

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UESB
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO SUDESTE DA BAHIA



PRODUTO EDUCACIONAL

ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS PARA O ENSINO MÉDIO A PARTIR DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO DE AGUARDENTE DA CANA DE AÇÚCAR

GILMAR PEREIRA DE SOUSA

Vitória da Conquista –Bahia

2020

PRODUTO EDUCACIONAL

ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS PARA O ENSINO MÉDIO A PARTIR DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO DE AGUARDENTE DA CANA DE AÇÚCAR

GILMAR PEREIRA DE SOUSA

Produto Educacional desenvolvido na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS como parte das exigências do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF Polo UESB para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador: Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro

Coorientador: Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos

Vitória da Conquista – Bahia

2020

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	3
2. SUBSÍDIO TEÓRICO	4
2.1. Os Princípios da Termodinâmica	4
2.2 Temperatura	4
2.3 Calor	6
2.4 Denifção de Pressão	11
2.4.1 Pressão atmosférica	12
2.5 Termodinâmica	13
2.6 Transições de fase	15
2.7 A terminologia e o processo de destilação	17
2.7.1 Destilação	17
2.7.2 Caldeiras a vapor	18
3. DESCRIÇÃO DA UEPS	19
3.1 O que é uma Ueps?	19
3.2 Organização da UEPS	19
REFERÊNCIAS	34

1. APRESENTAÇÃO

Neste trabalho desenvolvemos uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS com objetivo de ensinar para os alunos do Ensino Médio os conceitos termodinâmicos de calor (processos de transferência de calor e mudança de fase), temperatura (escalas termométricas) e pressão a partir dos processos de destilação de aguardente de cana.

A UEPS foi desenvolvida para ser aplicada aos alunos do 2º ano do Ensino Médio. Foram utilizadas estratégias pedagógicas diversificadas como vídeos, textos, atividades experimentais e visitas técnicas (visitas a setores de produção que tenham o calor como fonte de energia e que durante as etapas de produção ocorra transferência de calor e mudanças de fase) . Este trabalho foi estruturado para ser aplicado em 6 momentos totalizando 11 aulas e seguiu todos os oito passos propostos por Moreira (2011, p. 3-5).

Todo o material produzido para compor a UEPS *“O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio”* pode ser utilizado por professores que lecionam Física no Ensino Médio em suas práticas pedagógicas. Ressalto que este trabalho apresenta uma proposta de ensino, e como tal, pode ser adaptada para ser aplicada em qualquer contexto de ensino.

Esse trabalho apresenta um produto educacional que oportuniza ao professor do Ensino Médio aprimorar sua prática pedagógica, como também, oferece uma oportunidade de reflexão a respeito da forma como a Física vem sendo ensinada, de forma mecânica e sem contextualização. Entendemos que o aluno aprende quando vê significado naquilo que está sendo ensinado e, por isso, a UEPS apresentada aqui tem como principal objetivo promover a construção do conhecimento físico a partir de situações vivenciadas por eles

2. SUBSÍDIO TEÓRICO

2.1. Os Princípios Da Termodinâmica

O presente capítulo aborda os principais conceitos Físicos associados à Termodinâmica. Para elaboração deste, consultamos as seguintes fontes: Física para Cientistas e Engenheiros – Paul A. Tipler e Gene Mosca; Leituras de Física: Física Térmica – GREF; Notas de aulas do Professor Dr. Luizdarcy Matos Castro – UESB (principais referências: Introdução à Física Estatística – Silvio R. A. Salinas; Origens e Evolução das Idéias da Física - José Fernando Rocha (org); Aspectos Contemporâneos da Física – José Maria Filiardo Bassalo; Termodinâmica – Walter F. Wreszinski; Fundamentos de Termodinâmica do Equilíbrio – Carlos Fiolhais; Manuel Fiolhais; Fundamentals of Statistical and Thermal Physics – Frederick Reif; Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística – Francis Weston Sears e Gerhard L. Salinger).

2.2 Temperatura

O conceito de temperatura está relacionado com a sensação do que vem a ser um corpo quente ou frio. Utilizamos o tato para identificar se um objeto está quente ou frio. As propriedades físicas de um material sofrem alteração quando é aquecido ou resfriado. A maioria dos sólidos e dos líquidos se expande ao serem aquecidos, e um gás também sofre expansão ao ser aquecido com pressão constante, durante o processo de fermentação ocorre elavação da temperatura da substância (caldo de cana) promovendo o aumento do volume e diminuição da densidade . Essas propriedades físicas, que se alteram com a temperatura, são chamadas propriedades termométricas. Por sua vez, uma alteração em uma propriedade termométrica indica que a temperatura do corpo sofreu alteração. Uma propriedade termométrica pode ser utilizada para estabelecer uma escala de temperatura.

Se duas barras metálicas (uma quente e outra fria) forem colocadas em contato, espera-se que a barra quente se esfrie, e que a barra fria seja aquecida. Depois de certo tempo, não será mais observado aquecimento ou resfriamento, o que significa que as barras estarão em equilíbrio térmico. Esta situação hipotética se refere à Lei Zero da Termodinâmica, que afirma que dois corpos terão a mesma temperatura se estiverem em equilíbrio térmico entre si. Podemos definir temperatura como sendo a medida da energia cinética média das moléculas de um corpo.

O piso das calçadas, as vigas de concreto de construções como pontes e edifícios como tudo mais se dilatam. Sendo estruturas grandes e expostas ao Sol, devem ter vãos para acomodar dilatações prevendo este efeito do aquecimento e evitando que provoque rachaduras. As paredes das fornalhas dos alambiques (figura 1) são refratárias afim de evitar possíveis rachaduras causadas pelo efeito da dilatação térmica. Todos os objetos sólidos, líquidos ou gasosos, quando aquecidos se dilatam, ou seja, aumentam de volume. Esta propriedade dos materiais pode ser utilizada para medir temperaturas.

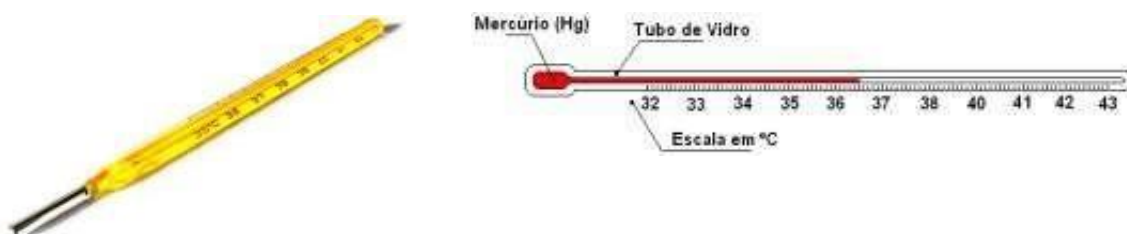
Figura 1 - Fornalhas com paredes refratárias para evitar os efeitos da dilatação térmica



Fonte: <http://www.cachacasuprema.com.br/fotos.htm>. Acesso 25/09/2018 às 19:32

Os termômetros que utilizamos para verificar febre (Figura 2) são constituídos com um fino tubo de vidro ligado a um pequeno bulbo lacrado cheio de mercúrio ou de álcool. Quando esfriado, o líquido se contrai e seu nível desce no capilar; quando é aquecido, ocorre o contrário. Tanto o mercúrio como o álcool são líquidos que, mais do que a água, mesmo para um pequeno aquecimento, se dilata visivelmente mais do que o vidro. Por isso são escolhidos para a construção de termômetros.

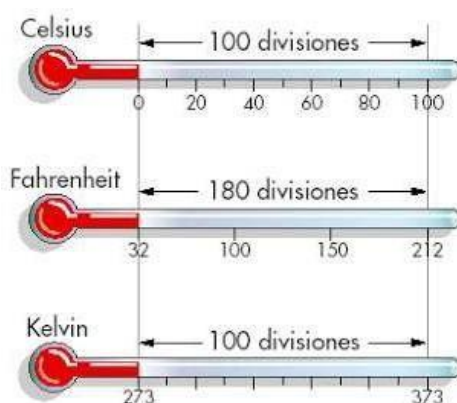
Figura 2 – Termômetros de Mercurio



Fonte: <http://horizonte.forumeiros.com/t230-tipos-de-termometros-fisica-8-serie-9-ano>. Acesso em 25/09/2018 às 19:55

Para construir um termômetro é necessário utilizar uma escala termométrica que estabelecida a partir de padrões. No caso da escala Celsius que é amplamente utilizada no Brasil, são escolhidas duas referências: uma é a temperatura de fusão do gelo e a outra é a da ebulição da água. Nessa escala o zero é atribuído para a temperatura do gelo fundente o cem para a temperatura da água em ebulição. As escalas Kelvin e Fahrenheit, que também são utilizadas para medir a temperatura, estabelecem como pontos de fusão do gelo e ebulição da água outros valores, mas que servem para medir a mesma temperatura (figura 3).

Figura 3 – Escalas termométricas



Fonte: <http://portalcienciaecultura.blogspot.com.br/2010/09/medida-da-temperatura.html>.
Acesso em 25/09/2018 às 20:03

2.3 Calor

No final do século XVIII, existiam duas hipóteses alternativas sobre o calor. A hipótese mais aceita considerava o calor como uma substância fluida indestrutível, que “preencheria os poros” dos corpos e escoaria de um corpo mais quente a um mais frio. Lavoisier chamou essa substância hipotética de “calórico”. A implicação era que o calor poderia ser transferido de um corpo a outro, mas a quantidade total de “calórico” se conservaria, ou seja, existiria uma lei de conservação de calor. A hipótese rival, endossada entre outros por Francis Bacon e Robert Hooke, foi assim expressa por Newton em 1704: “O calor consiste num minúsculo movimento de vibração das partículas dos corpos”. A principal dificuldade estava na “lei de conservação do calórico”, pois a quantidade de calórico que podia ser “espremida para fora” de um corpo por atrito era ilimitada.

Daí considerar que calor e trabalho “são formas de energia” trocadas com o sistema. O Calor Q é energia em trânsito de um corpo para outro devido à diferença de temperatura entre

eles. O Trabalho W é a energia que é transferida de um sistema para outro de tal modo que a diferença de temperaturas não esteja envolvida. Essa definição é limitada e pode ser melhorada com a definição de trabalho de configuração e trabalho dissipativo.

A troca de energia com a vizinhança, seja na forma de Q ou W , muda o estado de equilíbrio do sistema. As grandezas Q e W não são características do estado de equilíbrio do sistema, mas sim dos processos termodinâmicos pelos quais o sistema passa quando vai de um estado de equilíbrio para outro. Desse modo, se um sistema vai de um estado de equilíbrio inicial para outro estado de equilíbrio final, por dois caminhos diversos, para cada caminho, ele terá um valor de Q e W específico.

Quando certa quantidade de calor é transmitida para um corpo, na maioria dos casos, a sua temperatura cresce. A quantidade de calor necessária para aumentar, em certo valor, a temperatura de uma substância depende da quantidade dessa substância, e varia de acordo com a substância. Se forem necessários 3 minutos para ferver 1 litro de água numa certa chama, serão necessários 6 minutos para ferver 2 litros de água na mesma chama. Se, no entanto, formos aquecer 1 litro de azeite na mesma chama, será necessário um tempo maior que 3 minutos.

A propriedade física que define a quantidade de calor Q necessária para aquecer determinado material de ΔT é chamada capacidade térmica C , e é definida como:

$$Q = C \Delta T$$

Desse modo, poderemos calcular a capacidade térmica de 1 litro de água, de 2 litros de água, de 1 litro de azeite etc. A capacidade térmica é uma característica de uma amostra de determinada substância. Outra amostra diferente dessa mesma substância terá uma capacidade térmica diferente. Fica claro que são limitadas as vantagens dessa propriedade física, a capacidade térmica. Mas, a partir dela, definiu-se outra propriedade chamada Calor Específico c , que é uma característica de cada substância.

A propriedade física que define a quantidade de calor Q , necessária para aquecer de ΔT uma massa m de determinado material, é chamada calor específico c , e é definida como:

$$Q = mc\Delta T$$

Como foi mencionado, calor é uma forma de energia e, portanto, a unidade de calor é a mesma de energia. Mas, por razões históricas, ainda se usa como unidade de calor a caloria ou cal, que se define como a quantidade de calor necessária para aquecer 1g de água de 14,50°C até 15,50°C. Desse modo, a unidade do calor específico será cal/g·°C.

Conforme mencionado, uma substância altera a sua temperatura quando ela troca calor com a sua vizinhança. No entanto, existem algumas situações nas quais não acontece desse modo: um corpo pode absorver certa quantidade de calor e manter-se com a sua temperatura constante. Quando isso acontece, diz-se que o corpo passou por uma mudança de fase. Existe um exemplo corriqueiro: uma pedra de gelo numa temperatura de 0°C é retirada do congelador e colocada dentro de um copo na temperatura ambiente de 30°C. Esse material irá absorver calor da sua vizinhança e, vagarosamente, transformar-se-á em água a uma temperatura de 0°C.

A propriedade física que define a quantidade de calor Q , necessária para uma mudança de fase de uma massa m de determinada substância, é chamada calor latente, e é definida como:

$$Q = m L$$

Quando estamos considerando a mudança do estado sólido para o estado líquido, chamamos de calor latente de fusão L_F , e quando estamos considerando a mudança do estado líquido para o estado gasoso, chamamos de calor latente de vaporização L_V . A unidade do calor latente é cal/g.

A luz e o calor do Sol quando chegam até nós, já percorreu 149 milhões de quilômetros atravessando o espaço vazio, o vácuo, pois a camada atmosférica que envolve a Terra só alcança cerca de 600 km. Esse processo de propagação do calor que não necessita de um meio material é a irradiação.

De toda a energia irradiada pelo sol que chega até a Terra, 30% é refletida nas altas camadas da atmosfera e volta para o espaço. Cerca de 46% dessa energia aquece e evapora a água dos oceanos e rios; 16,31% aquece o solo; 7% aquece o ar e 0,07% é usada pelas plantas terrestres e marinhas na fotossíntese.

O ar em contato com solo aquecido atinge temperaturas mais altas do que o das camadas mais distantes da superfície. Ao se aquecer ele se dilata ocupando um volume maior e tornando-se menos denso, sobe. Em contato com o ar mais frio, perde calor, se contrai e desce.

O deslocamento do ar quente em ascensão e de descida do ar frio, as chamadas correntes de convecção, constituem um outro processo de propagação do calor, a convecção. Esse processo ocorre no aquecimento de líquidos e gases.

Nos sólidos o calor é conduzido através do material. É devido à condução de calor

através do material que o cabo de uma colher esquenta quando mexemos um alimento do fogo. Um objeto pode ser aquecido por mais de um processo ao mesmo tempo.

Quando a temperatura de um corpo é aumentada, a energia que ele possui em seu interior, denominada energia interna, também aumenta. Se este corpo é colocado em contato com outro, de temperatura mais baixa, haverá transferência de energia do primeiro para o segundo, energia esta que é denominada calor. Assim, o calor pode ser definido da seguinte forma:

Calor é a energia transferida de um corpo para outro em virtude, unicamente, de uma diferença de temperatura entre eles. A transferência de calor entre os corpos pode acontecer através dos processos de Condução, Convecção e Radiação.

Para exemplificar o processo de Condução, vejamos a barra de metal sendo aquecida na figura 4. Ao entrar em contato com a chama, os átomos da barra de metal aumentam a sua agitação, aumentando também a temperatura e a energia interna. Essa energia é transferida para os outros átomos próximos de forma sucessiva até chegar na outra extremidade da barra. Esse processo de transmissão de calor é denominado Condução e constitui a maneira mais comum de transferir calor através de corpos sólidos.

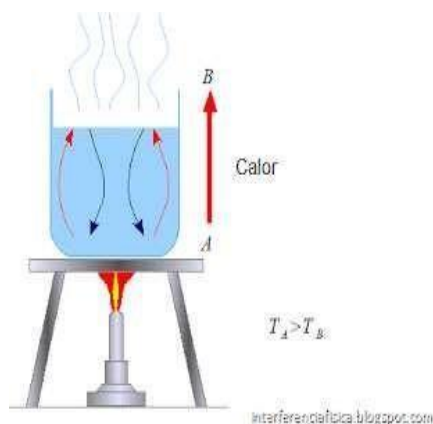
Figura 4 – Condução térmica



Fonte: <https://universocientifico.com.br/1a-aula-termologia-definicao-de-calor-e-temperatura/>. Acesso em 26/09/2018 às 07:03

A figura 5 mostra um recipiente com água sendo aquecido. A camada de água no fundo do recipiente recebe calor da chama, por condução. Consequentemente, o volume aumenta e sua densidade diminui, fazendo com que ela se desloque para cima. Esse movimento faz com que a água mais fria e densa que está na parte superior desça. Esse processo, que continua com a circulação contínua da água mais quente para cima e a mais fria para baixo, é denominado correntes de Convecção.

Figura 5 – Correntes de convecção



Fonte: <http://profwilker.blogspot.com.br/2011/09/conveccao-termica-e-o-funcionamento-da.html>. Acesso em 26/09/2018 às 07:10

Esse processo de transmissão de calor está presente no funcionamento de equipamentos como a geladeira. Na parte superior, as camadas de ar em contato com o congelador, cedem calor a ele por condução. Dessa forma, o ar dessa região torna-se mais denso e dirige-se para a parte inferior da geladeira, enquanto as camadas de ar da parte de baixo deslocam para cima. Esse processo causado pela convecção faz com que a temperatura dentro da geladeira se mantenha a mesma em todos os pontos no interior da geladeira.

As correntes de convecção podem ser observadas em situações da nossa vida. Por exemplo, a formação dos ventos é devida a variação da densidade do ar, que resultam das correntes de convecção que ocorrem na atmosfera.

Imagine que num dia frio, você resolva aquecer suas mãos e se aproxima de uma fogueira conforme mostra a (figura 6). Nesse processo, a transmissão do calor da fogueira até as suas mãos não pode ser explicada pelos processos de condução e convecção, pois estes processos só ocorrem quando há um meio material através do qual o calor é transmitido. Neste caso, a transmissão de calor da fogueira até as mãos ocorre através do processo denominado Radiação Térmica. O calor do Sol chega até nós através desse processo.

Figura 6 – Transmissão de calor por radiação



Fonte: <http://aexata.com.br/transferencia-de-calor/radiacao-termica/>. Acesso em 26/09/2018 às 07:45

Na radiação térmica somente a energia é transmitida. As ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio material para serem transportadas. Quando um carro fica exposto ao Sol o seu interior aquece muito principalmente porque os vidros deixam entrar a luz que é absorvida pelos objetos internos e por isso sofrem uma elevação de temperatura. Costumamos dizer que o carro se transformou numa estufa.

A luz do Sol, interpretada como uma onda eletromagnética atravessa o vidro do carro e incide nos objetos internos. Eles absorvem essa radiação e emitem radiação infravermelha (calor) que fica retida no interior do carro, impedida de sair por que o vidro é opaco a ela, tendo um efeito cumulativo.

A Terra recebe diariamente a energia solar que é absorvida pelo planeta e emitida na forma de radiação infravermelha para o espaço. Uma parcela desse calor volta para nós, retido pela atmosfera. O vapor d'água e o gás carbônico e o CFC (cloro, flúor, carbono) presentes na atmosfera, deixam passar luz solar, mas absorvem a radiação infravermelha emitida pela Terra devolvendo-a para a superfície o que constitui o Efeito Estufa. O oxigênio e o nitrogênio transparentes tanto a luz solar como ao infravermelho, não colaboram para o efeito estufa.

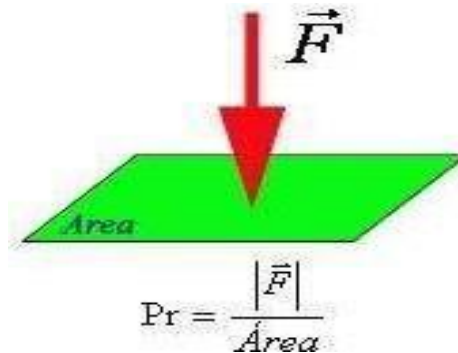
É devido ao efeito estufa que o nosso planeta se mantém aquecido durante a noite. Sem esse aquecimento, a Terra seria um planeta gelado, com poucas chances de propiciar o surgimento da vida.

2.4 Denificação De Pressão

Sendo a força peso exercida por um objeto sobre uma superfície plana (figura 7),

definimos a pressão como a razão entre a força exercida pela força peso pela área na qual essa força é distribuída. Dessa forma, temos definiremos P pela relação matemática:

Figura 7 -Ilustração de uma definição matemática de pressão.



Fonte:<https://www.estudopratico.com.br/hidrostatica/>. Acesso em 26/09/2018 às 08:15

No sistema internacional de Unidades (SI), a pressão P é dada pela razão da unidade da força F que é o N (Newton) pela unidade de área que é o m^2 . Assim, a unidade de pressão será N/m^2 , que é denominada pascal e representada por Pa. Para medir a pressão exercida por gases, por exemplo, é comum utilizar uma unidade denominada atm, que significa atmosfera. O valor de 1atm é igual à pressão exercida sobre sua base por uma coluna de Hg (mercúrio), de 76 cm de altura.

O valor da pressão depende da força exercida e da área na qual a força está atuando. Assim sendo, se a área de atuação da força for fixa, a pressão irá depender apenas da força exercida. Ou, se a força for fixa, podemos obter pressões diferentes mudando a área de atuação da força. Por esse motivo o prego é pontiagudo, pois sendo a área de contato pequena, uma força pequena pode estabelecer uma grande pressão, tornando mais fácil introduzir um prego na madeira, por exemplo.

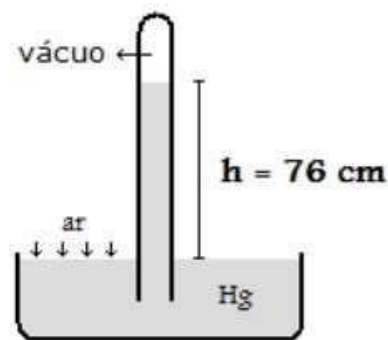
2.4.1 Pressão atmosférica

O ar, como qualquer substância próxima à Terra, é atraído por ela, isto é, o ar tem peso. Por isso, a camada atmosférica que envolve a Terra, atingindo uma altura de dezenas de quilômetros, exerce uma pressão sobre os corpos nela mergulhados. Essa pressão é denominada Pressão Atmosférica.

Em 1643, o matemático e físico italiano Evangelista Torricelli conseguiu determinar a medida da pressão atmosférica ao nível do mar. Primeiramente ele encheu um

tubo de aproximadamente um metro de comprimento com Hg (Mercúrio), e logo em seguida mergulhou o tubo em um recipiente também com mercúrio como mostra a figura 2 abaixo, logo após ele notou que o mercúrio descia um pouco, se estabilizando aproximadamente a 76 cm acima da superfície.

Figura 8 – Experimento de Torricelli para determinação da pressão atmosférica.



Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/pressao-atmosferica/>. Acesso em 26/09/2018 às 08:40

Torricelli interpretou essa experiência dizendo que o que mantinha a coluna de mercúrio nesta altura era a pressão atmosférica. A coluna de 76 cm só é obtida no nível do mar, pois quando a altitude varia a pressão atmosférica também varia como citado anteriormente.

A partir dessa experiência ficou estabelecido que ao nível do mar 1atm (uma atmosfera) é a pressão equivalente a exercida por uma coluna de 76cm de mercúrio, onde $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, portanto:

$$1\text{atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} = 1,01.105 \text{ Pa}$$

2.5 Termodinâmica

A Termodinâmica Clássica ou Termodinâmica do Equilíbrio é uma das áreas da Física mais bem consolidadas. É sintetizada por uma estrutura de conhecimento bem definida e auto coerente. A essência da estrutura teórica da Termodinâmica Clássica está num conjunto de leis naturais que governam o comportamento de sistemas físicos macroscópicos. Essas leis foram formuladas a partir de generalizações de observações e são, em grande parte, independentes de quaisquer hipóteses relativas à natureza microscópica da matéria. Em geral, as aproximações estabelecidas para a Termodinâmica Clássica seguem uma das duas alternativas: a *aproximação histórica* que faz uma descrição “cronológica” da evolução das ideias, conceitos e fatos e, a *aproximação postulatória*, na qual são formulados postulados não demonstrados “a priori”, mas que podem ter suas veracidades confirmadas “a posteriori”.

A aproximação histórica, como já dissemos, tem uma base fundamentalmente empírica e foi desenvolvida ao longo de um período que durou mais ou menos 250 anos, que vai desde o início do século XVII até os meados do século XIX. Essa foi a abordagem dada até agora no nosso curso, os adeptos da aproximação histórica defendem que, se esperamos que nossos estudantes compreendam bem os fundamentos da Termodinâmica e, a partir deles, possam formular novos conceitos e teorias, devemos expor a eles o desenvolvimento histórico das teorias existentes.

As primeiras ideias de se estabelecer uma aproximação postulacional ou axiomática para a Termodinâmica foram apresentadas no início do século XX por alguns matemáticos seguidores da escola formalista. Entre eles, podemos mencionar o matemático francês **Jules Henri Poincaré** (1854 – 1912), que levantou questões acerca das definições de temperatura e calor e dos enunciados das duas leis Termodinâmica, e, principalmente, o matemático alemão **Constantin Carathéodory** (1873 – 1950), que, em 1909, publicou um trabalho pioneiro, no qual propôs uma estrutura formal lógica alternativa para a Termodinâmica.

A Termodinâmica é o ramo da Física que estuda os sistemas macroscópicos (sistemas com número suficientemente grande de constituintes). Está baseada num conjunto de princípios ou leis, obtidos a partir da observação experimental, de onde se extraem as consequências lógicas. É possível explicar grande parte do comportamento dos referidos sistemas a partir desse pequeno conjunto de princípios. Esta possibilidade constitui um dos principais atrativos da Termodinâmica.

Na Termodinâmica, uma equação de estado é uma relação matemática entre as grandezas termodinâmicas de estado, entre funções de estado de um sistema termodinâmico, uma equação de estado descreve o estado da matéria sob um dado conjunto de condições físicas. As variáveis de estado são grandezas que determinam o estado de um gás. Um gás perfeito ou ideal é um gás cujas moléculas possuem volume desprezível e não interagem entre si de modo que não muda de fase. As variáveis de estado do gás perfeito ou ideal são o volume V , a pressão p e a temperatura T . O gás ideal é um gás que obedece à relação:

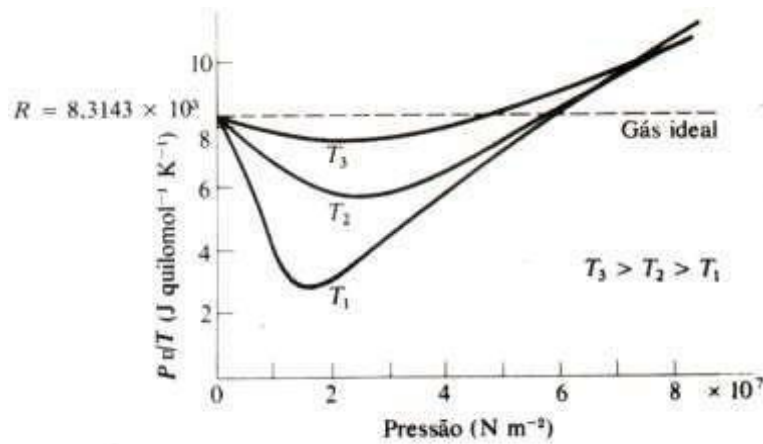
$$\frac{pV}{T} = \text{constante}$$

Os dados coligidos a uma dada temperatura T (gráfico abaixo) nos dizem que a pressões suficientemente baixas, podemos escrever, para todos os gases

$$\frac{p v}{T} = R$$

ou $p v = RT.$

Figura 9 - Relação entre as grandezas P, V e T



Fonte: (SEARS; SALINGER, 1979, p. 22).

A equação de estado para um gás ideal pode ser escrita, usando $v = V/n$, como segue

$$p V = nRT$$

Encontra-se pela experimentação, que somente certo número mínimo de propriedades de uma substância pura pode ter valores arbitrários. Os valores restantes são, então, determinados pela natureza da substância. Segue – se que existe certa relação, por exemplo, para um gás, entre p , V , T e m , que pode ser expressa em geral como

$$f(p, V, T, m) = 0$$

Esta relação é conhecida como a *equação de estado* da substância. Se qualquer uma das três propriedades for fixada, a quarta estará determinada. A equação de estado pode ser simplificada fazendo $v = V / m$, donde

$$f(p, v, T) = 0$$

2.6 Transições de fase

As mudanças de estado de agregação da matéria geralmente recebem as denominações mostradas na figura. A pressão e a temperatura a que uma substância for submetida determinarão a fase na qual ela se apresentará. Quando uma substância passa de uma

fase para outra, dizemos que ela sofreu uma mudança de fase ou uma mudança de estado.

Quando fornecemos calor a um corpo e sua temperatura se eleva, há um aumento na energia de agitação de seus átomos. Este aumento de agitação, faz com que a força de ligação entre os átomos seja alterada, podendo acarretar modificações na organização e separação destes átomos. Em outras palavras, a absorção de calor por um corpo pode provocar nele uma mudança de fase. Naturalmente, a retirada de calor deverá provocar efeitos inversos dos que são observados quando o calor é cedido à substância. Observe a figura 10 abaixo.

Figura 10: Relação entre a temperatura e as mudanças de fase.



Fonte: <https://www.resumoescolar.com.br/quimica/mudancas-de-estado-fisico-da-materia/>. Acesso em 26/09/2018. Às 09:45

Nos processos em que ocorre ganho de calor observa-se o aumento da temperatura. Nos processos em que o calor é cedido, observa-se a diminuição da temperatura. Dessa forma, na fusão (mudança da fase sólida para a líquida) e na vaporização (mudança da fase líquida para a gasosa) a substância recebe calor. Na condensação (mudança da fase gasosa para a líquida) e na solidificação (mudança da fase líquida para a sólida) a substância cede calor. Na sublimação que configura a passagem direta da fase sólida para a gasosa e vice-versa observa-se tanto ganho quanto perda de calor. A vaporização pode ocorrer através da evaporação (passagem lenta da fase líquida para a gasosa a qualquer temperatura) ou por ebulição (passagem rápida da fase líquida para a gasosa a uma temperatura determinada para cada líquido).

Se a mudança de estado ainda não se realizou ou se ainda não se completou, o corpo ao absorver o calor muda de estado sem variar de temperatura. Exemplificando, quando o gelo à 0°C ou uma mistura de gelo e água à 0°C absorvem calor a temperatura não aumenta, sendo realizada a fusão do gelo. Esse calor recebido numa mudança de fases é denominado calor de transição, a razão entre o calor recebido Q e a massa da substância m recebe o nome de calor

latente de transição L .

2.7 A terminologia e o processo de destilação.

2.7.1 Destilação

A destilação é o processo de separação de misturas homogêneas mais empregado em laboratórios de Química. Essa técnica baseia-se na diferença de pontos de ebulição entre as substâncias que compõem a mistura. Existem dois tipos desse processo: **a destilação simples** e **a destilação fracionada**. A aplicação de cada um depende do tipo de mistura que se deseja separar. (Site Mundo Educação. Acesso em 27/09/2018 às 07:15)

O caldo de cana fermentado tem em sua composição substâncias sólidas, líquidas e gasosas, que são separadas pelo processo de destilação, de acordo com seus respectivos graus de volatilidade.

No vinho, a concentração de álcool etílico, principal componente da aguardente, aparece na proporção de 7% a 8% em volume, enquanto a água representa cerca de 89% a 90%. O processo de destilação pode ocorrer de maneira lenta ou rápida. Em ambos os processos a temperatura atingida é a mesma, entretanto o tempo para atingí-la varia.

Recomenda-se separar os 5-10% que saem inicialmente do destilador, pois este destilado é rico em ésteres, acetaldeídos, aldeídos, metanol, acetato de etila. Esta fração inicial é conhecida como cabeça. A fração seguinte que sai do alambique, cerca de 80%, chama-se coração. Esta fração contém uma menor proporção de componentes indesejados, ou seja, é a melhor fração do destilado, que é a aguardente em si. Por último retira-se a cauda, que corresponde a cerca de 10% do volume total que é constituída por produtos mais pesados, com maior afinidade com a água, como por exemplo ácido acético, álcoois superiores, entre outros.

Na destilação rápida o vinho é aquecido rapidamente até 50 °C e então a quantidade de calor fornecido pela caldeira é diminuído até um nível intermediário, fazendo a mistura alcançar 87 °C onde o processo de destilação se inicia. Não há separação entre cabeça e coração, o processo acontece mais rapidamente e é utilizado na produção de aguardente em escala industrial.

A destilação lenta ocorre de maneira similar à rápida, diferenciando-se no instante em que a quantidade de calor fornecido é diminuída. A caldeira é trazida a um nível muito baixo de emissão de calor e o processo é mais demorado, apesar das temperaturas atingidas serem as

mesmas. Há separação entre cabeça, coração e calda e é o processo utilizado na fabricação arezanal de aguardente.

As substâncias sólidas apresentadas correspondem a células de leveduras, bactérias, bagacilho, açúcares não-fermentados, substâncias não fermentescíveis, proteínas, sais minerais, etc.

Essas substâncias, de modo geral prejudiciais na destilação, devem ser eliminadas através de uma fermentação completa, no caso dos açúcares (sólidos solúveis), e através de uma total decantação do vinho.

A destilação separa as substâncias voláteis (água, álcool etílico, aldeídos, álcoois superiores, ácido acético, gás carbônico, etc.) das não voláteis (células de leveduras, bactérias, sólidos em suspensão, sais minerais, etc). O ponto de ebulição de uma mistura binárias de álcool e água varia de acordo com a proporção desses elementos. (Site Portal São Francisco. Acesso em 27/09/2018 às 07:20)

2.7.2 Caldeiras a vapor

Para Baggio (2018, p. 27), caldeiras à vapor são equipamentos destinados a converter um fluido vaporizante do estado líquido para o gasoso sob pressão superior à atmosférica com o fim de ser usado em diversas aplicações, tais como aquecimento e processos industriais.

3. DESCRIÇÃO DA UEPS

3.1 O Que é uma Ueps?

Segundo Moreira (2011, p. 2) as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

– UEPS são seqüências de ensino voltadas para subsidiar a prática docente no sentido da promoção da aprendizagem significativa abrindo caminho para a pesquisa em ensino.

A construção desta UEPS seguiu os oito passos descritos por Moreira (2011, p. 3-

1 – Definir o conteúdo que deve ser trabalhado;

2– Propor situações que viabilize o aluno demonstrar o conhecimento prévio;

3–Propor situações-problema introdutórias que funcionarão como organizador prévio;

4 – Apresentar o conhecimento a ser ensinado;

5– Retomar o trabalho dos conteúdos da UEPS em um nível mais alto de complexidade;

6– Concluir a Unidade com atividades que retome as características mais relevantes do conteúdo em questão;

7– Avaliação da aprendizagem dos alunos a partir de instrumento de avaliação formativa e somativa;

8– Avaliação da UEPS - verificar se a avaliação do desempenho dos alunos fornece evidências de aprendizagem significativa.

3.2 Organização da UEPS

A UEPS foi elaborada para ser aplicada em seis momentos totalizando 10 aulas. Foram utilizadas estratégias pedagógicas diferenciadas (questionários, mapas conceituais, vídeo, simulação computadorizada, mapas conceituais e experimentos didáticos) a partir de várias fontes (exceto o livro texto adotado pela Unidade Escolar).

1º Momento

Tempo: 01 aula – 50 minutos

Objetivo: Verificar as concepções prévias dos alunos sobre os processos termodinâmicos e os princípios físicos associados a esses processos.

Atividade: Será utilizado um questionário com onze questões abertas.

QUESTIONÁRIO PRÉVIO

Aplicado aos discentes do 2º ano do Ensino Médio, do turno matutino, turma A, da Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro, localizado no município de Salinas, MG, como parte integrante da pesquisa de Mestrado, intitulada de “*O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio*” realizada pelo mestrando Gilmar Pereira de Sousa, orientado pelo Professor Doutor Luizdarcy de Matos Castro e o Professor Doutor Jorge Anderson de Paiva Ramos, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Aluno (a): _____

1- COMO PODEMOS DEFINIR O CALOR?

2- QUAL O CONCEITO DE TEMPERATURA?

3- QUAIS SÃO OS PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR ENTRE OS CORPOS?

4- PODE EXISTIR CALOR NO INTERIOR DA GELADEIRA? JUSTIFIQUE.

5- O QUE VOCE ENTENDE POR ENERGIA TÉRMICA?

6- O AGASALHO AQUECE O NOSSO CORPO? JUSTIFIQUE A SUA RESPOSTA.

7- QUAL A RELAÇÃO QUE EXISTE ENTRE A TEMPERATURA E A PRESSÃO EXERCIDA POR UM GÁS?

8- O QUE É UM ALAMBIQUE?

9- O QUE VOCÊ ENTENDE POR PROCESSO DE DESTILAÇÃO?

10- QUAIS OS TIPOS DE COMBUSTÍVEL, QUE VOCÊ CONHECE?

11- COMO PODEMOS DEFINIR O BRIQUETE?

Agradecemos a sua participação!!! Dezembro de 2018

2º Momento

Tempo: 02 aulas – 100 minutos

Objetivo: Introduzir os conceitos de calor, temperatura e pressão a partir de duas situações-problema que irão funcionar com organizadores prévios.

Atividades: Na primeira parte da aula serão apresentados os vídeos abaixo com a realização de um experimento onde o professor explica o processo de destilação alcoólica e um técnico explica o processo de produção de aguardente de cana.

Figura 11 - Professor Natal Luis explica o processo de destilação alcoólica



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Gg4JGllWgjQ> . Acesso em 27/09/2018 às 09:45

Figura 12: Técnico explica o processo de produção de aguardente de cana”.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=4dvkmEbpMM>. Acesso em 27/09/2018 às 09:45

Na segunda parte da aula, serão discutidos os textos “Temperatura e Calor” e “O que é pressão?”. A discussão desses textos busca associar os conceitos físicos de calor,

temperatura e pressão ao processo de destilação de aguardente de cana apresentado nas situações-problema.

Temperatura e calor

Os termos Temperatura e Calor muitas vezes são usados como sinônimos. Embora os dois conceitos estejam associados, eles possuem definições diferentes.

Os termômetros são instrumentos utilizados para medir a temperatura.

Temperatura e calor são conceitos fundamentais da Termologia, que é a área da Física que estuda os fenômenos associados ao calor, como a temperatura, dilatação, propagação de calor, comportamento dos gases, entre outros. Muitas vezes, esses dois conceitos são utilizados como sinônimos, porém, apesar de estarem associados, são aspectos distintos.

- Temperatura

A temperatura é uma grandeza física utilizada para medir o grau de agitação ou a energia cinética das moléculas de uma determinada quantidade de matéria. Quanto mais agitadas essas moléculas estiverem, maior será sua temperatura.

O aparelho utilizado para fazer medidas de temperatura é o termômetro, que pode ser encontrado em três escalas: Celsius, Kelvin e Fahrenheit.

A menor temperatura a que os corpos podem chegar é chamada de Zero absoluto, que corresponde a um ponto em que a agitação molecular é zero, ou seja, as moléculas ficam completamente em repouso. Essa temperatura foi definida no século XIX pelo cientista inglês William Thompson, mais conhecido como Lord Kelvin. O zero absoluto tem os seguintes valores: 0K – escala Kelvin e -273,15 °C – na escala Celsius.

- Calor

O calor, que também pode ser chamado de energia térmica, corresponde à energia em trânsito que se transfere de um corpo para outro em razão da diferença de temperatura. Essa transferência ocorre sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura até que atinjam o equilíbrio térmico.

É muito comum ouvirmos algumas expressões cotidianas associando calor a altas temperaturas. Em um dia quente, por exemplo, usa-se a expressão “Hoje está calor!”. Porém, corpos com baixas temperaturas também possuem calor, só que em menor quantidade. Isso quer dizer apenas que a agitação das moléculas é menor em corpos “frios”. A unidade de medida mais utilizada para o calor é a caloria (cal), mas a sua unidade no Sistema Internacional é o

Joule (J). A caloria é definida como a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1g de água em 1°C.

A relação entre a caloria e o Joule é dada por: 1 cal = 4,186 J

Por Mariane Mendes Graduada em Física

Fonte: <http://brasilescola.uol.com.br/fisica/temperatura-calor.htm>. Acesso em 28/09/2018 às 08:01

O que é pressão?

A definição básica de pressão mostra que ela é dada pela razão de uma força aplicada de forma perpendicular sobre uma área. A pressão é dada pela razão entre uma força e a área de aplicação dessa força.

A definição de pressão diz que essa grandeza é dada pela razão de uma força aplicada perpendicularmente sobre uma superfície e a área da superfície. Matematicamente, temos:

$$P = \frac{F}{A}$$

Repare que pressão e área são grandezas inversamente proporcionais.

Alguns exemplos de situações cotidianas podem ajudar na compreensão do conceito de pressão. Para começar, podemos citar o ato de afiar facas. O objetivo de se amolar uma faca é fazer com que a área de contato da lâmina com o objeto a ser cortado seja a menor possível. Assim sendo, não será necessário aplicar uma força sobre o cabo da faca muito grande.

Para caminhar na neve sem afundar ou para evitar a ruptura de camadas de gelo sobre as quais se caminha, pode-se utilizar sapatos de neve como os da imagem abaixo. Assim, o peso de quem caminha ficará distribuído sobre uma área maior que a área dos pés, diminuindo a pressão exercida sobre o solo.

O esfigmomanômetro (equipamento que mede a pressão arterial) deve ser utilizado em uma altura próxima à do coração, pois, assim, garante-se que a pressão medida pelo equipamento corresponde à pressão arterial.

A pressão é uma grandeza vetorial ou escalar?

A pressão é considerada uma grandeza escalar. As operações que envolvem pressão são sempre

algébricas, nunca vetoriais (clique aqui pra conhecer as operações do tipo vetorial). Outro motivo para que a pressão seja entendida como grandeza escalar é que a pressão exercida por um fluido sobre um corpo atua em todas as direções, logo, faz mais sentido entender essa grandeza como escalar, e não como vetorial.

Pressão exercida por um fluido

A chamada Lei de Stevin define que a pressão exercida por um fluido depende da densidade do fluido (ρ), da atração gravitacional local (g) e da altura da coluna de líquido (h). Sem considerar a pressão atmosférica, temos:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Quando o fluido em questão é a água, a Lei de Stevin nos mostra que a pressão exercida por uma coluna de água com 10 m de altura corresponde aproximadamente à pressão atmosférica normal (1atm).

Pressão atmosférica

A pressão atmosférica é a pressão que a camada de ar faz sobre a superfície terrestre. A pressão atmosférica é considerada normal para pontos a nível do mar. Para pontos cada vez mais altos, a quantidade de ar vai diminuindo e a pressão atmosférica vai se tornando cada vez menor.

A medida da pressão atmosférica foi feita no século XVII pelo físico italiano Evangelista Torricelli. Ele constatou que a pressão exercida pela atmosfera correspondia à pressão de uma coluna de mercúrio (Hg) com 76 cm de altura. Assim sendo, a pressão atmosférica normal é de 76 cmHg ou 760 mmHg.

$$1\text{atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa (N/m}^2\text{)} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg}$$

Por Joab Silas Graduado em Física

Fonte: <http://brasile scola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-pressao.htm>. Acesso em 27/09/2018 às 10:02

3º Momento

Tempo: 01 aula – 50 minutos

Objetivo: Verificar a condutividade térmica de diferentes materiais e relacionar com a condutividade térmica dos materiais utilizados na fabricação de alambiques e o poder

calorico de diferentes materiais usados como combustível nas fornalhas para aquecer os alambiques.

Atividades: A turma será dividida em grupos de no máximo 5 alunos. Cada grupo deverá montar o experimento “Testando condutividade térmica” e apresentar os resultados para os demais colegas.

Fonte:<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/testando-condutividade-termica.htm>. Acesso em 27/09/2018 às 10:27

Condutividade térmica.

Objetivo

Verificar a condutividade térmica de diferentes combustíveis.

Material

tubo metálico oco

pedaço de papel higiênico

duas bexigas

uma caixa de fósforos

Sugestão de Procedimento

Primeiramente, encha um balão com água e outro com ar. Posteriormente, inicie o experimento indagando aos alunos a respeito do que acontecerá com o balão que está cheio de ar quando exposto ao fogo. É interessante buscar os conceitos prévios dos alunos, de forma a facilitar o aprendizado.

Depois, acenda os fósforos e coloque o balão com ar em contato com o fogo e observe o que acontece. Os alunos verão que ele estoura em um curto intervalo de tempo, quando em contato com o fogo. Pegue o balão que está cheio de água e coloque-o em contato com o fogo dos fósforos. Perceba que ele não estoura. Questione os alunos sobre o que está acontecendo. Por que o balão não estoura?

Em seguida, acenda o fósforo e aproxime-o do pedaço de papel higiênico. Verifique se ele pega fogo. Agora, enrole um pedaço de papel no tubo metálico e repita o procedimento. Os alunos verificarão que o papel não pega fogo.

Professor, instigue os alunos a construírem a resposta para tal fenômeno. Após uma breve tentativa de explicação, você deve dar a resposta de por que o balão não estourou.

Por Domiciano Marques
Graduado em Física

Fonte: <https://educador.brasilescola.uol.com.br/estrategias-ensino/testando-condutividade-termica.htm>. Acesso em 27/09/2018 às 11:23

4º Momento

Tempo: 02 aulas – 100 minutos

Objetivo: Verificar como os conceitos de calor, temperatura e pressão se relacionam ao processo de destilação de aguardente de cana.

Atividades: A turma fará uma visita técnica a uma unidade de produção de aguardente, denominada Fazenda Engenho dos Rodrigues, onde é produzida a cachaça Seleta, cachaça Boazinha e outras três marcas, os alunos terão a oportunidade de acompanhar cada etapa do processo de produção.

FIGURA 13 – Sala de Fermentação das cachaças Seleta e Boazinha.



Fonte: Acervo pessoal

Figura 14 - Fase inicial do processo, cana sendo triturada



Fonte: Acervo pessoal.

FIGURA 15 - Fornalha onde se realiza a queima de parte do bagaço produzido a partir da moagem da cana.



Fonte: Acervo pessoal.

FIGURA 16 - Dornas de carvalho com capacidade de 150.000 litros, onde é envelhecida a cachaça Seleta.



Fonte: Acervo pessoal

Obs: A visita a unidade de produção de cachaça é uma sugestão, caso seja possível realiza-la, se não for uma atividade comum na região, essa visita poderá ser realizada em uma cerâmica, uma siderurgica, carvoaria, olaria ou outro setor de produção que tenha o calor como fonte de energia.

5º Momento

Tempo: 02 aulas – 100 minutos

Objetivo: Contextualizar o conteúdo estudado e analisar a importância econômica e cultural do processo de produção artesanal de aguardente de cana (cachaça).

Atividades: A turma fará uma visita ao museu da cachaça, onde terão a oportunidade de conhecer a história e os diferentes processos de produção.

Figura 17 – Sala dos Engenhos



Fonte:<http://www.cultura.mg.gov.br/ajuda/story/4875-museu-da-cachaca-em-salinas-conta-o-passado-e-o-presente-da-aguardente>. Acesso em 27/09/2018 às 15:41.

Figura 18 – Sala das Garrafas



Fonte:<http://www.cultura.mg.gov.br/ajuda/story/4875-museu-da-cachaca-em-salinas-conta-o-passado-e-o-presente-da-aguardente>. Acesso em 27/09/2018 às 19:31.

6º Momento

Tempo: Duas aulas – 100 minutos

Objetivo: Realizar a segunda etapa da avaliação da aprendizagem dos alunos a partir de atividades individuais. Os alunos também serão avaliados nas atividades colaborativas.

Atividades: Cada aluno deverá criar um mapa conceitual que contemple os conceitos de calor, temperatura, pressão e algum fenômeno termodinâmico estudado relacionado ao processo de destilação e responder um questionário com onze questões abertas.

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Aplicado aos discentes do 2º ano do Ensino Médio, do turno matutino, turma A, da Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro, localizado no município de Salinas, MG, como parte integrante da pesquisa de Mestrado, intitulada de “*O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio*” realizada pelo mestrando Gilmar Pereira de Sousa, orientado pelo Professor Doutor Luizdarcy de Matos Castro e o Professor Doutor Jorge Anderson de Paiva Ramos, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Aluno (a): _____

1- COMO PODEMOS DEFINIR O CALOR?

2- QUAL O CONCEITO DE TEMPERATURA?

3- QUAIS SÃO OS PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR ENTRE OS CORPOS?

4- PODE EXISTIR CALOR NO INTERIOR DA GELADEIRA? JUSTIFIQUE.

5- O QUE VOCE ENTENDE POR ENERGIA TÉRMICA?

6- O AGASALHO AQUECE O NOSSO CORPO? JUSTIFIQUE A SUA RESPOSTA.

7- QUAL A RELAÇÃO QUE EXISTE ENTRE A TEMPERATURA E A PRESSÃO EXERCIDA POR UM GÁS?

8- O QUE É UM ALAMBIQUE?

9- O QUE VOCÊ ENTENDE POR PROCESSO DE DESTILAÇÃO?

10- QUAIS OS TIPOS DE COMBUSTÍVEL, QUE VOCÊ CONHECE?

11- COMO PODEMOS DEFINIR O BRIQUETE?

**Agradecemos a sua participação!!! Dezembro de
2018**

REFERÊNCIAS

ANEXATA: Transmissão de Calor por Radiação. Disponível em: <http://aexata.com.br/transferencia-de-calor/radiacao-termica/>. Acesso em 23 set. 2017.

BAGGIO, Ronaldo William de Oliveira. **Modelagem de uma Caldeira Flamotubular com Forno Aquatubular**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

BRASIL ESCOLA. Testando condutividade térmica . Disponível em <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/testando-condutividade-termica.htm>

BRASIL ESCOLA. O que é pressão. Disponível em <http://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-pressao.htm>. Acesso em 04 set. 2017.

BRASIL ESCOLA. Temperatura e Calor. Disponível em: <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/temperatura-calor.htm>. Acesso em 04 set. 2017.

COLA DA WEB. Efeito da Dilatação Térmica. Disponível em: <https://www.coladaweb.com/fisica/termologia/dilatacao>. Acesso em 05 set. 2017.

COLÉGIO HORIZONTE. Termômetro de Mercúrio. Disponível em: <http://horizonte.forumeiros.com/t230-tipos-de-termometros-fisica-8-serie-9-ano>. Acesso em 20/09/2017.

COLÉGIO WEB. Mudanças de estado físico da água. Disponível em <https://www.colegioweb.com.br/4-ano/os-estados-fisicos-da-agua.html>. Acesso em 03 out. 2017.

DIEZ, Santos. **Experiências de Física na escola**. 4. ed. Passo Fundo: Ed. Universitária, 1996.

ESTUDO PRÁTICO. Ilustração da Definição Matemática de Pressão. Disponível em <https://www.estudopratico.com.br/hidrostatica/>.

GRF–Grupo de Reelaboração; DE REELABORAÇÃO, Grupo. Física 2: física térmica; óptica. **São Paulo: Edusp**, 1991.

GÜEMEZ, J., FIOLEAIS, C., FIOLEAIS, M. **Fundamentos de Termodinâmica do Equilíbrio**, Fundação Calouste Gulbenkian, 1998.

INFO ESCOLA. Experimento de Torricelli Para Determinação Da Pressão Atmosférica. Disponível em : <https://www.infoescola.com/fisica/pressao-atmosferica/>. Acesso em 20 set. 2017

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. Vol. 1. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2010. Mundo Estranho. Disponível em <https://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/como-se-formam-os-ventos/> .

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativa – UEPS, **Aprendizagem Significativa em Revista**, V1, n.2, 2011.

Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V.22, nº 1- p.94-99, 2000.

PORTAL ESCOLA: CIÊNCIA E CULTURA. Escalas Termométricas. Disponível em: <http://portalcienciaecultura.blogspot.com.br/2010/09/medida-da-temperatura.html>. Acesso em 20 set. 2017.

REIF, F., **Fundamentals of Statistical and Thermal Physics**. McGraw-Hill, (1985).

RESUMO ESCOLAR. Relação Entre a Temperatura e as Mudanças de Fase. Disponível em: <https://www.resumoescolar.com.br/quimica/mudancas-de-estado-fisico-da-materia/>. Acesso em 25 set. 2017.

Rocha, José Fernando (org.) **Origens e Evolução das Idéias da Física**. EDUFBA, Salgado – BA, (2002).

Salinas, S. R., **Introdução à Física Estatística**, EDUSP, São Paulo, (1997).

Sears, F. W. e Salinger, G. L. **Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística**. 3ª Edição, Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1979.

UNIVERSO CIENTÍFICO. Condução Térmica. Disponível em: <https://universocientifico.com.br/1a-aula-termologia-definicao-de-calor-e-temperatura/>. Acesso em 20 set. 2017.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo**. 2. Edição. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002 (pág. 82).

Wreszinski, W. F., **Termodinâmica**. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, (2003).