) se mantém fechada.

No segundo momento (**COMPRESSÃO**) - As válvulas de admissão (A) e de escape (E) estão fechadas enquanto o pistão está quase chegando ao topo, e prestes a iniciar a compressão a vela é acionada produzindo uma faísca provocado pelo aumento de temperatura.

Terceiro tempo (**EXPLOSÃO**) - Nesse tempo, com a faísca liberada pela vela (V) que inflama os gases comprimidos devido a mistura gasosa, evento extremamente rápido, antes que o pistão tenha tempo de começar a descer. Com o aumento considerável da pressão e a temperatura devido o calor, move fortemente o pistão para baixo, sendo o único tempo motor ciclo que há realização de trabalho.

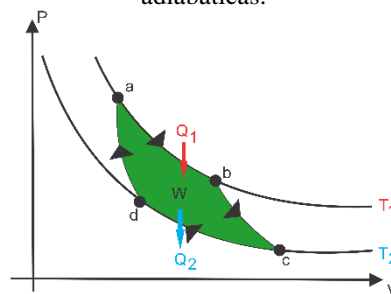
Quarto e último tempo (**EXPULSÃO**) - Enquanto se abre a válvula de escape (E), os gases são expelidos para a atmosfera pela válvula aberta, por meio do movimento progressivo do pistão, determinado pelo eixo motor em movimento. No término ao subir o pistão, a válvula de escape se fecha (E), e, quando o pistão começa a descer, a válvula de admissão (A) abre, recomeçando o ciclo novamente.

Nos dias atuais, os motores possuem injeção eletrônica, que regulam automaticamente a quantidade da mistura gasosa utilizada, assim obtém melhores rendimentos. Dessa forma um motor de quatro cilindros, deve funcionar da seguinte forma: enquanto o primeiro está no tempo de admissão do gás, o segundo deve estar na compressão, o terceiro na queima e o quarto expelindo o gás, e a energia necessário para produzir o início do movimento deverá ser fornecida através motor de arranque.

3.5 Ciclo de Carnot

O francês Sardi Carnot em um artigo publicado em 1824, descreveu que um rendimento máximo poderia ser atingido em uma máquina. Carnot comprovou teoricamente a existência de uma transformação específica em um ciclo especial, onde uma máquina térmica obtinha o máximo rendimento em atividade operando entre duas fontes térmicas. Refere-se a uma máquina térmica que opera em ciclo, que teria rendimento máximo tanto maior quanto mais elevada à temperatura da fonte quente, caso o combustível da operação se comportasse como um gás ideal [13].

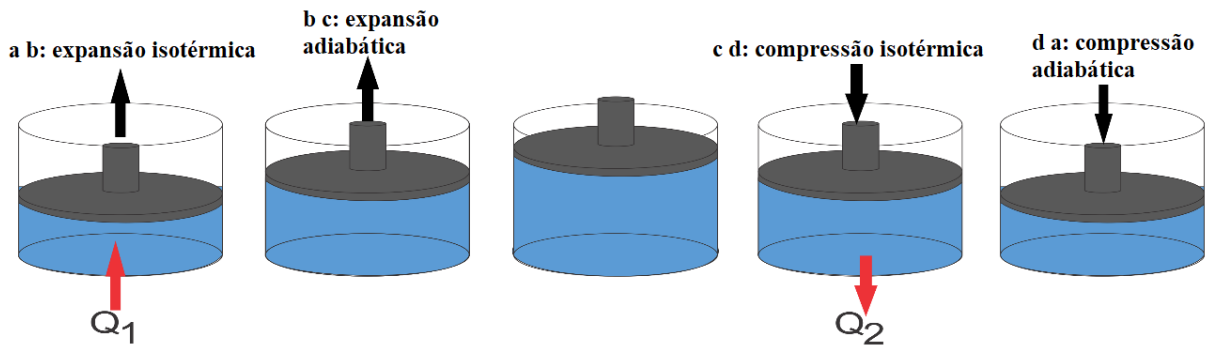
Figura 6 - Processo reversível a partir do ciclo de Carnot, formado por duas transformações isotérmicas e duas adiabáticas.



Fonte: Retirado de Gregio, 2016, p.58

A figura 6 mostra que a quantidade de calor Q_1 , absorvida pelo gás a temperatura constante T_1 no primeiro ciclo ou primeiro processo no seguimento AB, logo após o segundo processo no seguimento BC – expansão adiabática ($Q = 0$), ou seja, sem troca de calor, mas cede quantidade de calor, de temperatura constate T_1 para T_2 , na compressão isotérmica do gás no seguimento CD a máquina descarta uma quantidade de calor Q_2 da fonte quente para a fonte fria de temperatura T_2 e menor temperatura T_1 , a seguir finalizando o ciclo no quarto processo no seguimento DA sem troca de calor, sofre uma compressão adiabática, mas com aumento de temperatura de T_2 para T_1 , remoçando a seguir o mesmo ciclo, como exposição ilustrada na figura a seguir [7]:

Figura 7 - Representação das transformações durante o ciclo de Carnot.



Fonte: Retirado de Gregio, 2016, p. 58.

Conclui-se que a razão entre a quantidade de calor em modulo, é diretamente proporcional a razão entre as temperaturas da fonte quente em relação à temperatura da fonte fria, isso fundamenta-se pela maior quantidade de calor que pode ser absorvida em relação o que foi cedida a fonte fria, e o trabalho é determinado pela área interna em cada ciclo. Vale lembrar que o rendimento da máquina de Carnot não depende do fluido de trabalho, depende somente das temperaturas das fontes quente e fria. Conforme relações abaixo percebe-se que a eficiência da máquina de Carnot depende somente das temperaturas dos dois reservatórios. E sua eficiência será máxima quando houver uma-variação de temperatura grande, e ao mesmo considera-se muito pequena quando as diferenças de temperatura estiverem aproximadamente iguais, não sendo jamais igual a 1 e quando a temperatura for igual a zero ($T_1 = 0$) iguais isotermicamente é impossível.

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} \text{ ou } \frac{Q_1}{Q_2} - \frac{T_1}{T_2} \quad (6)$$

Observando a equação acima, faz-se um exercício mental. Considerando uma máquina térmica que opere a 400 K (127°C) na fonte quente e 300 K (27°C) na fonte fria, neste caso ao aumentarmos a temperatura da fonte quente consegue-se aumentar o rendimento dessa máquina, entretanto tal rendimento não será igual a 1.

Máquinas frigoríficas, funciona através da transferência de calor de um local de menor temperatura para um de maior temperatura, este sentido contraria a passagem espontânea de calor, contrariando os enunciados de que o calor flui do corpo quente para o frio, porém essa transferência não ocorre espontaneamente, dependendo do trabalho externo, assim como os congeladores o calor retirado é transferido para o meio externo graças ao trabalho realizado pelo compressor. Assim para a máquina frigorífica define-se não o rendimento, mas a sua

eficiência térmica, que é dada pela razão entre a quantidade de calor da fonte fria e o trabalho realizado. Vale lembrar que não há unidade de medida definida e seu rendimento pode ser maior que 1, que se torna impossível para uma máquina térmica [11]:

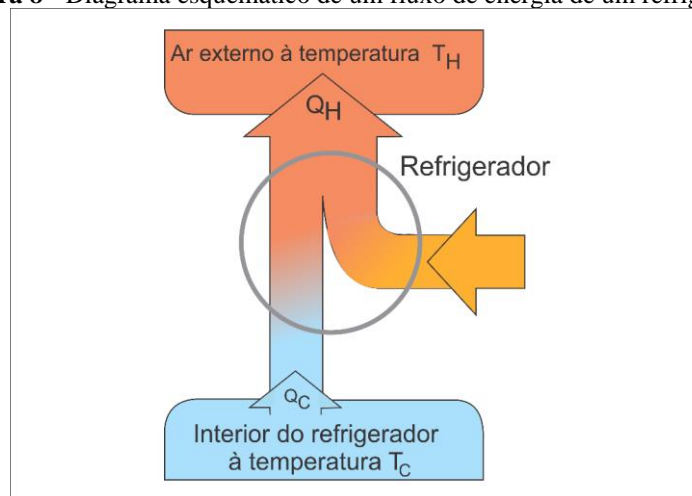
$$E = \frac{Q_2}{\tau} \quad (7)$$

Conforme, Young, Freedman, [14], com relação aos refrigeradores, pode-se dizer que é uma máquina térmica funcionando com um ciclo invertido. Naturalmente uma máquina térmica em funcionamento recebe calor de uma fonte quente e o rejeita para um local mais frio. Um refrigerador faz precisamente o contrário ao receber calor de uma fonte fria, que se refere a parte interna do refrigerador e o transfere para uma fonte quente, que comumente o ar externo no local onde o refrigerador estar localizado. Assim a máquina térmica fornece um trabalho mecânico líquido e ao mesmo tempo o refrigerador precisa receber um trabalho também na forma líquida, sabe-se que esse funcionamento não é espontâneo por isso há necessidade de um trabalho externo. Neste sentido, através de conversões de sinais a quantidade de calor no interior do refrigerador Q_c é positivo para o refrigerador, no entanto o trabalho (W) e a quantidade de calor na parte externa do refrigerados Q_h são negativos, conforme descrito abaixo:

$$|W| = -W \quad \text{e} \quad |Q_H| = -Q_H$$

Logo, em relação ao fluxo de energia, de acordo com a 1ª lei em um processo cíclico conforme a figura é:

Figura 8 - Diagrama esquemático de um fluxo de energia de um refrigerador



Fonte: Retirado de Young, Freedman, 2015, p. 325.

$$Q_h + Q_c - W = 0$$

Entretanto, como Q_H e W são negativos,

$$|Q_h| = |Q_c| + |W| \quad (8)$$

Portanto, conforme o diagrama há uma realização de trabalho (W), onde um motor retira uma quantidade de calor (Q_C) da fonte fria e uma quantidade de calor (Q_H) é transferida á fonte quente,

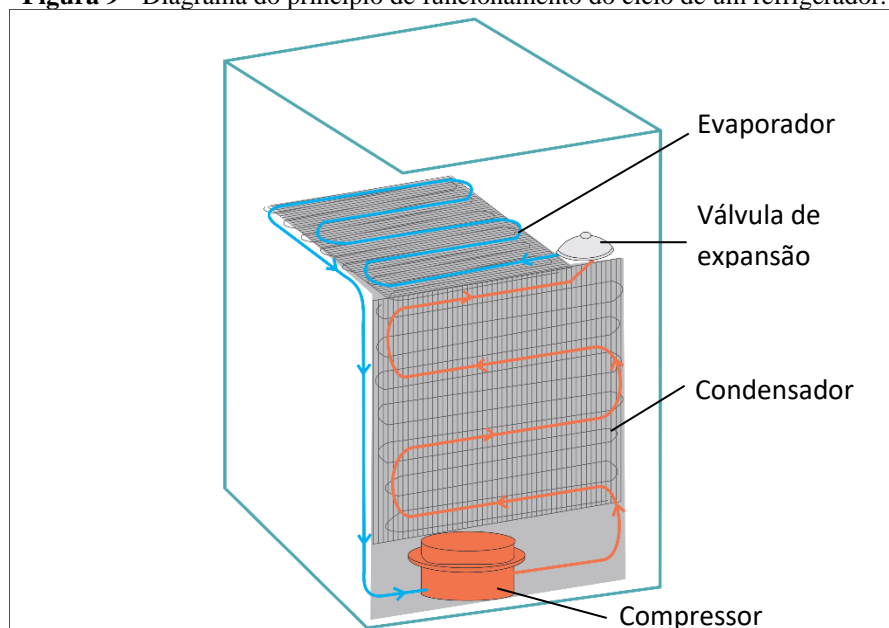
$$|Q_h| = |Q_c| + |W| \quad (9)$$

Observa-se que essa relação é válida tanto para máquinas térmicas, quanto para refrigerador, e se tratando de economia o melhor ciclo de refrigeração é o que é capaz de remover a maior quantidade possível de calor $= |Q_C|$ do interior do refrigerador para realizar menor trabalho $|W|$, portanto, a razão $|Q_C| / |W|$ torna-se relevante devido quando maior for essa razão, melhor será o equipamento no caso o refrigerador, por esse motivo essa razão também é conhecida como coeficiente de desempenho, que é medido através da relação a seguir:

$$K = \frac{|Q_c|}{|Q_h| - |Q_c|} = \frac{|Q_c| / |Q_h|}{1 - |Q_c| / |Q_h|} \quad (10)$$

onde: K é coeficiente de desempenho de um refrigerador, (Q_C) entrada de trabalho do refrigerador, (W) calor removido de dentro do refrigerador e (Q_H) calor rejeitado para o meio externo. Nos refrigeradores domésticos no caso das geladeiras, há retirada de calor do congelador e há rejeição de calor para ao ar atmosférico. Neste sentido essa rejeição é feita por uma serpentina que é um dissipador de calor colocada na parte posterior do equipamento.

Figura 9 - Diagrama do princípio de funcionamento do ciclo de um refrigerador.



Fonte: Retirado de Young, Freedman, 2015, p. 320.

Como mostra a figura acima o processo de funcionamento acontece da seguinte maneira: a substância circula sequencialmente por dois tubos conectados na válvula de expansão, inicialmente o compressor recebe o fluido refrigerante, para compressão adiabática e devolve o fluido a serpentina do condensador, logo após no condensador comprime-se o fluido estando a uma temperatura mais elevada do que do meio externo de modo que produz calor (QH) para o ar, parcialmente o fluido é condensado para o estado líquido, em seguida o fluido expande-se através da válvula de expansão no processo adiabaticamente, após a expansão adiabática o fluido no evaporador a uma temperatura inferior ao interior do refrigerador, absorve-se calor (QC), resfriando o conteúdo e evaporando-se parcialmente em vapor., assim o líquido formado segue-se para a válvula de expansão, daí o processo se repete.

4 DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Esta proposta originou-se partir de discussões na disciplina *Marcos da Física*, ministrada pelo Dr. Erico Novais no Mestrado Profissional Nacional no Ensino de Física da UNIFESSPA, campus Marabá, onde surgiu uma inquietação diante das discussões dos colegas por se tratar de um tema pouco abordado em sala de aula, bem como o baixo rendimento em física dos alunos da rede pública estadual da escola, na qual atuo como professor de física. Oriundos da rede pública e por serem alunos de classe baixa a média, não foi preciso muito tempo para perceber a necessidade oferecer aos alunos meios para motivá-los ao estudo, à pesquisa ou simplesmente a compreender a presença da física em seu cotidiano.

Nesse contexto, pensou-se na utilização ou aplicação de metodologias ativas, oriundas do ensino híbrido. Para Bacich e Morán [15], tem como características a flexibilidade do planejamento, a possibilidade de aprender sozinho ou em grupo, através da interação ou espontaneamente, e que ao mesmo tempo venha casar-se com a teoria da aprendizagem de Bruner. Nesse sentido, o aluno aprende fazendo, em um processo em que a aprendizagem surge a partir da interação com seus pares e por meio das ações desenvolvidas em cada estação através de diálogos e reflexões promovidas por essa interação.

A aplicação da metodologia rotações por estações traz também a presença de recursos tecnológicos de fácil alcance dos alunos, apresentando como meios de produção de conhecimento, ferramentas que poderão despertar o interesse pela temática abordada, bem como o estímulo à obtenção de aprendizagem significativa. No desenvolvimento vale destacar

que, o professor terá o papel de mediador de aprendizagem em cada estação, o que é de suma importância para o desenvolvimento da metodologia e acompanhamento das aprendizagens.

Portanto, dentre várias metodologias ativas disponíveis, escolhi a Rotação por Estações, que se apresenta em seguida, para aplicação nas turmas 200 e 201 de segundo ano, com o propósito de desenvolver aprendizagem de forma satisfatória da segunda lei da termodinâmica, saindo do patamar de um conteúdo em alguns tópicos, considerado menos importante e pouco abordado por muitos professores. Cabe ressaltar que posteriormente será aplicado um questionário como o propósito de identificar as aprendizagens obtidas com a aplicação da metodologia, de modo que servirá para coleta e análise de dados. Os resultados obtidos servirão de base para uma dissertação ampla sobre a metodologia e fundamentação teórica do tema abordado.

As atividades terão início no segundo semestre do ano letivo, considerando que o conteúdo de entropia geralmente é trabalhado no 3º bimestre. Nessa metodologia os alunos são divididos em equipes com tarefas definidas em cada estação, com início, meio e fim. As equipes rotacionam pelas estações, onde o professor inicialmente determina o tempo. O tempo de cada estação poderá variar de acordo com o desenvolvimento das atividades pelos alunos, não podendo ultrapassar o tempo total previamente estabelecido pelo professor de 20 a 30 minutos, para conclusão de todas as estações. A principal característica da Rotação por Estações é, que apesar das atividades específicas de cada estação serem entregues no momento da realização em sala de aula, será avaliado não somente o produto, mas sim o processo sobre os progressos obtidos através pesquisas, discussões, interação, autonomia e gerenciamento do tempo [16].

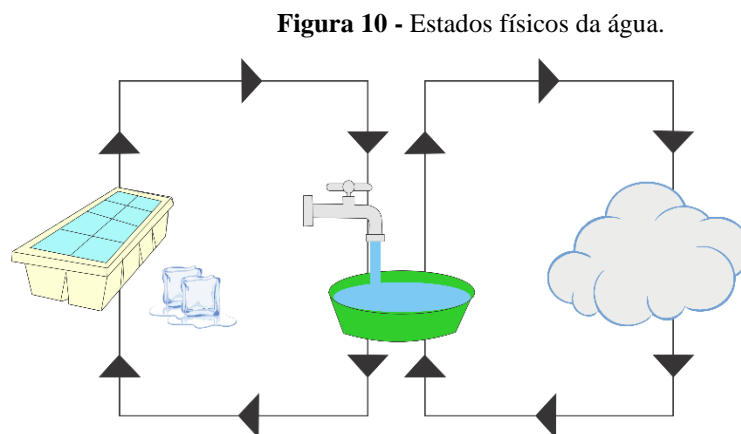
Espera-se obter com o uso dessa metodologia os seguintes resultados: mudança no papel do professor, agora mediador do processo de ensino-aprendizagem, potencialização da aprendizagem respeitando os ritmos de aprendizagem de cada aluno, feedback mais produtivo da aprendizagem do professor aos alunos e desenvolvimento da autonomia dos alunos diante dos temas abordados em cada estação. Ao mesmo tempo, ela proporciona quatro momentos distintos: o primeiro é a interação efetiva aluno-professor ao sanar dúvidas, dar orientações e reflexões, o segundo é o trabalho colaborativo entre aluno-aluno ao propor questões para trabalho em equipe, desenvolvendo um produto que demonstram sua aprendizagem, o terceiro momento é o uso das tecnologias que proporciona a cultura digital que pode ser através do próprio celular do aluno, e por fim o quarto momento que é o da sistematização, onde o professor corrige com a turma os erros que ocorreram em cada estação e dá possíveis encaminhamentos para a próxima etapa que é a avaliação da aprendizagem.

4.1 Metodologia rotação por estações

A seção 4.1 descreve as estações A, B, C, B e E, relacionadas aos fenômenos de reversibilidade - 01, transformações irreversíveis - 02, transformações irreversíveis - 03, resolução de questões objetivas, desordem das moléculas - 01, desordem das moléculas - 02.

ESTAÇÃO A – REVERSIBILIDADE

A estação A, que tem como título “Estados físicos da água”, tem como objetivo identificar as fases do ciclo da água considerando suas características e manifestações na natureza como processo reversível, ilustrado na figura 10 de acordo com os materiais e procedimentos de realização descritos abaixo.



Fonte: Retirado de Ensinar hoje, 2019 ¹.

Materiais necessários: 1 Panela, água, frigorífico, fogão, cubos de gelo, espelho ou papel filme, bacia.

Procedimentos: Colocar os cubos de gelo a uma temperatura, para a passagem da água do estado sólido para o estado líquido (Fusão) dentro da bacia. Com a água no estado líquido, coloca na panela e leva ao fogão, para aquecimento, aquece a água até ferver e observe a formação de pequenas bolhas de gás (evaporação), nas paredes e no fundo da panela as quais se elevam até a superfície.

¹ Disponível em: **Hoje, Ensinar**. <https://ensinarhoje.com/mudancas-nos-estados-fisicos-da-agua/>. [Online] 31 de 01 de 2019. [Citado em: 22 de 03 de 2020.]

No ponto de ebulição da água ocorre o rompimento das ligações pontes de hidrogênio entre as moléculas, ocasionando a formação de bolhas de vapor em vários pontos do líquido. Tais bolhas aumentam em volume e quantidade, uma vez que mais moléculas vão ganhando liberdade. Depois colocamos um espelho por cima e observamos que ficou cheio de gotinhas de água (condensação). De posse dessas gotículas leva ao congelador para obter o processo inicial a solidificação.

ESTAÇÃO B - TRANSFORMAÇÃO IRREVERSÍVEIS – 01

Esta estação traz três situações sobre os processos irreversíveis, uma intitulada “Experiência do ovo”, que têm como objetivo diferenciar transformações reversíveis e irreversíveis causadas pelo aquecimento, e outra “Queima do papel ²” que tem como objetivo identificar através da queima do papel como uma transformação irreversível, e a terceira “Irreversibilidade”, que tem como objetivo perceber de forma concreta, a presença da irreversibilidade, através de situações que envolve matérias de baixo custo associado a argumentação estatística.

Leia o Texto:

A mãe de Pedro, aluno do Ensino Médio, estava preparando um jantar, e ao quebrar os ovos para preparar a receita, percebeu algumas características específicas do ovo, como a gema e a clara eram bem molinhas e viscosas. Depois de um certo tempo, no recipiente percebeu que a gema e a clara já não tinham as mesmas características de antes. O que ocasionou essa mudança? Interrogou Pedro. Mas o pior estava por vir, quando dona Maria leu novamente a receita percebeu que o ovo que estava descrito deveria estar cru, e não cozido. E agora o que fazer? Será se o ovo depois de cozido pode voltar a ser cru? O que fez o ovo mudar de aspecto? Qual fator foi determinante nesta mudança? Será que é uma transformação reversível?

Materiais necessários: Dois ovos, uma panela, dois potes, água para o cozimento, fogão ou micro-ondas.

Procedimentos: Cozinhe o ovo e retire o ovo já cozido da panela. Coloque em outro recipiente e aguarde esfriar. A equipe deverá comparar os dois ovos, o cozido e o cru.

² Disponível em: **Sei, Editora**. <https://youtu.be/2awHqCR-X8o/>. [Online] 17 de 08 de 2018. [Citado em: 22 de 03 de 2020.]

ESTAÇÃO B - TRANSFORMAÇÃO IRREVERSÍVEIS – 02

Problematização: O papel quando queimado, passa por uma transformação Reversível ou Irreversível? Vamos testar?

Materiais necessários: Papel A4 para queima, prendedor de roupa para segurar o papel, fósforo, prato de vidro, água para apagar o fogo.

Procedimentos: Coloque o papel em um prato em cima da mesa. Acenda o fósforo e deixe queimar até que se transforme em as cinzas completamente. Questionamentos feitos pelo professor: Qual produto formado? Ele ainda é papel? Depois de sofrer esta transformação o papel poderá voltar a ficar como antes? O papel pode virar cinzas? Mas, as cinzas podem virar papel? De que tipo de transformação está tratando aqui, reversível ou irreversível?

ESTAÇÃO B - TRANSFORMAÇÃO IRREVERSÍVEIS – 03.

Figura 11 - Material e montagem de experimento com garrafa PET, mangueira e bolinhas de gude.



Fonte: Retirado de Moura, 2016, p.31.

Materiais necessários: Garrafa Pet, bolinhas de gude (50% de cada cor), mangueira transparente, papel, caneta para notação das observações.

Procedimentos: Coloca-se as bolinhas de gude na garrafa pet e conecta a mangueira transparente no gargalo da garrafa agita-se o sistema de modo que todas as bolas saiam do sistema. Estima-se quais possibilidades as bolinhas voltarem a se agruparem como na fase inicial.

ESTAÇÃO C – MÁQUINAS TÉRMICAS – 01

A presente estação contempla dois experimentos “Barquinho pop-pop³”, que tem como objetivo perceber a presença da transformação da energia térmica em energia mecânica através do calor, o outro experimento titulado como “Máquina a vapor” com o objetivo de construir uma máquina a vapor e demonstrar a conversão da energia térmica em energia mecânica, conforme descritas abaixo.

Materiais necessários: Tesoura, estilete, 1 lata de refrigerante, cola quente, cola epóxi, fósforo ou isqueiro, 1 vela de aniversário, 3 canudos dobráveis, palitos de dente, isopor de bandeja de frios, 1 cartão de crédito ou carteirinha.

Procedimentos:

1º passo: Primeiramente, você deve fazer um furo no topo da lata com o estilete e retirar a "tampa" da lata com a tesoura. Depois que a tampa for retirada, faça um corte perpendicular ao corte da tampa para baixo e recorte o fundo da lata também até que você obtenha uma folha de alumínio.

2º passo: Agora, dobre a folha de alumínio obtida no passo anterior deixando um pequeno espaço entre as pontas e prenda com fita crepe ou fita adesiva na ponta. Após colada a fita, pegue uma tábua de carne grossa ou um pedaço de madeira em forma de paralelepípedo e bata na ponta da folha de alumínio dobrada sem a fita e bata em cima da tábua até que a ponta da folha fique achatada.

3º passo: Em seguida, pegue o molde e recorte-o de qualquer jeito. Feito isso, faça 3 bolinhas de fita crepe ou adesiva e cole embaixo desse molde já recortado, e prenda o molde na folha de alumínio horizontalmente. Agora recorte esse molde tendo como limite sua linha externa não pontilhada e nas laterais seguindo o limite da folha de alumínio.

4º passo: Após ter feito isso, pegue uma tábua de carne grossa ou um pedaço de madeira com o canto reto e prenda a peça obtida no passo anterior no lateral da tábua. Dobre em cima da linha pontilhada dos dois lados da peça. Em seguida, remova o molde de papel e reforce as dobras com o auxílio do cartão ou carteirinha. Finalmente, ponha a peça obtida embaixo da tábua e basta uma vez para que as dobras fiquem achatadas.

5º passo: Agora, na parte aberta da peça obtida, deve-se colocar 3 canudos dobráveis com a dobra para fora. Em seguida, misture a cola epóxi e espalhe por toda a parte de alumínio fechando os menores espaços até que não haja nenhum buraco, com exceção de onde os canudos

³ Disponível em: **Thenório, Iberê**. <https://manualdomundo.uol.com.br/experiencias-e-experimentos/como-fazer-um-barco-a-vapor-barquinho-pop-pop/>. Manual do Mundo. [Online] 03 de 04 de 2012. [Citado em: 22 de 03 de 2020.]

entraram. Depois que a cola secar remova os canudos, pegue dois deles e marque 4 centímetros do início da dobra até a parte menor do canudo e recorte o que estiver além desses 4 cm.

6º passo: Depois que a cola epóxi na peça de alumínio secar, prepare mais um pouco e passe na metade dos canudos, entre a dobra e a ponta mais próxima. Faça isso em apenas dois canudos. Insira os canudos dentro da peça de alumínio até onde você passou cola. Agora, usando cola epóxi feche a saída de ar onde o canudo está na parte superior da peça de alumínio. Espere secar. Depois que a cola secar, coloque a peça de alumínio já selada dentro de um copo de água e sopre forte os canudos para garantir que não há nenhum vazamento de ar. Caso haja, feche o vazamento com mais cola.

7º passo: Recorte o molde abaixo e monte-o seguindo as linhas dobrando sempre para dentro. Depois que o molde estiver pronto, pegue a peça de alumínio e dobre-a no molde, de modo que a parte lisa da peça de alumínio fique para dentro da dobra. Feito isso, passe cola quente na dobra do canudo até que esta endureça.

8º passo: Enquanto a cola quente endurece, recorte o molde do barquinho, cole-o sobre o isopor de frios e recorte fazendo o buraco, como indicado no desenho. Assim que a cola do canudinho endurecer, tire a fita crepe, e meça 10 cm do canudo a partir do fim da dobra e corte o que vai além desses 10cm.

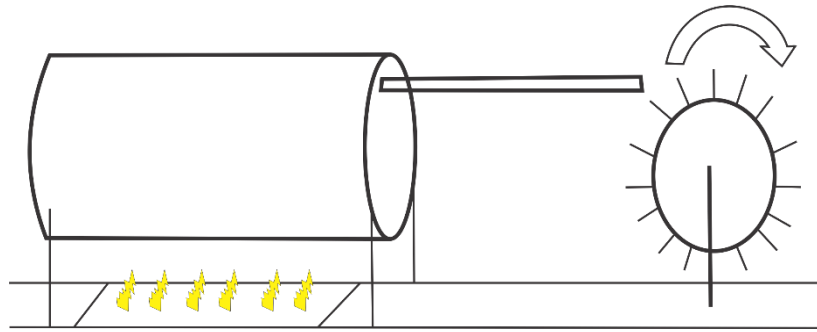
9º passo: Insira o canudinho e a peça de alumínio como indicada na figura abaixo, de forma que os canudinhos fiquem presos ao isopor, utilizando uma fita adesiva. Quando os canudinhos estiverem bem presos encha-os de água, entrando por um só até que o outro transborde.

10º passo: Em seguida, corte a vela até um tamanho que deixe o pavio bem perto da peça de alumínio e prenda-a no isopor com cola quente. Quando a cola secar é só acender a vela com o barquinho já na água.

Obs: No desenvolvimento desta estação se for para o turno noturno, o ideal é que o material já esteja montado previamente, ficando pronto a aplicação.

ESTAÇÃO C - MÁQUINAS TÉRMICAS – 02

Figura 12 - Máquina a vapor.



Fonte: Retirado de Peruso, 2013, p.134.

Materiais necessários: 1 lata de óleo, 1 tubo de cobre, água, giz, álcool, lâmparinas, 1 suporte, 1 roda com pás (feita de lata).

Procedimentos: Monte o experimento de acordo com a figura acima, conecte o tubo na lata e despeje água dentro da lata. Com as lâmparinas aqueça a água da lata, e observe que o vapor gerado movimenta a roda com pás (turbina). Como substituição às lâmparinas pode-se usar um recipiente metálico, nele colocar pedaços de giz e sobre eles derramar álcool. O giz é um material poroso e o álcool derramado sobre ele é sugado pelos seus poros e depois é liberado aos poucos durante a combustão.

Obs.: No desenvolvimento desta estação se for para o turno noturno, o ideal é que o material já esteja montado previamente, ficando somente a aplicação.

ESTAÇÃO D – RESOLUÇÃO DE QUESTÕES OBJETIVAS

Na estação D, com o título “Atividade sobre a segunda lei da termodinâmica”, traz como objetivo conhecer as aprendizagens desenvolvidas em torno do rendimento do ciclo de Carnot. Essa estação será realizada no aplicativo Classroom, com questões embaralhadas para cada equipe, tendo apenas uma opção correta em cada questão. No desenvolvimento, o aplicativo mostrará a porcentagem de desenvolvimento da atividade, no entanto, somente para o professor informará os acertos de cada equipe, evitando assim que o aluno ultrapasse o tempo destinado para realização da estação, tentando passar para a próxima questão somente quando acertar por tentativa.

Obs₁: Nesta estação o professor disponibilizará em forma de cartaz todas as fórmulas necessárias para resolução das questões, faz-se necessário que após o direcionamento de todas as estações, o professor comesse a medir nesta estação orientando o desenvolvimento.

Obs₂: Faz-se necessário nesta estação um vídeo de apoio postado previamente no aplicativo *Classroom*: (<https://youtu.be/rzSKJBKKrS8>).

Questões

1ª As fontes quente e fria de uma máquina de Carnot operam em temperaturas de 500 K e 300 K, respectivamente. Sabendo disso, determine o rendimento dessa máquina, em porcentagem e assinale a alternativa correta:

- a) 80 %
- b) 40 %
- c) 60 %
- d) 75 %
- e) 55 %

2ª Uma máquina térmica opera, recebendo 600 J de calor a cada ciclo, realizando, assim, 400 J de trabalho. Calcule o valor aproximado do rendimento dessa máquina térmica, em porcentagem, e assinale a alternativa correta:

- a) 80 %
- b) 50 %
- c) 66 %
- d) 55 %
- e) 95 %

3ª O que acontecerá com o rendimento de uma máquina térmica se a temperatura da fonte para qual o calor é transferido espontaneamente for reduzida?

- a) Diminui o rendimento;
- b) Aumenta o rendimento;
- c) Permanece Constante;
- d) Aumenta e diminui o rendimento ao mesmo tempo;
- e) Nda

4ª Pode-se afirmar que máquina térmica é toda máquina capaz de transformar calor em trabalho continuamente. Então qual dos dispositivos citados a seguir pode ser considerado uma máquina térmica?

- a) Motor a gasolina;

- b) Bomba atômica;
- c) Chuveiro elétrico;
- d) Torneira elétrica;
- e) Panela de pressão.

5ª (PUC – MINAS) Uma máquina térmica opera entre duas temperaturas T_1 e T_2 , afirma-se que seu rendimento:

- a) Máximo pode ser 100%;
- b) Pode ser Maior que 100%;
- c) Nunca será inferior a 80%;
- d) Será máximo se operar em ciclos;
- e) Será máximo se operar em ciclo de Carnot.

6ª (UFPA) A segunda lei da termodinâmica, pode ser encarada, como um princípio da degradação de energia por quê:

- a) O calor não pode passar espontaneamente de um corpo para outro de temperatura mais baixa que o primeiro;
- b) Para produzir trabalho, continuamente, uma máquina térmica, operando em ciclos deve necessariamente receber calor de uma fonte fria e ceder parte dele a uma fonte quente;
- c) É possível construir uma máquina, operando em ciclos, cujo efeito seja retirar calor de uma fonte e convertê-lo em uma quantidade equivalente de trabalho;
- d) É impossível se converter totalmente calor em outra forma de energia;
- e) A termodinâmica independe de qualquer teoria atômico-molecular.

7ª Sobre as máquinas térmicas, considere as afirmações seguintes:

I - Uma máquina térmica cuja fonte fria é mantida á temperatura ambiente é capaz de converter calor integralmente em trabalho;

II – É possível construir uma máquina térmica que tenha um rendimento superior ao da máquina de Carnot, operando entre as mesmas temperaturas;

III – Uma máquina térmica, operando segundo o ciclo de Carnot, apresenta um rendimento igual a 100%, isto é, todo calor a ela fornecido é transformada em trabalho;

IV – Refrigeradores são dispositivos que transferem energia na forma de calor de um sistema de menor temperatura para o outro de maior temperatura.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

- a) I e II
- b) I e III
- c) II e III
- d) II e IV
- e) III e IV

8ª Uma máquina térmica tem rendimento de 40% e realiza um trabalho de 2000 Joules. Assinale a alternativa que indica a quantidade de calor rejeitada para a fonte fria, em Joules, pela referida máquina.

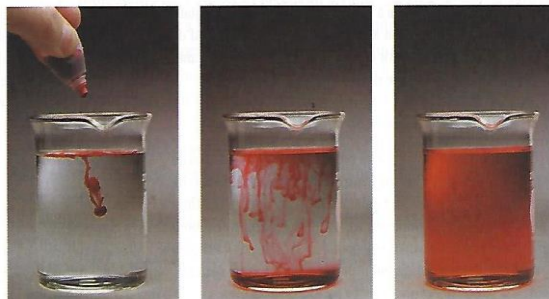
- a) 6000
- b) 2000
- c) 1000
- d) 4000
- e) 3000

Gabarito: 1 – B, 2 – C, 3 – B, 4 – A, 5 – E, 6 – D, 7 – D, 8 - E

ESTAÇÃO E: DESORDEM DAS MOLÉCULAS – 01

A última estação que tem como título “Entropia⁴ e Desordem dos feijões⁵”, tem como objetivo consecutivamente observar o comportamento das moléculas em todo o sistema com foco na compreensão do grau de desordem e ao mesmo tempo avaliar o comportamento de um sistema em relação à sua entropia. Os referidos experimentos são apresentados a seguir:

Figura 13 - Misturas de tintas com água a partir de estado de baixa entropia.



Fonte: Retirado de Young e Freedman, 2015, p.336.

⁴ Disponível em: <https://youtu.be/LbXTXWxRaZg/>. [Online] 18 de 04 de 2017. [Citado em: 22 de 03 de 2020.]

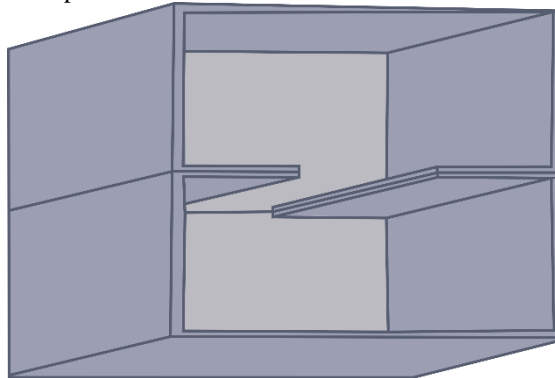
⁵ Disponível em: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/entropia-segunda-lei-termodinamica.htm/>. Educador Brasil Escola. [Online] 29 de 07 de 2011. [Citado em: 22 de 03 de 2020.]

Materiais necessários: Recipiente transparente (Béquer/copo), bisnagas de preferência da cor vermelha, papel, caneta para notação das observações.

Procedimentos: De posse de um recipiente transparente e bisnagas, e uma certa quantidade de água, coloca-se a água no recipiente e adicione as mesmas gotas de tintas das bisnagas, atentos os alunos devem observar todo o processo.

ESTAÇÃO E - DESORDEM DAS MOLÉCULAS – Sugestão 02

Figura 14 - Compartimentos colados e abertos na divisória central.



Fonte: Retirado de Martini, et al., 2016, p.135.

Materiais necessários: Duas caixas de fósforos vazias, Cola branca, 20 grãos de feijão de dois tipos diferentes sendo 10 de cada tipo por exemplo 10 de preto e 10 de feijão branco.

Procedimentos:

1º passo: Faça a colagem das duas caixas, sem a tampa, unindo-as por uma das laterais maiores. Faça uma abertura no meio das duas caixas conforme a figura abaixo, de modo permitir a passagens dos feijões.

2º passo: Em cada uma das caixas, coloque 10 grãos de feijão iguais entre si.

3º passo: Depois feche as caixas de fósforos com as tampas previamente desmontadas e unidas com a fita adesiva e agite o conjunto. Ao realizar a atividade, é importante que a caixa esteja sobre uma mesa, para que não se incline e altere a simetria do sistema.

4º passo: Em seguida, abra as caixas de fósforos e anote em seu caderno o número de grãos de feijões de cada tipo em cada lado das caixas.

5º passo: Repita esse procedimento três vezes, sempre com os grãos separados por tipo em cada lado das caixas.

6º passo: Em seguida, coloque mais 20 grãos de cada tipo em cada lado das caixas e repita os procedimentos anteriores.

Questionamentos:

1° O que é possível afirmar sobre o nível de organização dentro das caixas logo após os grãos de feijão terem sido colocados? E sobre o nível de organização depois da agitação? Qual estado é mais organizado? 2° Após a agitação, o número de grãos de um tipo ficou próximo da quantidade dos feijões do outro tipo em cada lado ou houve uma tendência a ficarem separados? 3° Após a nova agitação, provavelmente ficou mais evidente a dificuldade de conseguir que o sistema voltasse à situação inicial. Para retornar ao estado inicial, ou seja, antes da agitação, possivelmente você teria de reorganizar os feijões um a um. Identifique a relação que essa constatação tem com a 2ª Lei da termodinâmica (Se necessário assista o vídeo aula sobre a 2ª Lei da Termodinâmica disponível no Classroom da sala). Quanto mais feijões há na caixa, mais difícil é para o sistema voltar ao seu estado inicial por quê?

REFERÊNCIAS

- [1] COVOLAN, Silvia Cristina Teodoro; SILVA, Dirceu da. Utilização dos preceitos da teoria da atividade: a história da ciência como instrumento na construção de conceitos físicos. **Caos: Revista Eletrônica de Ciências Sociais**, João Pessoa, n. 4, ago. 2002.
- [2] RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os Fundamentos da Física**. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.
- [3] SAMPAIO, Jose Luiz. **Universo da Física, volume 2**: hidrostática, termologia, óptica. 2. ed: São Paul: Atual 2005.
- [4] DOURADO, Sinara Santos; MARCHIORI, Marcelo Amorim. Processos quase estáticos, reversibilidade e os limites da Termodinâmica. **Rev. Bras. Ens. Fis.**, v. 41, n. 02, e20180067, 2019.
- [5] MORAN, J. Educação Híbrida: um conceito-chave para a educação hoje. In: BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. de M. (Org.). **Ensino Híbrido**: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.
- [6] TIPLER, Paul Allan; MOSCA, Gene. **Física para cientistas e engenheiros, volume 1**: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 2 v.
- [7] GREGIO, Nivaldo, de Oliveira. **Termodinâmica**: um tutorial para entendimento do conceito de entropia. 97f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos - SP, Mestrado Nacional em Ensino de Física - MNPEF, São Carlos, 2016.
- [8] HALLIDAY, David. **Fundamentos de física, volume 2**: gravitação, ondas e termodinâmica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 2 v.
- [9] FUCE, Luiz Felipe: **Física para o Ensino Médio**: volume 2. São Paulo: Saraiva, 2010.
- [10] KNIGHT, Randall. **Física 2: Uma abordagem**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- [11] TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto, SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Física, Ciência e Tecnologia**: volume 2. 2. ed. São Paulo Moderna, 2010.
- [12] GASPAR, ALBERTO. **Física 2**: Ondas, óptica e termodinâmica. São Paulo. Editora Ática 2010.
- [13] BONJORNO, Jose Roberto et al. **Física**: termologia, óptica, ondulatória, 2º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
- [14] YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Reger A. **Física 11, Sears e Zemansky**: termodinâmica e ondas. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2015.
- [15] MORAN, J. **Educação Híbrida**: um conceito-chave para a educação hoje. In: BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. de M. (Org.). **Ensino Híbrido**: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

[16] BERBEL, Neusi, A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas. Londrina**, v. 32, n.1, 2011.