

APÊNDICE A - PRO DUTO EDUCACIONAL



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
E INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA O ESTUDO DAS TRANSFORMAÇÕES GASOSAS NO 1º ANO DO NOVO ENSINO MÉDIO

DIEGO ALVINO LIMA

Material instrucional vinculado à dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no pólo 04, da Universidade Federal do Amazonas.

Orientador: Prof. Dr. . Igor Tavares Padilha.

MANAUS

2024

Autor: Diego Alvino Lima

Produto Educacional submetido ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), e do Instituto Federal do Amazonas (IFAM), como requisito necessário para obtenção do título de Mestre de Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Igor Tavares Padilha

MANAUS
2024

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

L732c Lima, Diego Alvino.
Construção de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) para o estudo das transformações gasosas no 1º ano do novo ensino médio / Emerson Bruno Oliveira Castro. – Manaus, 2024.
52 p. : il. color.

Produto educacional proveniente da dissertação - Construção de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) para o estudo das transformações gasosas no novo ensino médio (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2024.
Orientador: Prof. Dr. Igor Tavares Padilha. ISBN 978-65-85652-82-7

1. Física - ensino. 2. Sequência didática. 3. Transformações gasosas. I. Batista, Igor Tavares. I. Padilha, Igor Tavares (Orient.). I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. II. Universidade Federal do Amazonas. III. Título.

CDD 530.07

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	4
2	FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
	2.1 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS	7
3	REVISÃO DO OBJETO DE CONHECIMENTO ALVO	9
	3.1 Sistema, meio e fronteira.....	9
	3.2 Temperatura, equilíbrio térmico, lei zero da termodinâmica, calor e energia interna.....	10
	3.3 Gás ideal....	13
	3.3.1 Transformação isocórica.....	15
	3.3.2 Transformação isobárica	16
	3.3.3 Transformação isotérmica	17
	3.4 Trabalho termodinâmico.....	18
	7.4.1 Sinais para calor e trabalho termodinâmico	19
	7.4.2 Processos entre estados termodinâmicos	19
	3.5 Energia interna.....	22
	3.6 Primeira lei da termodinâmica.....	23
	3.6.1 Alguns casos especiais da 1º lei da termodinâmica	23
4	PRODUTO EDUCACIONAL.....	26
	4.1 Descrição das etapas da sequência didática	26
	4.2 Implementando a proposta.....	28
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	REFERÊNCIAS.....	50

APRESENTAÇÃO

Cara professora, caro professor,

O presente Produto Educacional, requisito parcial para a obtenção do título de mestre no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no polo UFAM, foi concebido como um texto de apoio ao professor. Este produto é um manual que contribui com determinado potencial para processos cognitivos acerca de conceitos de transformações gasosas, no novo Ensino Médio, o qual foi objeto de uma pesquisa de Mestrado em Ensino de Física, obtendo evidências significativas no processo de ensino e aprendizagem com significado e crítica. Essa proposta, trabalha aspectos de transformações termodinâmicas, com foco na abordagem prática, ancorada aos conceitos, ao ferramental matemático e na construção de gráficos das referidas transformações. Dentre os conteúdos abordados, estão: transformações gasosas, trocas de calor, primeira lei da termodinâmica e aplicações da primeira lei da termodinâmica. Pelos temas abordados, estas aulas foram planejadas para serem implementadas na 1ª série do novo Ensino Médio, agregada ao itinerário formativo de projeto de vida, porém essa sequência didática também pode se aplicar diretamente na disciplina de Física. Tal abordagem prática traz os discentes como protagonistas dessa sequência didática.

As aulas são distribuídas em 9 Encontros de 48 minutos cada, das quais utiliza-se um experimento com o auxílio da panela de pressão, para o cozimento de feijão, abordando e demonstrando conceitos e relações fundamentais das transformações gasosa termodinâmicas, além disso, utiliza-se estratégias para sair do ensino tradicional, o qual tem como resultado aprendizagens mecânicas, ou seja, aprendizagens que são meras reproduções, que ficam na cabeça do aluno apenas para avaliação, que não possui um potencial significativo para a concepção do/a estudante sobre o mundo ou sua vida cotidiana. Ao contrário da aprendizagem mecânica, busca-se aqui a aprendizagem com significado, que faça sentido para o/a estudante, chamada aprendizagem significativa, além de contribuir para uma visão crítica dos estudantes, que os prepare para lidar com a sociedade atual.

Diego Alvino Lima

1 INTRODUÇÃO

Essa proposta de trabalho busca explorar a interseção entre a física e a utilidade prática da panela de pressão, um dispositivo culinário amplamente utilizado na cozinha. A compreensão dos princípios físicos envolvidos no funcionamento da panela de pressão não apenas enriquece nosso conhecimento científico, mas também oferece insights para melhorar sua eficiência e segurança. Também discute-se a implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) no novo ensino médio, abordando como conceito alvo as transformações termodinâmicas, de forma interdisciplinar e com sua inserção no itinerário formativo de projeto de vida, utilizando-se como ferramenta pedagógica o cozimento de determinados alimentos com auxílio da panela de pressão, vídeos e a construção de gráficos. Com estas ferramentas são propostas atividades colaborativas desenvolvidas em grupo para resolução de situações-problema.

Este trabalho também é embasado teoricamente nas UEPS, segundo Moreira (2012, p.2) as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas UEPS “são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula”. Deste modo, considerando dois pontos importantes no processo de aprendizagem significativa, para o desenvolvimento de uma UEPS, material potencialmente significativo e a pré-disposição a aprender, esta sequência surge como potencial ferramenta a ser utilizada neste processo, sendo que vídeos e simuladores, por exemplo, podem ser utilizados tanto como organizadores prévios, fazendo a ponte entre o que o aprendiz já detém e as novas informações que ele futuramente deterá, ao mesmo tempo pode despertar ou impulsionar sua participação mais ativa no processo de aprendizagem.

Sendo assim, tal proposta, visa através de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS), uma abordagem alternativa para o ensino das transformações gasosas, voltada aos alunos do ensino básico, agregado ao itinerário informativo de projeto de vida, do novo ensino médio, porém nada impede da mesma ser utilizado nas aulas da disciplina de Física. Possuindo o intuito de identificar as transformações isotérmica, isobárica, isocórica e adiabática durante a utilização da

panela de pressão no cozimento do feijão, assim como também construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e planejar intervenções científico-tecnológicas no âmbito da termodinâmica, no que tange as transformações gasosas, justificando conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente, com desafios na sociedade, Moreira aponta que apesar da escola ter incorporado alguma tecnologia, na prática ainda defende os mesmos conceitos fora de foco e agrega mais outros, tais como: informação como algo necessário e bom; associando tecnologia sempre como algo positivo; consumir muito, mesmo que desnecessariamente, desde que garanta os direitos de consumidor; a globalização da economia como algo necessário e inevitável, sendo bom para todos; e o mercado consegue lidar com tudo com qualidade, como por exemplo a educação como mercadoria (MOREIRA, 2019, p. 223-225).

Para lidar com esse descompasso entre como a sociedade funciona e o que é discutido na escola na prática, Moreira propõe uma aprendizagem significativa subversiva, com uma postura crítica para lidar com a sociedade contemporânea. Para facilitar esta aprendizagem, ele propõe alguns princípios: da interação social e do questionamento, no qual a negociação de significados deve envolver troca de questionamentos e há aprendizagem significativa crítica quando o sujeito faz perguntas relevantes e substantivas sistematicamente; da não centralidade do livro didático e da não utilização do quadro de giz, os quais versam sobre a carga simbólica de “autoridade inquestionável” que há nesses recursos, mas que, acima de tudo, traga-se caminhos novos, diversificados e menos verticais no processo de ensino-aprendizagem; do aprendiz como perceptor/representador, no qual aponta-se que há postura ativa do aluno em aprendizagem receptiva, se além de receber, ele perceber o conhecimento em sua perspectiva e representá-lo de forma particular; do conhecimento como linguagem, no qual é preciso que o sujeito entenda estas novas linguagens (da mecânica, da eletricidade, da matemática, etc.) como novas maneiras de perceber o mundo.

Também é proposto a consciência semântica, no qual é preciso ter consciência, durante a negociação de significados, que os significados estão na interpretação única que cada um faz (professor e aluno) e, não, nos livros; da desaprendizagem, no qual é preciso avaliar quando um conhecimento prévio está sendo realmente útil para compreender a nova aprendizagem (caso contrário, faz-se um “esquecimento” seletivo); e por fim, o princípio da incerteza do conhecimento, no qual é a percepção de que o conhecimento é incerto, pois a forma como é construído depende das

perguntas feitas, as definições são válidas apenas em um certo contexto, e que todo conhecimento científico construído sobre o mundo utiliza metáforas (suposições, considerações, simplificações, etc.) (MOREIRA, 2019, p. 227-239).

Moreira (2019) relembra que os aspectos mais importantes para uma aprendizagem significativa é o conhecimento prévio, mas isso não basta: é preciso uma aprendizagem significativa crítica para formar pessoas com foco na sociedade contemporânea, que a compreendam e consigam analisá-la. “Aprendizagem significativa crítica é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela” (p. 226).

2.1 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)

A UEPS tem como coluna vertebral a Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel. A partir dela, elementos de outras teorias se encaixam para complementá-la. Para demonstrar esta articulação, estas teorias serão expressas nos próximos parágrafos de maneira reduzida mencionando apenas elementos envolvidos na UEPS, relacionados por Moreira (2011).

Seguindo os princípios mencionados, Moreira (MOHR. et al. 2012) propõe os seguintes passos para construção da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa:

1. Definir o tópico específico a ser abordado;
2. Propor situações que induza o estudante a externalizar seu conhecimento prévio;
3. Propor situações-problema, considerando o conhecimento prévio do estudante, em nível bem simples para que o estudante se prepare para introdução do conhecimento a ser trabalhado. É importante que o estudante perceba estas situações como problemas em sobre os quais são capazes de construir modelos mentais;
4. Apresentar o conhecimento a ser trabalhado, levando em conta a diferenciação progressiva;
5. Retomar os aspectos mais gerais do conteúdo da unidade de ensino, com uma nova apresentação em nível mais alto de complexidade em relação à primeira, de tal forma a promover a reconciliação integradora; em seguida, propor alguma outra

atividade colaborativa que leve os/as alunos/as a interagir socialmente, negociando significados, tendo o/a professor/a como mediador/a;

6. Dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém, buscando a reconciliação integrativa; seguida da proposta de novas situações-problema em níveis mais altos de complexidade em relação às anteriores, por meio de atividades colaborativas, as quais devem ser apresentadas e/ou discutidas em grande grupo com a mediação do/da docente;

7. Avaliação somativa com situações-problema, cujo resultado deve ser analisado dando igual importância a avaliação formativa durante toda a UEPS;

8. A UEPS será bem-sucedida se a avaliação do desempenho dos estudantes conter evidências de aprendizagem significativa, tais como a captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações- problema.

A UEPS pretende assim, através de sua estrutura, baseada nos seus princípios, superar a aprendizagem mecânica, com valores educacionais voltados para a sociedade do século XXI.

É fundamental identificar o conhecimento prévio do educando, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores. Porém, como alerta Moreira (2013), dizer que o conhecimento prévio é avariável que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos não significa dizer que é sempre uma variável facilitadora, pode, em alguns casos, ser a bloqueadora dos conhecimentos. Segundo ele, existem duas condições para a aprendizagem significativa: o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. A primeira condição implica que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante) e a segunda que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva idéias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado. Quer dizer, o material deve ser relacionável à estrutura cognitiva e o aprendiz deve ter o conhecimento prévio necessário para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não- literal (MOREIRA, 2013 p. 11).

3 REVISÃO DO OBJETO DE CONHECIMENTO ALVO

3.1 SISTEMAS, MEIO E FRONTEIRA

As definições a seguir farão parte de nosso vocabulário no transcorrer de nossa proposta, logo serão expostos de forma bem resumida.

Sistemas Termodinâmicos: Compreende certa quantidade de matéria ou especificada região, não necessariamente de volume constante, onde concentramos nossa atenção para as transferências de energia e/ou de massa. O termo sistema, como é usado em termodinâmica, se refere a uma certa porção do universo incluída em alguma superfície fechada chamada de fronteira do sistema. A fronteira pode incluir um sólido, um líquido ou um gás, ou uma coleção de dipolos magnéticos, ou mesmo uma porção de energia radiante ou fótons em vácuo. A fronteira pode ser real como a superfície interna de um tanque contendo um gás comprimido, ou pode ser imaginária, como a superfície que limita uma certa massa de fluido escoando ao longo de uma canalização e acompanhada na imaginação enquanto ele progride. A fronteira não é necessariamente fixa nem em forma nem em volume, assim quando um fluido se expande contra um êmbolo, o volume incluído pela fronteira aumenta. As propriedades de um sistema em um dado estado, proporcionais a massa do sistema, são chamadas extensivas, exemplos são o volume total e a energia total de um sistema. As propriedades independentes da massa são chamadas intensivas, Temperatura, pressão e densidade são exemplos de propriedades intensivas.

Fronteira: O invólucro ou superfície real ou imaginária que envolve o sistema é a fronteira do sistema.

Meio ou vizinhança: Região que está situada fora do sistema. Portanto, a fronteira é o limite que separa o sistema do meio.

Sistema Fechado: Uma região de massa constante em que só é permitida a passagem de energia através de sua fronteira. Pode haver movimento da fronteira em relação ao observador. Um sistema fechado é isolado se não é permitida a troca de energia com o meio. Nesta situação ele é forçado a manter fixos dentro de sua fronteira massa e energia.

Sistema Aberto: Uma região que troca massa com o exterior (meio) além de poder trocar energia. Às vezes é denominado de volume de controle. Neste caso a fronteira é denominada de “superfície de controle”.

3.2 TEMPERATURA, EQUILÍBRIO TÉRMICO, LEI ZERO DA TERMODINÂMICA, CALOR E ENERGIA INTERNA

Antes de relacionar-mos determinadas grandezas físicas, se torna indispensável abordarmos inicialmente sobre temperatura, calor, energia interna e trabalho termodinâmico.

Toda matéria – sólida, líquida ou gasosa – é composta por átomos ou moléculas em constante agitação, em virtude desse movimento aleatório, os átomos ou moléculas da matéria possuem energia cinética. A temperatura está relacionada ao movimento aleatório dos átomos ou moléculas de uma substância, mais especificamente, a temperatura é proporcional à energia cinética média “translacional” do movimento molecular (pelo qual as moléculas se movimentam de um lugar a outro). As moléculas podem também rodar e vibrar, com energia cinética rotacional e vibracional correspondentemente associadas – mas esses movimentos não são de translação, e não definem temperatura.

A temperatura é uma medida da energia cinética translacional média (e não a energia cinética média total) das moléculas de uma substância, por exemplo, existe duas vezes mais energia cinética molecular em 2 litros de água fervendo do que em 1 litro nas mesmas condições – mas as temperaturas das duas porções de água são iguais, pois a energia cinética translacional média por molécula é a mesma. O efeito da energia cinética translacional versus a energia cinética rotacional e vibracional é verificado drasticamente em um forno de micro-ondas. As micro-ondas que bombardeiam sua comida fazem com que determinadas moléculas da comida, principalmente as de água, oscilem invertendo sua orientação de um sentido para o outro, com uma energia cinética rotacional considerável. Porém, as moléculas que oscilam não cozinham de fato a comida. O que eleva a temperatura e cozinha efetivamente a comida é a energia cinética translacional comunicada às moléculas vizinhas, que ricocheteiam nas moléculas oscilantes de água. Se as moléculas vizinhas não interagissem com as moléculas oscilantes da água, a temperatura da comida não seria diferente do que era antes do forno de ser ligado (HEWITT, 2015).

Vamos analisar agora o estado de equilíbrio térmico. Se dois corpos em contato estão em equilíbrio, então suas temperaturas são iguais por definição. Inversamente, se as temperaturas de dois corpos são iguais, eles estarão em equilíbrio térmico quando postos em contato. Um estado de equilíbrio térmico pode ser descrito como aquele em que a temperatura do sistema é a mesma em todos os pontos, estado esse em que as propriedades mensuráveis dos corpos deixam de sofrer mudanças observáveis. Esse conceito se torna extremamente importante quando analisamos a lei zero da termodinâmica, que se refere quando dois corpos quaisquer estão separadamente em equilíbrio térmico com um terceiro, eles também estão em equilíbrio térmico entre si. Assim, se queremos saber se dois jarros de água estão à mesma temperatura, é desnecessário colocá-los em contato e ver se suas propriedades variam com o tempo. Podemos mergulhar um termômetro (corpo A) em um dos jarros de água (corpo B) e aguardamos que alguma propriedade do termômetro, como o comprimento da coluna de mercúrio em um capilar de vidro, se torne constante. Então, por definição, o termômetro possui a mesma temperatura que a água deste jarro. Em seguida, repetimos o procedimento com o outro jarro de água (corpo C). Se os comprimentos das colunas de mercúrio são os mesmos, as temperaturas de B e C são iguais, e a experiência mostra que, se os dois jarros são postos em contato, não se dá mudança alguma em suas propriedades.

Temos que possuir cautela ao conceituar e difundir os termos temperatura e calor, pois no senso comum tais percepções são normalmente confundidas. Como já abordamos sobre temperatura, agora vamos salientar uma modalidade de energia transferida de uma região para outra por causa de uma diferença de temperatura entre elas, que é chamada de calor. A transferência de calor ocorre através da fronteira do sistema, em virtude de uma diferença de temperatura ou da existência do gradiente térmico entre o sistema e o meio (o gradiente térmico é uma medida da variação da temperatura em uma determinada direção ao longo de um espaço, em termos simples, ele descreve como a temperatura muda ao mover-se de um ponto para outro em um determinado meio, seja ele sólido, líquido ou gasoso). O sentido da transferência espontânea dessa energia é sempre da região de alta temperatura para um vizinho de menor temperatura, é importante observar que a matéria não contém calor, isso foi descoberto por Rumford em seus experimentos entediantes com canhões.

Rumford, e pesquisadores que seguiram seus passos, perceberam que a matéria contém energia cinética molecular e possivelmente energia potencial, não calor. Calor é energia em trânsito de um corpo a uma temperatura mais alta para outro a uma temperatura mais baixa, uma vez transferida, a energia deixa de ser calor. (Como analogia, o trabalho também é energia em trânsito. Um corpo não contém trabalho, ele realiza trabalho ou trabalho é realizado sobre ele). Enquanto que a energia interna é a soma total de todas as energias no interior de uma substância, além da energia cinética translacional da agitação molecular em uma substância, existe energia em outras formas, existe a energia cinética rotacional das moléculas e a energia cinética devido ao movimento interno dos átomos dentro das moléculas, existe também a energia potencial devido às forças entre as moléculas, de modo que uma substância não contém calor, ela contém energia interna.

Quando uma substância absorve ou cede calor, a sua energia interna, correspondentemente, aumenta ou diminui, em alguns casos, como quando o gelo se derrete, o calor absorvido de fato não aumenta a energia cinética molecular, mas transforma-se em outras formas de energia. Neste caso, a substância sofre uma mudança de fase. Para dois objetos em contato térmico, o calor flui de uma substância a uma temperatura mais alta para outra a uma temperatura mais baixa, mas não necessariamente flui de uma substância com mais energia interna para outra com menor energia interna.

Existe mais energia interna em uma tigela de água morna do que em uma tachinha incandescente, se ela for imersa em água, o fluxo de calor não ocorrerá da água morna para a tachinha, pelo contrário, o calor fluirá da tachinha quente (maior temperatura), para a água mais fria (menor temperatura). O calor jamais flui espontaneamente de uma substância a uma temperatura mais baixa para outra substância a uma temperatura mais alta. Quanto flui de calor depende não apenas da diferença entre as temperaturas das substâncias, mas também da quantidade de material que existe. Por exemplo, um barril cheio de água quente (90 °C) transferirá mais calor para uma substância mais fria (20 °C) do que uma xícara cheia com água à mesma temperatura. Existe mais energia interna na porção de água maior. E por fim, analisando agora o trabalho termodinâmico, trata-se de uma forma de energia transferida de um sistema para o seu entorno, ou da vizinhança para o sistema, em consequência de processos que envolvem variações em determinadas propriedades

termodinâmicas, como volume, pressão, ou outras variáveis de estado. Em termos simples, é o trabalho realizado pelo ou sobre um sistema devido a mudanças em suas condições internas.

3.3 GÁS IDEAL

Ao se falar deste tipo de panela, é indispensável comentários sobre as propriedades dos gases, apesar de nesse caso trabalharmos com o vapor de água, fazemos uma aproximação com o comportamento gasoso. O objetivo é explicar as propriedades fundamentais dos gases.

Grandezas físicas como a pressão, o volume, a temperatura e a quantidade de substância descrevem as condições ou o estado no qual existe um material em particular (por exemplo, um tanque de oxigênio usado em hospitais possui um manômetro que mostra a pressão e uma indicação de volume dentro do tanque, poderíamos também usar um termômetro e colocar o tanque sobre uma balança para determinar sua massa), essas grandezas são chamadas de variáveis de estado. O volume (**V**) de uma substância geralmente é determinado por sua pressão (**P**), temperatura (**T**) e pela quantidade de substância, descrita por sua massa (**m_{tot}**) ou pelo seu número de moles (**n**), em geral, não podemos variar uma dessas grandezas sem produzir variações nas outras (em alguns casos, há necessidade de se acrescentar propriedades para descrever completamente o estado de um sistema, e estas propriedades devem ser incluídas na equação de estado, como por exemplo a área e a tensão superficial de uma superfície líquido-vapor, a magnetização e a densidade de fluxo em um material magnético, e o estado de carga de uma célula eletrolítica). Quando, por exemplo, um tanque de oxigênio eleva a sua temperatura, a pressão em consequência aumenta, caso a temperatura do tanque continue aumentando indefinidamente, ele explode. Em alguns casos, a relação entre as variáveis de estado é tão simples que podemos expressá-la na forma de uma equação denominada equação de estado. Quando a relação for complicada demais para isso, podemos usar gráficos ou tabelas numéricas. Contudo, a relação entre essas variáveis ainda existe; nós a chamamos de equação de estado mesmo quando não conhecemos sua forma explícita.

As variáveis de estado são importantes porque descrevem o estado termodinâmico de um sistema e permitem analisar e prever seu comportamento durante processos físicos e químicos. Essas variáveis fornecem informações essenciais sobre o sistema, independentemente do caminho ou das transformações que ele sofreu para chegar a um determinado estado, além de serem fundamentais para aplicar as leis da termodinâmica. São essenciais para identificar e definir estados de equilíbrio termodinâmico, onde todas as propriedades são uniformes e não há fluxo de energia ou matéria dentro do sistema, isso é fundamental para compreender como os sistemas chegam a estados estáveis. Em aplicações práticas, as variáveis de estado são monitoradas e controladas para otimizar processos industriais, garantindo segurança, eficiência energética e qualidade do produto final, por exemplo, em reatores químicos, o controle preciso da pressão e temperatura é vital para o sucesso das reações. Em síntese, são as ferramentas principais que permitem a análise, a modelagem e o controle de sistemas termodinâmicos, sendo essenciais para a compreensão das transformações de energia e matéria, elas formam a base da termodinâmica e de muitas outras disciplinas da ciência e engenharia.

As medidas do comportamento de muitos gases conduzem a três conclusões:

1. O volume V é proporcional ao número de moles n . Quando dobramos n , mantendo a temperatura e a pressão constantes, o volume duplica.
2. O volume é inversamente proporcional à pressão absoluta P . Quando dobramos a pressão, mantendo a temperatura T e o número de moles n constante, o gás se comprime à metade do volume inicial. Em outras palavras, $PV = \text{constante}$ quando n e T permanecem constantes.
3. A pressão é proporcional à temperatura absoluta T . Quando dobramos T , mantendo o volume e o número de moles constantes, a pressão dobra. Em outras palavras, $P = (\text{constante}) \times T$ quando n e V são constantes. as três proporcionalidades anteriores podem ser combinadas em uma única equação, denominada equação do gás ideal:

Equação do gás ideal:

$$PV = nRT \quad (1)$$

Pressão do gás
Volume de gás

Número de moles do gás
Temperatura absoluta do gás
Constante do gás

Um gás ideal é aquele cujo comportamento pode ser descrito com precisão pela Equação acima, em todas as pressões e temperaturas, trata-se de um modelo idealizado, que funciona melhor com pressões muito pequenas e temperaturas muito elevadas, quando as distâncias entre as moléculas são muito grandes e se deslocam com velocidades elevadas. Esse modelo funciona razoavelmente bem (com um pequeno percentual de erro) para pressões moderadas (até algumas atmosferas) e para temperaturas muito acima daquela na qual o gás se liquefaz. Poderíamos esperar que a constante de proporcionalidade **R** da equação do gás ideal apresentasse diferentes valores para gases diferentes, porém verificamos que ela tem o mesmo valor para todos os gases, pelo menos em pressões suficientemente baixas e temperaturas suficientemente elevadas. Ela é chamada de constante dos gases ideais (ou simplesmente constante dos gases). usando unidades do sistema si, no qual a unidade da pressão P é Pa (1 Pa = 1 N/m²) e a unidade de volume V é m³, o valor atual mais aproximado de **R** é

$$R = 8,3144621(75) \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

Para uma massa constante (ou número de moles constante), o produto nR de um gás ideal é constante, de modo que PV/T também é constante. Designando dois estados da mesma massa de um gás pelos subscritos 1 e 2, podemos escrever

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{constante (gás ideal, massa constante)} \quad (2)$$

3.3.1 Transformação isocórica

Uma transformação gasosa na qual a pressão P e a temperatura T variam e o volume V é mantido constantê é chamada transformação isocórica, ou transformação isométrica, ou ainda de isovolumétrica. Verifica-se experimentalmente que as pressões e temperaturas absolutas nesse processo relacionam-se pela fórmula:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (3)$$

A expressão acima significa que um gás a volume constante, a pressão e a temperatura absoluta de um gás ideal são diretamente proporcionais (comumente chamada de lei de Charles para a transformação isocórica). De acordo com essa lei, a temperatura de um gás ideal a volume constante diminui à medida que se reduz sua pressão. Portanto, a temperatura mais baixa que tem significado físico corresponde a pressão nula do gás resfriado isocoricamente. Essa temperatura é 273,15 °C (que se costuma aproximar para -273 °C) ou 0 K (zero kelvin, também denominado de zero absoluto). Graficamente, se representarmos a pressão P em ordenadas e a temperatura T absoluta em abscissas, obtemos uma reta que passa pela origem. Trata-se de uma função linear, isto é, a pressão é diretamente proporcional à temperatura absoluta, podendo ser observado no gráfico da transformação isocórica 1-a. Enquanto que na figura 1-b, indica a mesma transformação quando se representa em abscissas a temperatura expressa em °C.

Figura 1: gráficos da transformação isocórica



Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo, 2004.

Pode-se observar que a reta não atinge os valores de 0 K ou de -273 °C, pois esses valores (zero absoluto), é inatingível.

3.3.2. Transformação isobárica

Uma transformação gasosa na qual o volume V e a temperatura T variam e a pressão P é mantida constante é chamada transformação isobárica. Verifica-se experimentalmente que o volume e temperaturas absolutas nesse processo relacionam-se pela fórmula:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (4)$$

A expressão acima significa que um gás a pressão constante, o volume e a temperatura absoluta de um gás ideal são diretamente proporcionais. Graficamente, se representarmos o volume V em ordenadas e a temperatura T absoluta em abscissas, obtemos uma reta que passa pela origem. Trata-se de uma função linear, isto é, o volume é diretamente proporcional à temperatura absoluta, podendo ser observado no gráfico da transformação isobárica 2-a. Enquanto que na figura 2-b, indica a mesma transformação quando se representa em abscissas a temperatura expressa em $^{\circ}\text{C}$.

Figura 2: gráficos da transformação isobárica



Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo, 2004.

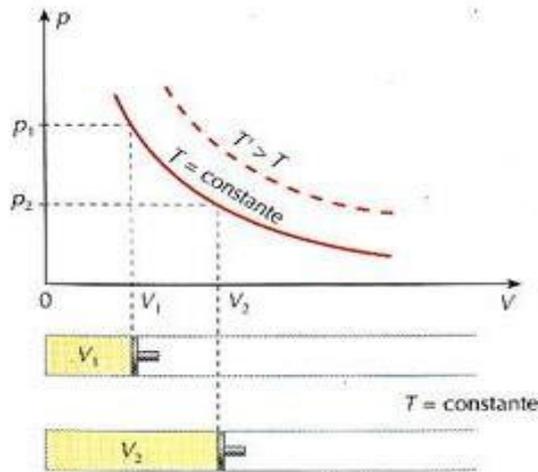
3.3.3 Transformação isotérmica

Uma transformação gasosa na qual a pressão P e volume V variam e a temperatura T é mantida constante é chamada transformação. Verifica-se experimentalmente que as pressões e os volumes nesse processo relacionam-se pela fórmula:

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad (5)$$

A expressão acima significa que um gás a temperatura constante, o volume e a pressão absoluta de um gás ideal são inversamente proporcionais. Essa relação é chamada de lei de Boyle. Se representarmos a pressão P em ordenadas e o volume V em abscissas, o gráfico que expressa a lei de Boyle é uma curva denominada isoterma, correspondente a um ramo de hipérbole equilátera, conforme mostra a figura do gráfico da transformação isotérmica abaixo.

Figura 4: gráfico da transformação isotérmica



Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo, 2004.

3.4 TRABALHO TERMODINÂMICO

“Uma força aplicada em um corpo realiza um trabalho quando produz um deslocamento no corpo”. Para uma força constante aplicada no mesmo sentido do deslocamento temos:

$$W = Fd \quad (6)$$

Onde, F é a força constante medida em newtons, d é o deslocamento medido em metros e W é o trabalho medido em joules. Essa expressão pode ser escrita nos termos da grandeza pressão e volume, que estão associadas as transformações gasosas. Como a pressão p é obtida pela razão entre o módulo da força F e a área A , ou seja

$$P = \frac{F}{A} \quad (7)$$

Onde, F é a força constante medida em newtons, A é a área medida em metro quadrado e P é a pressão medida em newton por metro quadrado. Assim podemos reescrever a isolando a força.

$$F = PA \quad (8)$$

Consideramos que força e deslocamento tem a mesma direção e sentido e que a área (A) x deslocamento (d) do êmbolo = Variação do volume (ΔV), $A \cdot d = \Delta V$, assim temos:

$$W = PAd = P\Delta V$$

Logo,

$$W = P(V_{final} - V_{inicial}) \quad (9)$$

A equação (9) acima se refere a um modelo de transformação isobárica.

3.4.1 Sinais Para o Calor e o Trabalho na Termodinâmica

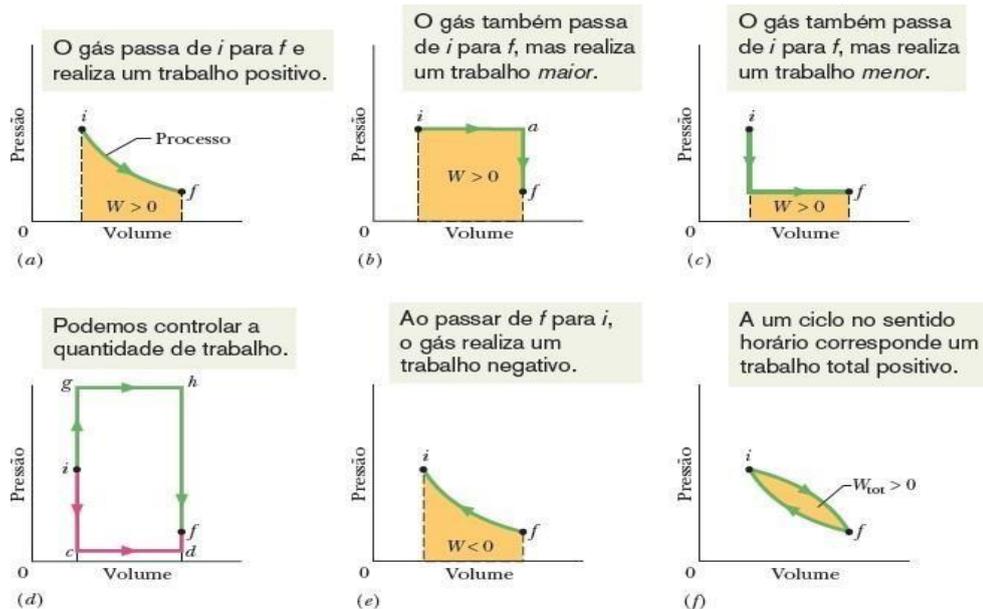
Descrevemos relações de energia em muitos processos termodinâmicos em termos da quantidade de calor Q fornecida para o sistema e o trabalho W realizado pelo sistema. Os valores de Q e de W podem ser positivos, negativos ou nulos, um valor de Q positivo significa uma transferência de calor para dentro do sistema, com um fluxo de energia correspondente para o interior do sistema, Q negativo significa uma transferência de calor para fora do sistema, um valor de W positivo significa um trabalho realizado pelo sistema sobre suas vizinhanças, como o trabalho realizado por um gás que se expande e, portanto, corresponde a uma transferência de energia para fora do sistema, enquanto que um valor de W negativo, como o trabalho realizado durante a compressão de um gás, significa um trabalho realizado sobre o gás pelas suas vizinhanças e, portanto, corresponde a uma transferência de energia para dentro do sistema.

3.4.2 Processos Entre Estados Termodinâmicos

Na prática, existem muitas formas de levar o gás do estado i para o estado f . Uma delas é mostrada na Figura caminhos entre estados termodinâmico, que são representações gráficas da pressão do gás em função do volume, conhecido como diagrama P - V . Em (a), a curva mostra que a pressão diminui com o aumento do volume. A integral da equação do trabalho (e, portanto, o trabalho W realizado pelo gás) é representada pela área sombreada sob a

curva entre os pontos i e f . Independentemente do que fizermos exatamente para levar o gás do ponto i ao ponto f , esse trabalho será sempre positivo, já que o gás só pode aumentar de volume, ou seja, realizando trabalho sobre o meio.

Figura 5 : Caminhos entre estados termodinâmico



Fonte: Halliday, 2010

Analisando os gráficos acima, referente aos possíveis caminhos para a realização do trabalho termodinâmico, nota-se que em (a), a área sombreada representa o trabalho (W) realizado por um sistema ao passar de um estado inicial i para um estado final f , o trabalho W é positivo porque o volume do sistema aumenta. Em (b) W continua a ser positivo, mas agora é maior, em (c) W continua a ser positivo, mas agora é menor, em (d) W pode ser ainda menor (trajetória $icdf$) ou ainda maior (trajetória $ighf$). No caso (e), o sistema vai do estado f para o estado i quando o gás é comprimido por uma força externa e o volume diminui; o trabalho W realizado pelo sistema é negativo, enquanto que em (f) O trabalho total W_{tot} realizado pelo sistema durante um ciclo completo é representado pela área sombreada. Outra forma de levar o gás do estado i para o estado f é mostrada na em (b), nesse caso, a mudança acontece em duas etapas: do estado i para o estado a e do estado a para o estado f .

A etapa **ia** deste processo acontece a uma pressão constante. O aumento do volume (de V_i para V_f) é conseguido aumentando lentamente a temperatura do gás até um valor mais elevado T_a . Durante essa etapa, a expansão do gás realiza um trabalho positivo e calor é absorvido pelo sistema, esse calor é positivo porque é fornecido ao sistema.

A etapa **af** do processo da acontece a volume constante. A pressão do gás diminui de p_a para o valor final p_f . Durante essa etapa, o sistema cede calor.

Para o processo global **iaf**, o trabalho W , que é positivo e ocorre apenas durante o processo **ia**, é representado pela área sombreada sob a curva. A energia é transferida na forma de calor nas etapas **ia** e **af**, com uma transferência de energia líquida Q (energia líquida é um termo que se refere ao balanço de energia resultante após considerar todas as entradas e saídas de energia em um sistema, ela representa a energia disponível após as perdas e ganhos ocorridos durante um processo).

Em (c), mostra um processo no qual os dois processos anteriores ocorrem em ordem inversa. O trabalho W nesse caso é menor que (b) e o mesmo acontece com o calor total absorvido. Em (d) mostra que é possível tornar o trabalho realizado pelo gás tão pequeno quanto se deseja (seguindo uma trajetória como *icdf*) ou tão grande quanto se deseja (seguindo uma trajetória como *ighf*).

O gráfico (e) mostra um exemplo no qual um trabalho negativo é realizado por um sistema, quando uma força externa comprime o sistema, reduzindo o volume, o valor absoluto do trabalho continua a ser igual à área sob a curva, mas, como o gás foi comprimido, o trabalho realizado pelo gás é negativo.

O gráfico (f) mostra um ciclo termodinâmico no qual o sistema é levado de um estado inicial **i** para um outro estado **f** e depois levado de volta para **i**. O trabalho total realizado pelo sistema durante o ciclo é a soma do trabalho positivo realizado durante a expansão com o trabalho negativo realizado durante a compressão. O trabalho total é positivo porque a área sob a curva de expansão (de **i** a **f**) é maior do que a área sob a curva de compressão (de **f** a **i**) (HALLIDAY, 2010, p. 439-442).

Em resumo, um sistema pode ser levado de um estado inicial para um estado final de um número infinito de formas e, em geral, o trabalho W e o calor Q

têm valores diferentes em diferentes processos. Dizemos que o calor e o trabalho são grandezas que dependem da trajetória. Conclui-se que o trabalho realizado pelo sistema depende não somente dos estados inicial e final, mas também dos estados intermediários, ou seja, depende do caminho.

3.5 ENERGIA INTERNA

A energia interna do sistema relaciona-se. Num gás correspondente às parcelas: energia térmica, que se associa ao movimento de agitação térmica das moléculas; a energia potencial de configuração, associada às forças internas conservativas; energias cinéticas atômico-moleculares, ligadas à rotação das moléculas, às vibrações intramoleculares e aos movimentos intra-atômicos das partículas elementares.

Não se mede diretamente a energia interna U de um sistema. No entanto, é importante conhecer a variação da energia interna ΔU do sistema durante um processo termodinâmico. Para os gases ideais monoatômicos, essa variação é determinada somente pela variação da energia cinética de translação das moléculas que constituem o sistema.

Para os gases ideais, a variação da energia interna de determinada massa gasosa é função única e exclusiva de sua temperatura (lei de Joule para os gases perfeitos), conforme podemos observar na equação a seguir

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T \quad (10)$$

Dessa forma podemos relacionar a temperatura termodinâmica de um gás ideal e sua energia interna conforme a figura 6, abaixo:

Figura 6: relação entre temperatura e energia interna para um gás ideal

Situações possíveis	Energia interna
$T_2 > T_1 \Rightarrow \Delta T > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$	aumenta
$T_2 < T_1 \Rightarrow \Delta T < 0 \Rightarrow \Delta U < 0$	diminui
$T_2 = T_1 \Rightarrow \Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$	não varia

Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo, 2004.

3.6 PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

A energia não pode ser criada nem destruída, pode apenas ser transformada de uma forma em outra, e sua quantidade total permanece constante. A primeira lei da termodinâmica expressa o princípio de conservação de energia de um sistema considerando três formas diferentes de energia: o trabalho, a variação da energia interna e o calor. Considere um sistema recebendo calor (Q). O calor recebido será transformado integralmente em trabalho (w) ou integralmente em energia interna (ΔU) ou ainda uma parte do calor recebido será transformado em trabalho e o restante em energia interna. Por tanto podemos escrever

$$\Delta U = Q - W \quad (11)$$

3.6.1 Alguns Casos Especiais da Primeira Lei da Termodinâmica

Vamos agora examinar quatro processos termodinâmicos diferentes para verificar o que acontece quando aplicamos a esses processos a primeira lei da termodinâmica.

1. Processos adiabáticos. Processo adiabático é aquele que acontece tão depressa ou em um sistema tão bem isolado que não há trocas de calor entre o sistema e o ambiente. Fazendo $Q = 0$ na primeira lei, obtemos

$$\Delta U = -W$$

Se o sistema realiza trabalho sobre o ambiente (ou seja, se W é positivo), a energia interna do sistema diminui de um valor igual ao do trabalho realizado. Se, por outro lado, o ambiente realiza trabalho sobre o sistema (ou seja, se W é negativo), a energia interna do sistema aumenta de um valor igual ao trabalho realizado.

2. Processos a volume constante. Se o volume de um sistema (um gás, em geral) é mantido constante, o sistema não pode realizar trabalho. Fazendo $W=0$ na primeira lei, obtemos

$$\Delta U = Q$$

Assim, se o sistema recebe calor (ou seja, se Q é positivo), a energia interna do sistema aumenta. Se, por outro lado, o sistema cede calor (ou seja, se Q é negativo), a energia interna do sistema diminui.

3. **Processos cíclicos.** Existem processos nos quais, após certas trocas de calor e de trabalho, o sistema volta ao estado inicial. Nesse caso, nenhuma propriedade intrínseca do sistema (incluindo a energia interna) pode variar. Fazendo $\Delta U = 0$ na primeira lei, obtemos

$$Q = W$$

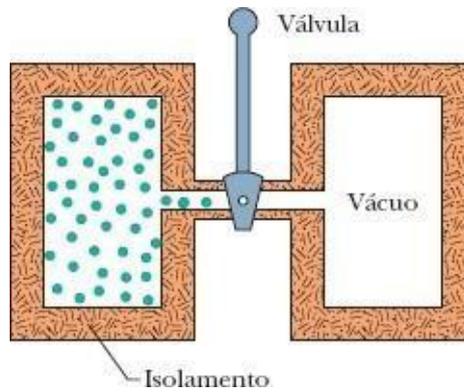
Assim, o trabalho total realizado durante o processo é exatamente igual à quantidade de energia transferida na forma de calor; a energia interna do sistema permanece a mesma. Os processos cíclicos representam uma trajetória fechada no diagrama p - V .

4. **Expansões livres.** São processos nos quais não há troca de calor com o ambiente e nenhum trabalho é realizado. Assim, $Q = W = 0$ e, de acordo com a primeira lei,

$$\Delta U = 0$$

A Figura expansão livre abaixo, mostra de que forma esse tipo de expansão pode ocorrer. Um gás, cujas moléculas se encontram em equilíbrio térmico, está inicialmente confinado por uma válvula fechada em uma das duas câmaras que compõem um sistema isolado; a outra câmara está vazia. A válvula é aberta e o gás se expande livremente até ocupar as duas câmaras. Nenhum calor é transferido do ambiente para o gás ou do gás para o ambiente por causa do isolamento. Nenhum trabalho é realizado pelo gás porque ele se desloca para uma região vazia e, portanto, não encontra nenhuma resistência (pressão) na segunda câmara.

Figura 14: expansão livre



Fonte: Halliday, 2010

Uma expansão livre é diferente dos outros processos porque não pode ser realizada lentamente, de forma controlada. Em consequência, durante a expansão abrupta, o gás não está em equilíbrio térmico e a pressão não é uniforme. Assim, embora os estados inicial e final possam ser mostrados em um diagrama $p-V$, não podemos desenhar a trajetória da expansão. (HALLIDAY, 2010, p. 443-444).

4 PRODUTO EDUCACIONAL

4.1 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Quadro 1 – Síntese do planejamento da sequência didática

(continua)

Número da aula	Descrição do desenvolvimento da etapa	Materiais e métodos utilizados
Aula 1	<p><i>Situação inicial:</i> No primeiro encontro teremos a introdução do conceito alvo, apresentando os conteúdos a serem estudados. Inicialmente quatro perguntas simples serão feitas a turma, expondo-as no quadro branco:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alguém sabe cozinhar? 2. Alguém sabe os tipos de panelas que podemos usar na cozinha? 3. Qual a diferença entre elas? 4. Em geral, como é a estrutura de uma panela de pressão? 5. Qual sua percepção sobre as grandezas de calor, pressão, temperatura e volume. <p>A partir das devolutivas dos alunos, levando em consideração os conhecimentos prévios de cada um, faremos uma discussão acerca dos conceitos de temperatura, calor e pressão.</p>	Aula expositiva e utilização do quadro branco.
Aula 2	<p><i>Abordagem experimental, para relembrar conceitos da aula anterior.</i></p> <p><i>Posteriormente apresentamos a classe uma situação-problema:</i> dividimos a sala em grupos (com 5 alunos), e propomos a leitura do informativo técnico da coordenadoria de alimentação escolar da prefeitura de São Paulo (ANEXO 1). Após a leitura, os grupos são instigados responder alguns questionamentos inerentes a utilização da panela de pressão e seus potenciais riscos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Qual o tipo de panela é mais associado ao risco de acidentes? Por quê? 2. Por que é importante verificar se a panela tem o selo do Inmetro? 3. Que tipos de alimentos são preparados com o auxílio da panela de pressão? 4. É verdade que ela pode explodir? Você sabe explicar como isso ocorre? 	Apostila sobre cautelas na utilização da panela de pressão. (ANEXO 1)

	5. Quais grandezas físicas estão presentes no uso da panela de pressão? E qual relação entre elas?	
Aula 3	Deve-se retomar as principais ideias discutebatidas nas aulas iniciais, para que em seguida cada grupo possa realizar a socialização das ideias com toda a turma, referente as situações-problema propostas na aula 2. Durante as discussões deve ocorrer a mediação do docente, para orientar a condução da atividade.	Aula expositiva e orientação do docente durante a discussão dos grupos.
Aula 4	<i>Nova situação-problema, em nível mais alta de complexidade:</i> Este encontro, deve ser iniciado com uma breve revisão do que foi discutido na aula anterior, salientando todos os cuidados e medidas que devem ser adotados para a segurança de todos. Na sequência os mesmos grupos da aula anterior devem ser formados, propondo para estes, de que forma podem proceder e se organizarem para realizar o cozimento de 400 gramas de feijão, utilizando apenas 25 minutos de gás de cozinha, sendo proporcionando a cada grupo, uma panela de pressão, um fogão, uma tábua, talheres, fornecimento de gás de cozinha e diversos temperos para o preparo.	Aula expositiva e orientação do docente.
Aula 5	Início do preparo do feijão, ressaltando que é de extrema importância a orientação, e se necessário, pequenas intervenções do professor em cada grupo durante o preparo do alimento, para evitar algum tipo de acidente, adotando-se como cautela uma consulta prévia à escola e a própria brigada de incêndio da instituição.	Botijão de gás de cozinha, feijão, tábua de cozinha, talheres, tomate, cebola, pimentinha, cheiro verde, charque, folha de louro, bacon, calabresa, abóbora, maxixe, páprica doce, pimenta do reino e sal.
Aula 6	<i>Aprofundamento dos conhecimentos:</i> Aula expositiva sobre transformações gasosas, através de slides e do quadro branco.	Uso do data-show e quadro branco.
Aula 7	Será realizada uma roda de conversa com a turma, para a discussão sobre como procederam e o que perceberam, durante a solução da nova situação-problema (preparo do feijão), sendo que durante o debate os alunos serão instigados sobre a possível existência de relações entre as etapas de cozimento do feijão e as transformações gasosas, assim como também em que etapa durante o preparo do alimento podemos identificar determinada relação.	Roda de conversa, para debate em grande grupo.
Aula 8		Questões expostas no quadro branco.

	<i>Avaliação somativa individual:</i> será realizada uma avaliação individual através de questões abertas envolvendo os conceitos-foco da unidade.	
Aula 9	<i>Aula expositiva dialogada integradora final:</i> na seguinte aula terá o retorno dos conteúdos da UEPS e as atividades. Dessa vez, será questionado sobre como as transformações termodinâmicas influenciam o seu cotidiano, sendo que, cada estudante poderá dar um exemplo de como essa teoria se manifesta no seu dia a dia. Com o propósito de criar um ambiente de colisão entre teoria e prática.	Aula expositiva.

Avaliação da aprendizagem na UEPS: deverá estar baseada nos trabalhos feitos pelos alunos (participação no cozimento do feijão), nas observações feitas em sala de aula e na avaliação somativa individual, cujo peso não deverá ser superior a 50%.

Avaliação da própria UEPS: deverá ser feita em função dos resultados de aprendizagem obtidos. Reformular algumas atividades, se necessário.

Total de horas-aula: 9 horas

4.2 IMPLEMENTANDO A PROPOSTA

Primeira aula - Apresentação da sequência didática e análise de conhecimentos prévios

A aula deve ser comentando sobre a proposta de trabalho, salientando a importância da participação e empenho da turma para alcançar seus objetivos. Neste primeiro passo, deve-se sondar e diagnosticar qual é a compreensão do/a estudante sobre o tema a se abordar, assim, buscando esse conhecimento prévio, que vamos possuir um alicerce para analisar qual o nível de complexidade utilizar nas próximas aulas. Para isso, é importante que as perguntas sejam simples e em consonância com os referenciais teóricos, deve-se utilizar questionamentos pertinentes aos conceitos alvos, onde tais questões devem ser expostas no quadro branco, para a análise da turma, com a finalidade de levantar o conhecimento prévio dos alunos. Os discentes devem ser indagados com os seguintes questionamentos:

1º: Alguém sabe cozinhar ? (Nesse momento, após as devolutivas e para maior interação, é interessante perguntar também quais os tipos de comida sabem preparar).

2º: Alguém sabe os tipos de panelas que podemos usar na cozinha ? (Faça uma lista no quadro com os tipos de panelas que comentarem e questione sobre os materiais usados nas panelas e sua condutibilidade térmica).

3º: Qual a diferença entre elas ? (Nesse momento, além de brevemente retomar sobre características dos materiais que constituem os diversos tipos de panelas, é extremamente importante que o docente conduza o debate a respeito do uso da panela de pressão no preparo de determinados alimentos ao invés de um outro tipo de panela).

4º: Em geral, como é a estrutura de uma panela de pressão ? (Após as devolutivas, é importante que o docente comente sobre a válvula principal e a válvula de segurança da panela de pressão).

A indagação aos alunos também deve abordar conceitos-chaves, que devem ser respondidos individualmente em uma folha de papel e entregue ao término da aula ao docente, para o desenvolvimento da sequência didática como:

1º: Qual a sua percepção sobre a grandeza física temperatura ?

2º: Qual a sua percepção sobre a grandeza física pressão ?

3º: Qual a sua percepção sobre os processos que envolvem a transmissão de calor ?

4º: Qual a sua percepção sobre as propriedades de um gás?

5º: Qual a sua percepção sobre as transformações gasosas ?

6º: Qual a sua percepção sobre a teoria cinética molecular ?

7º: Qual a sua percepção sobre a primeira lei da termodinâmica ?

Durante essa etapa, se torna interessante explicar a importância do conhecimento prévio dos discentes no processo de ensino-aprendizagem, para que os mesmos não fiquem muito apreensivos. Uma analogia que pode ser adotada nesse momento seria a semelhança com uma consulta médica, pois é preciso fazer um diagnóstico do paciente antes de prescrever um remédio para ele. Já pensou você ir ao hospital com dor no braço e antes de você falar nada, o médico te prescreve um remédio

para verme? Seria trágico! Mas infelizmente, esta é uma realidade comum do nosso ensino. Da mesma forma, antes de começar a “ensinar” determinado aspecto (prescrever o remédio), é preciso compreender o que o/a estudante sabe do assunto (ouvir, fazer exame, fazer um diagnóstico), para só então falar o que é preciso para aquele/a estudante, naquele momento (passar o remédio na dosagem certa!).

Segunda aula – Leitura de informativo técnico sobre panela de pressão e Princípios de funcionamento.

Esta aula deve ser desenvolvida a partir de um breve experimento, envolvendo porções de água com temperaturas diferentes, além de corante, com a finalidade de retomar, organizar e relacionar conceitos da aula inicial. Durante a realização deste experimento adiciona-se água a uma temperatura próxima de 100 °c (água fervendo) em um frasco de vidro e em outro frasco, também de vidro, deve se adicionar água a uma temperatura próxima de 20 °c (água da torneira), e em ambos os recipientes adiciona-se corante, com a finalidade de perceber o comportamento das moléculas, no qual os alunos devem perceber que na porção de água com maior temperatura, o corante adicionado se dissemina com maior rapidez, comparado com a porção de água de menor temperatura.

Em seguida os alunos devem ser questionados porque isto ocorre. Posteriormente também devem ser questionados sobre a influência da agitação molecular em relação a pressão em um recipiente fechado, como por exemplo a própria panela de pressão. As respostas devem ser ponderadas, pelo docente, e debatidas em sala, afim de que se atinja um potencial de cognição da turma sobre grandezas termodinâmicas fundamentais. Ainda nesta aula, a turma deve ser dividida em grupos, cada grupo, preferencialmente com 5 alunos, devem receber um informativo técnico sobre a panela de pressão, anexo 1 (disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1isva3Vxjeic5EOAJqWgvjs4wKqgJ136v/view?usp=sharing>).

Após a leitura, realize um debate interno de cada grupo, para uma maior socialização entre os próprios grupos, que deve ocorrer na aula posterior, além disso os grupos também devem responder algumas perguntas fixadas na apostila. É

essencial que o professor realize observações, assim como os comentários dos grupos e individuais em um diário de bordo.

Terceira aula – Respostas das perguntas do informativo técnico e debate entre os grupos.

Para uma melhor análise defina os grupos, como grupo **A**, grupo **B**, grupo **C** e assim por diante. Promova um debate entre os grupos, fazendo-os inicialmente ler para toda turma as respostas sobre os questionamento do informativo técnico, fornecido na aula anterior. Durante o debate é primordial a atenção do docente, para que se necessário, realizar pequenas intervenções, afim de que não se perca o foco. Também é crucial que se destaque, por mais que os grupos falem a respeito, que uma panela de pressão pode explodir por diversas razões, mas geralmente isso acontece devido a falhas no dispositivo de segurança, como a válvula de pressão (principal), válvula de segurança ou o anel de vedação, onde muito das vezes ocorre por obstruções de alimentos nessas regiões, evitando seu correto funcionamento, por tanto realizar a higienização adequada deste dispositivo sempre dar-se-á necessária, afim de se ter maior segurança no seu manuseio.

Outra fala fundamental do docente nesse momento, também designada a segurança no uso da panela de pressão, é de quando a pressão dentro da panela não é liberada adequadamente, ela pode acumular-se a níveis perigosos, levando à explosão da panela, assim com outras causas podem incluir o uso incorreto da panela, como sobrecarregá-la ou abrir antes que a pressão tenha sido completamente liberada. Deve-se evidenciar para os grupos, a importância de se seguir as instruções de uso da panela de pressão para garantir a segurança durante o cozimento. Precauções importantes que devem ser destacadas:

- 1 Leia o manual:** Antes de usar a panela de pressão, leia atentamente o manual de instruções para entender seu funcionamento e quaisquer precauções específicas.
- 2 Não sobrecarregue:** Não encha a panela de pressão até a borda. Deixe espaço suficiente para que os alimentos possam expandir durante o cozimento sob pressão.

- 3 Use líquido suficiente:** Certifique-se de adicionar líquido suficiente (como água, caldo, etc.) para gerar vapor e criar pressão. Não cozinhe alimentos secos na panela de pressão, pois isso pode causar superaquecimento.
- 4 Verifique a vedação:** Antes de usar, verifique se a vedação da panela e a válvula de segurança estão em boas condições. Se houver sinais de desgaste ou danos, substitua-os imediatamente.
- 5 Posicione corretamente:** Certifique-se de que a tampa esteja corretamente posicionada e travada antes de ligar o fogão.
- 6 Use a quantidade correta de calor:** Use apenas a quantidade de calor necessária para manter a pressão. Reduza o calor se a pressão aumentar muito rapidamente.
- 7 Mantenha a ventilação limpa:** Verifique regularmente e limpe quaisquer obstruções na válvula de pressão e na válvula de segurança para garantir que elas funcionem corretamente.
- 8 Não force a abertura:** Não force a abertura da panela enquanto estiver sob pressão. Espere até que toda a pressão seja liberada naturalmente antes de tentar abrir.
- 9 Resfrie antes de abrir:** Após o cozimento, deixe a panela esfriar por alguns minutos antes de abrir a tampa para evitar queimaduras por vapor quente.
- 10 Mantenha fora do alcance de crianças:** Mantenha a panela de pressão fora do alcance de crianças quando estiver em uso ou depois de ser usada, pois partes dela ainda podem estar quentes.

Comente com a turma que seguindo essas precauções, pode-se minimizar os riscos associados ao uso da panela de pressão e garantir uma experiência de cozimento com maior segurança.

Quarta aula – Nova situação-problema, em um nível de maior grau de complexidade.

Neste encontro deve ser apresentado a turma uma nova situação-problema, em nível mais alta de complexidade, sendo iniciado com uma breve revisão do que foi discutido na aula anterior, ressaltando todos os cuidados e medidas que devem ser

adotados para a segurança de todos. Na sequência, os mesmos grupos (**A, B, C, e outros**) da aula anterior, devem ser novamente formados, propondo para estes, de que forma podem proceder e se organizarem para realizar o cozimento de 400 gramas de feijão, utilizando apenas 25 minutos de gás de cozinha, sendo proporcionando a cada grupo, uma panela de pressão, um fogão, uma tábua, talheres, fornecimento de gás de cozinha e diversos temperos para o preparo, tais como: tomate, cebola, pimentinha, cheiro verde, páprica doce, colorau, pimenta-do-reino, couve, açafraão, sal, abóbora, charque, calabresa, bacon, folha de louro, cominho, azeite de oliva e cebolinha.

É importante evidenciar que o feijão (carioca) antes de se utilizar, deve permanecer imerso em água durante um tempo de 4 horas, antes do cozimento. Dessa forma, aborde que deixar o feijão de molho (imerso em água) antes do cozimento é para otimizar o processo, além de oferecer várias vantagens, como a redução do tempo de cozimento, pois o feijão seco pode levar bastante tempo para cozinhar completamente. Ao deixá-lo de molho, ocorre uma reidratação dos grãos, o que reduz significativamente o tempo necessário para o cozimento. Facilita a digestão, devido ao processo de molho ajuda a quebrar e remover alguns dos oligossacarídeos complexos presentes no feijão, esses compostos podem ser difíceis de digerir e podem causar desconforto gastrointestinal, como gases e inchaço. Deixar o feijão de molho ajuda a torná-lo mais fácil de digerir. Redução de fatores antinutricionais, pois o feijão contém alguns fatores antinutricionais, como fitatos e lectinas, que podem interferir na absorção de nutrientes pelo corpo, deixá-lo imerso na água ajuda a reduzir a quantidade desses compostos, tornando os nutrientes do feijão mais disponíveis para absorção. Melhora a textura, porque ajuda a garantir que os grãos cozinhem de maneira uniforme, resultando em uma textura mais macia e agradável (faça o comentário dessas propriedades com os alunos).

Sendo assim, após ressaltar inúmeras vezes todos os cuidados, no manuseio de talheres, na utilização do fogão, no uso da própria panela de pressão, no planejamento e organização que cada grupo deve ter no momento do preparo do feijão, além de observarem em uma perspectiva científica, relações entre grandezas termodinâmicas, como temperatura, pressão, calor, energia interna e volume específico da substância, os grupos estão aptos para realizar tal prática, no próximo encontro.

Quinta aula – Preparo do feijão em uma perspectiva científica. Observando grandezas termodinâmicas envolvidas e suas relações.

Inicialmente os alunos, em seus respectivos grupos (A, B, C e outros), devem ser novamente orientados sobre todas as cautelas adotadas nos procedimentos durante o preparo do feijão, assim como também devem realizar anotações sobre propriedades físicas envolvidas e suas possíveis relações, em seguida cada grupo deve receber os itens, descritos na quarta etapa, para realizar tal preparo, também deve ser ressaltado que cada grupo possui um determinado tempo para entregar o feijão cozido (25 minutos de cozimento acrescidos de 15 minutos de organização, higienização e corte dos diversos temperos). Após as devidas ponderações, os discentes podem iniciar a prática experimental. Se torna interessante durante o experimento, que o docente responsável tenha auxílio de outro professor, preferencialmente na área da disciplina de Química, pela afinidade dos objetos de conhecimento, para que durante a prática ambos realizem pequenas intervenções, fazendo questionamentos e comentários durante a prática, o momento conveniente para isso é quando todos os ingredientes já estão na panela e a mesma encontra-se vedada com sua tampa.

Sendo assim, durante o período da espera do cozimento do feijão, as equipes devem ser indagadas sobre algumas propriedades termodinâmicas envolvidas no processo, questionando-as da seguinte forma:

1º: Por que a panela de pressão é diferente das demais?

2º: Qual função da válvula principal e a válvula de segurança da panela? (nesse momento, após as devolutivas, o docente deve ressaltar a importância da devida higienização da panela, para evitar que resíduos alimentares possam vir a atrapalhar seu funcionamento normal).

3º: Qual a temperatura de ebulição da água em condições normais? e qual a temperatura de ebulição da água no interior da panela de pressão, durante seu manuseio?

4º: Qual relação percebe-se entre temperatura e pressão? (Nesse momento, após as devolutivas, é interessante que professor comente sobre a influência da altitude na pressão atmosférica, assim como também a influência da pressão na temperatura de ebulição e fusão da água).

5º: Explique a diferença entre vapor de água e gás de Água? (Nessa etapa, deve ser mencionado que apesar de estar trabalhando com vapor, usufruir do modelo do gás ideal é extremamente útil para compreender e prever o seu comportamento em diversas situações. Nesse momento outro comentário indispensável, é sobre as variáveis de estado de um gás ideal, pressão, volume, temperatura e quantidade de substância, que estão relacionadas pela equação dos gases ideais, que é $PV=nRT$. Sobre essa perspectiva, enfatize sobre as leis dos gases e as principais características das transformações gasosas, sem adentrar no ferramental matemático, descrevendo assim seu comportamento e de como suas variáveis de estado estão relacionadas entre si).

6º: O que acontece com a pressão no interior da panela, antes e após a saída de vapor pela válvula principal? (Nesse etapa, após as devolutivas, é importante ressaltar que antes da saída de vapor, durante determinado momento o volume de vapor de água não se altera, permanecendo assim constante, enquanto que ao decorrer da saída de vapor, a pressão interna não se altera, permanece assim constante).

7º: Qual a vantagem de se diminuir a intensidade da chama do fogão, no momento que se inicia a saída do vapor? (Nesse momento, após as devolutivas, comente que a prática de reuzir a chama, faz com que a temperatura interna da panela permaneça constante, além de proporcionar economia do gás de cozinha).

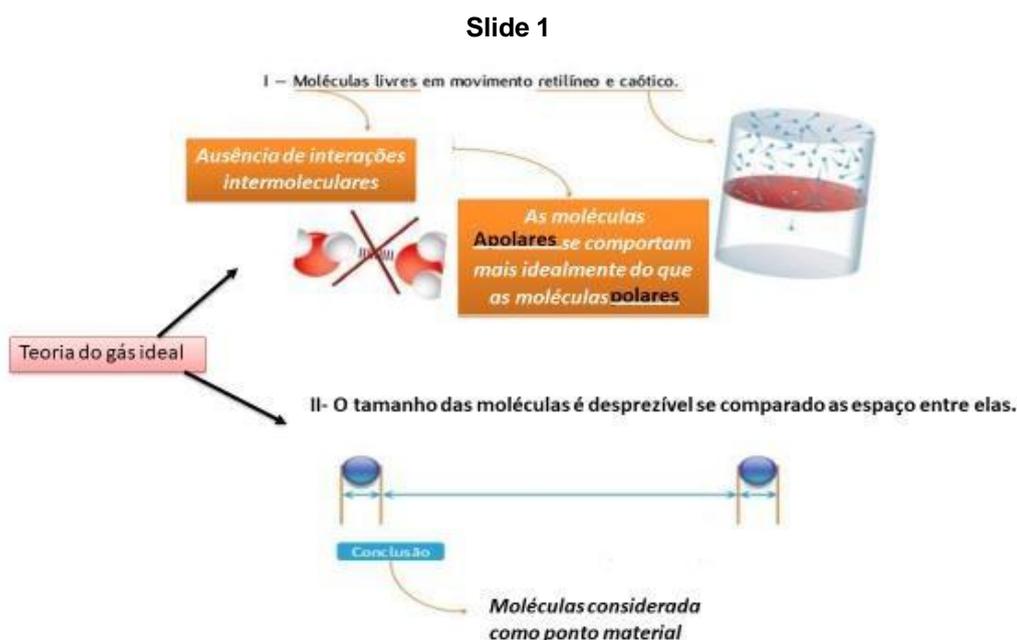
8º: Por que, após determinado tempo de cozimento do feijão, não se consegue remover a tampa da panela de pressão, imediatamente após a sua retirada da chama do fogão? (Após as devolutivas, comente sobre a relação entre as grandezas Físicas Temperatura e Pressão).

9º: Por que ao molhar a panela, posicionando-a embaixo da torneira, se torna mais fácil a remoção da tampa? (Mesma observação do item anterior, aproveite esse item final para falar da expansão adiabática que ocorre no botijão, durante a liberação de gás de cozinha, proporcionando uma redução de sua temperatura, mesmo não ocorrendo trocas de calor com o meio).

Nessa prática experimental, é interessante que o docente destine um tempo de aplicação um pouco maior do que nas etapas anteriores. Um intervalo de tempo apropriada para essa etapa é de 60 minutos à 90 minutos.

Sexta aula – Aprofundamente dos conhecimentos.

Nesse encontro, deve se realizar uma aula expositiva sobre transformações gasosas (transformação isotérmica, isovolumétrica, isobárica e adiabática), com o auxílio do data show, para otimizar o tempo de aula e com o objetivo de entrelaçar conhecimentos difundidos durante a prática da etapa anterior da sequência, com relações entre as grandezas termodinâmicas através do ferramental matemático (equações e gráficos), identificando as características de cada transformação gasosa, afim de potencializar o processo cognitivo. Proceda essa etapa evidenciando a importância no discernimento e compreensão sobre os conceitos de tais transformações, assim como também a aplicação da lei dos gases ideais para resolver problemas relacionados a elas, além de reconhecer as características distintas de cada tipo de transformação gasosa. Sendo assim é imprescindível iniciar essa aula comentando sobre as principais características dos gases, pode-se adotar como exemplo o esquema abaixo, para a elaboração dos slides, abordando aspectos gerais dos gases (os slids estão disponíveis em: https://docs.google.com/presentation/d/1KcjwmU23htn62yTi99f9CS3U_f1vNi98/edit#slide=id.p1).



Fonte: próprio autor

Slide 2



Fonte: próprio autor

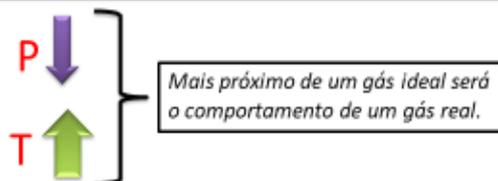
Slide 3

► Esse modelo de comportamento proposto pela teoria cinética do gás ideal afasta-se sensivelmente daquele observado na prática para um gás "real" em condições de pressão muito alta e/ou temperatura muito baixa.

Assim concluímos que:

Gás ideal é aquele que obedece à teoria cinética dos gases, ou seja, é um modelo teórico de gás perfeito.

Na prática, os gases reais tem um comportamento diferente, que pode se aproximar desse modelo teórico em certas condições de temperatura e pressão:



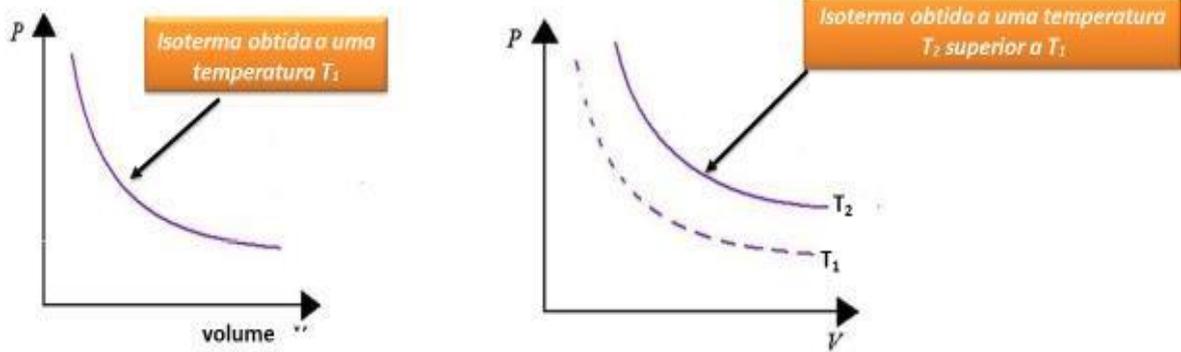
Gás ideal x gás Real

Fonte: próprio autor

Slide 4

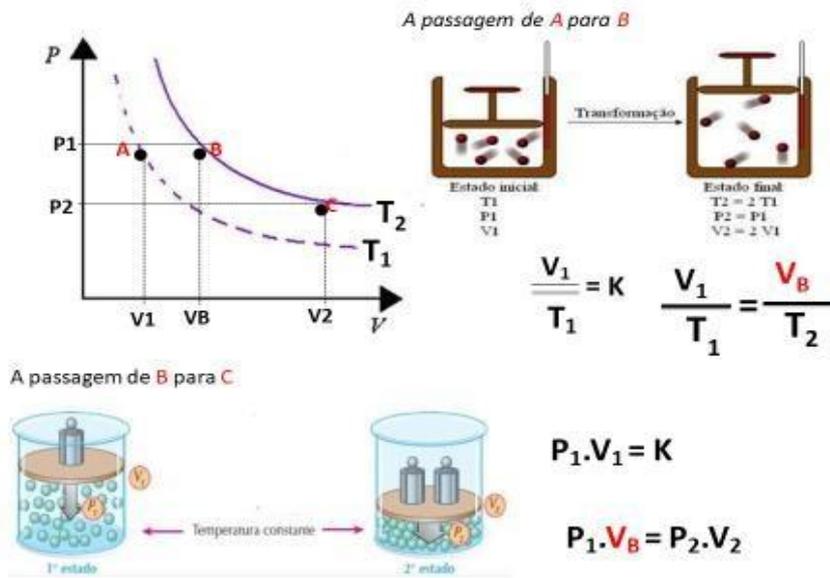
Equação geral dos gases

Dado o gráfico abaixo



Fonte: próprio autor

Slide 5



Fonte: próprio autor

Slide 6

Isolando V_B na primeira equação e substituindo na segunda teremos:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_B}{T_2} \quad V_B = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1}$$

$$P_1 \cdot V_B = P_2 \cdot V_2 \quad P_1 \cdot \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} = P_2 \cdot V_2$$

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Equação geral dos gases

Fonte: próprio autor

Slide 7

► O físico **Clapeyron** estabeleceu uma equação que relaciona as 3 variáveis de estado de um gás e a quantidade de matéria n (n mols de partículas: átomos ou moléculas), descrevendo o comportamento de um gás ideal.

Considere a equação geral dos gases

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \quad \text{Ou} \quad \frac{P \cdot V}{T} = \text{constante} \quad \text{Constante} = R$$

$$V = n \frac{R \cdot T}{P}$$

$V = \frac{R \cdot T}{P}$ 1mol de um gás ocupa um volume V
 $V = K \cdot n$ 2mol de um gás ocupa um volume $2V$
 3mol de um gás ocupa um volume $3V$

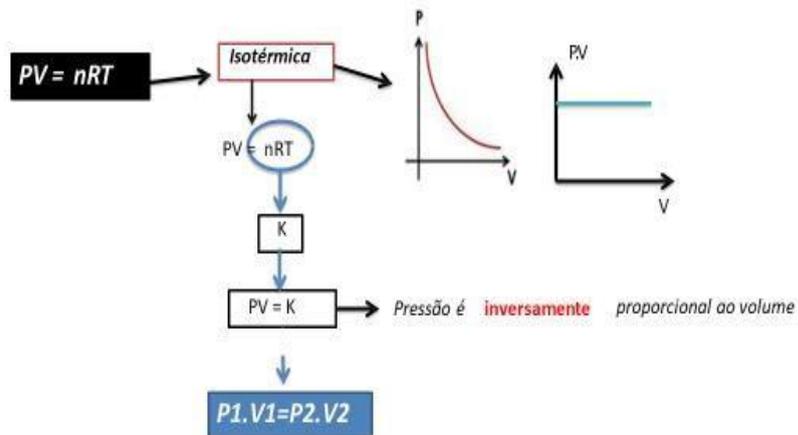
$PV = nRT$

Fonte: próprio autor

Na primeira transformação mencionada, a transformação isotérmica, comente sobre suas principais características, destacando sua relação na equação geral dos gases, a relação de suas grandezas em uma análise gráfica, e também mencione alguns exemplos (como a prática de mergulho). Pode-se adotar como referência, o esquema abaixo para a elaboração do slide, abordando aspectos da Lei de Boyle-Mariotte,

Slide 8

As transformações gasosas.

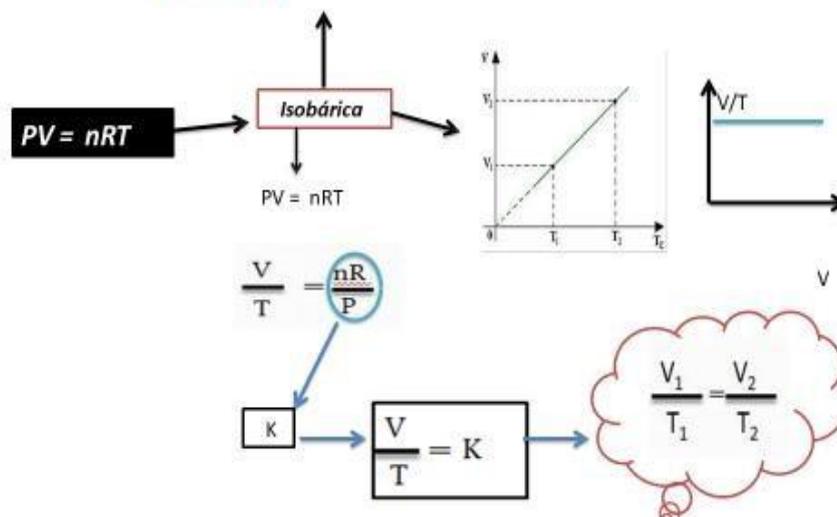


Fonte: próprio autor

Na segunda transformação mencionada, a transformação isobárica, comente sobre suas principais características, destacando sua relação na equação geral dos gases, a relação de suas grandezas em uma análise gráfica, e também mencione alguns exemplos (como processos industriais, expansão de gases em cilindros com êmbolos móveis ou em sistemas termostáticos). Pode-se adotar como referência, o esquema abaixo para a elaboração do slide, abordando aspectos da Lei de Charles,

Slide 9

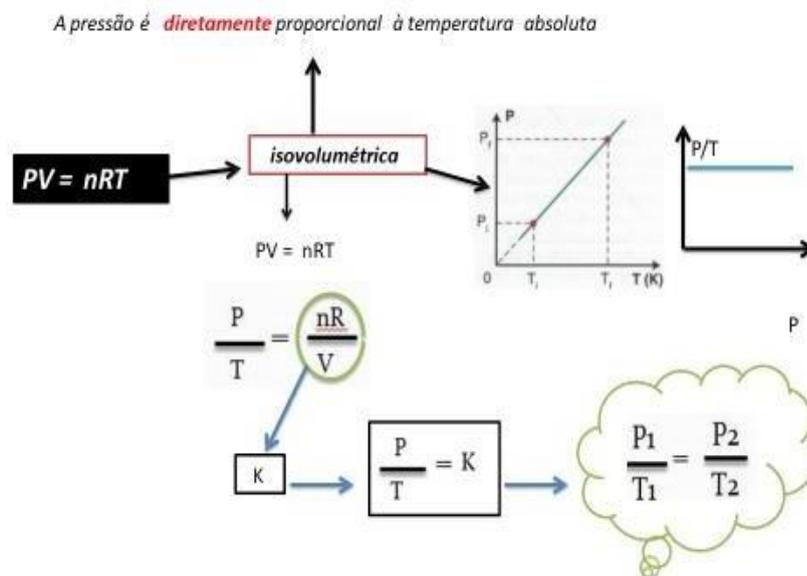
O volume é **diretamente** proporcional à temperatura absoluta



Fonte: próprio autor

Na terceira transformação mencionada, a transformação isovolumétrica, comente sobre suas principais características, destacando sua relação na equação geral dos gases, a relação de suas grandezas em uma análise gráfica, e também mencione alguns exemplos (como os motores de combustão interna durante certas fases do ciclo). Pode-se adotar como referência, o esquema abaixo para a elaboração do slide, abordando aspectos da Lei de Charles-Gay Lussac,

Slide 10

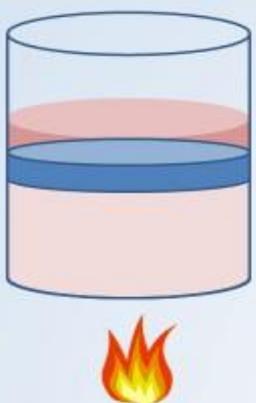


Fonte: próprio autor

Após a explicação das três transformações gasosas citadas anteriormente, adentre com a primeira lei da termodinâmica e sua aplicação nas transformações, sendo que além das três já comentadas, também deve ser acrescentada a transformação adiabática. Pode-se adotar como referência, o esquema abaixo para a elaboração dos slides,

Slide 11

1ª LEI DA TERMODINÂMICA



Ao ser aquecido, o gás se expande empurrando o êmbolo para cima.

Notamos que o calor fornecido ao gás produziu trabalho, ao mover o êmbolo, e fez aumentar a temperatura do gás. Isso demonstra que a energia se conservou. A energia na forma de calor transformou-se em outros tipos de energia.

A primeira lei da Termodinâmica corresponde, na verdade, ao princípio da conservação da energia. Assim, o calor fornecido ou retirado (Q) de um sistema resultará na realização de trabalho (W) e na variação da energia interna do sistema (ΔU).

$$Q = W + \Delta U$$

Fonte: próprio autor

Slide 12

Numa **transformação isovolumétrica**, todo calor recebido ou cedido (Q) pelo gás será transformado em variação da sua energia interna (ΔU). Como não há variação de volume, também não há realização de trabalho (W).

$$Q = \cancel{W} + \Delta U$$

$$Q = \Delta U$$


Calor recebido

Calor cedido

$\Delta U > 0$

$\Delta U < 0$

Fonte: próprio autor

Slide 13

Numa **transformação isotérmica**, todo calor trocado pelo gás (Q), recebido ou cedido, resultará em trabalho (W). Uma vez que **não há variação de temperatura**, também não há variação de energia interna (ΔU).

$Q = W + \Delta U$

$Q = W$

Calor cedido

Calor Recebido

$w < 0$

$w > 0$

K

Fonte: próprio autor

Slide 14

Numa **transformação adiabática**, não ocorre troca de calor (Q) do gás com seu entorno. Assim, todo trabalho (W) realizado pelo gás ($W > 0$) ou sobre o gás ($W < 0$) resultará na variação de energia interna (ΔU).

$Q = W + \Delta U$

$W = -\Delta U$

Quando o trabalho é positivo (realizado pelo gás) observamos uma diminuição da temperatura. Quando o trabalho é negativo (realizado sobre o gás) observamos um aumento na temperatura.

$w > 0$

$w < 0$

K

Fonte: próprio autor

Não esqueça de comentar sobre as principais características da transformação adiabática: o isolamento térmico, pois para que uma transformação adiabática ocorra, o sistema deve estar termicamente isolado; rápida mudança, pois transformações adiabáticas podem ocorrer rapidamente, de modo que não há tempo suficiente para a

troca de calor com o ambiente; relação entre variáveis, pois em uma transformação adiabática, mudanças na pressão, volume e temperatura estão inter-relacionadas de forma específica. Exemplifique comentando que a mesma ocorre quando um gás é comprimido rapidamente em um cilindro isolado, a compressão rápida aumenta a temperatura do gás, como em motores de combustão interna. Enquanto que quando um gás se expande rapidamente e realiza trabalho sobre o ambiente, há uma diminuição na temperatura, como no ciclo de expansão em refrigeradores e motores de ciclo Otto. Finalize enfatizando a importância da compreensão das transformações adiabáticas, pois é crucial em várias áreas da engenharia e da física, pois permite analisar e prever o comportamento de sistemas onde a troca de calor é negligenciável ou inexistente. Comente também que este conhecimento é aplicado em motores, turbinas, processos de compressão e expansão de gases, e na climatologia.

Sétima aula – Roda de conversa, para debate em grande grupo.

Nesse encontro deve ser realizado uma roda de conversa com a turma, para a discussão sobre como procederam e o que perceberam durante a solução da nova situação-problema (preparo do feijão), sendo que durante o debate os alunos devem ser instigados sobre a possível existência de relações entre as etapas de cozimento do feijão e as transformações gasosas, assim como também em que etapa durante o preparo do alimento podemos identificar determinada relação.

Inicie perguntando a turma sobre em que etapa do processo de cozimento do feijão ocorre com o volume constante do gás (aguarde a devolução dos discentes, e faça as devidas ponderações), instigue também sobre a nomenclatura dessa transformação, e o que acontece quando a panela de pressão é fechada e aquecida, de acordo com a Lei de Charles-Gay Lussac e do ponto de vista termodinâmico (nesse momento peça que os alunos também comentem sobre a variação da energia interna e o trabalho termodinâmico, durante a troca de calor), dê sequência questionando-os sobre a relação entre temperatura e a pressão (realize determinadas intervenções, para ponderações das respostas, caso haja necessidade), conclua esse momento inicial comentando que a pressão do vapor aumenta proporcionalmente à temperatura, mantendo o volume fixo (se torna interessante que o docente aproveite esse instante para mencionar que a troca de calor está ocasionando um aumento da

energia interna, mas que não há trabalho termodinâmico), e lembre-os de que essa parte do processo ocorre sem a saída de vapor da panela de pressão.

Em seguida questione a turma sobre em qual etapa ocorre a transformação isobárica (aguarde a devolução dos discentes, e faça as devidas ponderações), instigue também sobre características dessa transformação, e o que acontece, de acordo com a Lei de Charles e do ponto de vista termodinâmico, no momento em que o vapor é liberado pela válvula da panela de pressão, dê sequência solicitando que os discentes abordem a relação entre a temperatura e o volume do vapor, que sai pela válvula (nessa etapa realize determinadas intervenções, para ponderações das respostas, caso haja necessidade, também é relevante que o docente deixe bem claro aos alunos, que o volume do gás que se expande é o que foi expulso da panela através da válvula, permitindo assim que a pressão se mantenha constante), conclua esse momento comentando que o volume de vapor que sai pela válvula e que se expande pelo ambiente é proporcional à temperatura, e lembre-os que essa etapa do processo ocorre quando há a saída de vapor (se torna interessante que o docente aproveite esse instante para mencionar que nessa transformação, a troca de calor está ocasionando mudança na energia interna e a realização de trabalho termodinâmico).

Posteriormente peça aos os alunos para identificarem e comentarem sobre em que momento, durante o preparo do feijão, a temperatura se manteve constante (aguarde a devolução dos discentes, e faça as devidas ponderações), instigue também sobre a nomenclatura dessa transformação, e o que acontece do ponto de vista termodinâmico com as variáveis de estado (nesse etapa peça que os alunos comentem sobre a variação da energia interna e o trabalho termodinâmico, durante a troca de calor), dê sequência questionando-os sobre a relação entre volume e pressão, de acordo com a lei de Boyle-Mariotte (realize determinadas intervenções, para ponderações das respostas, caso haja necessidade).

Durante a explanação da lei de Boyle, siga comentando que a pressão do vapor é inversamente proporcional ao seu volume, mantendo a temperatura fixa (se torna interessante que o docente aproveite esse instante para mencionar que nessa transformação a troca de calor não ocasiona alteração da energia interna, mas apenas a realização de trabalho termodinâmico, e que para tal situação ocorrer o calor fornecido é igual ao calor perdido, ainda pondere dizendo que esse cenário é mais teórico, pois na prática a temperatura pode oscilar ligeiramente, mas que durante uma

fase estável do cozimento, a panela pode operar de maneira aproximada como um sistema isotérmico).

Finalize essa etapa questionando os discentes sobre a transformação adiabática, instigando-os se tal transformação ocorreu em alguma etapa, e o que acontece do ponto de vista termodinâmico (aguarde a devolução dos discentes, e faça as devidas ponderações), em sequência comente que no momento que a panela de pressão é rapidamente retirada do fogo e resfriada subitamente (por exemplo, colocando-a sob água corrente), pode ocorrer uma transformação adiabática, onde há uma rápida mudança na pressão e temperatura interna sem troca de calor significativa com o ambiente, ainda contribua argumentando que o vapor dentro da panela se condensa rapidamente, reduzindo a pressão interna sem que haja tempo para troca de calor com o exterior, o que leva a uma rápida diminuição na pressão interna, ilustrando uma transformação adiabática aproximada. Conclua enfatizando as características de uma expansão adiabática e compressão adiabática.

Oitava aula – Avaliação somativa individual: avaliação individual através de questões envolvendo os conceitos-foco da unidade e representação gráfica das transformações gasosas.

Nesta etapa deve-se aplicar um questionário referente as transformações gasosas (Apêndice B), sendo o mesmo realizado pelos discentes de forma individual, com o objetivo de avaliar o desempenho e identificar áreas de dificuldade. As transformações gasosas abordadas incluem processos isotérmicos, isobáricos, isovolumétricos e adiabáticos.

Os dados, que deverão ser coletados, irão advir das respostas dos alunos a um conjunto de questões teóricas associadas a práticas do cotidiano, incluindo problemas de conceitos primordiais das transformações termodinâmicas, relações entre as grandezas físicas presentes em cada transformação gasosa e interpretação de gráficos, assim como também o docente deve solicitar que os alunos representem graficamente as transformações gasosas em papel milimetrado. Utilize nessa etapa métodos estatísticos descritivos, para analisar a média, mediana, moda, desvio padrão e distribuição das notas dos alunos.

Análises inferenciais devem ser empregadas para determinar correlações e significância estatística.

Nona aula – Aula expositiva dialogada integradora final.

Nesse último encontro, deve ocorrer o retorno dos conteúdos da UEPS e das atividades. Dessa vez, inicie questionando os discentes sobre como as transformações termodinâmicas influenciam o seu cotidiano, com o propósito de criar um ambiente de colisão entre teoria e prática, sendo que cada estudante deve contribuir com um exemplo de como essa teoria se manifesta no seu dia a dia (aguarde a devolução dos alunos, e realize as devidas ponderações, caso haja necessidade). Prossiga lembrando cada etapa aplicada da sequência didática, enfatizando a importância da relação do ferramental matemático e da representação gráfica com as grandezas físicas envolvidas em cada transformação gasosa, destacando também a importância dos discentes desenvolverem o papel de pesquisador, pois a busca pelo conhecimento fora de sala de aula é um fator somativo crucial, no processo de complementação e consolidação dos conteúdos alvos do objeto de conhecimento.

Dessa forma aproveite para analisar a compreensão dos alunos sobre os conceitos abordados na UEPS; identificar as habilidades desenvolvidas e as dificuldades encontradas; avalie a eficácia das atividades e metodologias empregadas; promova a reflexão e o feedback para melhorar futuras práticas de ensino. A avaliação dessa UEPS deve ser abrangente e multifacetada, com o potencial de contribuir para o aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem, com o intuito de promover um aprendizado significativo e integrado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vale ressaltar que durante a construção e análise de gráficos, os discentes podem a vir demonstrar certa dificuldade, por isso o docente deve possuir bastante atenção nessa etapa da UEPS, realizando as devidas intervenções. Outro cuidado na implementação, é o tempo no preparo de feijão, pois o ideal é disponibilizar duas aulas seguidas nessa etapa, para que haja tempo suficiente para cozinhar o alimento e debater os conceitos chaves em questão, assim como também é imprescindível, que cada porção de feijão destinada a cada grupo, permaneça no mínimo 4 horas imerso em água, para que possa ser atingido o objetivo da prática no tempo estipulado, que é o cozimento do alimento em curto período.

Dessa forma o novo ensino médio traz consigo alguns obstáculos, dentre eles a baixa carga horária na área de ciências da natureza (física, química e biologia), o que dificulta a análise do objeto de conhecimento dentro de sala de aula, dificultando assim o processo cognitivo. Esse é um dos fatores que contribuem para o baixo desempenho dos alunos, um outro fator é a abstração, pois em sua grande maioria, não há compreensão, por parte dos discentes, em que irião utilizar conceitos de física em seu cotidiano. Muitos, também atrelam a maior dificuldade no ensino de física ao ferramental matemático, pois afirmam até que compreendem boa parte dos conceitos, mas ao ser inseridos equações e gráficos dentro da análise do objeto de conhecimento, acabam que a partir desse ponto não compreendem mais nada. Por tais motivos, essa UEPS traz consigo uma proposta de minimizar tais implicações.

O itinerário formativo pode ser uma excelente ferramenta para estudar física de forma mais abrangente, especialmente ao explorar a multidisciplinaridade e conectar o conteúdo da física com outras áreas do conhecimento. No contexto da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), é uma forma de aprofundamento e flexibilização dos estudos, permitindo que os estudantes façam escolhas baseadas em interesses específicos e combinem diferentes áreas do saber. No que tange a física e a química, as duas ciências são fortemente conectadas, especialmente em áreas como termodinâmica e eletromagnetismo. Um itinerário que aborde a interação entre partículas em reações químicas e seus efeitos energéticos (como entropia e energia livre) é útil para entender fenômenos físicos em sistemas químicos, assim como

também o estudo do comportamento dos gases, como foi abordado no presente trabalho, ou ainda estudar física em relação ao meio ambiente, é importante para entender fenômenos como aquecimento global, mudanças climáticas e o impacto da energia renovável. Um itinerário formativo voltado à sustentabilidade pode explorar tópicos como energia solar, eólica e o ciclo da água.

O itinerário formativo oferece uma oportunidade para estudar física de forma mais ampla e conectada com outras disciplinas, permitindo que o aprendizado seja mais contextualizado e significativo. A abordagem multidisciplinar não apenas facilita a compreensão de conceitos físicos, mas também amplia a capacidade de aplicar esse conhecimento em diversas áreas da vida real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, J. S.; JÚNIOR, F.N.M. **Aprendizagem significativa crítica: Atividades contextualizadas e interdisciplinares no ensino da termodinâmica.** A Física na Escola, v. 18, n. 1, p. 42 – 45, 2020.

BARBOSA, R. S. **Uma proposta para vivenciar, no ensino médio, os conceitos iniciais de termodinâmica por meio de uma unidade de ensino potencialmente significativa.** 2016. Dissertação (Mestrado) - - Curso de Física, Programa de Pósgraduação, Instituto Federal do Espírito Santo, Cariacica – ES, 2016.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.** LEI Nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. D.O. U. de 23 de dezembro de 1996.

CHAVES, L, T.; EVANGELISTA. F. L. **Da sucata à física: Uma perspectiva ativa para o ensino da termodinâmica.** A Física na Escola, v. 19, n. 1, p. 3 – 11, 2021.

CHAGAS, Jardel Francisco Bonfim et al.. **Usando a panela de pressão para aprender ciências.** Anais do V CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/73028>>.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Fundamentos de Física.** 8. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2010, v. 2

JESUS, R. T. **Proposta de uma UEPS para ensinar física de partículas através de jogos de cartas.** 2018. Dissertação (Mestrado) - - Curso de Física, Programa de Pósgraduação, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2018.

JULIANA. Quais foram os piores acidentes domésticos envolvendo painéis de pressão já noticiados? Disponível em: <https://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/quais-foram-os-piores-acidentes-domesticos-envolvendo-panels-de-pressao-ja-noticiados.html>.

LIMA, J. **Sequência didática para o ensino da termodinâmica.** 2016. Dissertação (Mestrado) - - Curso de Física, Programa de Pósgraduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão - PR, 2016.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade.** Ciência & Saúde Coletiva, [s.l.], v. 17, n. 3, p.621-626, mar. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-81232012000300007>.

MOREIRA, M.A. (2010). **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** São Paulo: Cantauró.

MOREIRA, M.A.; Masini, E.A.F.S. (1982). **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo, Editora Moraes.

MOREIRA, Marco Antônio. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista , v. 1, N. 2, pp. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS**. III Convenção Internacional e X Nacional de Professores de Ciências Naturais, Toluca, México, 15 à 18 de novembro, 2012.

RAMALHO, F.; NICOLAU, P.; TOLEDO, S. **Física, Volume 2**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

SILVA, Francisca Daniela de Jesus. **PARÓDIAS CONCEITUAIS E UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA COMO RECURSOS DIDÁTICOS PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO ONDULATÓRIO**. 2018. 208 f. Dissertação (.Mestrado) - Curso de Física, Programa de Pós-graduação, Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, 2018.

SILVA, R. A. **o jogo educacional como ferramenta complementar ao ensino da termodinâmica**. 2019. Dissertação (Mestrado) - - Curso de Física, Programa de Pósgraduação, Universidade Federal do Pará, Belém- PA, 2019.

WOLKE, Robert L., O que Einstein disse a seu cozinheiro: a ciência na cozinha, Jorge Zahar Editor, 1ª ed, Rio de Janeiro,2003.