



UFC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

ROBERTO MELO DOS SANTOS

**OS PROCESSOS DO GÁS DE COZINHA COMO EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA
FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO**

FORTALEZA

2015

ROBERTO MELO DOS SANTOS

OS PROCESSOS DO GÁS DE COZINHA COMO EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA FÍSICA
PARA O ENSINO MÉDIO

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof Dr. Nildo Loiola Dias

Fortaleza

2015

ROBERTO MELO DOS SANTOS

OS PROCESSOS DO GÁS DE COZINHA COMO EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA FÍSICA
PARA O ENSINO MÉDIO

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Ramos Gonçalves
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alexandre Gonçalves Pinheiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Heliege, que sempre me deu força para vencer os obstáculos da vida, e aos meus familiares que estiveram ao meu lado nessa longa jornada.

RESUMO

A presente pesquisa iniciou-se com a finalidade de demonstrar que as leis da Física, estudadas geralmente de forma teórica aparentemente sem aplicação prática no Ensino Médio ou fundamental, estão sempre presentes de forma prática e acontecendo no meio que nos cerca a todo instante. Com este objetivo faremos um estudo do gás liquefeito do petróleo, mais conhecido como gás de cozinha, sendo analisados e interpretados os processos físicos desde seu estado natural na forma de petróleo bruto, até seu estado final na forma de gás de cozinha. Veremos inicialmente a maturação do petróleo onde consideramos como Físicos a pressão e temperatura, faremos uma análise e demonstração de cada um desses processo. Estudaremos as escalas termométricas, assunto geralmente estudado no segundo ano do Ensino Médio na parte de Termologia, que são utilizados no processo de controle de temperatura da destilação. Logo em seguida temos a definição da pressão das moléculas de ar, da coluna de água e suas unidades de medidas. Também serão abordados as características do gás de cozinha, como densidade, massa, volume conteúdo visto no Ensino Fundamental no nono ano na disciplina de Ciências. Verificaremos o tipo de material, dimensões, espessura da chapa de fabricação do botijão de gás de 13kg, e a forma como é engarrafado o gás de cozinha. Veremos também os componentes do botijão como válvula reguladora, válvula de retenção, plugue fusível de segurança, e seus respectivos processos Físicos. Apresentaremos a forma e processo de redução de pressão na válvula reguladora a forma de vedação e como funciona o plugue fusível de segurança. Também veremos o transporte do gás da válvula reguladora até a boca do fogão, dando início a chama na boca do queimador.

Palavras-chave: Petróleo. Gás de cozinha. Temperatura. Pressão.

ABSTRACT

This research began with the purpose of showing that the laws of physics, usually studied theoretically without practical application in high school or fundamental, are always present in a practical way and in the environment around us all the time. To this end we will make a study of liquified gas best known oil as cooking gas, physical processes being analyzed and interpreted from being natural state in the form of crude oil, to its final state in the form of cooking gas. Initially we will see the maturation of the oil being considered physical pressure and temperature, we will review and demonstration of each process. We will study the thermometric scales, subject. Usually studied in the second year of high school at the Thermology that are used in the distillation temperature control process. Soon after we have the pressure setting of the air molecules, the water column and units of measurements. Course will also cover the cooking gas characteristics such as density, mass, volume content seen in elementary school in the ninth year in the discipline of Sciences. We will check the type of material, size, thickness of 13kg gas cylinder manufacturing plate, and how the cooking gas bottle. We will also see the cylinder components as regulating valve, check valve, safety fuse plug, and their respective physical processes. We will present the form and pressure reduction process in the control valve to form a seal and as the fuse plug security works. We will also see the relief valve of the gas transport to the stove, giving start the flame in the burner mouth.

Keywords: Oil. Cooking gas. Temperature. Pressure.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Petróleo em formação	15
Figura 02 – Temperatura do corpo	16
Figura 03 – Sistema água Gelo e Sal	17
Figura 04 – Sistema água e gelo	18
Figura 05 – Água fervendo	18
Figura 06 – Relações de Escalas Termométricas	19
Figura 07 – Pressão Alta	20
Figura 08 – Pressão Baixa	20
Figura 09 – Pressão da Coluna de água	21
Figura 10 – Tabela de Unidades de Pressão.....	22
Figura 11 – Esquema Destilação Atmosférica	23
Figura 12 – Esquema Destilação Vácuo	24
Figura 13 – Destilação Atmosférica Petróleo	25
Figura 14 – Processo da Destilação Simples	26
Figura 15 – Processo da Destilação Fracionada	27
Figura 16 – Processo da Destilação Vácuo	28
Figura 17 – Destilação a Vácuo do Petróleo	29
Figura 18 – Processo de Ebulição	30
Figura 19 – Imagem da Condensação	31
Figura 20 – Gráfico da Condensação Substância Pura.....	32
Figura 21 – Gráfico da Ebulição e Condensação em Misturas.....	32
Figura 22 – Imagem do GLP no Botijão	33
Figura 23 – Calorímetro para Gás	37
Figura 24 – Moléculas de ar e GLP	41
Figura 25 – Representação da força peso	42
Figura 26 – Plugue fusível	43
Figura 27 – Detalhes do Plugue Fusível	44
Figura 28 – Imagem da válvula de retenção	45
Figura 29 – Figura em corte da válvula de retenção	46
Figura 30 – Molas	49
Figura 31 – Forças externa e elástica	50

Figura 32 – Imagem da reguladora de pressão	51
Figura 33 – Imagem em detalhes da reguladora.....	52
Figura 34 – Imagem em corte tubo Venturi	54
Figura 35 – Deslocamento do fluido	55

LISTA DE ABREVIATURAS

a. C.	- antes de Cristo
apud	- citado por
idem	-
ibidem	-
d. C.	- depois de Cristo
ed	- editora
Tcond	- Temperatura de condensação
UA	- Coeficiente global vezes a área
Ta	- Temperatura do ambiente
®	- Marca registrada
ton	- Toneladas
Pa	- Pascal
HP	- Horsepower
PDF	- Portable Document Format (Formato de Documento Portátil)
s/d	- sem data
S.I.	- Sistema Internacional de Medidas
Atm	- Pressão Atmosférica

LISTA DE SIMBOLOS

°C - graus Celsius
m - Massa
mt - Massa total
p.f - ponto de fusão
V - Volume
d - densidade
h - Altura
°F -graus Fahrenheit
 θ - Temperatura
K - Temperatura Kelvin
p - Pressão
F - Força
 F_{el} - Força elástica
 Δl - Comprimento
k - Constante elástica da mola
A - Área
P - Peso
Pt - Peso total.
tc - Temperatura na escala Celsius.
tf - Temperatura na escala Fahrenheit
tk - Temperatura na escala Kelvin.
H - Enatapia
kg - Quilograma
kW - Quilo Watts
kcal/kg - Quilo caloria por quilograma
kcal/m³ - Quilo caloria por metro cúbico
PC - Poder calorífico.
Q - Quantidade de calor.
L - Calor latente.
kPa- Quilo Pascal
kg/h- Quilograma por hora

m^2 - Metro quadrado
 m^3 - Metro cúbico
 cm^2 - Centímetro quadrado
mm - Milímetro
 h_o - Entalpia
 A_1 - Área 1
 A_2 - Área 2
 V_1 - Velocidade 1
 V_2 - Velocidade 2
 c_p - Calor específico
 ΔT - Diferença de temperatura
 \ln - Logarítmo neperiano
 e - Exponencial
 Z - Vazão de água
 g - Aceleração gravitacional
 Δp - Variação da pressão
 d_1 - Distância 1
 l - Litro
 μ - Massa específica do fluido
 d_2 - Distância 2
 p_1 - Pressão 1
 p_2 - Pressão 2
 p - Pressão
 v - Velocidade média do escoamento no tubo
 z - Altura
kg/s - Quilograma por segundo
mmHg - Milímetros de mercúrio

SUMÁRIO

Página	
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	06
LISTA DE ABREVIATURAS.....	08
LISTA DE SIMBOLOS.....	09
SUMÁRIO.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 PETRÓLEO.....	15
3 ESCALAS TERMOMÉTRICAS	16
3.1 Escalas Celsius.....	16
3.2 Escalas Fahrenheit.....	16
3.3 Sistema.....	17
3.4 Imagem do congelamento e ebulição.....	18
3.5 Escala kelvin.....	19
4 PRESSÃO.....	20
4.1 Esboço da pressão.....	20
4.2 Moléculas.....	21
4.3 Pressão da coluna de água.....	22
5 PROCESSO DE SEPARAÇÃO E REFINAMENTO.....	23
5.1 Esquema de destilação atmosférica.....	23
5.2 Esquema de destilação a vácuo.....	24
5.3 Processo de destilação atmosférica.....	25
5.4 Processo físico da destilação.....	26
5.5 Destilação fracionada.....	27
5.6 Destilação a vácuo.....	28
5.7 Destilação a vácuo do petróleo.....	29
6 MUDANÇAS DE ESTADO FÍSICOS.....	30
6.1 Condensação.....	31
6.2 Gráficos da condensação.....	32
6.3 Misturas.....	33
6.4 Gráficos da ebulição e condensação para misturas.....	33
7 O GÁS DE COZINHA.....	34

7.1 Imagem do GLP dentro do botijão 13kg.....	34
8 O PODER CALORÍFICO.....	36
8.1 Métodos matemáticos.....	35
8.2 Formula de Dulong para sólidos e líquidos.....	35
8.2.1Formula de Dulong para sólidos e líquidos.....	36
8.3 Cálculo para substâncias gasosas.....	37
8.4 Métodos experimentais.....	39
8.5 Poder calorífico do GLP.....	40
8.6 Poder calorífico versus energia elétrica.....	41
9 CARACTERÍSTICA DO GÁS DE COZINHA.....	42
9.1 Gás de cozinha versus ar.....	42
9.2 Esboço das moléculas do GLP expulsando ar do ambiente.....	43
9.3 Massa do GLP e botijão.....	44
10 PLUGUE FUSÍVEL NO BOTIJÃO DE 13kg.....	45
10.1 Características do bujão fusível.....	46
10.2 Detalhes do bujão fusível.....	46
11 VÁLVULA DE RETENÇÃO DO BUTIJÃO.13kg.....	47
11.1 Detalhes da válvula de retenção.....	48
11.2 Lei de Hooke na válvula de retenção.....	49
11.3 Forças atuando na mola.....	51
11.4 Esboço das forças externas e elástica.....	52
12 VÁLVULA REGULADORA E REDUTORA DE PRESSÃO.....	53
12.1 Detalhes da reguladora de pressão.....	54
13 O FOGÃO A GÁS DE COZINHA.....	55
13.1 Detalhes do tubo Venturi.....	56
13.2 Funcionamento do tubo Venturi.....	56
13.3 equação da continuidade Bernoulli.....	57
14. CONCLUSÃO.....	62
15 REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

Os processos do gás de cozinha como exemplo de aplicações da Física para o Ensino Médio, este foi o tema escolhido para estudo, interpretação e compreensão dos fenômenos Físicos que o mesmo sofre desde seu processo de formação até chegar à forma final para consumo em nossos lares, na forma de gás liquefeito de petróleo engarrafado nos botijões, também conhecido popularmente como gás de cozinha. O objetivo deste trabalho é mostrar que os professores de Física ou Ciências não tem um problema a resolver, mas uma vasta extensão de material didático que pode ser utilizado para mostra as leis da natureza de forma “viva”. Nesta perspectiva que teceremos nosso trabalho de forma a investigar e mostrar que a Física está presente de forma prática em quase toda substância, matéria, mistura que podemos visualizar ou não na natureza, espaço ou universo que nos cerca. A questão da prática da Física na escola será tratada não como um “problema a resolver”, mas como um desafio pela busca da compreensão e interpretação do significado científico, tecnológico e cultural da mesma para o jovem e estudante em nossos dias.

Descreveremos a maturação do petróleo onde são considerados como Físicos pressão e temperatura, faremos uma análise e demonstração de cada um desses processos. Comentaremos sobre escalas termométricas, assunto geralmente estudado no segundo ano do Ensino Médio na parte de Termologia que são utilizados no processo de controle de temperatura. Logo em seguida teremos a definição da pressão das moléculas de ar, da coluna de água e suas unidades de medidas. Na etapa seguinte veremos o refinamento, que é o processo realizado pela destilação que tem por finalidade aproveitar plenamente o potencial energético e comercial da mistura. É onde obtemos o gás liquefeito do petróleo levando em conta temperatura de ebulição e condensação, este processo físico geralmente é estudado no Ensino Fundamental no nono ano na disciplina de Ciências. Vamos definir a destilação, onde são considerados os pontos de ebulição e condensação de cada componente da mistura do petróleo para separação do mesmo. Também será abordado as características do gás de cozinha como densidade, massa,

volume, conteúdo estudado no Ensino Fundamental no nono ano na disciplina de Ciências, e também os materiais que são utilizados na confecção dos botijões de gás tais como aço. Serão verificados sua temperatura de trabalho, pressão nominal e pressão máxima de funcionamento e teste de estanqueidade do mesmo. Verificaremos as dimensões da espessura da chapa de fabricação do botijão de gás de 13kg a forma como é engarrafado o gás de cozinha. Faremos o estudo do GLP (gás liquefeito de petróleo) e seus componentes seu estado físico tanto na forma líquida como gasosa de cada um dentro do botijão de gás, determinando sua pressão ao ser engarrafado os componentes que formam a mistura do gás de cozinha sua densidade, temperatura, e pressão dentro do botijão. Vamos também falar dos componentes do botijão como válvula reguladora, válvula de retenção e plugue fusível de segurança, e seus respectivos processos Físicos. Apresentaremos a forma e processo de redução de pressão na válvula reguladora a forma de vedação e como funciona o plugue fusível de segurança. Também veremos o transporte do gás da válvula reguladora até a boca do fogão, que é transportado através de tubos e o processo físico Venturi que dosa o ar junto com o gás e puxar ar chamado de principal para a tubulação. Este conteúdo é chamado de hidrostática assunto do primeiro ano do Ensino Médio geralmente encontra-se no apêndice no final do livro. E finalmente os elementos que se agregam e completam dando início a chama na boca do fogão ou queimador.

Finalizamos refletindo sobre a necessidade de rever a forma atual de ensino das ciências exatas de forma a torná-la mais interessante, compreensível para o estudante e estabelecendo ligações com o seu cotidiano. Temos consciência que não conseguimos abordar todas as dimensões e problemática que constituem ensino de Física, mas acreditamos que as chaves analíticas que trouxemos ao nosso diálogo, somadas aos próprios conhecimentos dos professores possam contribuir para melhoramos a forma de transmissão e aprendizado dos estudantes.

2 PETRÓLEO

O petróleo é formado de matéria orgânica, composto basicamente de hidrogênio e carbono que na forma natural funciona apenas como um óleo combustível.

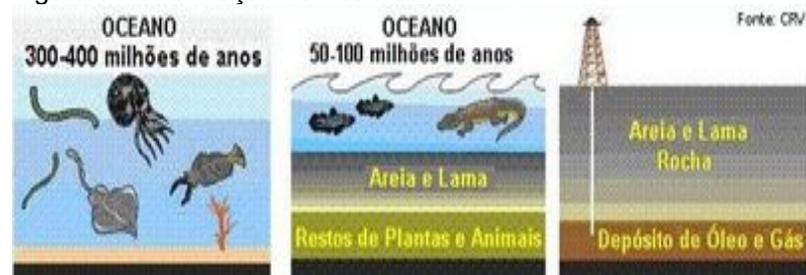
Segundo Thomas

O petróleo foi formado a partir da matéria orgânica depositado junto com os sedimentos há milhões de anos. Essa matéria provida de muita energia química é constituída basicamente por micro-organismos e algas que formam o fitoplâncton e não sofrem processos de oxidação (Figura 01). Vegetais superiores também podem fazer parte da matéria orgânica constituente do petróleo, porém sua preservação é mais difícil devido ao meio oxidante onde vivem.(THOMAS, 2004)

De acordo com Szklo

A matéria acumulada nos sedimentos se transforma termicamente e é preservada da destruição por oxidação. O calor e a pressão dessas camadas transformam esses materiais orgânicos, convertendo-os em uma complexa mistura de hidrocarbonetos, o que hoje chamamos de petróleo bruto. A palavra petróleo significa "óleo de pedra" ou "óleo da terra".(SZKLO, 2008)

Figura 01 – Formação do Petróleo



Fonte: www.ciencias.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1688&evento=4
Acesso dia:10/02/2015

Na maturação do petróleo, temos dois processos físicos a temperatura e pressão que agem na transformação do material orgânico que se encontra na rocha geradora transformando em petróleo bruto. O primeiro processo, a temperatura, é uma grandeza física utilizada para medir o grau de agitação e energia cinética das moléculas de uma determinada quantidade de matéria. Quanto mais agitadas as moléculas estiverem, maior a temperatura. Na transformação do material orgânico em petróleo é necessário uma temperatura ambiente mínima de 80°C e temperatura não superior a 210°C, pois acima desse valor o petróleo líquido é destruído. Para fazer a leitura da temperatura utilizamos instrumentos de medição conhecido por termômetros, sendo mais utilizados e conhecidos nas escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

3 ESCALAS TERMOMÉTRICAS

3.1 Escala Celsius

A escala termométrica em graus Celsius foi criada por Anders Celsius, ele escolheu como pontos fixos, os pontos de fusão do gelo quando o gelo passar para o estado líquido e de ebulição da água quando a mesma passar para o estado de vapor. Ele colocou um termômetro dentro de uma mistura de água e gelo, em equilíbrio térmico, e na posição onde o mercúrio estabilizou marcou o ponto zero(0°C). Depois colocou o termômetro na água em ebulição e onde o mercúrio estabilizou marcou o ponto 100(100°C), estava criada a escala Celsius.

3.2 Escala Fahrenheit

A escala Fahrenheit foi criada pelo inventor do termômetro de mercúrio, Daniel Gabriel Fahrenheit, ele escolheu dois pontos fixos de partida, a mistura água com gelo mais sal de amônio. Ele colocou seu termômetro, ainda sem nenhuma escala, dentro de um sistema de água, gelo e sal de amônio. O mercúrio ficou estacionado em determinada posição, a qual ele marcou e chamou de zero(0°F). Depois ele colocou este mesmo termômetro para determinar um segundo ponto, a temperatura do corpo humano. Quando o mercúrio novamente estacionou em determinada posição ele a marcou e chamou de 100(100°F).

Figura 2 – Temperatura corpo humano 100°F



Fonte: www.Temperatura-do-corpo-durante-atividades-fisicas
Acesso dia:10/02/2015

Figura 3 – Temperatura sistema água+gelo+sal 0°F



Fonte: <http://exame.abril.com.br/rede-de-blogs/senhor-do-seu-tempo/2013/06/06/voc-precisa-de-entropia/>
Acesso dia:10/02/2015

3.2.1 Sistema

O sal que faz parte do sistema água+gelo trabalha para reduzir o ponto de congelamento da água para ela conseguir ficar mais fria que 0°C, antes de congelar, o sal na água pode fazê-la alcançar temperaturas de quase -32°C. Segundo o Departamento de Bioquímica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), essa descoberta foi feita por Fahrenheit, que concluiu "que a temperatura necessária para congelar uma mistura de água, gelo e sal era de -32°C". Depois foi só dividir o espaço entre o zero e o 100 em cem partes iguais, e estava criada a escala Fahrenheit. Depois disso, quando Fahrenheit colocou seu termômetro graduado em sistema heterogêneo de água e gelo sem o sal, obteve o valor de 32°F, e quando o colocou em água fervendo obteve o valor de 212°F.

O termômetro construído por Fahrenheit ficou então assim dividido em 180 partes iguais, variando de 32°F que corresponde a temperatura de congelamento da água até a temperatura de ebulição da mesma que corresponde a 212°F.

3.2.2 Imagem congelamento e ebulição

Figura 4 – Ponto de congelamento da água+gelo 32°F



Fonte: www.mundoeducacao.com/química/classificacao-das-misturas-heterogenea
Acesso dia: 10/02/2015

Figura 5 – Ponto de ebulição da água 212°F

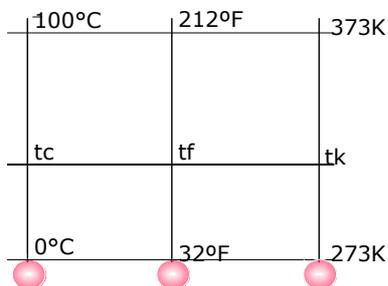


Fonte: www.educador.brasilecola.com/estrategias-ensino/ebulicao-abaixo-100-graus.
Acesso dia: 10/02/2015

3.3 Escala Kelvin

A escala Kelvin foi criada pelo físico inglês William Thompson também chamado pelo nome de Lorde Kelvin. O termômetro graduado na escala Kelvin tem como referência a temperatura do menor estado de agitação de qualquer átomo e molécula ou estado de repouso absoluto. Por questão de convenção, não se usa grau para esta escala, 0K lê-se zero kelvin e não zero grau kelvin. Kelvin adotou como ponto de partida o zero absoluto, o ponto onde ocorre ausência de energia cinética das moléculas. Nesta escala o gelo se forma a 273K e a água ferve a 373K sobre pressão normal e considerando a altitude ao nível do mar. A partir de agora já conhecemos as escalas termométricas, mas como utilizar um termômetro com escala graduada em grau Celsius e compara sua leitura com um termômetro graduado em Fahrenheit ou Kelvin. É necessário fazer a conversão de uma escala para outra, para podemos fazer a leitura correta da medida. Para isso vamos aplicar um princípio bem conhecido da matemática o teorema de Tales, e chegaremos as relações de transformação.

Figura 6 – Relações escalas termométricas



Onde temos:
tc=temperatura em Celsius
tf=temperatura em Fahrenheit
tk=temperatura em Kelvin

$$\frac{tc-0}{100-0} = \frac{tf-32}{212-32} = \frac{tk-273}{373-273} \quad \text{Aplicando teorema de Tales}$$

Simplificando as expressões temos:

$$\frac{tc}{100} = \frac{tf-32}{180} = \frac{tk-273}{100}$$

$$\frac{tc}{5} = \frac{tf-32}{9} \quad \text{Relação Celsius e Fahrenheit}$$

$$\frac{tk-273}{5} = \frac{tf-32}{9} \quad \text{Relação Kelvin e Fahrenheit}$$

$$tc = tk-273 \quad \text{Relação Celsius e Kelvin}$$

Fonte: Desenhado pelo próprio autor

4 PRESSÃO

O termo pressão é definido como a razão de uma força normal a uma superfície e a área onde a mesma se distribuir ou é aplicada. A pressão atmosférica de 1Atm é a pressão que o ar exerce sobre a superfície da Terra que equivale em Bar 1,01325Bar. A unidade de pressão no Sistema Internacional de Unidades, como podemos observar se substituirmos as unidades de força (N) e área (m²) na definição de pressão, é newton por metro quadrado(N/m²), ou também a unidade conhecida como pascal (Pa). A unidade 1Atm corresponde em newton por metro quadrado a 100kN/m². Logo temos que:

$$1\text{N/m}^2=1\text{pascal}$$

$$1\text{Atm}=1,01325\text{Bar}$$

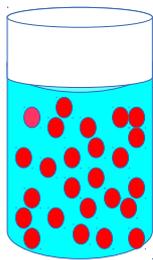
$$1\text{Atm}=100\text{kN/m}^2$$

4.1 Pressão alta e baixa

Na primeira figura abaixo, temos um exemplo de pressão alta em recipiente de volume V, onde temos uma grande número de moléculas. A segunda figura mostra um recipiente com o mesmo volume, onde o número ou quantidade de moléculas é menor, desta forma podemos concluir que a pressão é mais baixa no segundo recipiente.

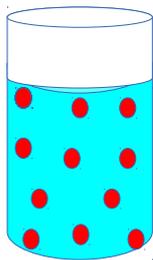
4.1.1 Esboço da Pressão

Pressão alta



Maior quantidade de moléculas em volume V.

Pressão baixa



Menor quantidade de moléculas em volume V.

Onde temos que:

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

p=Pressão
F=Força perpendicular a superfície
A=Área

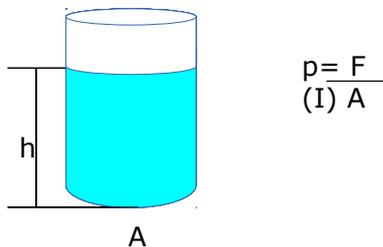
Fonte: Desenhado pelo próprio autor

4.2 As Moléculas

As moléculas do ar exercem uma força sobre as superfícies com as quais entra em contato, devido ao contínuo choque dessas moléculas contra tais superfícies. Como definido anteriormente a pressão exercida pelo ar é a razão da força por unidade de área. A força é causada pelo choque das moléculas contra a superfície e área é a região da superfície onde ocorre os choques. Aplicando este mesmo princípio para Terra mesmo sabendo que ela não tem paredes laterais e teto, pois o ar fica confinado na base pela superfície da terra e oceanos e posição superior pela força da gravidade. Podemos chamar a pressão do ar como pressão atmosférica. E uma dada posição é usualmente definida como o peso por unidade de área da coluna de ar acima desta posição. Desta forma podemos então concluir que a pressão varia com a altitude(altura), pois variando a coluna de ar, também variamos a pressão. Podemos então considerar como padrão de referência o nível do mar, onde temos que a pressão tem o valor de $p=1\text{Atm}$.

Fazendo a mesma analogia para a água vamos considerar a pressão da coluna d'água.

Figura 9 – Pressão da coluna d'água



Temos a expressão:

$$p = \frac{m \cdot g}{A} \quad (\text{II})$$

Substituindo em (II)

$$p = \frac{d \cdot A \cdot h \cdot g}{A}$$

$$p = d \cdot g \cdot h$$

Fonte: Desenhado pelo próprio autor

Temos que:

p =pressão

F =força aplicada pela coluna d'água

A =área da base do cilindro

m =massa da água

d =densidade da água

v =volume de água

h =altura da coluna

g =gravidade

Sabemos que:

$m=d.v$

$v=A.h$

$m=d.A.h$

$p=d.g.h$ pressão da coluna de água

4.3 Pressão da coluna de Água

A expressão obtida devido à coluna de água também conhecida como pressão hidrostática, mostra que ela não depende da massa da coluna de água mas depende da massa específica da área considerada, e também da altura da coluna. Para podermos compreender e interpretar o efeito da pressão sobre um determinado corpo, vamos considerar uma coluna padrão de ar com base de 1cm^2 e massa de um 1kg , com gravidade de $g=10\text{m/s}^2$ para esta pressão equivaleria a uma carga de mais de 10 toneladas sobre uma área de 1m^2 . Vamos considera agora que uma área de 1m^2 corresponda a um telhado, e sobre ele temos uma pressão de $p=1\text{Atm}$, que corresponde um peso aproximado de $P=103360\text{N}$ com gravidade local de $9,8\text{m/s}^2$ então porque este telhado não cai. Podemos explicar este fenômeno físico pelo fato da pressão do ar em qualquer ponto não ser apenas para baixo, mas em todas as direções: para cima, para baixo e para os lados com a mesma intensidade. Portanto, a pressão do ar por baixo do telhado contrabalança a pressão sobre o telhado com isso a força resultante é nula.

A pressão do ar varia sua intensidade com a altura pois à medida que a altitude aumenta, a pressão diminui, pois diminui o peso da coluna de ar acima. Como o ar é compressível, diminui também a densidade com a altura, o que contribui para diminuir ainda mais o peso da coluna de ar à medida que a altitude aumenta. Inversamente, quando a altitude diminui, aumenta a pressão e a densidade. Segue na tabela abaixo algumas das unidades de pressão:

Figura – 10 Tabela de Unidades de Pressão

Pa N/m²	Bar	lbf/sq. In. Psi	Torr mm Hg
1	10^{-5}	$1,45 \times 10^{-4}$	75×10^{-4}
$9,81 \times 10^4$	0,981	14,22	736
$1,013 \times 10^5$	1,013	14,68	760
10^5	1	14,5	750
133	$1,33 \times 10^{-3}$	$1,92 \times 10^{-2}$	1
9,81	$9,81 \times 10^{-5}$	$1,42 \times 10^{-3}$	$7,36 \times 10^{-2}$
69×10^3	$6,9 \times 10^{-2}$	1	51,72

Fonte: www.ghpc.com.br/tecnica.html
Acesso dia:12/02/2015

5 PROCESSOS DE SEPARAÇÃO E REFINAMENTO DO PETRÓLEO

O petróleo é uma mistura homogênea de compostos orgânicos e inorgânicos que na forma pura funciona somente apenas como óleo combustível sem grande valor comercial ou energético. Porém o petróleo para ter seu potencial energético ou comercial pleno deve passar pelo processo de refinamento que é dividido em quatro etapas, onde ocorrem os processos de separação, conversão, tratamento e processos auxiliares. Nestas etapas do refinamento são considerados processos físicos a destilação atmosférica e a destilação á vácuo que têm por objetivo desdobrar o petróleo em suas frações básicas ou processar uma fração previamente produzida no sentido de retirar dela um grupo específico de componentes. O GLP é obtido através dos processos de separação físico e também através de processo químico.

5.1 Esquema de Destilação Atmosférica

Figura – 11 Refinamento do Petróleo de nível 1



(1) GLP= Gás Liquefeito de Petróleo

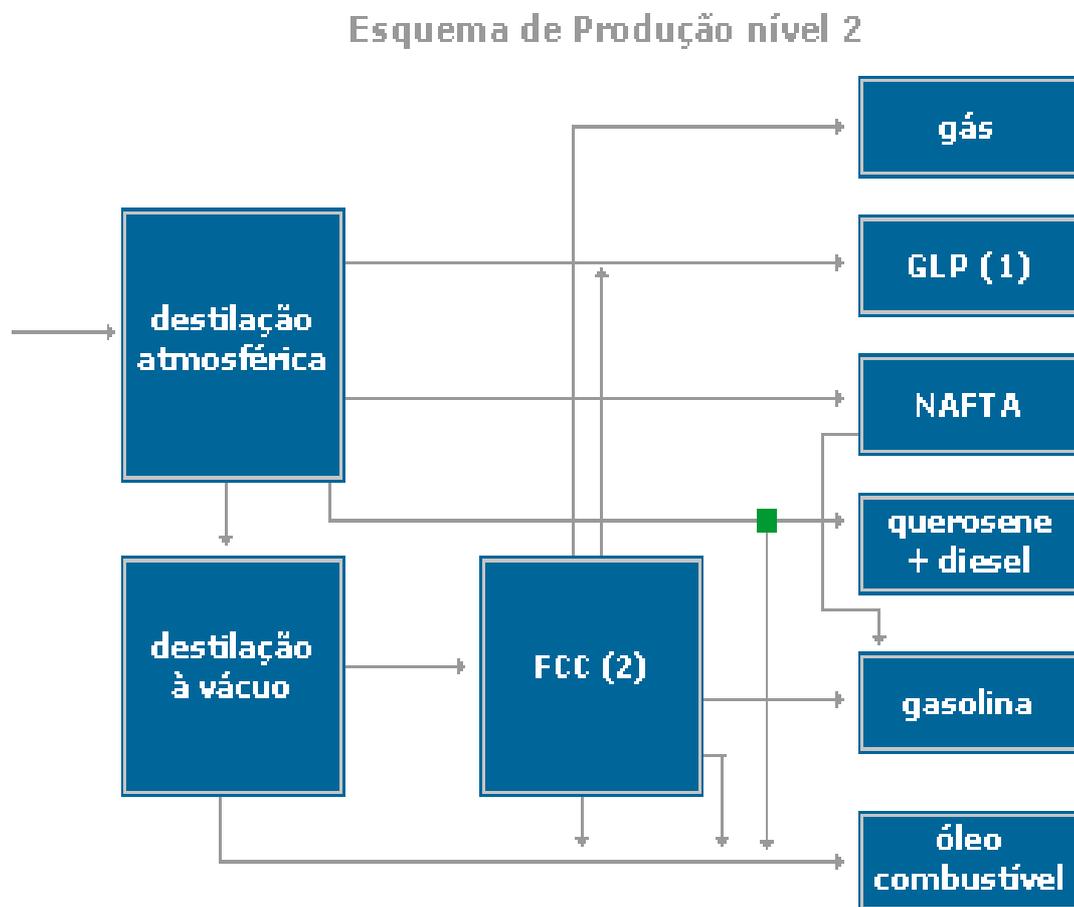
Fonte: www.cottidianus.com.br/p/esquemas-de-producao-no-refino-de.html

Acesso dia: 15/02/2015

O desenho mostra a primeira etapa de refino do petróleo onde ocorre o processo da destilação. Esta etapa é denominada por destilação atmosférica, que promove a separação dos derivados leves e médios existentes no petróleo.

5.2 Esquema de Destilação a Vácuo

Figura – 12 Refinamento do Petróleo de nível 2



(1) GLP = Gás Liquefeito de Petróleo

(2) FCC = Craqueamento catalítico em leito fluidizado

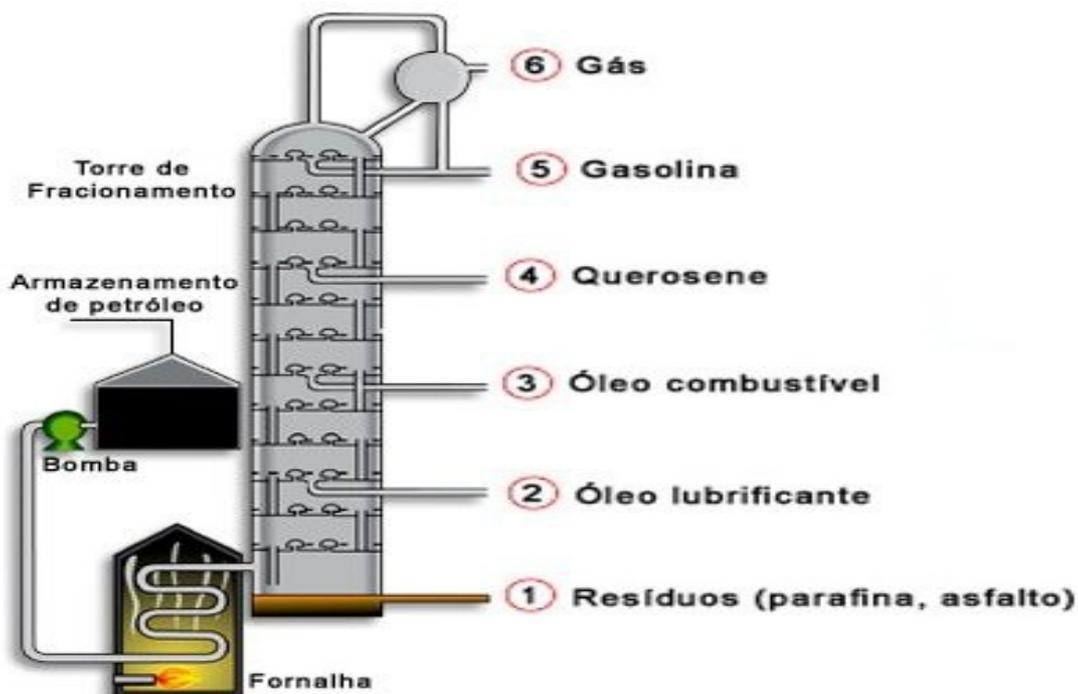
Fonte: www.cottidianus.com.br/p/esquemas-de-producao-no-refino-de.ht
Acesso dia:15/02/20151

O Fluxograma acima mostra a segunda etapa do processo de separação dos componentes do petróleo mas conhecida como destilação a vácuo. Nesta etapa é acrescentada o vácuo que reduz a pressão ambiente sobre o mesmo, para produzir separação com maior precisão de gasóleos o que permite obter o GLP com maior qualidade quando comparado com a destilação atmosférica. Os componentes obtidos nesta etapa são mas nobres, e também é considerada uma etapa mas flexível que a primeira. Vamos analisar agora apenas as duas etapas de refinamento que são submetidas ao processo físico da destilação, sendo a primeira a destilação atmosférica ou fracionada e a segunda a destilação a vácuo.

5.3 Processo de Destilação Atmosférica

Na destilação atmosférica ocorre segregação dos componentes do petróleo, sob condições normais de temperatura e pressão. O mesmo é levado a um forno onde ocorre a mudança de fase ou processo de ebulição, o petróleo bruto é aquecido até aproximadamente $\pm 370^{\circ}\text{C}$ e transferido na forma de gás e líquido para a entrada inferior da torre de fracionamento ou destilação. A cada etapa da torre ocorrerá a separação da mistura pela temperatura de condensação de cada componente, partindo do nível mais baixo com maior temperatura para nível mais alto menor temperatura. A torre de fracionamento tem a função de separação da mistura sendo esta composta de vários tanques com temperaturas distintas e bandejas de armazenamento, que tem por finalidade armazenar cada substância segregada da mistura de acordo com seu ponto de ebulição. Dessa forma a parte líquida desce para a bandeja e os gases com ponto de ebulição inferior a temperatura da bandeja se condensam ficando na mesma, já os gases com ponto de ebulição superior a temperatura da bandeja continuam subindo até a próxima bandeja onde sofrerá o mesmo processo até todas as substâncias serem separadas ou fracionadas.

Figura – 13 Destilação Atmosférica ou Fracionada

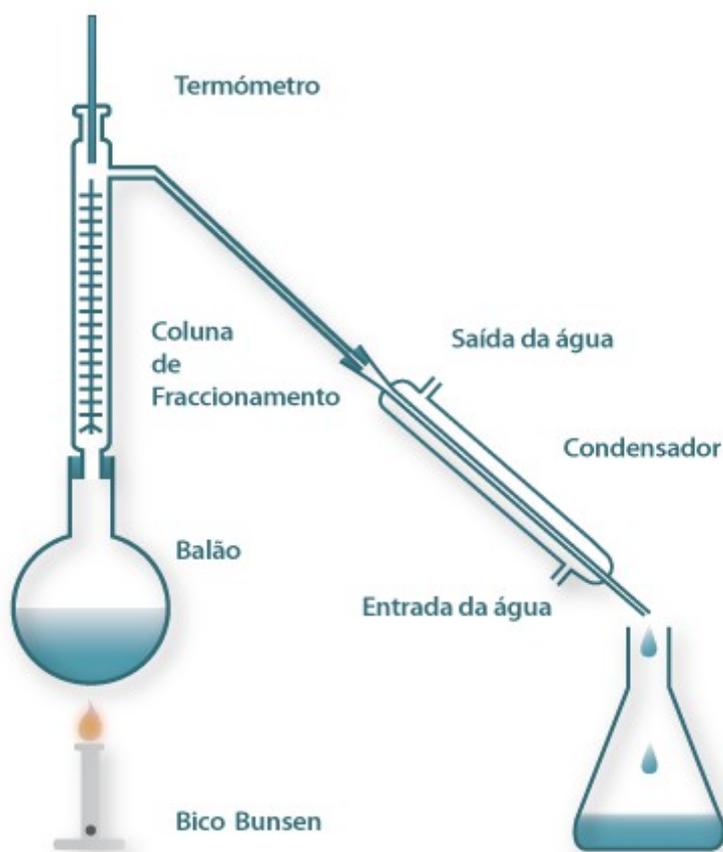


Fonte: colegioweb.com.br/trabalhos-escolares/química/petroleo-xisto-betuminoso-hulha-madeira/a-refinacao-do-petroleo.html Acesso dia: 10/02/2015

5.4 Processo Físico da Destilação

O desenho abaixo mostra a destilação que é um processo físico de separação. Consiste em elevar a temperatura de uma substância ou mistura até se atingir o ponto de ebulição transformando-a na forma gasosa e posteriormente condensando-a passando novamente ao estado líquido por arrefecimento ou resfriamento. A destilação tem como objetivo separar, por ação da energia calorífica ou fornecimento de calor, substâncias voláteis de outras de acordo com seus pontos de ebulição, visando a separação de uma mistura de líquidos com pontos de condensação diferentes. A destilação acontece, em três etapas distintas a vaporização das substâncias voláteis a condensação dos vapores formados por resfriamento no condensador e recebimento na forma líquida do destilado.

Figura – 14 Destilação



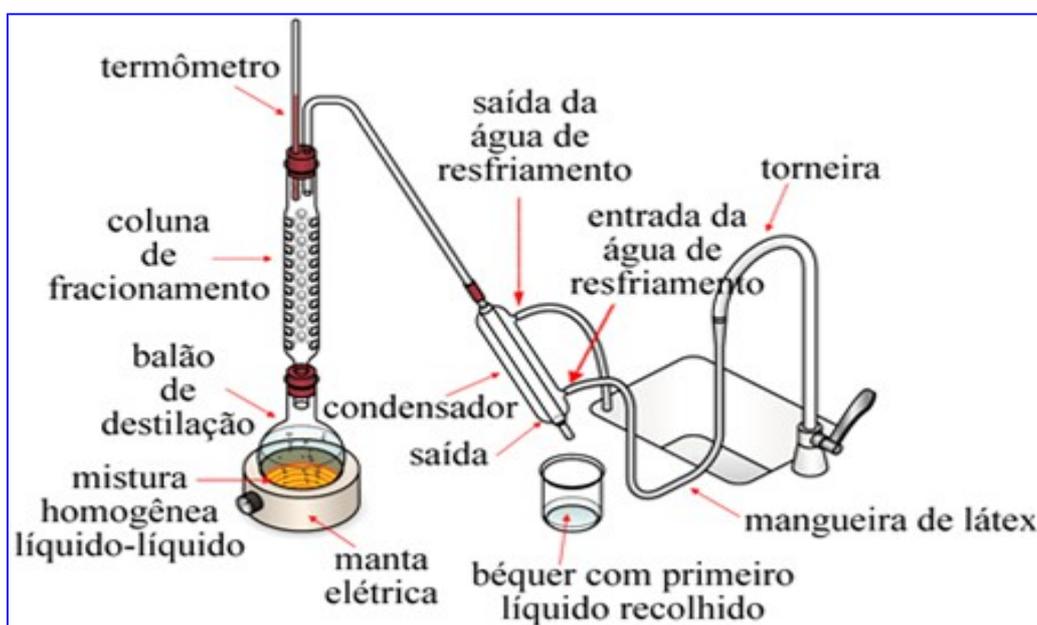
Fonte: labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?Itemid=143&id=67&option=com_content&task=view
Acesso: 18/03/2015

5.5 Destilação Fracionada

A destilação fracionada é um processo de separação de várias misturas de líquidos com base nos seus diferentes pontos de condensação. A mistura é aquecida até o ponto de ebulição de cada componente passando para o estado gasoso. O vapor sobe por uma coluna, na qual cada componente se condensa de acordo com sua temperatura de condensação. Desta forma o primeiro condensado após passar pelo resfriamento cair no béquer na forma líquida sendo separado do restante da mistura. O restante do condensado retorna através da coluna e entra em contacto com os vapores ascendentes. Com este procedimento estabelece uma troca de produtos entre o vapor e o líquido descendente. O béquer retirado é esvaziado e novamente colocado para receber o próximo condensado que possuir o ponto de ebulição e condensação mais elevado. Este procedimento será repetido até todos os componentes da mistura serem separados. A destilação fracionada é muito utilizada na química e nas refinarias de petróleo como mostrado no diagrama da destilação atmosférica do refinamento do petróleo.

Os aparelhos utilizados em laboratórios para realizar a destilação fracionada está representada na figura abaixo. A destilação fracionada é semelhante a destilação simples, a única diferença é o uso da coluna de fracionamento.

Figura – 15 Destilação Fracionada



Fonte: www.alunosonline.com.br/quimica/destilacao-fracionada.html
Acesso: 12/02/2015

5.6 Destilação a Vácuo

A destilação a vácuo é do tipo realizado em uma pressão menor que a pressão atmosférica. Sabemos que a temperatura de ebulição de um líquido é atingida quando a pressão de vapor se iguala à pressão externa, ao se diminuir artificialmente a pressão sobre o líquido consegue-se realizar destilação a uma temperatura inferior ao seu ponto de ebulição normal. A vantagem é poder purificar os líquidos que se decompõem antes mesmo de entrarem em ebulição e que precisam de temperaturas elevadas para serem destilados. Na aplicação dessa técnica de destilação utiliza-se uma aparelhagem similar à da destilação fracionada, com a diferença de que se adapta uma bomba de vácuo que reduzirá a pressão do meio. A nova temperatura pode ser estimada com o auxílio de uma tabela que relaciona colunas de temperatura com pressão.

Figura – 16 Destilação a Vácuo



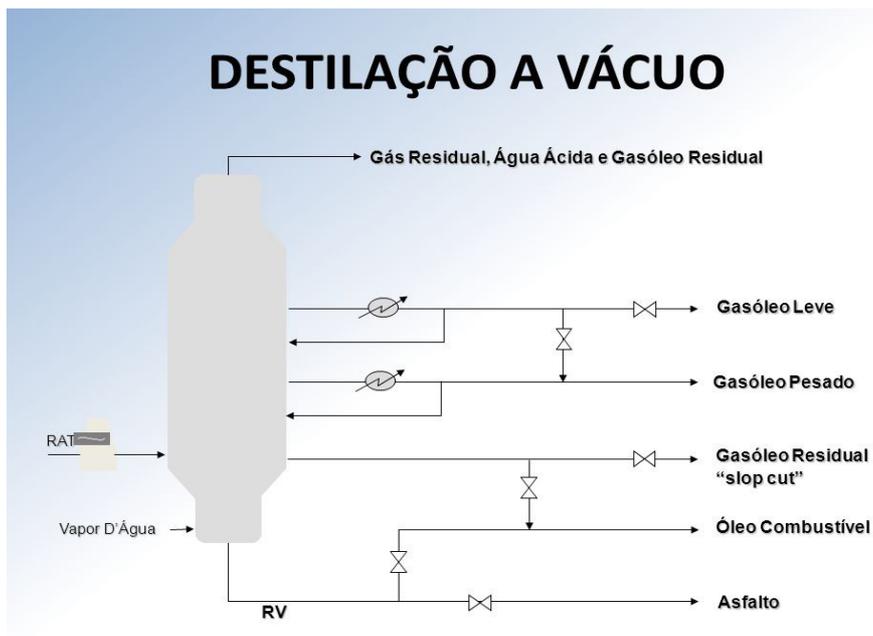
Fonte: http://www3.uma.pt/quimica_organica/conteudos/destilacao.html
Acesso: 18/03/2015

A destilação a vácuo ou pressão reduzida, utiliza-se nos casos em que a tensão de vapor tem valores muito elevados, consequentemente a temperatura de ebulição é muito elevada, podendo originar decomposições químicas indesejáveis. Esta destilação permite que os produtos possam ser destilados em vácuo e a baixa temperatura sem sofrerem decomposição e efetua-se mediante o auxílio de uma bomba de vácuo ou trompa de água, o que permite o abaixamento dos pontos de ebulição.

5.7 Processo de Destilação a Vácuo do Petróleo

Os resíduos da destilação atmosférica chamado de cru reduzido que não foram separados devido ao seu elevado ponto de ebulição serão encaminhados ao forno de ação a vácuo e novamente aquecido até aproximadamente $\pm 370^{\circ}\text{C}$, depois a carga ou gás é transferido através de tubulações até a torre de resfriamento ou zona de flash onde a pressão é de $p=100\text{mmHg}$ ou $p=0,132\text{tm}$ a pressão foi reduzida 7,6 vezes e também reduzindo o ponto de ebulição ou condensação da carga. A partir de agora a segregação dos componentes processa-se de forma semelhante a destilação atmosférica passando por bandejas com a temperatura mais alta na posição inferior até a mais baixa na posição superior separando os componentes da mistura conforme seu ponto de condensação.

Figura – 17 Esquema de Destilação a Vácuo



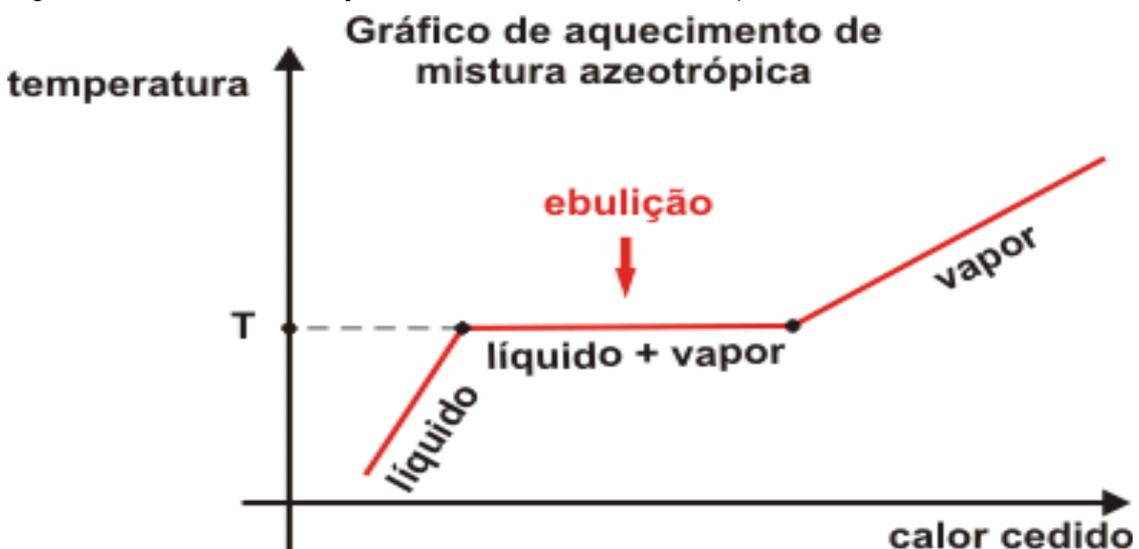
Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/1523253/>
Acesso: 18/03/2015

6 MUDANÇAS DE ESTADO FÍSICOS

No processo da destilação podemos considerar mais dois fenômenos físicos a ebulição e condensação, a ebulição ou temperatura de ebulição refere-se ao período do processo onde o líquido está mudando de fase, reduzindo sua fase líquida e aumentando a fase gasosa, dadas as condições limítrofes como pressão atmosférica e temperatura do ambiente considerado.

Podemos definir a ebulição como a transformação física endotérmica em que uma amostra no estado líquido recebe calor suficiente para que suas partículas sejam capazes de vencer a atração umas das outras de forma definitiva e também vencer a resistência imposta pela tensão superficial do ambiente, que é a força que as partículas do ambiente impõe sobre o líquido, para esta chegar ao estado gasoso. Para que a ebulição ocorra é necessário que a pressão de vapor seja maior que a pressão atmosférica o que garante o desprendimento uniforme de todo o líquido para a forma gasosa. Considerando substâncias puras e misturas azeotrópicas, o ponto de ebulição numa transição variando a temperatura é bem definido e as partículas da amostra sofrem apenas aumento da energia potencial, distanciando as moléculas umas das outras cada vez mas a partir do instante em que sua pressão de vapor se iguala à pressão ambiente. A temperatura se mantém constante, durante todo o processo de transformação como mostra o gráfico:

Figura – 18 Gráfico de Ebulição Substâncias Puras e Azeotrópica



Fonte: alfaconnection.net/pag_avsf/fqm0402.htm
Acesso: 12/02/2015

6.1 Condensação

A passagem de uma substância ou matéria do estado gasoso ou vapor para seu estado líquido, ocorre quando retiramos calor da substância que esteja a uma temperatura superior ao seu ponto de ebulição, a temperatura do vapor diminuirá e, quando ela atingir o valor no qual ocorreu a ebulição, o vapor começará a se condensar, voltando novamente ao estado líquido. Sendo a condensação um processo inverso da vaporização, o vapor deverá liberar calor para se liquefazer isto é torna-se novamente líquido. A passagem do estado gasoso para estado líquido, é devido ao um arrefecimento ou resfriamento da substância. Quando a substância gasosa inicia a condensação, a temperatura fica inalterada até que a sua totalidade esteja no estado líquido, e só depois a temperatura continuara a baixar.

No desenho abaixo temos que ar quente e úmido encontra uma superfície fria do vidro, a mudança de temperatura faz com que a umidade se condense na superfície em forma de gotículas de água. Fisicamente na condensação abaixo as moléculas de água são empurradas para fora do espaço intermolecular das moléculas de ar, temos então gotículas de água formados na parte externa da taça.

Figura – 19 Imagem da Condensação

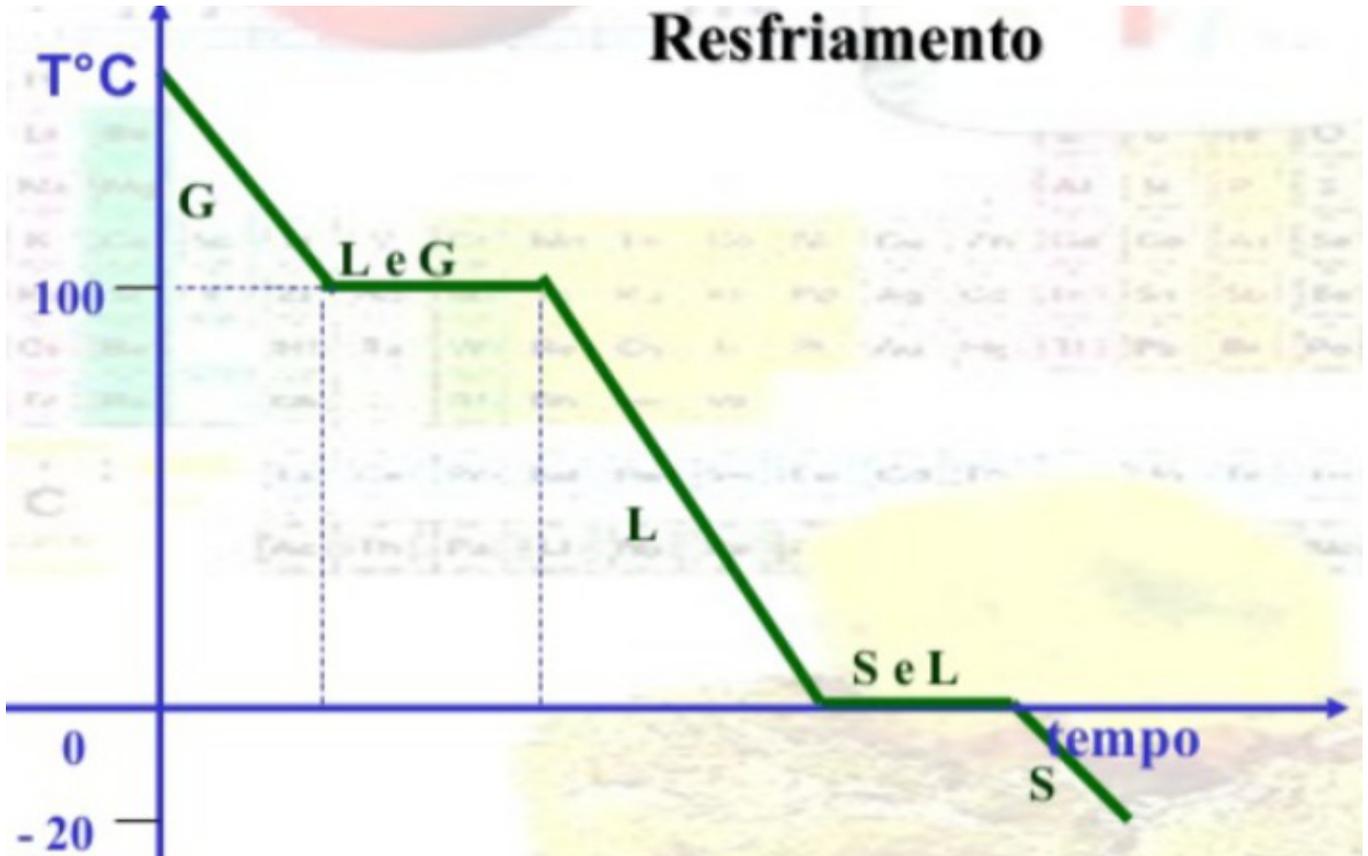


Fonte: groasis.com/fotos/condensation/condensation
Acesso: 12/02/2015

6.2 Gráfico da Condensação

Esboço da passagem do estado gasoso de uma substância pura para o estado líquido, devido a um arrefecimento ou resfriamento.

Figura – 20 Gráfico da Condensação



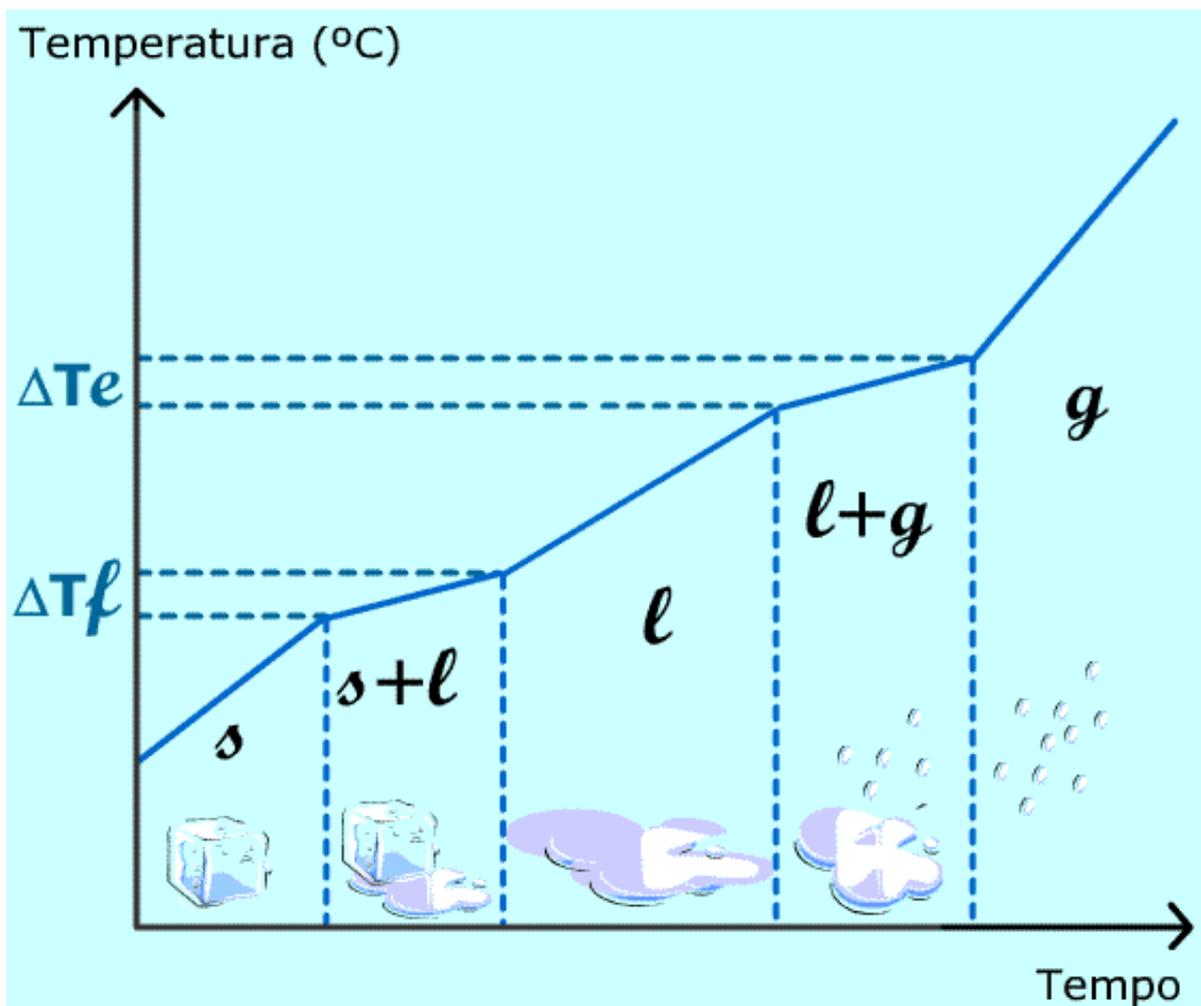
Fonte: <http://pt.slideshare.net/fortunatofortunato568/power-point-de-quimica-professor-vinicius>
Acesso: 18/03/2015

6.3 Misturas

Diferente do verificado para substâncias puras, para a grande maioria das misturas as temperaturas de ebulição e condensação não se mantêm constantes ao longo da transformação, variando do início até o final da mudança de estado. Nestes casos há segregação dos componentes da mistura durante a mudança de fase, sendo este o princípio usado na separação de componentes via o processo de destilação como exemplo a destilação do petróleo. O mesmo observa-se na fusão e solidificação das misturas.

6.4 Gráfico da Ebulição e Condensação para Misturas

Figura – 21 Gráfico Ebulição e Condensação para Misturas



Fonte: ameliapedrosa.com.sapo.pt/QM2/Materiais/Mudanca.htm
cópia: 12/02/2015

7 O GÁS DE COZINHA

As características do gás liquefeito de petróleo ou gás de cozinha: o gás de cozinha dos nossos lares possuem uma massa $m=13\text{Kg}$ formado por gás butano e propano majoritariamente, que possuem um volume líquido de $V=31,5\text{L}$ sendo colocado em recipiente em forma de botijão feito de material de aço-carbono com espessura $e=2,5\text{mm}$ a $e=3,00\text{mm}$, sendo engarrafado a uma pressão máxima $p=8\text{kgf/cm}^2$ que corresponde em unidade de força $F=784.532\text{N}$ por metro quadrado, com ponto de congelamento ou solidificação de $-138,30^\circ\text{C}$ para o gás butano e $-187,7^\circ\text{C}$ para o propano e ponto de ebulição ou vaporização de $-0,5^\circ\text{C}$ e $-42,10^\circ\text{C}$ para butano e propano respectivamente sobre uma pressão 1Atm . Abaixo temos a figura de como se encontra o GLP dentro do botijão.

7.1 Imagem do GLP dentro do Botijão de 13kg

Figura – 22 GLP na forma Líquida e Gás



Fonte: liquigas.com.br
Acesso: 12/02/2015

8 O PODER CALORIFICO

O poder calorífico de um combustível é definido como a quantidade de calor liberado na queima ou combustão da massa ou volume de uma determinada substância. A entalpia de formação (ΔH°), é definido como a quantidade de energia necessária liberada ou absorvida na forma de calor para formar um composto, a partir de seus elementos constitutivos. O poder calorífico pode ser determinado teoricamente através de cálculos matemáticos, desde que se tenha a composição elementar do combustível e o calor de combustão dos elementos ou compostos gasosos. E também pode ser determinado experimentalmente através de calorímetros.

8.1 Métodos Matemáticos.

O poder calorífico pode ser calculado utilizando a fórmula de Dulong a partir da análise elementar do combustível considerando a proporção em massa do Carbono total do Hidrogênio e do Enxofre. A energia calorífica dos compostos não depende somente da composição elementar do combustível, mas também da natureza de sua constituição molecular. O átomo para ser “queimado” é necessário que se gaste energia no trabalho de desintegração molecular, o qual influenciará no conjunto total do poder calorífico. Logo a fórmula de Dulong fornecerá apenas um valor aproximado do valor real.

8.2 Fórmula de Dulong para Sólidos e Líquidos

Aplicada para sólidos e líquidos permite calcular o PCS e PCI, considerando como exemplo o carvão mineral e conhecendo-se a composição porcentual em massa dos elementos químicos C, H, O, S temos que:

Poder calorífico Superior

$$\text{PCS} = 81,4 (\text{C}) + 345 (\text{H-O}/8) + 25 (\text{S})$$

Poder calorífico Inferior

$$\text{PCI} = 81,4 (\text{C}) + 290(\text{H-O}/8) + 25 (\text{S}) - 6 (\text{H}_2\text{O})$$

Onde temos que:

PCS= Poder Calorífico Superior

PCI= Poder Calorífico Inferior

C = Percentual de Carbono

H= Percentual de Hidrogênio

O= Percentual de Oxigênio

S= Percentual de Enxofre

H₂O= Percentual de Água

8.2.1 Aplicação da fórmula de Dulong para Sólidos e Líquidos

Considerando como exemplo o carvão mineral que apresenta a seguinte composição em 1000g.

Onde temos que:

C= 780g de Carbono

H= 60g de Hidrogênio

O= 48g de Oxigênio

S= 48 de Enxofre

Umidade= 36g

Cinza= 28g

Poder calorífico Superior

$$PCS = 81,4 \times 78 + 345 (6 - 4,8/8) + 25 \times 4,8 = 8332\text{kcal/kg}$$

Poder calorífico Inferior

$$PCI = 81,4 \times 78 + 290 (6 - 4,8/8) + 25 \times 4,8 - 6 (H_2O)$$

Cálculo do termo (H₂O)

$$n_{H_2O_{\text{combinada}}} = n_{H_2_{\text{combinado}}} = 2n_{O_2_{\text{combustível}}}$$

Onde temos que:

n = quantidade de matéria em mol.

m = massa dada em gramas.

M = massa molar em gramas por mol.

Logo em 1000g de carvão têm-se:

$$2O_{2\text{combustível}} = 48/32 = 1,5 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O_{\text{combinada}}} = 2 \times 1,5 = 3 \text{ mol}$$

$$m_{H_2O_{\text{combinada}}} = 3 \times 18 = 54\text{g}$$

$$m_{H_2O_{\text{combustível}}} = 36 + 54 = 90\text{g}$$

$$(H_2O) = 90/1000 = 0,09 = 9\%$$

$$PCI = 81,4 \times 78 + 290 (6 - 4,8/8) + 25 \times 4,8 - 6 \times 9 = 7981\text{kcal/kg}$$

8.3 Cálculo para substâncias gasosas

Podemos calcular o poder calorífico superior para substâncias gasosas conhecendo o calor de combustão para água resultante na forma líquida de cada componente da composição e sua proporção em massa percentual de cada fração do combustível. Desta forma será somado as parcelas da quantidade de calor liberado de cada componente, obtendo-se o valor estimativo do poder calorífico. Para o cálculo do poder calorífico inferior dos combustíveis que contenham água combinada, devemos subtraír a quantidade de calor necessária para vaporizar a massa de água. Vamos determinar o poder calorífico superior de uma mistura gasosa em metro cúbico de uma composição molar de acetileno C_2H_2 30% e metano CH_4 70%, sendo dados:

Acetileno 310 Kcal/mol,

Metano 213 Kcal/mol.

Considerando o percentual Volumétrico = percentual Molar tem-se:

C_2H_2 corresponde 300 L e CH_4 corresponde 700 L

O volume molar normal e 22,4L podemos calcular o número de mols do acetileno e metano respectivamente.

$$n=300L/22,4L \rightarrow n=13,39\text{mol número de mol } C_2H_2$$

$$n=700L/22,4L \rightarrow n=31,25\text{mol número de mol } CH_4$$

O Poder calorífico pode ser determinado multiplicando-se o número de mol pelo calor de combustão de cada componente acetileno e metano depois somando os resultados. Temos então:

$$PC= n \times Q$$

$$PC= 13,39 \times 310 \rightarrow PC= 4150,9\text{Kcal para } C_2H_2$$

$$PC= 31,25 \times 213 \rightarrow PC= 6656,25\text{Kcal para } CH_4$$

$$PC= 4150,9 + 6656,25 \rightarrow PC= 10807,15\text{Kcal/ m}^3$$

Onde temos que:

PC= Poder Calorífico

Q= Quantidade de calor

n = Número de mol

C_2H_2 = Acetileno

CH_4 = Metano

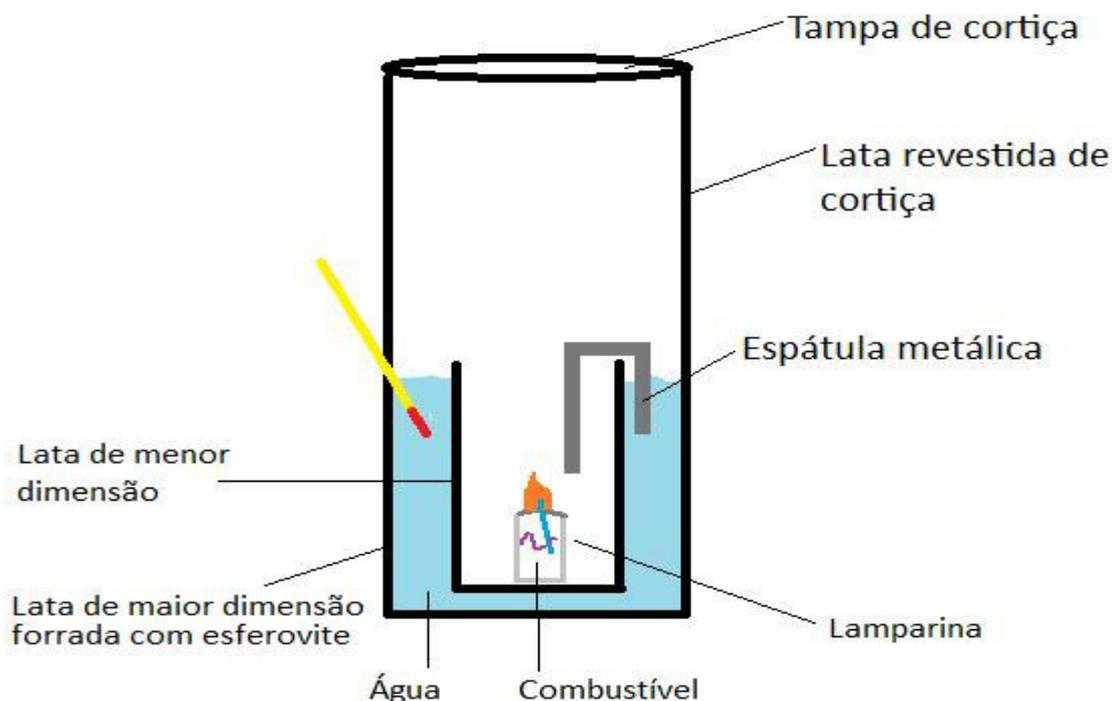
L= Litros

%= Percentual

8.4 Métodos Experimentais

O calorímetro é instrumento utilizado para medir o calor trocado internamente entre dois ou mais corpos ou substâncias, o mesmo é construído de material isolante térmico que tem por finalidade a isolação do sistema do meio exterior, não permitindo a troca de calor com meio externo. No caso dos calorímetros de gás geralmente são formados com as paredes revestidas com água internamente e na base o bico de Bunsen que queima o gás fornecendo calor para água. Nas paredes internas onde ocorre a queima do gás são revertidas de tubos ou câmaras imerso em água ocorrendo a troca de calor entre a água e gás, os mesmos estão envolvido por uma camisa que delimita a região com água no calorímetro. Considerando o sistema isolado termicamente do meio, podemos afirmar que calor cedido é igual ao calor recebido e conhecendo a capacidade térmica do calorímetro então aplicamos a lei fundamental da calorimetria onde $Q=m.c.\Delta t$ e determinamos o calor recebido pela água e calor recebido pelo calorímetro sendo a somatória igual ao calor cedido na queima do gás.

Figura – 23 Calorímetro para Gás



Fonte: http://www.dulce-campos.com/wiki/index.php?title=Grupo_A
Acesso: 12/02/2015

8.5 Poder calorífico do GLP

O poder calorífico é a quantidade de energia liberada ou produzida na forma de calor da combustão completa de uma unidade do GLP, sendo esta expressa em calorias por unidade de massa ou unidade de volume considerando para o volume as variações de pressão e temperatura.

O poder calorífico se divide em duas formas distintas o superior que à soma da energia liberada na combustão completa de uma unidade do combustível na forma de calor e a energia gasta na vaporização da água ou calor latente e o poder calorífico inferior que é energia liberada na combustão completa de uma unidade do combustível na forma de calor. Podemos então expressar as unidades do poder calorífico como a quantidade de energia liberada ou gerada na forma de calor Q com a massa m da substância na forma líquida dada em quilograma ou volume V na forma gasosa em metros cúbicos. Considerando a massa em quilograma e o volume em metros cúbicos temos então:

Unidade de poder calorífico Kcal por unidade de quilograma na forma líquida e Kcal por unidade metro cúbico na forma gasosa.

O calor utilizado na mudança do estado de agregação das moléculas provocando a mudança de fase da substância sem altera a temperatura é chamado de calor latente logo temos que:

$$\frac{Q}{m} = L \quad L \text{ calor latente}$$

Para o butano e propano o poder calorífico na forma gasosa é respectivamente 29.991kcal/m³ e 22.778kcal/m³, já na forma líquida o poder calorífico do butano e propano é 19,842kcal/kg e 12,039kcal/kg. O gás de cozinha que é uma forma limpa de energia é a mistura dos gases butano e propano, que possuem em média um poder calorífico PC=11500kcal/kg que é o maior poder calorífico quando comparado com outras formas de combustível.

8.6 Poder calorífico do GLP versus energia elétrica

Fazendo a comparação entre o poder calorífico do gás liquefeito de petróleo e energia elétrica, considerando as unidades de valores comercial de ambos podemos chegar a relação entre as unidades de medidas: Sabendo-se que 1joule equivale 0,239 calorias e que a potência elétrica terá uma equivalência com o poder calorífico, podemos converter o calor em unidade de energia ou energia em calor. Logo temos que:

$$1\text{J}=0,239\text{cal}$$

$$\text{Pot} = 1\text{joule}/1\text{s}=1\text{watt}(w) \text{ considerando a potência em horas}$$

$$1\text{wh}=3600\text{J transformando energia em calorias}$$

$$\text{Pot}=3600 \times 0,239 \rightarrow \text{Pot}=860\text{cal em } 1\text{wh}$$

$$\text{Pot}=860\text{kcal em } 1\text{kwh}$$

A energia calorífica de outros combustíveis:

Carvão 5000kcal/kg

Lenha 2900kcal/kg

Óleo diesel 10200kcal/kg

Gás natural 9400kcal/m³

Considerando as unidades de medidas de cada forma de energia temos que poder calorífico do gás de cozinha 11500kcal por quilograma e poder calorífico da energia elétrica 860kcal por quilo watt-hora. Podemos então concluir que o poder calorífico do gás liquefeito de petróleo é muito superior quando comparado com a energia elétrica, e também outras formas de combustível como: o carvão mineral, óleo diesel, lenha, gás natural.

9 CARACTERÍSTICAS DO GÁS DE COZINHA

O gás de cozinha ou GLP que é formado de propano e butano se encontra no seu estado inicial na temperatura ambiente forma gasosa, ao passar pelo processo de engarrafamento onde fica submetido á uma altíssima pressão de 8kgf/cm², sofrerá mudança de estado sendo transferido na forma líquida para um botijão de aço-carbono que suporta uma pressão máxima de até 17kgf/cm² ou 1667,1kpa. O gás GLP fica armazenado no botijão com 85% na forma líquida e 15% na forma gasosa, sendo deixado este espaço livre como forma de garantir uma maior segurança no manuseio do mesmo.

O propano tem densidade na forma gasosa $d=2,01\text{g/cm}^3$ ou $d=2,01\text{kg/m}^3$ e na forma líquida $d=0,58\text{g/cm}^3$ já o butano é mais denso possui na forma gasosa $d=2,71\text{g/cm}^3$ ou $d=2,71\text{kg/m}^3$ e na forma líquida $d=0,60\text{g/cm}^3$. O propano por ser menos denso fica armazenado na posição superior do botijão sendo primeiro a ser consumido no processo de fervura, neste momento a cor da chama é mais azulada, já o butano que fica na parte inferior do botijão por ser mais denso será o último a ser consumido percebemos até uma mudança na cor da chama que fica mais amarelada quando o gás está próximo do fim, neste momento esta ocorrendo a queima do gás butano. A densidade média do gás GLP $d=2,50\text{kg/m}^3$ submetido a uma temperatura de 15°C e pressão ambiente de 1Atm.

9.1 Gás de cozinha versus ar

Fazendo uma comparação da densidade do gás GLP com a densidade do ar que vale $d=1,293\text{kg/m}^3$ vemos que o ar é menos denso que o mesmo, ficando o gás GLP em caso de vazamento na parte inferior do ambiente expulsando o ar que é menos denso, pois suas moléculas são mais pesadas forçando o ar que é mais leve a sair do espaço que antes ocupava, ficando o local com pouco oxigênio o que levará uma pessoa que esteja neste local à asfixia.

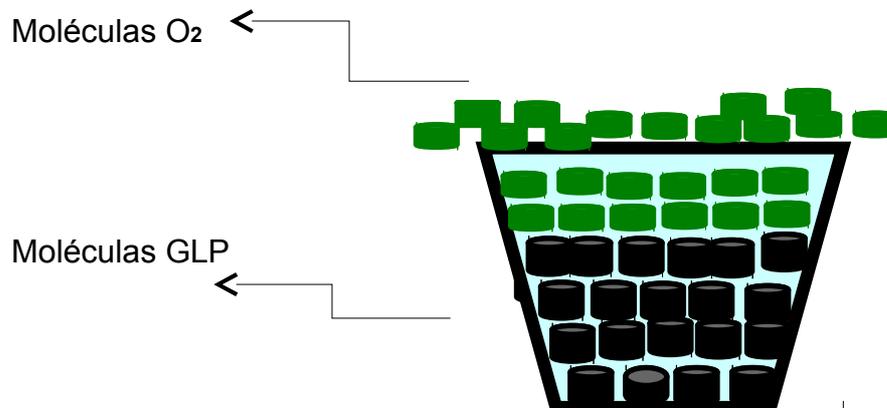
$$d = \frac{m}{V} \rightarrow \text{Unidade } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ na forma gasosa e } \frac{\text{g}}{\text{l}} \text{ na forma líquida}$$

$d=1,293\text{kg/m}^3$ Ar 15°C e pressão de 1Atm

$d=2,50\text{kg/m}^3$ GLP 15°C e pressão de 1Atm

9.2 Esboço das moléculas do gás GLP expulsando o ar do recipiente

Figura – 24 Moléculas de ar e GLP



Fonte: Desenhado pelo próprio autor

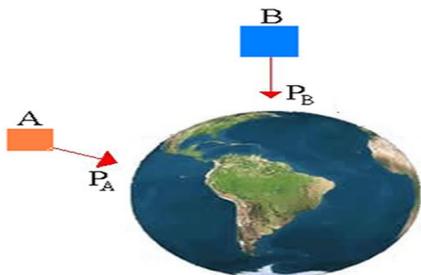
No recipiente acima tem um esboço da representação da forma como as moléculas na cor preta que representa o gás GLP, vai ocupando o espaço no recipiente na posição inferior, por ser mais denso ou ter as moléculas mais pesadas que as do ar vai descendo até o fundo do recipiente, enquanto o ar representado por moléculas na cor verde que é menos denso e que tem às moléculas mais leve que o GLP vai subindo para posição superior sendo expulso do recipiente.

O processo físico descrito acima é que ocorre quando temos um vazamento de gás GLP gás de cozinha em um determinado local, o gás por ter suas moléculas mais pesada e densa vai empurrando as moléculas de ar para fora do ambiente que é leve e menos denso sendo o ar expulso gradativamente do ambiente, ficando o local com pouco ar e acúmulo de gás. Uma pessoa que esteja nesse ambiente ficara asfixiado e perderá a consciência por falta de oxigênio no cérebro podendo levar até mesmo a morte.

9.3 Massa do GLP e botijão

O peso é uma grandeza que precisa de módulo, direção e sentido para ser totalmente definida, por isso chamamos de grandeza vetorial. A força peso é então definida como a força de campo de atração exercida sobre um corpo pela terra, força esta chamada de gravitacional. Temos abaixo o desenho da força:

Figura – 25 Representação da força peso



Fonte: www.brasilecola.com/fisica/peso-um-corpo.htm
cópia: 12/02/2015

$$\vec{P} = m \times \vec{g} \rightarrow \text{unidade } \text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \leftrightarrow \text{newton (N)}$$

$$\vec{P} = \text{força peso}$$

$$m = \text{massa do corpo}$$

$$\vec{g} = \text{aceleração da gravidade local}$$

A massa é a quantidade de matéria que possui um determinado: corpo, objeto ou substâncias, sendo sua unidade de medida no sistema SI o quilograma. O GLP ou gás de cozinha que normalmente utilizamos em nossas residências possui uma massa $m=13\text{kg}$, e encontra-se no recipiente de aço-carbono no estado líquido e gasoso devido á alta pressão que fora submetido no processo de envasamento. O botijão de gás vazio possui uma massa $m=13,850\text{kg}$ que corresponde a sua tara que é a massa sem gás liquefeito, sendo sua massa total do botijão a soma do gás liquefeito de petróleo mais a massa do botijão vazio.

$$m_t = 13,00 + 13,850\text{kg} \rightarrow m_t = 26,850\text{kg}$$

Onde $m_t \rightarrow$ representa a massa total

10 PLUGUE FUSÍVEL BOTIJÃO DE 13 kg

O plugue fusível do botijão de 13kg ou bujão fusível é fabricado de liga metálica de latão ou bronze com formato de um parafuso, de 20mm de comprimento e cabeça sextavada com rosca na superfície externa onde será roscado no botijão. No centro do bujão fusível é feito um furo passante cônico com 5,1mm de diâmetro na posição inferior e 4,8mm diâmetro na posição superior, sendo esta preenchida com uma liga metálica formada por bismuto, chumbo, cádmio e estanho que possui o ponto de fusão entre 70°C e 77°C.

Figura – 26 Plugue fusível



Fonte: www.generalchemical.com
Acesso: 12/02/2015

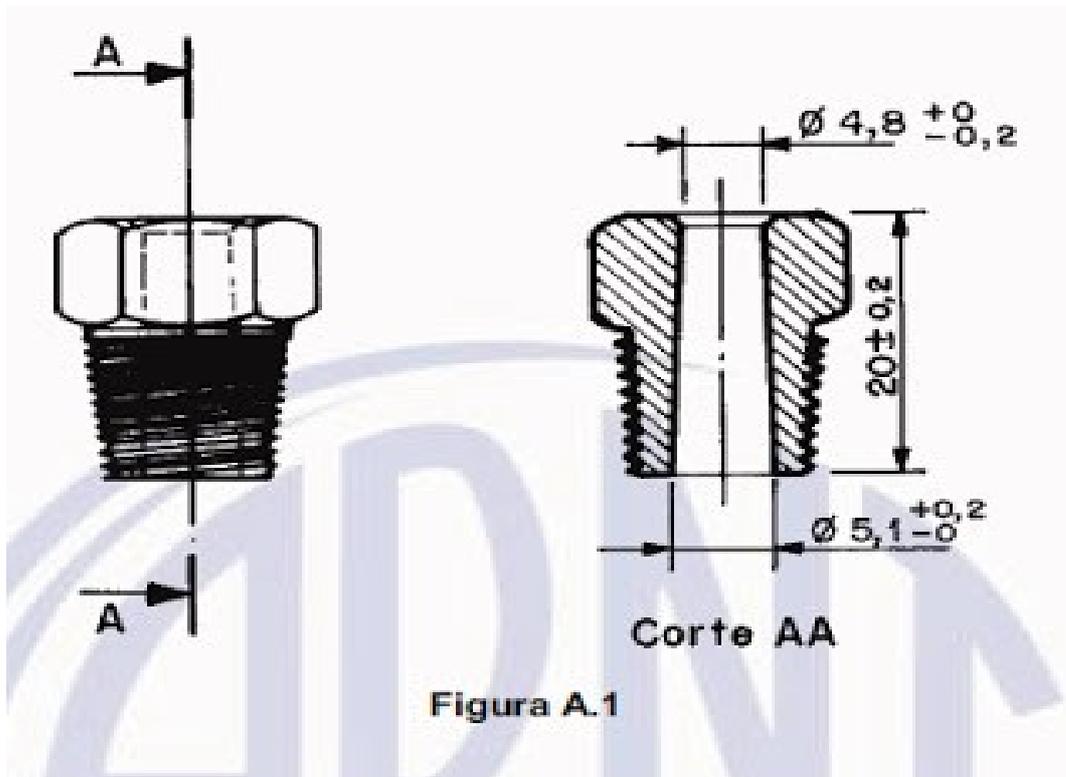
O ponto de fusão de uma substância ou mistura é definido como a temperatura na qual a substância passa do estado sólido para estado líquido. As substâncias são definidas como puras, eutéticas e azeotrópicas: puras quando formadas por um único elemento, com ponto de fusão e ebulição a temperatura constante. As misturas eutéticas são formada por mais de um elemento em proporções definidas com temperatura constante no ponto de fusão e variável em uma dada faixa no ponto de ebulição. As misturas azeotrópicas formadas por mais de um elemento em proporções definidas com ponto de fusão variável em uma dada faixa e ponto de ebulição constante como nas substâncias puras.

10.1 Característica do bужão fusível

A liga metálica fusível ou bужão fusível é formado por estanho que tem ponto de fusão, p.f=331,8°C cádmio com ponto de fusão p.f=320,9°C, chumbo com ponto de fusão p.f=327,5°C, zinco com ponto de fusão p.f=419,4°C, o bужão fusível possui seu ponto de fusão entre p.f=70°C e p.f=77°C sendo relativamente baixo quando comparado com os elementos que o formaram. Devido ao seu baixo ponto de fusão, o mesmo é utilizado como uma válvula de segurança ou proteção térmica do botijão de gás de 13kg, pois se a temperatura ambiente subir entre 70°C e 77°C o bужão fusível passará do estado sólido para estado líquido ou seja sofrera o processo de fusão, escoando para dentro do botijão na forma líquida ou pastosa liberando a passagem do gás para o meio exterior aliviando a pressão interna do mesmo, pois o aumento da pressão interna pode causar a explosão do botijão de gás.

10.2 Detalhes do bужão fusível

Figura – 26 Detalhes Plugue fusível



Fonte: www.bombeiroecia.blogspot.com.br

cópia: 12/02/2015

11 VÁLVULA DE RETENÇÃO DO BOTIJÃO DE 13 kg

A válvula de retenção é o dispositivo utilizado para o bloqueio e liberação da passagem do gás do botijão para a reguladora, a mesma bloqueia a passagem do gás quando está desacoplada da reguladora e libera a passagem do gás quando é acoplada e roscada à válvula reguladora que pressiona a mola da válvula de retenção para baixo liberando a passagem do gás de cozinha para a reguladora.

A válvula de retenção é semelhante a um parafuso com a cabeça sextavada com um furo não passante no seu centro, é composta internamente basicamente de um alojamento com guias onde se monta a mola e dentro da mola o pino e sobre este o anel de vedação da passagem do gás. O anel de vedação ou oring, que é feito de um material especial de borracha tem a função de vedar a conexão entre a válvula reguladora e válvula de retenção, não permitindo qualquer vazamento de gás.

O material de fabricação da válvula de retenção é o latão que é uma liga metálica composta de cobre e zinco com a parte superior no formato sextavado com o furo central não passante com rosca interna de diâmetro 12,7mm onde é roscado a válvula reguladora, possui no seu corpo externo uma rosca com diâmetro de 15,87mm onde é fixado ou conectado ao botijão de gás através dessa rosca, devendo a mesma suportar uma pressão nominal de até $p=15\text{kgf/cm}^2$ ou $p=14,51\text{atm}$ que é praticamente 15 vezes maior que a nossa pressão atmosférica, a mesma pressão que deve suportar o cilindro do botijão, com uma pressão de trabalho variando de $p=7\text{kgf/cm}^2$ ou $p=686,466\text{kpa}$ até $p=4\text{kgf/cm}^2$ $p=392,266\text{kpa}$ que é a pressão interna no botijão.

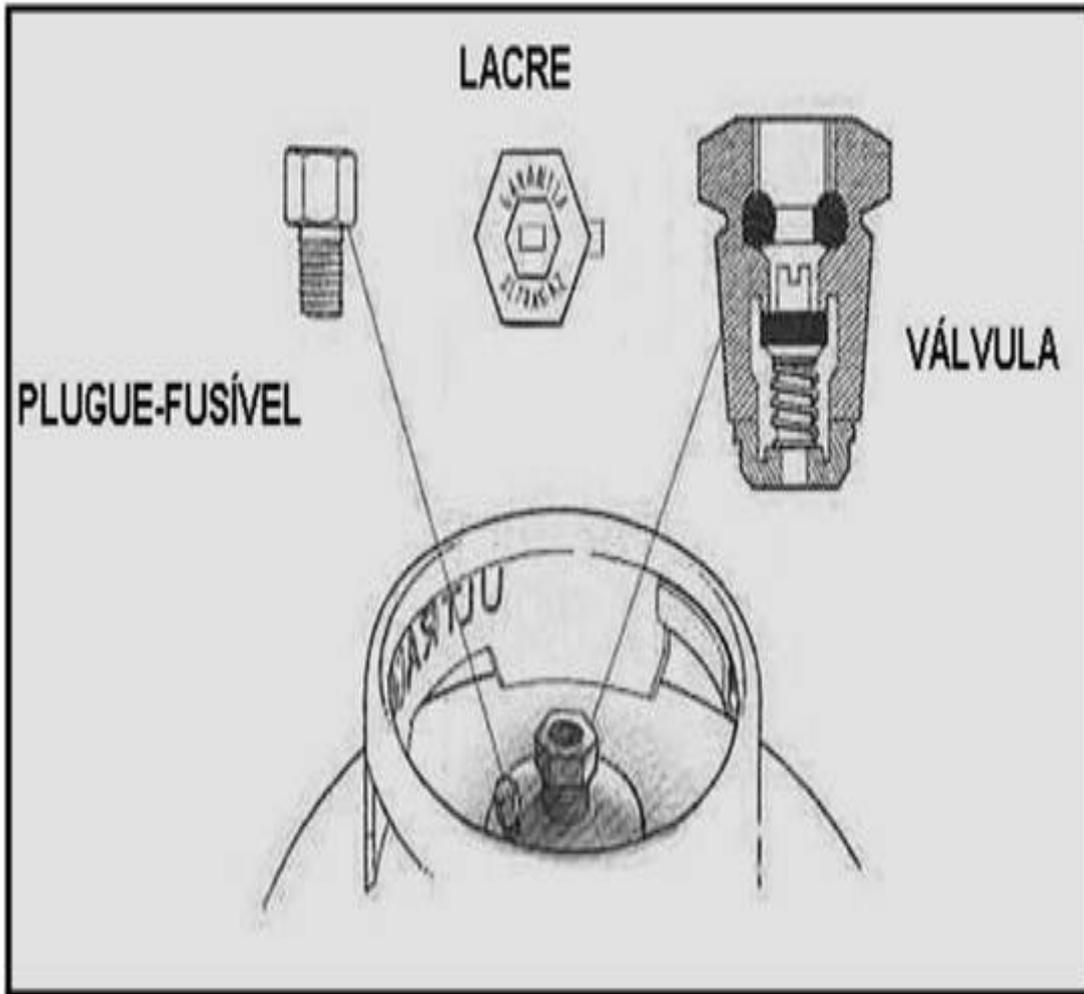
Figura – 28 Imagem da válvula de retenção



Fonte: www.casamarela.com.br
Acesso: 12/02/2015

11.1 Detalhes da válvula de retenção

Figura – 29 Figura em corte da válvula de retenção



Fonte: www.4.bp.blogspot.com
Acesso: 12/02/2015

11.2 Lei de Hooke na válvula de retenção

A válvula de retenção possui internamente um pino acoplado à mola, que é acionado pela válvula reguladora quando esta é roscada na mesma, pressionando o pino mola para baixo liberando a passagem do gás para a reguladora. A força exercida pelo pino da válvula reguladora provocará uma compressão na mola que sofrerá uma deformação elástica Δl no seu comprimento, fazendo com que a mesma saia do seu estado inicial de equilíbrio e somente retorne ao mesmo após cessar a força. A mola sofre então um processo físico que relaciona a elasticidade dos corpos ou matérias e a força exercida sobre o mesmo. Processo este conhecido como lei de Hooke, que mostra a relação da força exercida sobre a mola com a variação do seu comprimento, e a constante característica k que depende do tipo de material que é fabricada a mola.

Os materiais não são perfeitamente rígidos, uma vez que todos sofrem deformações apreciáveis quando submetidos à ação de forças, entendendo-se por deformação de um corpo uma alteração na forma, ou nas dimensões, do corpo considerado. Essas deformações, podem ser de vários tipos compressões: distensões, flexões, torções, etc. As deformações podem ser plástica que persistem mesmo após a retirada das forças que as originaram e deformações elásticas que desaparecem com a retirada das forças.

A lei de Hooke pode ser utilizada desde que o limite elástico do material não seja excedido. O comportamento elástico dos materiais segue o regime elástico na lei de Hooke apenas até um determinado valor da força, após este valor, a relação de proporcionalidade deixa de ser válida (embora o corpo volte ao seu comprimento inicial após remoção da respectiva força). Se essa força continuar a aumentar, o corpo perde a sua elasticidade e a deformação passa a ser permanente (inelástico), chegando à ruptura do material. A lei de Hooke é a lei da física que relaciona à elasticidade dos corpos, que determinar a deformação causada pela força exercida sobre um corpo. Considerando o material em regime elástico a força é diretamente proporcional ao deslocamento Δl de compressão ou alongamento da mola ou corpo a partir do seu ponto de repouso ou equilíbrio e depende também da constante k característica de cada mola ou do corpo que sofrerá a deformação.

Quando aplicamos uma força externa de intensidade F sobre uma mola, esta

sofrerá uma deformação elástica de alongamento ou compressão que depende do sentido da força externa, produzindo uma força restauradora de mesma intensidade, direção e sentido oposto que retornara a mola a sua posição de equilíbrio ou origem após retirar a força externa.

Nota-se que a força produzida pela mola é diretamente proporcional ao deslocamento do seu estado inicial (equilíbrio). O equilíbrio na mola ocorre quando ela está em seu estado natural, ou seja, sem estar comprimida ou esticada. Após comprimi-la ou esticá-la, a mola sempre faz uma força contrária ao movimento, que é determinada pela expressão logo abaixo:

Matematicamente, temos: $F_{el}=k \times \Delta l$ ou vetorialmente: $F_{el}=- k \times \Delta l$ onde k é uma constante positiva denominada Constante Elástica da mola, com unidade no S.I. de N/m. A Constante Elástica da mola traduz a rigidez da mola, ou seja, representa uma medida de sua dureza. Quanto maior for a Constante Elástica da mola, maior será sua dureza.

É importante ressaltar que o sinal negativo observado na expressão vetorial da Lei de Hooke, significa que o vetor Força Elástica (F_{el}), possui sentido oposto ao vetor deformação (vetor força aplicada), isto é, possui sentido oposto à deformação, sendo a força elástica considerada uma força restauradora.

LOGO TEMOS QUE:

$F = k \times \Delta l$ → força aplicada ou força externa

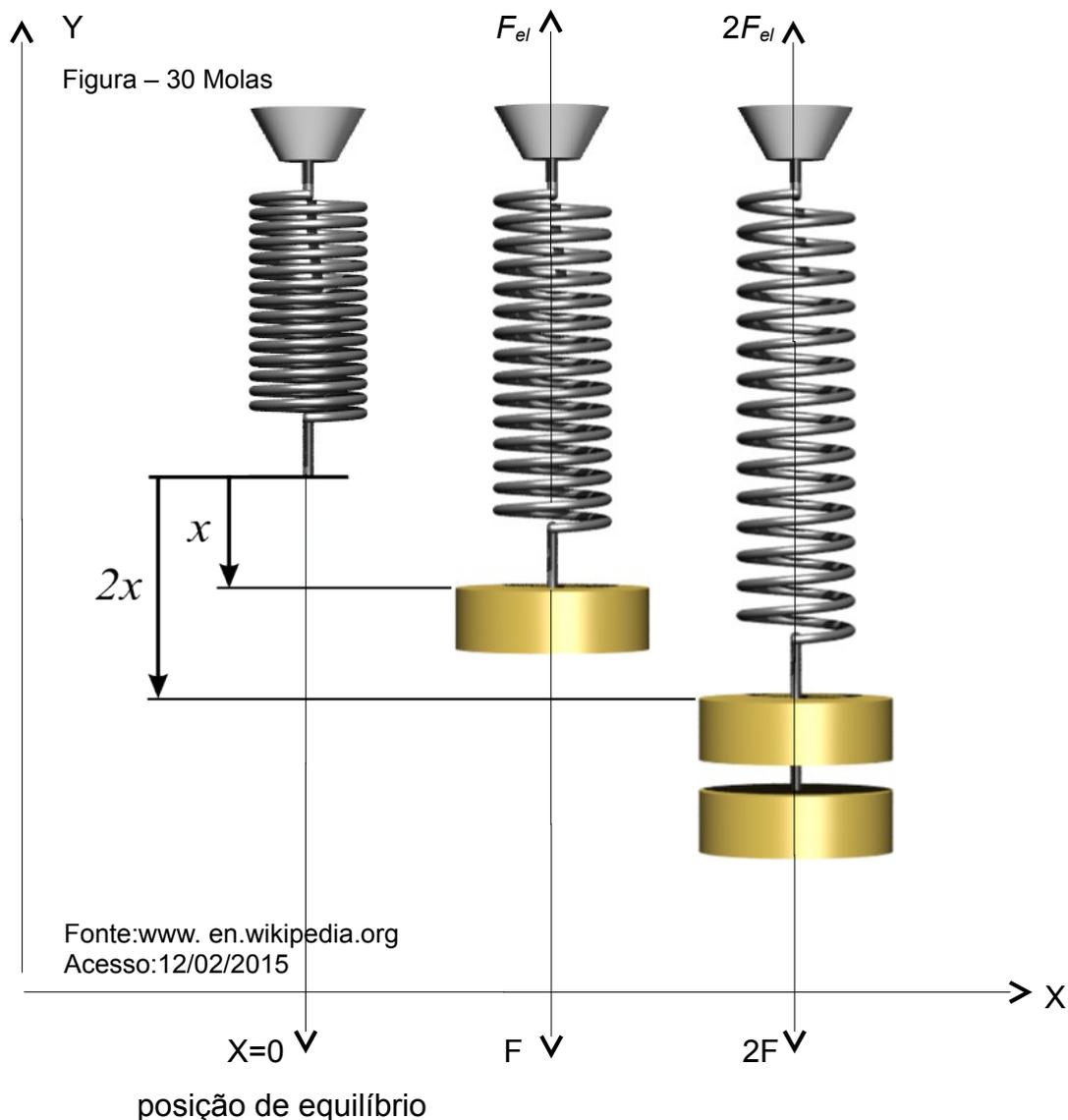
$F_{el} = - k \times \Delta l / F_{el}$ → força elástica da mola

k → constante elástica da mola

Δl → deformação sofrida pela mola

11.3 Forças atuando nas molas

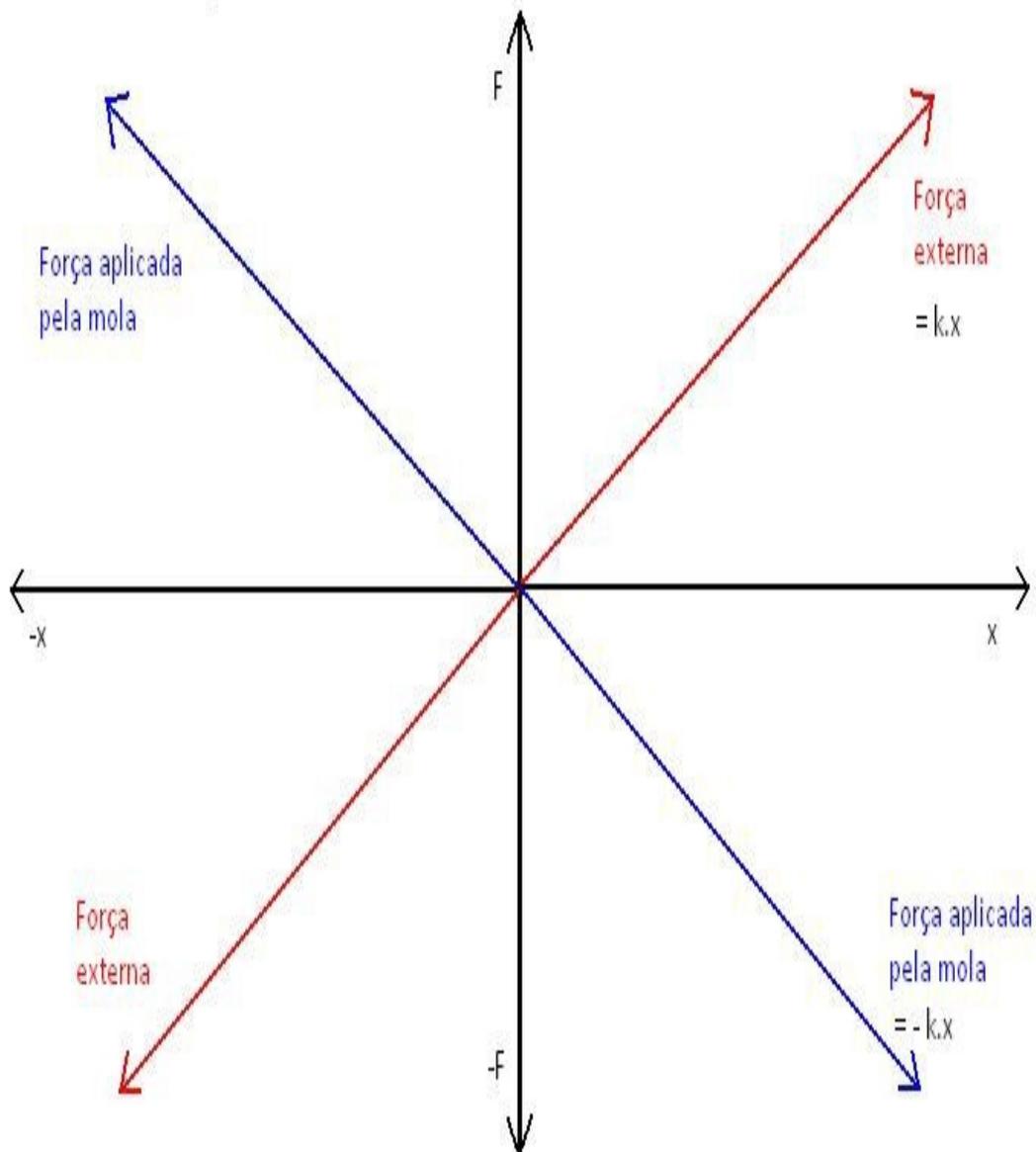
Colocando-se uma mola presa a um suporte, de modo que possa ser alongada na vertical, conforme a figura.



Considerando o sentido descendente como positivo, podemos visualizar pela figura o porquê do sinal contrário entre força aplicada e força elástica, pois quando é aplicada uma força no sentido positivo ou descendente do eixo y , a mola reagirá aplicando uma força de igual intensidade, porém sentido contrário. No alongamento a força aplicada é positiva, e a força de reação ou força elástica acaba por ser negativa, sempre contrária à força aplicada.

11.4 Esboço das forças externa e elástica

Figura – 31 Forças externa e elástica



Fonte: www.infoescola.com/fisica/lei-de-hooke

Acesso: 12/02/2015

Considerando que as linhas do primeiro e terceiro quadrante são as linhas que representam a força externa aplicada na mola. Para o alongamento da mola sentido positivo é o sentido contrário ao eixo das ordenadas, então a força externa que gera o alongamento da mola é positivo e a força restauradora gerada pela mola terá o sinal negativo. Na compressão da mola, a força externa tem o sentido negativo, então a força restauradora da mola assume valores positivos.

12 VÁLVULA REGULADORA E REDUTORA DE PRESSÃO

A pressão interna do gás de cozinha de massa 13kg é de 7kgf/cm² ou 686,466kpa variando até 4kgf/cm² ou 392,266kpa (dependo da região do Brasil que varia de acordo com as condições de temperatura e altitude), como está pressão é muita alta é necessário sua redução para o consumo no fogão.

A válvula regulador de pressão controla e reduz a pressão da passagem do gás interno do botijão para a mangueira que está ligada ao fogão. A válvula reguladora que fica na posição superior do botijão será acoplado ao mesmo reduzindo a pressão para aproximadamente 2,8kpa sendo 250 vezes menor que a pressão inicial passando a ser uma baixa pressão onde teremos uma chama contínua e constante.

Os reguladores de pressão são construídos com materiais cuja resistência mecânica e química sejam compatível com o processo e ambiente de trabalho, em que o mesmo será submetido. Os reguladores são fabricados de materiais ferrosos e materiais termoplásticos e são resistentes aos agentes atmosféricos e ao GLP. No regulador deve constar a gravação do código NBR 8473 do INMETRO e o prazo de validade 5 anos. O corpo Deve ser fabricado com ligas metálicas não ferrosas, cujo ponto de fusão seja superior a 350°C ou material termoplástico cujo ponto de amolecimento seja superior a 200°C, devendo resistir à pressão interna pneumática mínima de 686 KPa na câmara de baixa pressão e pressão interna hidrostática mínima de 1,68 MPa, para a câmara de alta pressão. A temperatura de trabalho que a regulador de pressão deve suportar, está entre -10°C e 60°C, sem apresentar distúrbios em seu funcionamento.

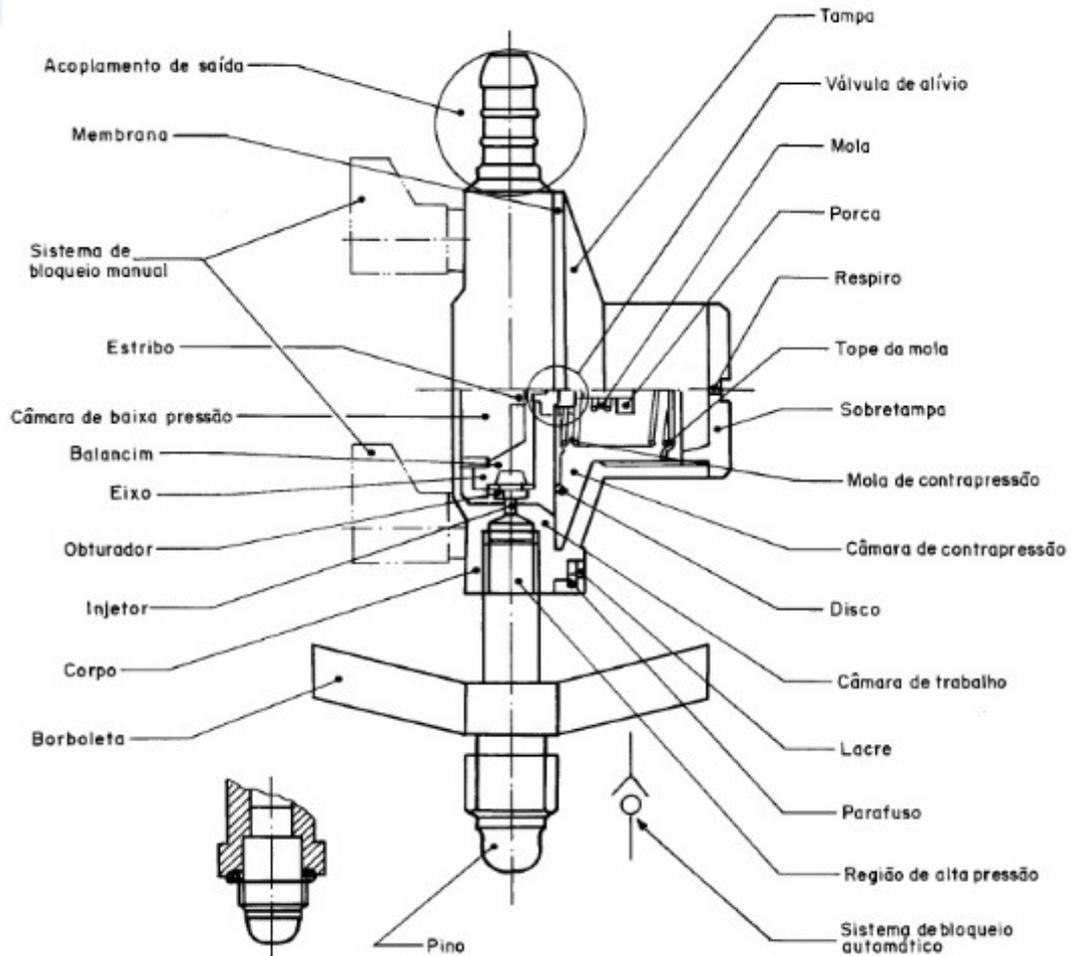
Figura – 32 Imagem da reguladora de pressão



Fonte:<http://www.vinigas.com.br/linha-domestica.shtml>
Acesso:12/02/2015

12.1 Detalhes da reguladora de pressão

Figura – 33 Imagem em detalhes da reguladora



Fonte: Abnt-Nbr-8473-Regulador-de-Baixa-Pressao
Acesso:12/02/2015

13 O FOGÃO A GÁS DE COZINHA

O fogão a gás dos nossos lares para entrar em funcionamento é necessário que seja fornecido três elementos: O combustível, no caso o botijão de gás liquefeito de petróleo ou gás de cozinha que chegar até a boca do fogão ou queimador através de uma tubulação que arrasta junto o ar principal no processo chamado de Venturi, que junto com o ar do ambiente chamado de secundário que fica diretamente na boca do queimador e uma fonte de energia que pode ser fósforo, isqueiro ou energia elétrica fornece a ignição dando início ao processo da queima. Vamos demonstrar abaixo o processo físico conhecido por venturi, que faz parte da dinâmica dos fluidos e está no livro de Física volume I geralmente no apêndice. Este processo é dificilmente abordado no ensino médio, pela falta de hora-aula suficiente na grade curricular do ensino de Física da rede pública. Este processo tem a função de puxar o ar do ambiente e dosar o mesmo durante a passagem do gás em direção a boca do fogão.

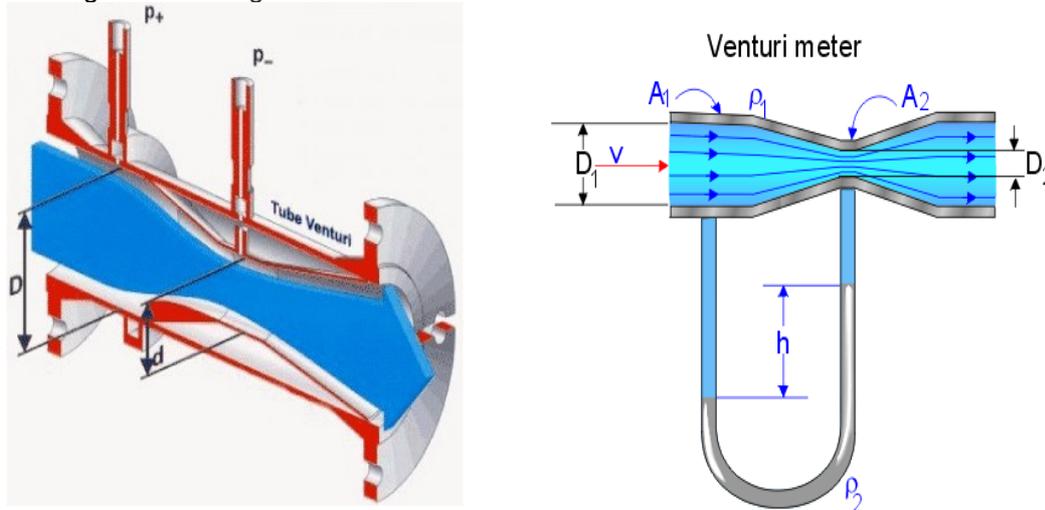
O processo Venturi em um sistema isolado, e o fluido em movimento constante dentro de um duto uniforme é comprimido momentaneamente ao encontrar uma zona de estreitamento diminuindo a sua pressão e conseqüentemente aumentando a velocidade ao atravessar a zona estreitada. Nesta zona ocorre o abaixamento da pressão, e também neste ponto se introduzir um terceiro duto ou uma sonda, onde é observado a sucção do fluido contido nessa ligação. Este efeito, foi demonstrado em 1797, recebe seu nome do físico italiano Giovanni Battista Venturi.

O processo Venturi foi explicado por Bernoulli com o princípio da continuidade de massa. Se o caudal de um fluido é constante mas a seção diminui, necessariamente a velocidade aumenta após atravessar esta seção. Pelo teorema da conservação da energia se a energia cinética aumenta, a energia determinada pelo valor da pressão diminuir necessariamente.

13.1 Detalhes do tubo Venturi

O tubo de Venturi é constituído por três zonas na tubulação cilíndrica, sendo a primeira com maior área que tem a saída convergente na segunda que é um pequeno trecho de menor área que logo após volta ter a mesma secção inicial. A redução de diâmetro gera uma perda de carga, dado que a pressão na secção de menor área é inferior a pressão na secção de maior área do mesmo.

Figura – 34 Imagem em corte tubo Venturi



Fonte: www.ebah.com.br/content/abaaaanksab/relatorio-ensaio-tubo-ventur
Acesso: 12/02/2015

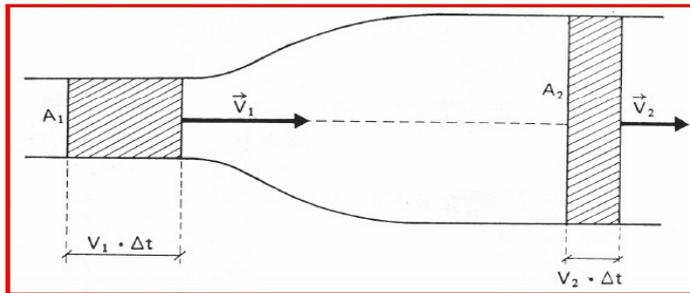
13.2 Funcionamento do tubo Venturi

O princípio de Venturi produz sucção durante a passagem do gás na tubulação que fica abaixo da mesa de cocção puxando ar principal, que será misturado com o gás indo através da tubulação até a boca do queimador onde ainda será adicionado o ar secundário que se encontra diretamente no ambiente.

13.3 Equação da continuidade Bernoulli

A figura mostra duas seções transversais, de áreas A_1 e A_2 , de uma tubulação onde passar um fluido. Podemos visualizar que o fluido que se move com velocidade V_1 , por um pequeno intervalo de tempo Δt . Durante este intervalo, uma pequena massa desse fluido se moverá distância $V_1 \cdot \Delta t$ e o volume ΔV desse fluido, é dado por:

Figura – 35 Deslocamento do fluido



Fonte: www.ebah.com.br/content/aabaaa46aal/hidrodinamica
cópia: 12/02/2015

No mesmo intervalo de tempo, o mesmo volume de fluido passará por A_2 . Se a velocidade em A_2 é V_2 , isto significa que:

$$\Delta V = A_1 \cdot V_1 \cdot \Delta t = A_2 \cdot V_2 \cdot \Delta t$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

Logo da figura acima, ao longo do tubo encontramos:

$$R = A \cdot V$$

Onde temos que:

R é uma constante

R é a taxa de escoamento volumétrico ou Vazão

A Equação da Continuidade para escoamento de fluidos, nos mostra que o escoamento é mais rápido nas partes mais estreitas do tubo.

14 CONCLUSÃO

A física presente no gás de cozinha e suas aplicações no ensino médio, este trabalho tem por finalidade contribuir para reflexão sobre a forma atual do ensino das ciências exatas e a forma de torná-la mais interessante e compreensível para o estudante estabelecendo ligações da Física com o seu cotidiano. Estudamos o gás de cozinha que inicialmente faz parte da mistura do petróleo na sua forma bruta, passando pelo processo de refinamento ou destilação, onde são extraídos os seus derivados entre eles o gás liquefeito do petróleo ou gás de cozinha. As escalas termométricas, que faz parte da Termologia é utilizado no processo de controle de temperatura da destilação do petróleo. Analisamos as características do gás de cozinha: como densidade, massa, volume, e também os materiais que são utilizadas na confecção dos botijões de gás e seus acessórios. Apresentamos a forma e processo de redução de pressão na válvula reguladora a formar de vedação e como funciona o plugue fusível de segurança. O transporte do gás da válvula reguladora até a boca do fogão, que é transportado através de tubos e o processo físico Venturi que dosar o ar junto com o gás e puxar ar chamado de principal para a tubulação. Esperamos que este trabalho possar contribuir, para que os professores de Ensino Médio possam transmitir as concepções das leis da Física não somente de forma teórica, mas principalmente utilizando modelos práticos, e que tenham condições de implementar estratégias didáticas mais favoráveis ao aprendizado dos estudantes.

REFERÊNCIAS

HERMES, Giordani Augusto. **Projeto de válvula de alívio para um sistema de abastecimento de GLP**. 2004. 24 f. Monografia (Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

HELOU, Gualter, Newton, Física Volume 1. 01.ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

NEWTON, Helou, Gualter. Física Volume 2. 01.ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

NEWTON, Helou, Gualter. Tópicos de Física 2. 09.ed. São Paulo: Saraiva, 1992.

Nunes, Danielle Duda. **A Física na cozinha**. 2008. 24 f. Monografia (Licenciatura em Física) – Centro de Ciências, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2008.

SILVA, Erivando Joter. **As dificuldades encontradas pelos alunos do ensino médio nos conceitos de calor e temperatura**. 2007. 85 f. Monografia (Licenciatura plena em Física) – Centro de Ciências, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2007.

SZKLO, 2008. **Formação do petróleo e gás natural**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfaZAAG/projeto-torre-destilacao-atmosferica-petroleo-utilizando-sofware-unisim-design-kg-tower>> Acesso em: 22 fev. 2015

THOMAS, 2004. **Formação do petróleo e gás natural**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfaZAAG/projeto-torre-destilacao-atmosferica-petroleo-utilizando-sofware-unisim-design-kg-tower>> Acesso em: 22 fev. 2015

Disponível em: <http://repositorios.inmetro.gov.br/simple-search?query=Forno&rpp=35&sort_by=2&order=DESC&etal=0&submit_search=Alterar> Acesso em: 12 dez. 2014.

Disponível em: <http://www.liquigas.com.br/wps/portal!/ut/p/c0/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hvPwMjIw93IwMDFzcyjA6Oo> Acesso em: 12 dez. 2014.

Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Butano>> Acesso em: 12 dez. 2014.

Disponível em: <http://www.alosolar.com.br/pdf/Tabela3_conversao_medidas.pdf> Acesso em: 12 dez. 2014.

Disponível em: <http://www.liquigas.com.br/wps/wcm/connect/9dcbee004bd745629a82de04fba782ca/2/gasnotijao_P.jpg?MOD=AJPERES> Acesso em: 12 dez. 2014.

Disponível em: <http://www.webvestibular.com.br/apostilas/curso_quimica/aula16.pdf> Acesso em: 12 dez. 2014.

Disponível em: <[http://www.infopedia.pt/\\$poder-calorifico](http://www.infopedia.pt/$poder-calorifico)> Acesso em: 12 dez. 2014.

Disponível em:<<http://www.universodopetroleo.com.br/2010/07/saiba-como-acontece-o-processo-da.html>>Acesso em:12 dez. 2014.

Disponível em:<http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/11898/11898_3.PDF>Acesso em:12 dez. 2014.

Disponível em:<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Oitava_quimica/materia17.php> Acesso em:12 dez. 2014.

Disponível em:<http://pe.quebarato.com.br/petrolina/botij-atilde-o-de-g-aacute-s-13kg__39AB4C.html>Acesso em:12 dez. 2014.

Disponível em:<http://www.liquigas.com.br/wps/portal/glp/?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/Web%20Content/liquigas/menu/glp/fispq/pagina+principal+fispq>Acesso em:12 dez. 2014.

Disponível em:<<http://www.supragas.com.br/glp.php>>Acesso em:12 dez. 2014.

Disponível em:<https://ssl1909.websiteseuro.com/bomgas-akece/infos.asp?lang=pt_BR&codigo_texto=5>Acesso em:12 dez. 2014.

Disponível em:<http://www.liquigas.com.br/wps/portal/!ut/p/c0/04_SB8K8xLLM9Mut/p/c0/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hvPwMjIw93IwMDFzcyjA6OgoADLQA8XQ38vc_2CbEdFAHiz7SY!/?PC_7_KN022HG200DF202RRP9QHD1AQ3_WCM_CONTEXT=/wps/wcm/connect/Web%20Content/liquigas/menu/produtos+e+servicos/botijoos+para+residencias/tipos+de+botijoos/p13+-+botijao+de+13kg>Acesso em:12 dez. 2014.

Disponível em:<http://www.sindigas.com.br/Download/Arquivo/marcelomacedo_634184430647260000.pdf>Acesso em:13 dez. 2014.

Disponível em:<http://www.google.com.br/#sclient=psy-ab&q=metais+x+temperatura+de+fus%C3%A3o+chumbo%2Cbismuto+e+estanho&oq=metais+x+temperatura+de+fus%C3%A3o+chumbo%2Cbismuto+e+estanho&gs_l=serp.3...5356.19245.1.21187.20.19.1.0.0.2.1634.12248.0j1j6j1j4j2j0j1j4.19.0...0.0.0..1c.1.12.psy-ab.zTZIQm2ErCg&pbx=1&bav=on.2,or.r_qf.&fp=3ad38bde98d135e8&biw=910&bih=416> Acesso em:13 dez. 2014.

Disponível em:<http://www.softmetais.com.br/ligas_fus%C3%ADveis/0,,ligas+fus%C3%ADveis,00085,false,1.html>Acesso em:13 dez. 2014.

Disponível em:<http://www.infomet.com.br/metais-e-ligas-conteudos.php?cod_tema=10&cod_secao=17&cod_assunto=102>Acesso em:13 dez. 2014.

Disponível em:<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33_3/193-EQ0810.pdf>Acesso em:13 dez. 2014.

Disponível em:<<http://processo-industrial.blogspot.com.br/2010/04/processo-de-refino-refinaria-destilacao.html>>Acesso em:13 dez. 2014.

Disponível em:<<http://pt.wikipedia.org/wiki/Peso>>Acesso em:13 dez. 2014.

Disponível em:<<http://www.brasilecola.com/fisica/peso-um-corpo.htm>>Acesso em:12 dez. 2014.

Disponível em:<<http://pir2.forumeiros.com/t11292-aceleracao-da-gravidade>>Acesso em:13 dez. 2014.

Disponível em:<<http://pt.scribd.com/doc/7082689/8/Determinacao-do-Poder-Calorifico>>Acesso em:14 dez. 2014.

Disponível em:<<http://www.eecis.udel.edu/~portnoi/academic/academic-files/estanho-prata-bronze.html>>Acesso em:15 dez. 2014.

Disponível em:<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFHR8AJ/trabalho-sobre-fusiveis-versao-final?part=3>>Acesso em:15 dez. 2014.

Disponível em:<<http://www.ligasmetalicas.com.br/ligas-metalicas.html>>Acesso em:15 dez. 2014.

Disponível em:<<http://pt.scribd.com/doc/30905197/Abnt-Nbr-8473-Regulador-de-Baixa-Pressao-para-Gas-Liquefeito-de-Petroleo-glp>>Acesso em:20 dez. 2014.

Disponível em:<<http://dr-kimio.blogspot.com.br/2009/08/graficos-de-mudancas-de-estados-fisicos.html>>Acesso em:20 dez. 2014.

<http://www.infoescola.com/fisica/lei-de-hooke/www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/11898/11898_11.PDF>Acesso em:20 dez. 2014.

Disponível em:<http://sites.poli.usp.br/p/jesse.Rebello/termo/Trabalho_Transcal.pdf>Acesso em:20 dez. 2014.

Disponível em:<https://www.google.com.br/search?q=agita%C3%A7%C3%A3o+t%C3%A9rmica&newwindow=1&tbm=isch&imgil=ihNUpL-nRUYIVM%253A%253Bhttps%253A%252F%252Fencrypted-tbn0.gstatic.com%252Fimages%253Fq%253Dtbn%253AANd9GcSnX-O8270xOXGjunGYOA5_t5zICUkHgjeblLCUQtNRXaqYphJ%253B245%253B119%253BTxLtg4ZIm7y-ZM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fdc358.4shared.com%25252Fdoc%25252Fvvs4ihPX%25252Fpreview.html&source=iu&usg=__J7Ssvv7B8NYJFFcsL7cWZeJzXkA%3D&sa=X&ei=1tbOU93YDpLNsQS0g4GIBw&ved=0CDkQ9QEwBA&biw=1920&bih=974#facrc=_&imgdii=_&imgrc=VkdGtz4DBRMq4M%253A%3BqCWvaOFIrH1LVM%3Bhttp%253A%252F%252F1.bp.blogspot.com%252F-cOBD-Gjx8ul%252FTtpU60bqm7I%252FAAAAAAABJc%252FMAoWE6J2Ot0%252Fs1600%252FPress%252525C3%252525A3o%252Be%252BTemperatura.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Festrelaseplanetas-cesar.blogspot.com%252F2011%252F12%252Fdiferencas-entre-pressao-e-temperatura.html%3B400%3B204>Acesso em:12 fev. 2015.

Disponível em:<<http://fiscaricardo.blogspot.com.br/2009/03/temperatura.html>>Acesso em:12 fev. 2015.

Disponível em:<<http://leandromaiafernandes.wordpress.com>>Acesso em:12 fev. 2015.

Disponível em:<<http://www.servgas.com/principal.php?tipo=tabelas&titulo=Tabelas>>Acesso em:12 fev. 2015.