



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Yan Yanomami da Fonte Eloy

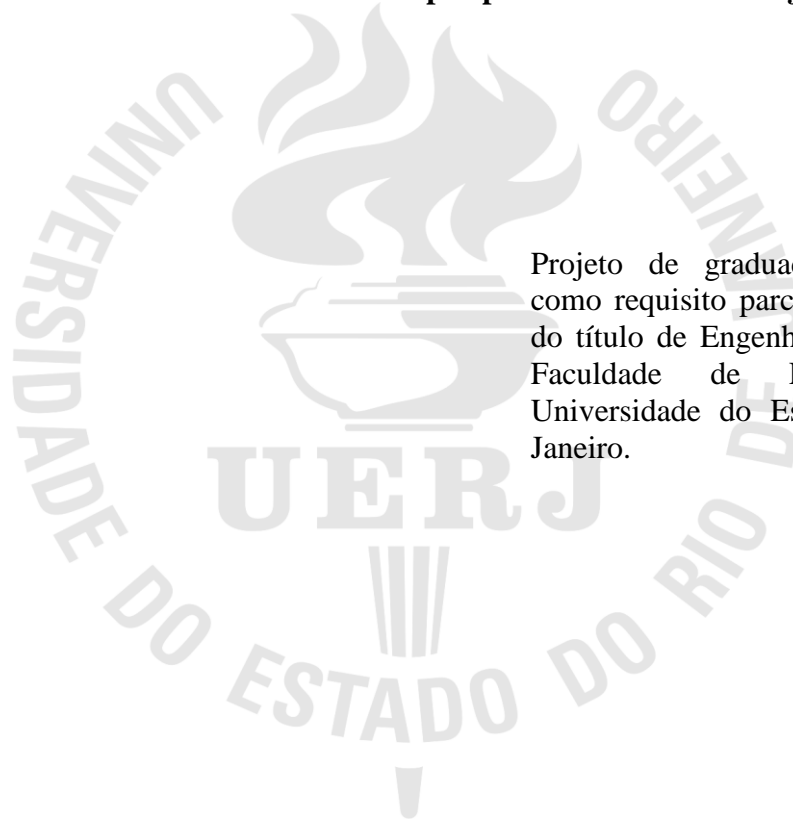
**Análise Técnico-econômica do Sistema de Vapor para uma
Micro-cervejaria**

Rio de Janeiro

2017

Yan Yanomami da Fonte Eloy

Análise Técnico-econômica do Sistema de Vapor para uma Micro-cervejaria



Projeto de graduação apresentado, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico, à Faculdade de Engenharia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Rabello dos Anjos

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

Yan Yanomami da Fonte Eloy

Análise Técnico-econômica do Sistema de Vapor para uma Micro-cervejaria

Projeto de graduação apresentado, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico, à Faculdade de Engenharia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovado Dezembro de 2017.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Gustavo Rabello dos Anjos

Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Daniel José Nahid Mansur Chalhub

Faculdade de Engenharia - UERJ

Eng. Leandro da Rosa Alves

Engenheiro Mecânico - Petrobras

Prof. Dr. Manuel Antônio da Fonseca Costa Filho

Faculdade de Engenharia - UERJ

Rio de Janeiro

2017

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Eder por todo incentivo e apoio dado aos meus estudos, visando me dar uma oportunidade de formação que ele não pode ter enquanto mais novo e sempre sonhando para que um dia eu pudesse me tornar uma referência profissional dentro da minha área.

A toda minha família como mãe, tios e primos pelo apoio que me deram durante os períodos mais difíceis da graduação, sem eles certamente nada disso seria possível, visto os inúmeros desafios que a graduação teve ao longo desses anos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo Rabello dos Anjos por ter aceito este desafio e me ajudado a tornar este projeto possível através da sua atenção e de seus conhecimentos.

A todos os meus colegas de faculdade que me ajudaram e tiveram muito a me acrescentar profissionalmente e pessoalmente durante esses anos.

A minha instituição, que apesar de todo cenário de descaso e sucateamento por parte do governo estadual continua a ser uma Universidade de referência dentro do Estado do Rio de Janeiro e sempre apresentando resultados surpreendentes visto as enormes dificuldades.

“Sucesso é questão de Atitude”

(Suramara Juri)

“Para nós os grandes homens não são aqueles que resolveram os problemas, mas aqueles que os descobriram”

(Albert Schweitzer)

“Em todas as coisas o sucesso depende de uma preparação prévia, e sem tal preparação o falhanço é certo”

(Confúcio)

“O sucesso é uma consequência e não um objetivo”

(Gustave Flaubert)

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”

(Albert Einstein)

RESUMO

ELOY, Yan Yanomami da Fonte Análise Técnico-Econômica do Sistema de Vapor para uma Micro-Cervejaria. Projeto Final (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Este trabalho consiste em apresentar os critérios e as necessidades básicas para auxiliar um empreendedor de cervejaria artesanal a montar um modelo industrial para criar uma Micro-Cervejaria, através da ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DO SISTEMA DE VAPOR PARA UMA MICRO-CERVEJARIA visto que houve um aumento significativo do mercado consumidor e de fabricantes de cerveja nos últimos anos. Para esse modelo ser adotado foi usada a engenharia do vapor. O vapor é uma excelente fonte de troca térmica sendo usados em operações unitárias que envolvem transferência de calor podendo ser usado para cozinhar, secar, aquecer e controlar temperaturas em numerosos processos, por conta disso o vapor está presente em diversas atividades industriais, como indústrias farmacêuticas, alimentícias, petroleiras e diversos segmentos. Esse projeto também visa fornecer informações utilizando os conceitos de processamento de cerveja e leis de incentivo à produção. Para esse trabalho foram consultados diversos materiais e empresas especializadas em vapor, em especial a empresa SpiraxSarco, líder global em vapor industrial sendo referência em Vapor industrial e troca térmica, através disso foi possível fazermos dimensionamento de planta industrial de vapor através da quantificação da produção, cálculos termodinâmicos de consumo de linhas e seus acessórios.

Palavras Chaves: Vapor Industrial, Indústria Cervejeira, Cerveja Artesanal, SpiraxSarco, Micro-cervejaria, Cerveja, Industria Brasileira, leis de incentivo, Mercado Consumidor.

ABSTRACT

ELOY, Yan Yanomami da Fonte Análise Técnico-Econômica do Sistema de Vapor para uma Micro-Cervejaria. Projeto Final (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

This project Shows the basic requirements to help a brewery entrepreneur how to set a microbrewery model due to a significant increase of homemade beer consumers and brewers, through the economical technical analysis of the steam system for a microbrewery as well. Steam engineering plays an important role in this process given to the following. Steam is an excellent source of thermal exchange being used in operations involving heat transfer which can be used to cook, dry, heat and control temperatures in many processes, because steam is present in many industrial activities, such as pharmaceutical industries, Food, oil and a lot of segments. This project provides information using be using the concepts of beer processing and production incentive laws. For this work, several materials and companies specialized in steam were consulted, in particular the company SpiraxSarco, world leader in industrial steam, being a reference in the industrial exchange of steam and thermals, through which it was possible to design industrial steam installations through the quantification of Production, thermodynamic calculations of consumption of lines and their accessories.

Keywords: Industrial Steam, Beer Industry, Artisanal Beer, SpiraxSarco, Micro-Brewery, Beer, Brazilian Industry, Incentive Laws, Consumer Market.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cevada Maltada.....	14
Figura 2 -Arriando o malte na Tina de Mostura.....	15
Figura 3 – Tina de Filtração	15
Figura 4 – Lúpulo	16
Figura 5 – Tina de Mostura onde é feito a Fervura do mosto	17
Figura 6 – Tanques de Fermentação.....	18
Figura 7 – Estrutura do Tanque de fermentação.....	19
Figura 8 – Processo de Filtração da Cerveja	20
Figura 9 – Cerveja antes e após a Filtração	21
Figura 10 – Processo de Envasamento	21
Figura 11 – Dados do Mercado Consumidor	25
Figura 12 – Caldeira de Haycock	28
Figura 13 - Caldeira Vagão de James Watt	28
Figura 14 – Caldeira Flamotubular.....	30
Figura 15 – Interior da Caldeira Flamotubular	31
Figura 16 – Esquema de uma caldeira Aquatubular.....	32
Figura 17 - Sistema de Vapor Saturado.....	34
Figura 18 - Ciclo de Potência, onde se usa o sistema de vapor superaquecido.....	34
Figura 19 – Gráfico Temperatura x Tempo da Água	35
Figura 20 - Gráfico de entalpia da agua	36

Figura 21 – Régua de Vapor SpiraxSarco	46
Figura 22 - Régua de Vapor ajustada para pressão de 11Kg/cm ²	47
Figura 23 – Régua ajustada para conferir a perda de carga.....	49
Figura 24 - Gráfico de Perda de vapor Flash.....	50
Figura 25 – Planta Industrial sem retorno de condensado.....	51
Figura 26 – Planta Industrial com retorno de condensado	52
Figura 28 – Exemplo de Condensado em linha.....	55
Figura 27 – Formação de Pistão d'água	55
Figura 29 – Acúmulo de ar em equipamento, comprometendo a eficiência térmica	55
Figura 30 – Funcionamento do Purgador Termodinâmico.....	57
Figura 31 – Funcionamento do Purgador Mecânico de boia.....	58
Figura 32 - Funcionamento do Purgador Mecânico de balde invertido	59
Figura 33 - Funcionamento do Purgador Termostático de pressão balanceada	60
Figura 34 - Modelos de Filtros Industriais tipo Y	61
Figura 35 – Visores de Fluxo	62
Figura 36 – Válvula Globo	63
Figura 37 – Válvula Esfera.....	63
Figura 38 – Válvula de Gaveta.....	64
Figura 39 – Tubulação Schedule 40	65
Figura 40 – Estação do Purgador de Boia	74
Figura 41 – Limites de Pressão e Temperatura Válvula VMR	76

Figura 42 – Limites de Pressão e Temperatura FIG.13	77
Figura 43 – Esquema Estação de drenagem de Final de Linha	80
Figura 44 – Curva de Capacidade do Purgador Termodinâmico	81
Figura 45 – Planta Industrial Teórica da Micro-Cervejaria.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vapor Saturado	37
Tabela 2 - Dimensionamento de Tubulação pelo método da Velocidade	43
Tabela 3 - Dimensionamento de Tubulação pelo método da Perda de Carga.....	45
Tabela 4 – Cálculo para dimensionamento das linhas de retorno	53
Tabela 5 – Dimensionamento de Tubos	65
Tabela 6 - Tabela para escolha de caldeira a gás M3P – AALBORG.....	69
Tabela 7 – Dimensionamento das linhas	72
Tabela 8 – Resultados dos dimensionamentos das linhas de retorno	73
Tabela 9 - Resumo do dimensionamento das linhas de retorno	74
Tabela 10 – Curva de capacidade do Purgador de boia FT14 SpiraxSarco	75
Tabela 11 – Dimensionamento dos Purgadores de Boia	76
Tabela 12- Dimensionamento das Válvulas Esferas	77
Tabela 13 – Dimensionamento dos Filtros Y	78
Tabela 14 – Dimensionamento dos Visores	78
Tabela 15 – Dimensionamentos das Estações de Drenagem.....	79
Tabela 16 – Resumo das Estações de Final de Linha.....	82
Tabela 17 – Dados relativo ao Gás Natural.....	83
Tabela 18 – Tabela de orçamentos (orçamentos solicitados em anexo).....	88

LISTA DE SIGLAS

API:	American Petroleum Institute
Cp:	Calor específico (kcal/kg°C)
Ct:	Calor Total (kgf/cm ² .100m)
Cs:	Calor sensível da água
d:	Volume específico (m ³ /kg)
D:	Diâmetro (cm)
FIT:	Folheto de informações Técnicas
J:	Perda de Carga (kgf/cm ² .100m)
hfg:	Entalpia específica de evaporação (kcal/kg)
ms:	Vazão mássica (kg/h)
PCI:	Poder Calorífico Inferior
Q:	Calor (Kcal)
\dot{Q}	Taxa de transferência de calor (kcal/h)
ΔT :	Diferencial de temperatura (°C)
Tf:	Temperatura Final no processo (°C)
Ti:	Temperatura Inicial do processo (°C)
Ts:	Temperatura do vapor (°C)
Tp:	Temperatura do processo(°C)
V:	Velocidade (m/s)

SUMÁRIO

Capítulo I - INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Origem da Cerveja.....	10
1.2 A Cerveja no Brasil.....	11
1.3 Processo de Fabricação.....	13
1.4 A Cerveja Artesanal.....	22
1.5 Mercado Brasileiro.....	23
1.6 Leis de incentivo a Cervejaria Artesanal.....	25
1.7 O Vapor na Indústria.....	27
1.8 Caldeiras Industriais.....	28
Capítulo II - Revisão Bibliográfica.....	33
Capítulo III - Metodologia.....	33
3.1 Tipos de Vapor Industrial.....	33
3.2 Pressão de Vapor.....	36
3.3 Consumo de vapor.....	38
3.4 Dimensionamento de Linhas de Vapor.....	41
3.5 – Linhas de retorno.....	50
3.6 Drenagem de Linha.....	53
3.7 Purgadores e acessórios.....	56
3.8 Material da Tubulação.....	64
Capítulo IV - Resultados.....	66
4.1 Dimensionamento de Consumo.....	66
4.2 Dimensionamento e Escolha da Caldeira.....	69
4.3 Calculando os diâmetros das Linhas de Vapor.....	70
4.4 Calculando os diâmetros das Linhas de Retorno.....	72
4.3 Dimensionamento das estações de drenagem.....	74
4.4 Finais de Linha.....	79
4.5 Custo do Vapor.....	82
4.6 Planta Industrial.....	85
Capítulo V - Conclusão.....	87
Capítulo VI – Bibliografia.....	89

CAPITULO I - INTRODUÇÃO

Neste capítulo será abordado conceitos relacionados a cerveja e a indústria, visando entender a história, processos de fabricação, mercado consumidor, leis de incentivo e o vapor industrial, temas fundamentais para projetar um micro - cervejaria.

1.1 Origem da Cerveja

De acordo com [1], praticamente não existem povos que não tenham descoberto a cerveja junto com a lavoura, já que a bebida pode ser produzida quase que naturalmente, se um cereal é misturado à água, pode germinar sem a interferência do homem. Essa mistura pode fermentar pela ação dos lêvedos, encontrados no meio ambiente, e produzir álcool.

A agricultura surgiu há aproximadamente 10 mil anos antes de Cristo, numa região chamada Crescente Fértil (atual Oriente Médio). Escavações arqueológicas mostraram que a lavoura de cereais e a fabricação de cerveja sempre andaram juntas, há indícios recentes de que os sumérios mantinham uma espécie de taberna onde se tomava cerveja. Eles chamavam a bebida de "pão líquido" e a consideravam um alimento. Os antigos egípcios também conheciam a cerveja, que era utilizada durante os rituais funerários. Na Babilônia, adicionavam-se ervas embriagadoras e afrodisíacas à cerveja, que estava intimamente ligada ao sexo. Uma escultura em terracota do início do século 2 a.C. encontrada na Mesopotâmia mostra um casal durante o coito embriagando-se de cerveja de trigo. Levando-se em conta a definição mais ampla de cerveja (o cereal maltado e fermentado, excluindo-se a cevada e o lúpulo), pode-se dizer que a bebida acompanhou quase todos os povos. Mas foram os celtas e germânicos que melhor arraigaram as tradições nessa área, tornando seus produtos o padrão. A única cerveja que tem um dia exato de nascimento é a Pilsner Urquell, fabricada em 5 de outubro de 1842, na cidade de Pilsen, na Tchecoslováquia, pelo mestre cervejeiro Josef Groll.

1.2 A Cerveja no Brasil

De acordo com [2], a cerveja é um produto com longa tradição no Brasil, surgindo já referências a esta bebida em documentos que datam do século XVII, quase todas as Províncias do Império e os Estados da República em um ou outro momento, tiveram sua fabricação de cerveja.

A bebida provavelmente foi trazida pela primeira vez ao país pelos holandeses, no século 17, pela Companhia das Índias Ocidentais (1634-1654). A cerveja deixou o Brasil junto com os holandeses em 1654, voltando em 1808, juntamente com a família real portuguesa.

Em 1808, tal situação seria modificada com a chegada ao Reino do Brasil da Família Real Portuguesa vinda de Portugal fugida do exército de Napoleão Bonaparte, primeiro aportou em Salvador e finalmente no Rio de Janeiro, logo ao chegar, o Príncipe Regente Dom João decreta a “abertura dos portos às nações amigas”, abolindo o monopólio comercial luso, a vida econômica muda radicalmente. O séquito real amplia a demanda de bens de consumo e aumenta as despesas públicas, o comércio se diversifica com a inundação de produtos estrangeiros suntuários e o príncipe toma medidas de incentivo à indústria.

Consta que o rei, ainda Príncipe Regente D. João, apreciador inveterado de cerveja, não podia ficar sem consumir a bebida, Dom João revoga o alvará de 1785, que proibia as manufaturas brasileiras e autoriza a instalação de tecelagens, fábricas de vidro e de pólvora, moinhos de trigo e uma fundição de artilharia. Também facilita a vinda de artesãos e profissionais liberais europeus, inclusive médicos e farmacêuticos.

Com a abertura dos portos às nações amigas de Portugal, a Inglaterra foi a primeira a introduzir a “cerveja” na antiga colônia, ativa indústria europeia não hesitou em vender seus vidros ao Brasil, logo após a abertura dos portos às nações amigas, chegou um carregamento de caixas de cerveja de origem alemã, importadas da Inglaterra, Portugueses e brasileiros de recursos consumiram tais importações e inaugurou-se, assim, no Brasil, o hábito de beber cervejas contidas em garrafas de vidro, Influência inglesa na importação da cerveja.

Até 1814, a abertura dos portos beneficiava exclusivamente a Inglaterra, que praticamente monopolizava o comércio com o Brasil, outros tratados firmados

por Dom João em 1810, o Tratado de Amizade e Aliança e o Tratado de Comércio e Navegação, consolidaram ainda mais a presença inglesa na colônia.

O Tratado de Comércio, por exemplo, fixava a taxa de 15% para todas as importações inglesas e de 24% para as de outras nações estes fatos fizeram com que a cerveja consumida no Brasil, de qualquer origem, fosse introduzida com exclusividade pela Inglaterra.

Até o final da década de 1830, a “cachaça” era a bebida alcoólica mais popular do Império, além dela, eram importados licores da França e vinhos de Portugal, especialmente para atender à nobreza, nesse período a cerveja já era produzida, mas num processo caseiro realizado por famílias de imigrantes, principalmente alemães, para o seu consumo.

Passou-se algum tempo até que os brasileiros conhecessem a primeira cervejaria, fundada em 1834 no Rio de Janeiro, o sucesso desta cervejaria despertou o interesse na produção local de cerveja, em 27 de outubro de 1836, surgiu a primeira notícia sobre a fabricação de cerveja no Brasil, Esse anúncio, publicado no Jornal do Commercio do Rio de Janeiro, dizia o seguinte:

“Na Rua Matacavalos, número 90, e Rua Direita número 86, da Cervejaria Brasileira, vende-se cerveja, bebida acolhida favoravelmente e muito procurada. Essa saudável bebida reúne a barateza a um sabor agradável e à propriedade de conservar-se por muito tempo”.

Pelo estilo do anúncio, a “Cerveja Brasileira” era totalmente desconhecida do público, tal seria o ponto de arranque para o desenvolvimento da cerveja a um nível mais comercial, durante a primeira metade do século XIX, a cerveja ainda era restrita a uma pequena parcela da população e, praticamente, só havia marcas importadas por aqui, em 1846, Georg Heinrich Ritter instala uma pequena linha de produção de cerveja na região da atual Nova Petrópolis, na Província do Rio Grande do Sul, criando então a marca Ritter, uma das precursoras do ramo cervejeiro no Brasil.

As famílias de imigrantes começaram a usar escravos e também a empregar trabalhadores livres para produzir a bebida e vendê-la ao comércio local, o Rio de Janeiro capital do Império, já tem uma população de padrão médio formada por militares, oficiais de indústrias, proprietários de pequenas manufaturas,

profissionais liberais e funcionários públicos. A cidade já era comparável a outras da Europa Central, e já possuía um mercado consumidor relevante.

A venda de “cerveja” era feita no balcão e na própria cervejaria que atendia a particulares, convites eram espalhados pelos proprietários em bares próximos e festas eram realizadas dentro das cervejarias.

As entregas eram feitas por carroças ao comércio dos arraiais (bairros) próximos, é considerado que o desenvolvimento cervejeiro no Brasil foi devido aos primeiros imigrantes que chegaram à região.

1.3 Processo de Fabricação

Visando entender o processo de fabricação de cerveja, será mostrado como base de fabricação o processo da AMBEV, de acordo com a matéria [3], apesar da AMBEV ser uma cervejaria de grande porte tem o seu processo como básico para fabricação, lembrando que cada cervejaria tem sua receita única, podendo acrescentar novas etapas, insumos e ter tempos diferentes no processo. A proposta desse capítulo é explicar uma receita básica afim de se entender os recursos necessários para se fabricar uma cerveja.

O processo de produção pode se dividir em cinco etapas principais:

- Brassagem
- Adega
- Filtração
- Envase
- Pasteurização

Para ficar pronta uma cerveja leva de um dia a meses, dependendo da receita de cada produto.

1.3.1 Brassagem

1.3.1.1 Cevada Maltada

O principal cereal usado na fabricação é a cevada maltada conforme figura 1, dependendo do país ou da receita pode ser acrescentados outros cereais, alguns países por dificuldade em obter a cevada acabam substituindo diretamente por outros ingredientes.

Todo cereal deve passar por um processo controlado de temperatura, umidade, oxigenação e secagem, em seguida os grãos serão quebrados para expor o amido (dividido entre glicose e maltose), que depois serão consumidos pelas leveduras e transformados em álcool e gás carbônico.



Figura 1 – Cevada Maltada

Fonte: <http://www.osboemios.com.br>

1.3.1.2 Aquecimento

Após quebrar e triturar os grãos, esse cereais são misturados com água quente para que seja extraído dele os açúcares necessários para a fermentação da cerveja. A mistura (que agora ganha o nome de mosto) é aquecida dentro da tina de mostura até obter um aspecto homogêneo. Cada receita tem o seu tempo específico para aquecimento e a sua temperatura máxima, podendo ser alterada de tempos em tempos, de acordo com o gosto da cerveja que se pretende produzir.



Figura 2 -Arriando o malte na Tina de Mostura
Fonte: <http://monicheascervejas.blogspot.com.br>

1.3.1.3 Filtração do Mosto

O mosto vai depois para uma espécie de filtro gigante com uma peneira no fundo onde ele terá separado e descartado as cascas dos grãos usados no processo

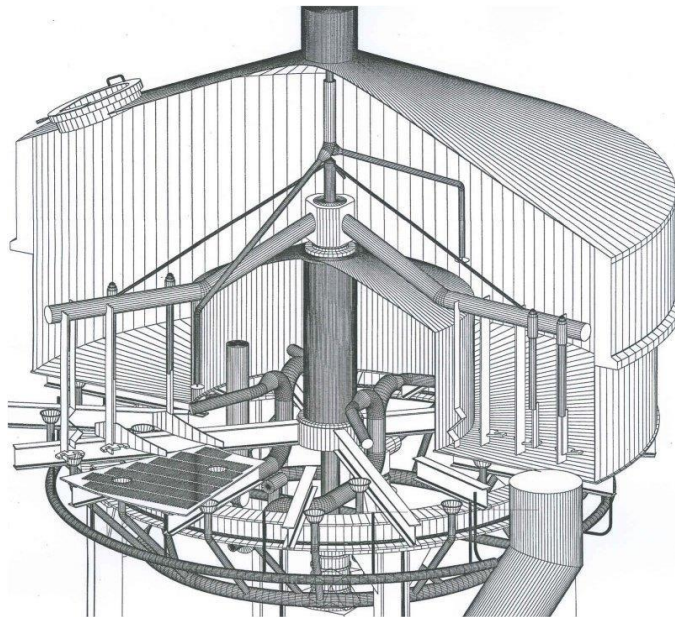


Figura 3 – Tina de Filtração
Fonte: desconhecida

1.3.1.4 Cozimento do Mosto (Fervura)

O mosto após ser filtrado irá agora para uma nova tina onde irá passar pelo processo de fervura, para que ele seja esterilizado e ganhe as características de receita. É neste momento também que o lúpulo e outros cereais e ingredientes são adicionados, e o ambiente ganha, então, o aroma característico da cerveja. (os tanques devem sempre operar fechados para evitar a oxidação).



Figura 4 – Lúpulo

Fonte: <http://concerveja.com.br>

O cozimento ou fervura do mosto consiste na elevação da temperatura do mosto a 100°C, após atingir essa temperatura costuma-se manter a mostura nessa temperatura afim de evaporar parte dessa solução para chegar na concentração desejada para assim se obter as caracterísitcas de acordo com a receita. A mosturação consiste no cozimento do malte moido e outros ingredientes em água de modo a formar uma solução a partir das hemiceluloses, gomas e proteínas contidas no malte e já solubilizadas na malteação. Durante este processo são dissolvidas, por ação enzimática parte das proteínas e hemiceluloses, além do amido.



Figura 5 – Tina de Mostura onde é feito a Fervura do mosto

Fonte: <http://extra.globo.com/noticias/brasil/cevejaria-bohemia-oferece-programacao-especial-para-26-bauernfest-em-petropolis-16559383.html>

1.3.1.5 Resfriamento

Depois disso, o mosto é resfriado entre 6 a 20 graus por cerca de uma hora, de acordo com a receita da cerveja que está sendo produzida, no tempo em que o mosto passa pela etapa das adegas, ele troca de tanques e resfriamentos são feitos de tempo em tempo, conforme a receita de cada marca, Cada etapa do processo é minuciosamente acompanhada por uma equipe técnica de dentro de uma sala de controle, no mesmo espaço dos tanque.

1.3.2 Adega

Depois de resfriado, o caldo segue para tanques de fermentação e maturação conforme figura 6, chamados de adegas. É neste lugar que o mosto é misturado ao fermento (leveduras), podendo ficar dias ou meses maturando de acordo com a receita que se deseja produzir.

O fermento se mistura aos açúcares e aminoácidos contidos no mosto para produzir álcool e gás carbônico, além de compostos que dão aroma e sabor característicos das cervejas, um banco de fermentos no Brasil e diversos países com espécies diferentes são usadas para a criação e fabricação de produtos com

características determinadas de acordo com o tipo de cerveja que se deseja produzir.



Figura 6 – Tanques de Fermentação

Fonte: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/2bbl-beer-conical-fermenter-beer-fermentation-tank-377457533.html>

Os fermentos são testados, criados e reproduzidos cuidadosamente por cada companhia para garantir o segredo e a padronização de sabores de suas marcas, não é só o tempo de maturação nas adegas que faz a bebida ser mais ou menos alcoólica. Na verdade, o teor do álcool é definido na primeira etapa do processo. Quanto mais amidos dos grãos forem quebrados, mais glicose será obtida no processo enzimático, o tempo de fermentação nas adegas pode levar de uma semana a meses, dependendo da característica da cerveja que está sendo feita.

Com o último resfriamento, o fermento sedimenta e se separa do mosto agora, definitivamente, chamado de cerveja.

Tanto a levedura quanto as cascas de malte descartado na etapa anterior são vendidas para indústrias de ração animal e farmacêutica.

É interessante ressaltar que em momento nenhum do processo a bebida tem contato com oxigênio, o grande inimigo da bebida. Com o contato, a cerveja oxidaria, envelheceria mais rápido e perderia o frescor.

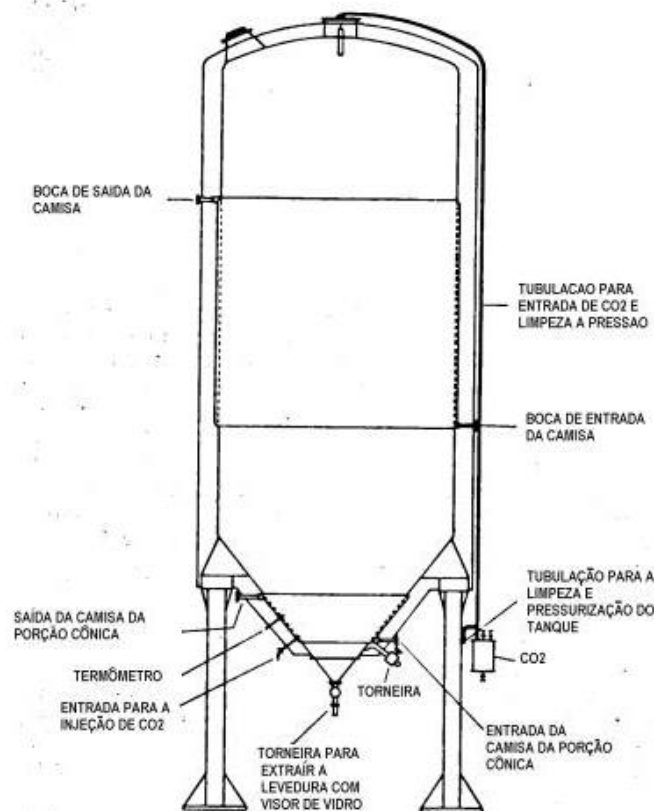


Figura 7 – Estrutura do Tanque de fermentação

Fonte: <http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/ferme.htm>

1.3.3 Filtração

Após passar pela adega de fermentação e maturação a cerveja ainda não se encontra no seu estado final, a cerveja apresenta uma aparência turva, para essa aparência turva dar lugar a uma límpida e mais brilhante, a bebida passa por uma etapa de filtração.

O processo de filtração influi diretamente na qualidade da cerveja e tem como objetivo eliminar ou reduzir turvações, leveduras, resinas de lúpulo, microrganismos, bactérias.

A Filtros de Terra Diatomácea é um dos equipamentos mais utilizados para a etapa de filtragem.

De acordo com [4] os filtros de terra diatomácea, se baseiam no seguinte princípio, as placas possuem um meio filtrante de malha fina. A terra é impulsionada, por bomba a escoar através do meio filtrante. Sendo recirculada para a formação de uma pré-capa. As camadas de terra se reforçam com outra de

grãos mais finos, recobrando o meio filtrante. Quando nenhuma quantidade de terra passa pelo filtro, inicia-se o bombeamento de cerveja.

As camadas de terra entopem rapidamente com as partículas em suspensão arrastadas pela cerveja, o que se evita injetando terra diatomácea fresca, regularmente, na cerveja, a uma concentração adequada para evitar a obstrução do filtro. As partículas em suspensão da cerveja ficam retidas nos interstícios entre as partículas de terra. No filtro de placas, a pré-capa se forma na parte externa do meio filtrante e a cerveja filtrada passa para o interior das placas, segundo o desenho esquemático abaixo, escoando para o sistema de descarga. O filtro de vela tem um corpo cilíndrico vertical formado por discos montados sobre uma hélice central oca.. As camadas filtrantes recobrem os discos filtrantes. Quando a torta atinge uma determinada espessura é necessária a limpeza do filtro.



Figura 8 – Processo de Filtração da Cerveja

Fonte: (<http://exame.abril.com.br/negocios/os-bastidores-da-producao-das-cervejas-da-ambev/>)

Após a filtração a diferença entre o aspecto da cerveja é visível, o produto fica com a mesma aparência que a das bebidas fechadas vendidas nos bares, quanto mais vezes a cerveja for filtrada mais transparente a cerveja irá ficar, na figura 9 é possível verificar a diferença entre uma cerveja antes e após a filtração.



Figura 9 – Cerveja antes e após a Filtração

Fonte: <http://portrasdobalcao.blogspot.com.br/2009/11/cervejas-artesanais-visita-cervejaria.html>

1.3.4 Envasamento

Nesta última etapa, as cervejas prontas serão envasadas conforme figura 10 com rapidez, havendo sempre desinfecção das garrafas, através das lavadoras, visando sempre a não contaminação por oxigênio, bactérias e qualquer outro agente externo que possa vir a afetar a composição da cerveja.

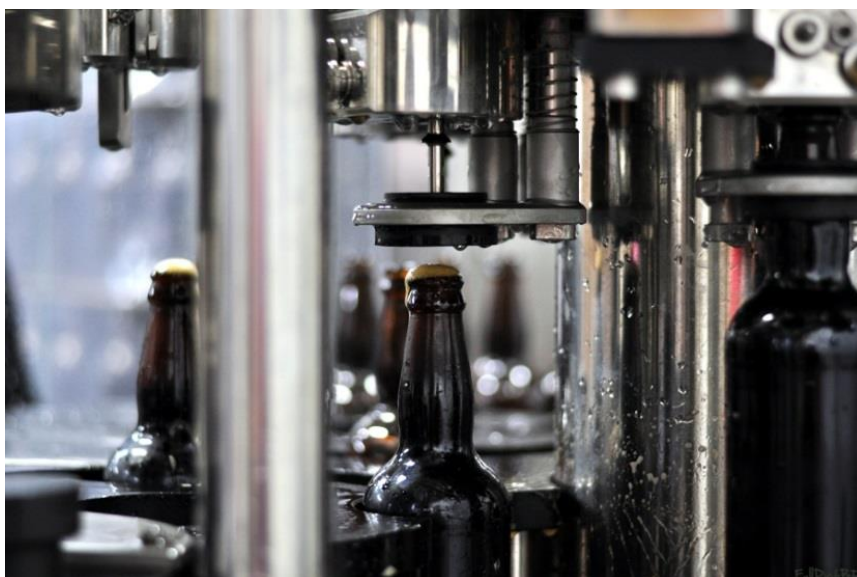


Figura 10 – Processo de Envasamento

Fonte: <https://noticias.bol.uol.com.br/fotos/entretenimento/2013/11/12/saiba-como-e-o-processo-de-fabricacao-de-alimentos-e-bebidas.htm?mobile&imagem=1>

1.3.5 Pasteurização

Antes do enchimento, as garrafas são pressurizadas com CO₂, depois de envasada, a cerveja vai para uma máquina de pasteurização, com o objetivo de aumentar sua estabilidade.

Nesta etapa, a garrafa cheia permanece por algumas horas passando por temperaturas alternadas, quente e frio, onde qualquer tipo de microrganismo ou resquício de levedura que ainda tenha ficado na bebida será inativado

Unidades de pasteurização (PU) fornecem uma relação logarítmica entre a temperatura e tempo. 1 PU é equivalente a manter a cerveja a 60 ° C por 1 minuto. A diferença entre o chopp e a cerveja é que o primeiro não é pasteurizado e, por isso, tem o prazo de validade menor, enquanto que a cerveja é mais fresca, se o prazo de uma cerveja gira em torno de seis meses, o de um chopp é de apenas 15 dias, vale ressaltar que alguns tipos de cervejas artesanais não passam pelo processo de pasteurização e ainda sim conservam aspectos de aroma e sabor próximos ao chopp, isso é possível graças aos ingredientes adicionais que a receita possa vir a ter, ganhando aspectos de chopp mas mantendo um prazo de validade próximo o da cerveja.

1.4 A Cerveja Artesanal

De acordo com a matéria [5] Cervejas artesanais são aquelas produzidas quase que de forma caseira. Várias micro-cervejarias, mesmo utilizando equipamentos modernos e engarrafando suas produções, ainda assim são consideradas como cervejarias artesanais pelo cuidado que têm com sua produção, indo desde os ingredientes básicos da cerveja, passando pela receita de preparo e chegando até aos conservantes finais, que devem ser naturais e não químicos.

Outras micro-cervejarias, ou cervejarias caseiras, são realmente o que podemos chamar de artesanais ao pé da letra. Utilizam equipamentos pequenos, que cabem em qualquer cozinha, normalmente não possuem engarrafadoras e guardam suas produções com garrafas de cerveja comum e rolhas.

Ao ouvir falar em Cerveja Artesanal, pense em cervejas mais bem cuidadas, com produções mais restritas (mas não necessariamente pequenas), o que leva a produtos com resultados finais muito interessantes e diversificados.

As cervejas caseiras, aquelas feitas em casa com produções limitadas, normalmente de 20 a 40 litros por vez, também podem ser consideradas cervejas artesanais.

1.5 Mercado Brasileiro

Com o crescimento da economia e da renda, a população brasileira ficou aberta a novos produtos importados visto que a moeda forte favoreceu a entrada de produtos importados, entre eles a cerveja, assim houve uma boa aceitação a esses produtos, com isso tivemos o grande crescimento no consumo de cervejas diferenciadas para o padrão brasileiro, levando assim ao crescimentos de cervejarias artesanais em busca de produtos diferenciados para o mercado brasileiro.

De acordo com a matéria [6], a cerveja é a segunda bebida mais consumida no mundo e a número um no Brasil, presença indispensável em qualquer evento. O brasileiro consome em média 62 litros por ano, ocupando a 17ª posição no ranking mundial, que tem a República Tcheca em primeiro lugar, com 143 litros per capita, seguida da Áustria, Alemanha e Irlanda.

Hoje o Brasil é um dos maiores produtores mundiais possuindo empresas como a AMBEV que tem tido ampla atuação e expansão mundial, o Brasil hoje encontra se como o 3º maior produtor de cerveja do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos e China, com fabricação anual, entre grandes, pequenas e microcervejarias, de 13,4 bilhões de litros, um mercado que cresceu 64% em uma década, segundo dados do Sicobe (Sistema de Controle de Produção de Bebidas da Receita Federal). De acordo com Carlo Enrico Bressiani, diretor geral do Grupo IADE e da Escola Superior de Cerveja e Malte, as cervejarias artesanais representam 0,8% deste mercado em volume de produção. Quanto ao faturamento, elas correspondem a cerca de 2,5%.

O mercado de cervejas artesanais deslançou nos últimos dez anos e se firmou como tendência, com um crescimento de 20% a 30% ao ano e faturamento anual de aproximadamente R\$ 2 bilhões, segundo a Abracerva (Associação Brasileira de Microcervejarias).

O último levantamento computa 242 microcervejarias no País, mas estima-se que esse número já seja maior, em torno de 350. “Os Estados Unidos ganhou 2.428 cervejarias em 30 anos. A expectativa é que o Brasil, em 20 anos, tenha 2.500, um potencial de crescimento ainda maior”, avalia Luiz Vicente Mendes, diretor da feira Brasil Bier. “O mercado de cervejas artesanais representam 20% do volume total produzido nos Estados Unidos e mais de 10% na Europa. Ainda há muito espaço para crescer”, acrescenta Bressiani. Para o diretor da feira Brasil Bier, o mercado de cerveja artesanal cresce mais que o mercado de cerveja comum porque há uma tendência de fazer harmonização com comidas. “A cerveja é mais elástica que o próprio vinho, é possível combiná-la com qualquer prato, doce ou salgado”, afirma.

A maior parte dos consumidores de cerveja artesanal são homens de 20 a 40 anos, com nível superior completo ou em formação e classe média a alta. 15% são mulheres, porcentagem que vem crescendo. Gastam em média R\$230/mês e para 70% a qualidade é o motivo da compra.

Sendo assim o mercado consumidor brasileiro apresenta boa expectativa a curto e a longo prazo neste setor, podendo ser um ótimo investimento para aqueles que queiram entrar neste segmento, possuindo atualmente um mercado consumidor estabilizado e com grandes possibilidades de crescimento. De acordo com a figura 12 é possível verificar dados relativos ao crescimento da indústria cervejeira nos últimos anos, sendo o mercado brasileira uma boa opção para aqueles que desejam entrar no ramo cervejeiro.



Figura 11 – Dados do Mercado Consumidor

Fonte:

http://istoe.com.br/319458_O+NEGOCIO+MILIONARIO+DAS+CERVEJAS+ARTESANAIS/

1.6 Leis de incentivo a Cervejaria Artesanal

A diversas leis referentes a incentivo de microcervejarias artesanais no Brasil, nesse trabalho será citado as leis referentes ao estado do Rio de Janeiro, que hoje em dia é um dos grandes polos cervejeiros só Brasil

1.6.1 Lei 6821/2014 – Incentivo à produção de cervejas e chopes artesanais

De acordo com [7], por meio da Lei 6821/2014, sancionou o projeto dos deputados estaduais Luiz Martins, André Correa e Bernardo Rossi, que cria o programa de incentivo à produção de cervejas e chopes artesanais no estado do Rio de Janeiro, na justificativa ao projeto, os parlamentares destacaram que o país é o quarto maior produtor mundial de cerveja, ficando atrás da China, dos Estados Unidos e da Alemanha. Também criticaram a falta de incentivos aos pequenos e médios produtores, ainda que o consumo de cervejas artesanais tenha obtido um crescimento médio anual de 20%, o que pode contribuir para gerar maior empregabilidade em mão de obra direta e indireta.

Foi aprovado na Assembleia Legislativa do Rio de Janeiro a projeto de lei do deputado Luiz Martins (PDT) que reduz a alíquota do ICMS sobre a cerveja artesanal para 13%. Até então, essa classe de cervejarias era tributada como as grandes, pagando 17% sobre o preço final do produto comercializado.

Para ser elegível a redução de imposto, a cervejarias devem ter um limite de produção de até 50 mil litros por mês. Um volume pequeno, mesmo para nosso mercado iniciante, mas ainda assim uma luz no fim do túnel.

O projeto de lei foi aprovado pelo governador do estado Luiz Fernando Pezão (2014-2018).

1.6.2 Lei Municipal N° 4.409

Os vereadores de Nova Friburgo, Região Serrana do Rio, aprovaram em 2015 o projeto de lei de incentivo às microcervejarias artesanais do município. Com a aprovação da lei, as microcervejarias passaram a ter tratamento tributário especial durante cinco anos da instalação ou legalização dessas empresas.

As microcervejarias legalizadas em Nova Friburgo terão como vantagem:

- 100% de desconto no IPTU e na taxa de emissão do Alvará.
- Serão incluídas de acordo com o licenciamento ambiental vigente no campo de baixo impacto.
- Áreas públicas para a comercialização de cervejas e chopes serão disponibilizadas
- Participação em eventos de grande porte que sejam promovidos ou patrocinados pela Prefeitura.
- A Prefeitura certificará as microcervejarias com um selo de qualidade e valores históricos da cidade

De acordo com a matéria [8], como forma de incentivo, foi criada uma festa mensal de cerveja artesanal, a ``Deguste´´. O principal objetivo da feira é colocar Nova Friburgo como um Polo de Cervejaria Artesanal dentro do estado do Rio de Janeiro e com isso conseguir aumentar o turismo, possibilidades de negócios, renda da cidade e fazer da cerveja um novo meio cultural para a cidade.

1.7 O Vapor na Indústria

Vapor é água no seu estado gasoso. Vapor de água é usado como meio de geração, transporte e utilização de energia desde os primórdios do desenvolvimento industrial, sendo usado em todas as operações unitárias que envolvem transferência de calor, para longas e curtas distâncias, para cozinhar, secar, aquecer entre tantas aplicações, podendo também controlar temperaturas em numerosos processos de fabricação.

O vapor tem como principais vantagens:

- Gerado a partir da água;
- Permite ajuste da temperatura pela pressão;
- Facilidades no transporte e distribuição;
- Transporta muita energia com pouca massa

Por todas as razões citadas o Vapor hoje em dia é um dos principais meios para trocas térmicas de uma Cervejaria, por sua eficiência e seu custo, sendo assim esse trabalho mostrará conceitos de vapor para produção e montagem de uma micro-cervejaria.

1.8 Caldeiras Industriais

Caldeiras Industriais são responsáveis pela formação de vapor podendo ser alimentadas por diversos tipos de combustíveis como gás natural, lenha, óleos entre outros.

De acordo com o trabalho [9], as primeiras caldeiras Industriais surgiram por volta do século XVII O inglês Thomas Savery patenteou em 1698 um sistema de bombeamento de água utilizando vapor como força motriz. Em 1711, Newcomen desenvolveu outro equipamento com a mesma finalidade, aproveitando idéias de Denis Papin, um inventor francês. A caldeira de Newcomen era apenas um reservatório esférico, com aquecimento direto no fundo, também conhecida como caldeira de Haycock conforme figura 12, James Watt modificou um pouco o formato em 1769, desenhando a caldeira Vagão conforme figura 13, a precursora das caldeiras utilizadas em locomotivas a vapor. Apesar do grande desenvolvimento que Watt trouxe a utilização do vapor como força motriz, não acrescentou muito ao projeto de caldeiras.

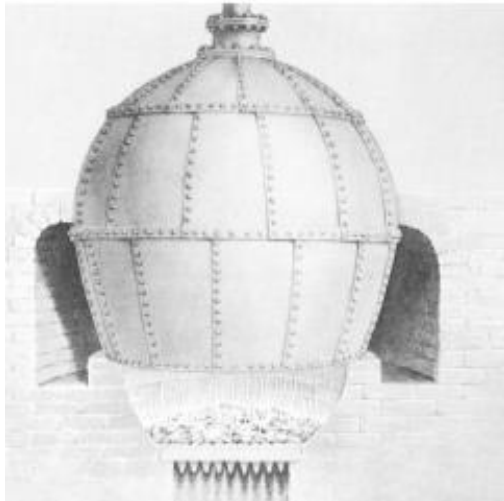


Figura 13 – Caldeira de Haycock
Fonte: GERAÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E UTILIZAÇÃO DE VAPOR – UNICAMP

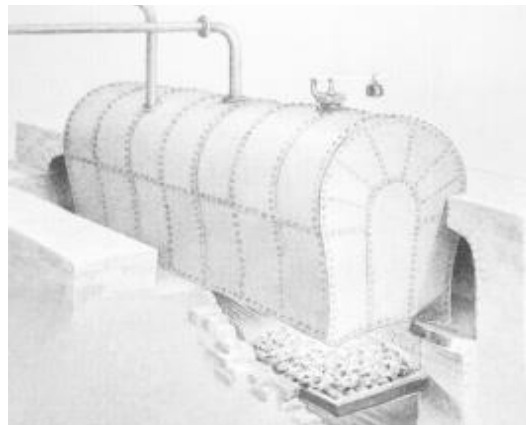


Figura 12 - Caldeira Vagão de James Watt
Fonte: GERAÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E

Todos estes modelos provocaram desastrosas explosões, devido a utilização de fogo direto e ao grande acúmulo de vapor no recipiente. A ruptura do vaso causava grande liberação de energia na forma de expansão do vapor contido. Nos finais do século 18 e início do século 19 houveram os primeiros desenvolvimentos da caldeira com tubos de água. O modelo de John Stevens movimentou um barco a vapor no Rio Hudson. Stephen Wilcox, em 1856, projetou um gerador de vapor com tubos inclinados, e da associação com George Babcock tais caldeiras passaram a ser produzidas, com grande sucesso comercial. Em 1880, Alan Stirling desenvolveu uma caldeira de tubos curvados, cuja concepção básica é ainda hoje utilizada nas grandes caldeiras de tubos de água.

Nesta época, tais caldeiras já estavam sendo utilizadas para geração de energia elétrica. A partir do início deste século o desenvolvimento técnico dos geradores de vapor se deu principalmente no aumento das pressões e temperaturas de trabalho, e no rendimento térmico, com utilização dos mais diversos combustíveis. A aplicação a propulsão marítima alavancou o desenvolvimento de equipamentos mais compactos e eficientes.

Atualmente, as principais caldeiras usadas na indústria são classificadas em dois tipos:

- Flamotubulares

Onde os gases de combustão circulam por dentro de tubos, vaporizando a água que fica por fora dos mesmos

- Aquatubulares

Onde os gases circulam por fora dos tubos, e a vaporização da água se dá dentro dos mesmos.

1.8.1 Caldeiras Flamotubulares

Caldeiras flamotubulares ou fogotubulares conforme figura 14 são aquelas em que os gases provenientes da combustão (gases quentes) circulam no interior dos tubos e a água passa a ser aquecida ou vaporizada pelo lado de fora.

As caldeiras Flamotubulares são as caldeiras mais utilizadas nas indústrias para pequenas capacidades de produção de vapor (da ordem de até 10 ton/h) e baixas pressões (até 10 bar), chegando algumas vezes a 15 ou 20 bar. As caldeiras flamotubulares horizontais constituem-se de um vaso de pressão cilíndrico horizontal, com dois tampos planos (os espelhos) onde estão afixados os tubos e a fornalha.

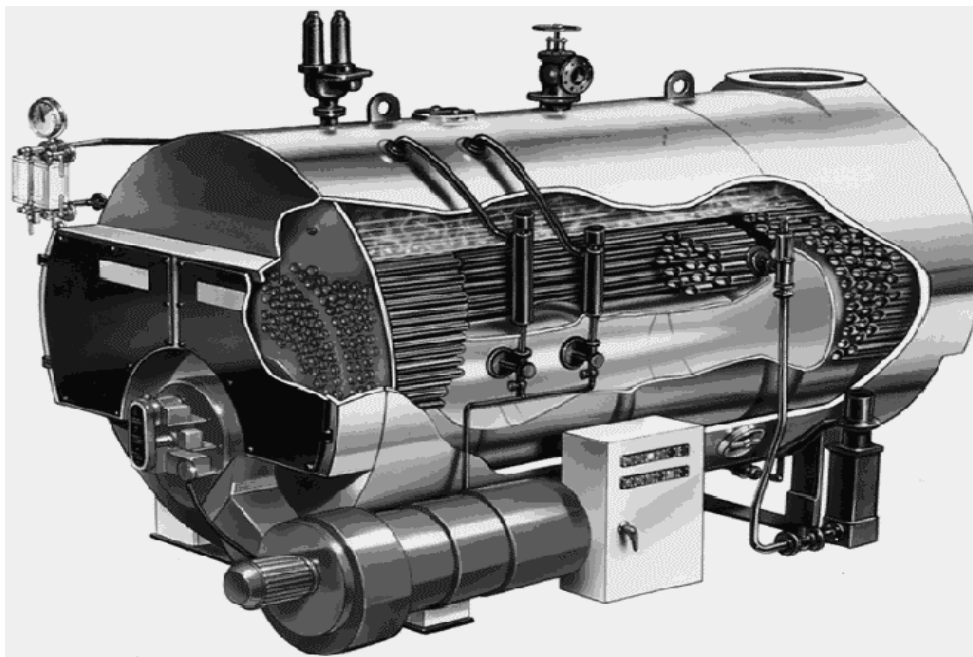


Figura 14 – Caldeira Flamotubular

Fonte Desconhecido

Caldeiras modernas tem diversos passes de gases, sendo mais comum uma fornalha e passes de gases conforme figura 15. A saída da fornalha é chamada câmara de reversão e pode ser revestida completamente de refratários ou constituída de paredes metálicas molhadas. Câmara de reversão molhada produz melhores rendimentos térmicos pela diminuição de perdas de calor ao ambiente, porém são mais complicadas construtivamente e conseqüentemente mais caras. As fornalhas das caldeiras flamotubulares devem ser dimensionadas para que a

combustão ocorra completamente no seu interior, para não haver reversão de chama que vá atingir diretamente os espelhos, diminuindo a vida útil da caldeira. A fornalha também se constitui de um corpo cilíndrico e está completamente imersa em água. Pela sua própria concepção, caldeiras flamotubulares modernas só queimam combustíveis líquidos ou gasosos, devido a dificuldade de se instalar grelhas para combustíveis sólidos. Algumas caldeiras flamotubulares de pequena capacidade queimam combustíveis sólidos através de adaptação de grelhas na fornalha, porém são limitadas ao tamanho necessário da área de grelha. A grande aceitação deste tipo para pequenas capacidades está associada principalmente no seu baixo custo de construção, em comparação com uma aquatubular de mesma capacidade. Por outro lado, o grande volume de água que condiciona limita, por questões de segurança, as pressões de trabalho e a qualidade do vapor na condição de vapor saturado. A figura 15 mostra uma caldeira flamotubular moderna, com câmara de reversão molhada e fornalha corrugada. A água acumulada no corpo da caldeira pode funcionar como um pulmão de vapor, respondendo a súbitas flutuações de demanda com pouca queda de pressão da rede de vapor, sendo adequada, portanto para aplicações onde o consumo é variável. A eficiência térmica destas caldeiras está na faixa de 80 a 90%, sendo difícil se atingir maiores valores pela dificuldade de se acrescentar equipamentos adicionais de recuperação de calor.

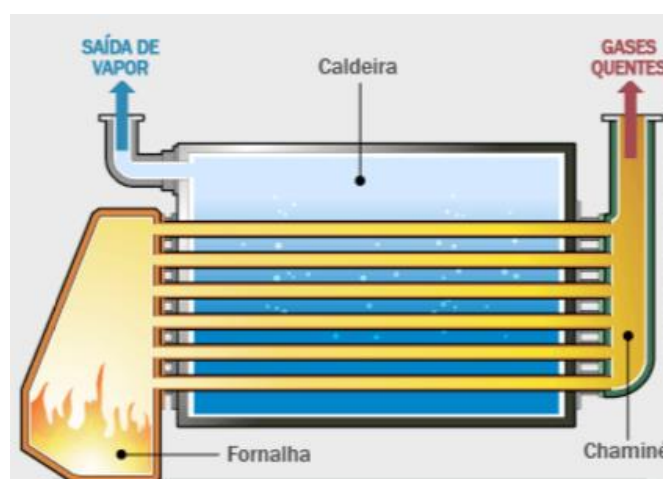


Figura 15 – Interior da Caldeira Flamotubular

Fonte Desconhecido

1.8.2 Caldeiras Aquatubulares

As caldeiras aquatubulares têm a produção de vapor dentro de tubos que interligam 2 ou mais reservatórios cilíndricos horizontais.

As primeiras caldeiras aquatubulares utilizavam tubos retos, apesar de algumas vantagens como a facilidade de limpeza interna dos tubos, essa configuração não é mais usada. A caldeira de tubos curvados, interligando os balões, proporcionam arranjo e projeto de câmaras de combustão completamente fechada por paredes de água, com capacidades praticamente ilimitadas. Dada a maior complexidade construtiva em relação às caldeiras flamotubulares, as aquatubulares são preferidas somente para maiores capacidades de produção de vapor e pressão, exatamente onde o custo de fabricação do outro tipo começa a aumentar de forma desproporcional. Em relação ao modo de transferência de calor no interior de caldeira existem normalmente duas secções: A secção de radiação, onde a troca de calor se dá por radiação direta da chama aos tubos de água, os quais geralmente delimitam a câmara de combustão. A secção de convecção, onde a troca de calor se dá por convecção forçada, dos gases quentes que saíram da câmara de combustão atravessando um banco de tubos de água. Não há limite físico para capacidades. Encontram-se hoje caldeiras que produzem até 750 t/h de vapor com pressões até 3450 atm.

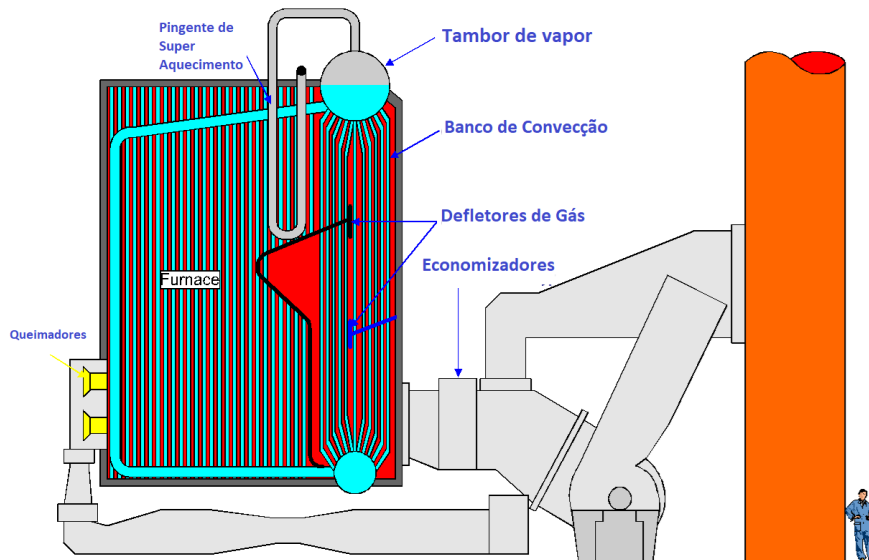


Figura 16 – Esquema de uma caldeira Aquatubular

Fonte Desconhecido

CAPITULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Verificado o trabalho [10], é possível ter uma análise qualitativa onde se é observado o valor nutricional da cerveja, os tipos de cerveja e suas classificações, o perfil de consumidores, com isso o projeto consiste em inserir uma nova marca no mercado a ``*Green Beer*´´, cerveja de excência Pilsen mas com leve sabor de menta. A análise de mercado é satisfatória e comum a esse projeto, visando abordar o grande potencial para o mercado brasileiro nesse segmento de bebidas sendo o Brasil um dos principais produtores desse produto no mundo.

A bibliográfica [11] é de grande importância para este projeto, tornando se fonte de referência para equações, teorias e ilustrações na área de troca térmica de vapor.

CAPITULO III - METODOLOGIA

Nesse capítulo pode-se entender alguns conceitos fundamentais para o planejamento de uma micro indústria, como tipo de vapor industrial e o que levar em consideração para dimensionamento da planta industrial.

3.1 Tipos de Vapor Industrial

O vapor pode ser classificado em dois tipos para aplicação Industrial

- Vapor Saturado

Vapor frequentemente em contato com a parte líquida e em equilíbrio térmico e de pressão com a mesma.

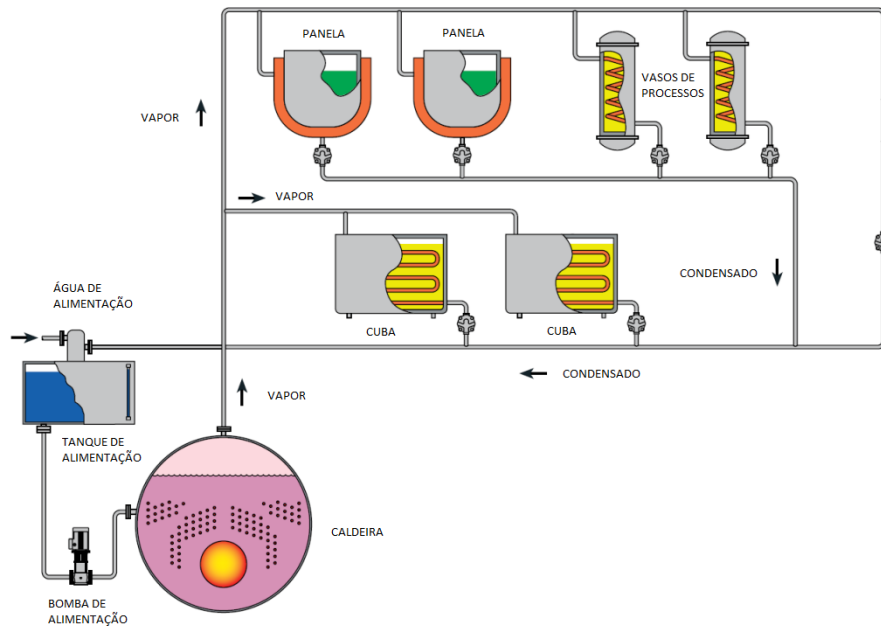


Figura 17 - Sistema de Vapor Saturado

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

- Vapor Superaquecido

Vapor que se encontra com sua temperatura acima da temperatura do vapor saturado.

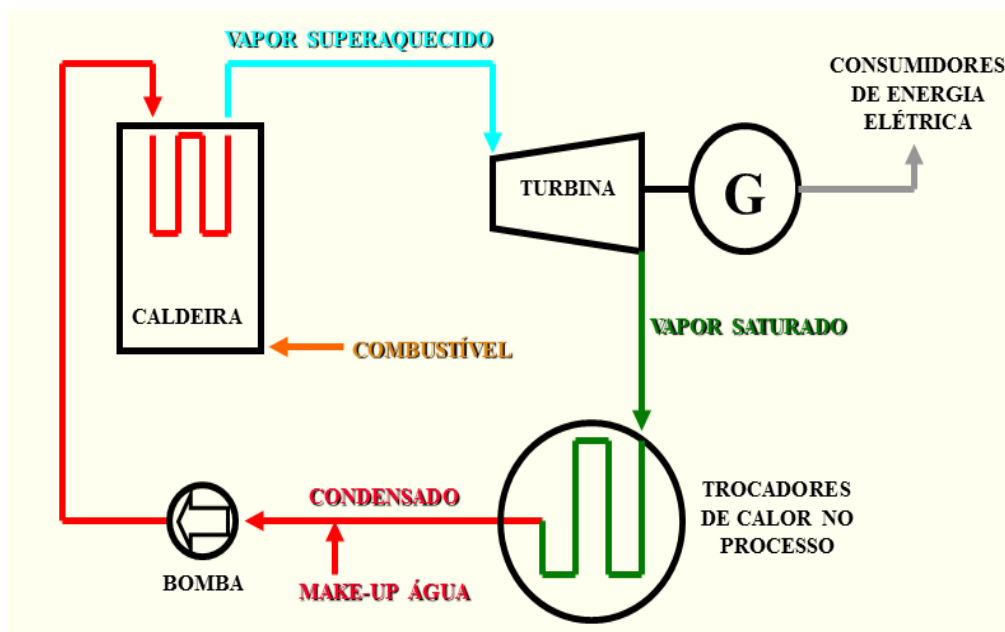


Figura 18 - Ciclo de Potência, onde se usa o sistema de vapor superaquecido

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

O vapor saturado é o mais usado atualmente na indústria, sendo responsável por 85% dos casos tendo com principal objetivo o aquecimento. O vapor Superaquecido é usado para geração de energia, sendo utilizado em casos específicos.

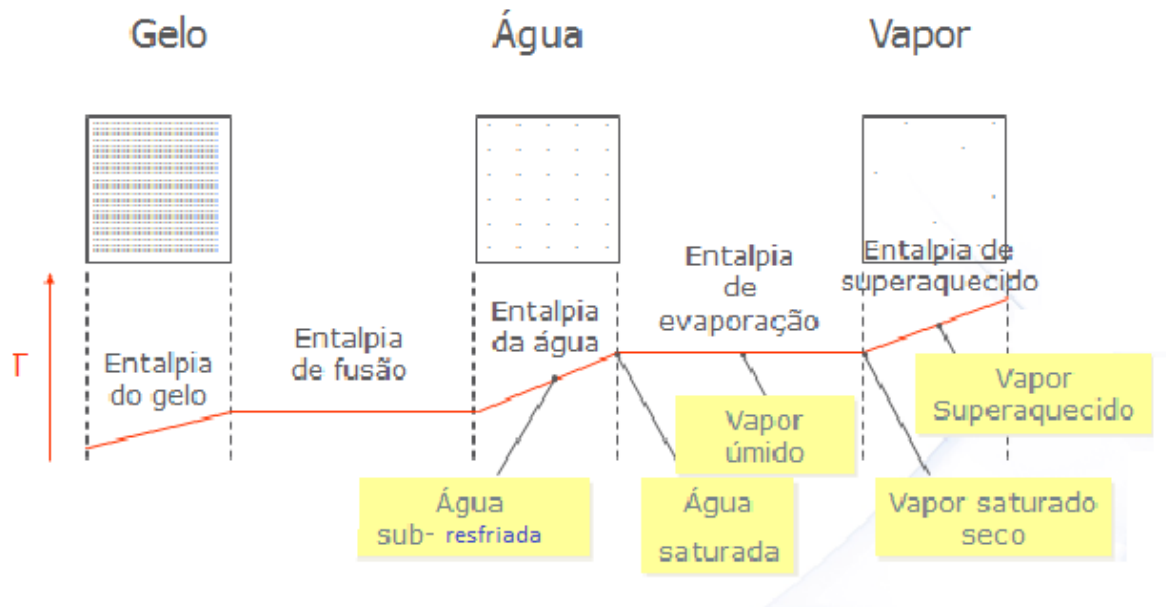


Figura 19 – Gráfico Temperatura x Tempo da Água

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

Na figura 19 pode ser visto o comportamento da água em relação a temperatura e ao tempo. Conforme o calor vai aumentando a água tende a evaporar, o vapor superaquecido é aquele que está acima da temperatura de vaporização da água, a uma dada pressão.

3.2 Pressão de Vapor

Uma propriedade importante de vapor é a pressão. A pressão está ligada diretamente a temperatura de evaporação da água.

Na figura 20 é possível ver que para cada linha de pressão o ponto de saturação da água muda, assim necessitando de uma temperatura mais alta para a saturação.

A pressão é muito importante para a transferência de calor, através dela ajustamos a temperatura e a entalpia de processo.

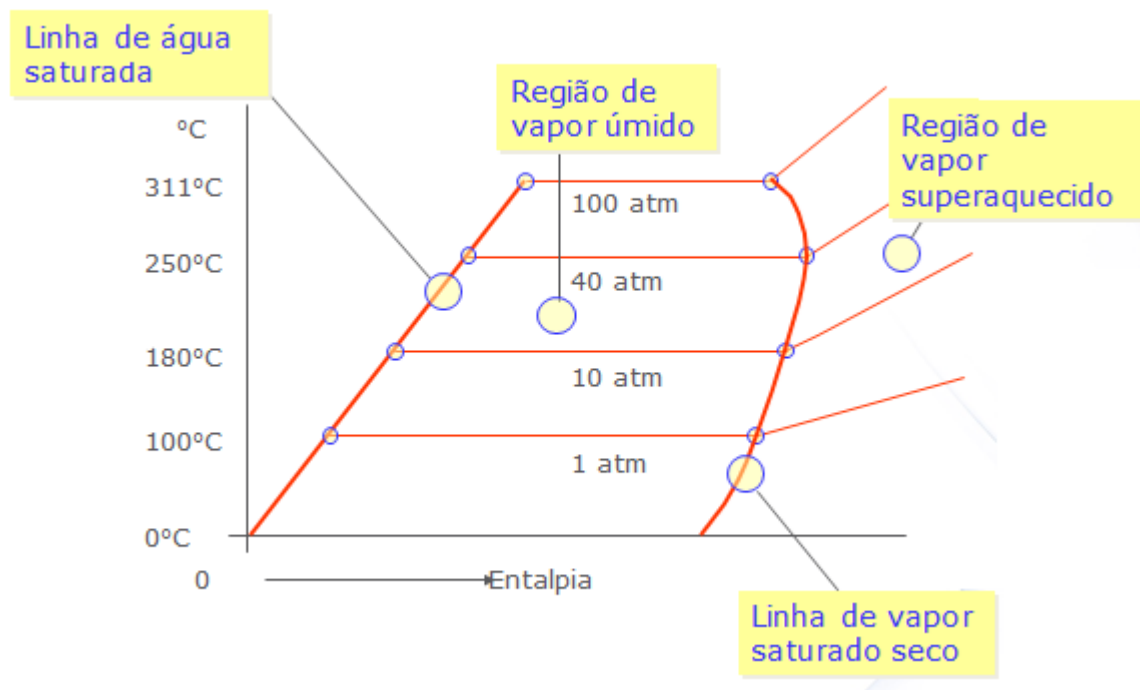


Figura 20 - Gráfico de entalpia da água

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSaxco -2008

Tabela 1 – Vapor Saturado

Fonte: Spiraxsarco.com

Pressão Relativa Kgf/cm ²	Pressão Absoluta kgf/cm ²	Temperatura °C	Volume Específico m ³ /Kg	Calor Sensível Kcal/Kg	Calor Total Kcal/Kg	Calor Latente Kcal/Kg
	0.01	6.7	131.70	6.7	600.1	593.0
	0.15	12.7	89.64	12.8	602.8	590.0
	0.02	17.2	68.27	17.2	604.8	587.4
	0.025	20.8	55.28	20.8	606.4	585.6
	0.03	23.8	46.53	23.8	607.7	583.9
	0.04	28.6	35.46	28.6	609.8	581.1
	0.05	32.5	28.73	32.5	611.5	578.9
	0.06	35.8	24.19	35.8	612.9	577.1
	0.08	41.2	18.45	41.1	615.2	574.1
	0.10	45.4	14.95	45.4	617.0	571.6
	0.12	49.1	12.60	49.0	618.5	569.5
	0.15	53.6	10.21	53.5	620.5	567.0
	0.20	59.7	7.795	59.6	623.1	563.5
	0.25	64.6	6.322	64.5	625.1	560.6
	0.30	68.7	5.328	68.6	626.8	558.2
	0.35	72.2	4.611	72.2	628.2	556.0
	0.40	75.4	4.096	75.4	629.5	554.1
	0.50	80.9	3.301	80.8	631.6	550.8
	0.60	85.5	2.783	85.4	633.4	548.0
	0.70	89.5	2.409	89.4	634.9	545.5
	0.80	92.9	2.125	92.9	636.2	543.2
	0.90	96.2	1.904	96.2	637.4	541.2
0	1.0	99.1	1.725	99.1	638.5	534.4
0.1	1.1	101.8	1.578	101.8	639.4	537.6
0.2	1.2	104.2	1.455	104.3	640.3	536.0
0.3	1.3	106.6	1.250	106.7	641.2	534.5
0.4	1.4	108.7	1.259	108.9	642.0	533.1
0.5	1.5	110.8	1.180	110.9	642.8	531.9
0.6	1.6	112.7	1.111	112.9	643.5	530.6
0.8	1.8	116.3	0.995	116.5	644.7	528.2
1.0	2.0	119.6	0.902	119.9	645.8	525.9
1.2	2.2	122.6	0.826	123.0	646.9	524.0
1.4	2.4	125.5	0.7616	125.8	648.0	522.1
1.6	2.6	128.1	0.7066	128.5	649.1	520.4
1.8	2.8	130.5	0.6592	131.0	650.2	518.7
2.0	3.0	132.9	0.6166	133.4	650.3	516.9
2.2	3.2	135.1	0.5817	135.7	651.0	515.8
2.4	3.4	137.2	0.5495	137.8	651.7	514.3
2.6	3.6	139.2	0.5208	139.9	652.4	512.8
2.8	3.8	141.1	0.4951	141.8	653.1	511.3
3.0	4.0	142.9	0.4706	143.6	653.4	509.8

Conforme pode ser visto na tabela 1, de acordo com o aumento da pressão, menor será o volume específico e o calor latente, assim com uma pressão mais alta haverá menor calor cedido e um volume menor, dessa maneira será resumido que:

- Quanto maior a pressão

Menor o volume específico do vapor

Tubulação com menor diâmetro nominal

Maior temperatura

- Quanto Menor a pressão

Maior Entalpia de Evaporação

Menos vapor utilizado

O que define a Pressão de operação é o nível de temperatura desejado

3.3 Consumo de vapor

Para dimensionar a planta industrial é necessário que se tenha o quanto será consumido de vapor nos processos de fabricação, para calcular o consumo de vapor será explicado abaixo o desenvolvimento das equações.

De acordo com a 1º Lei da Termodinâmica

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} \quad (\text{Eq.3.1})$$

Para este caso como não há injeção, retirada de calor e nem realização de trabalho no sistema, a 1º Lei da Termodinâmica pode ser escrita como:

$$\frac{dE}{dt} = 0 \quad (\text{Eq.3.2})$$

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m} \left(h_{fg} + \frac{V^2}{2} + gz \right) \quad (\text{Eq.3.3})$$

Como o regime é permanente, a variação de energia total no sistema é nula. Além disto, neste problema variações de energia cinética e potencial podem ser desconsideradas, resultando em uma equação simplificada. Acrescentando essa informação na equação 3.3 e fazendo alguns ajustes temos a equação 3.4

$$Q = m \cdot h_{fg} \quad (\text{Eq.3.4})$$

Os calores específicos medidos a uma pressão constante são denominados C_p . Com isso a entalpia é considerada como:

$$h_{fg} = C_p \cdot T \quad (\text{Eq.3.5})$$

$$h_{fg} = L \quad (\text{Eq.3.6})$$

Onde L é considerado o calor latente para as equações que envolvam mudança de fase nos processos

assim dando origem as equações 3.7 e 3.8

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (\text{Eq.3.7})$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot L \quad (\text{Eq.3.8})$$

Como não há perdas e ganhos de calor no sistema, pode-se igualar as equações de fluxo de calor sensível (Eq.3.7) e calor latente (Eq. 3.8):

$$\dot{m}_s \cdot h_{fg} = \dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (\text{Eq.3.9})$$

Essa equação serve para determinar o consumo de vapor em relação a variação de temperatura (ΔT), da massa desejada em uma determinada pressão, onde $\Delta T = T_f - T_i$. Para este projeto essa equação poderá ser usada para determinar o consumo nos processos de aquecimento e fervura.

$$\dot{m}_s = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T}{h_{fg}} \quad (\text{Eq.3.10})$$

Para usar a equação 3.10 para dimensionamento da micro-cervejaria, deve se considerar o tempo para se atingir a temperatura desejada do processo, levando em consideração que $\dot{m} = (m/t)$, e o título de vapor (x) que significa a pureza do vapor para se fazer o aquecimento.

Através das modificações recomendadas é obtida a equação 3.11, onde é possível calcular o consumo de vapor com a variação de massa, tempo, pressão e temperatura.

$$\dot{m}_s = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{x \cdot h_{fg} \cdot t} \quad (\text{Eq.3.11})$$

Levando em consideração o consumo de vapor em relação a ebulição da água podemos usar a equação 3.8 para ambos e igualarmos, em seguida integrando em relação a área de troca de calor, é obtido a equação 3.9 conforme visto anteriormente.

Para visualizar melhor a equação, o h_{fg} da água será chamado de ``L``. Essa equação serve para determinar o consumo de vapor em relação a mudança de fase da massa desejada em uma determinada pressão. Para este projeto essa equação poderá ser usada para determinarmos o consumo no processo de fervura.

$$\dot{m}_s = \frac{m \cdot L}{h_{fg}} \quad (\text{Eq.3.12})$$

Conforme visto anteriormente a equação 3.12 não se encontra pronta para usarmos no dimensionamento dos processos, devemos levar em consideração o tempo para a mudança de fase do processo, \dot{m} tem dimensão de [massa]/[tempo] e considerando que o título de vapor x significa a pureza do vapor para se fazer o aquecimento, obtém-se a seguinte expressão para cálculo de \dot{m}_s :

$$\dot{m}_s = \frac{m.L}{x.h_{fg}.t} \quad (\text{Eq.3.13})$$

Através das modificações recomendadas é obtido a equação 3.13, onde é possível calcular a mudança de fase de uma determinada massa em função da variação de tempo e pressão.

3.4 Dimensionamento de Linhas de Vapor

Segundo o trabalho [10] para se dimensionar as linhas de Vapor é importante que se leve em consideração dois critérios:

- Velocidade
- Perda de Carga

O ideal para se dimensionar as linhas de vapor é que se preservem os dois critérios.

3.4.1 Critério da Velocidade

Por questões de eficiência energética e segurança operacional deve ser levado em consideração as seguintes Velocidades para dimensionamento.

- Para Vapor Saturado
Linhas Principais: 20 a 30 m/s
Linhas Secundárias: 15 m/s
- Coletores: 8 m/s
- Para Vapor Superaquecido 35 a 50 m/s

Tendo em vista estes valores de velocidade poderá ser dimensionado as linhas de vapor através da Tabela 2, onde conhecendo a Pressão e a Vazão do sistema podemos traçar no gráfico linhas de auxílio que irá direcionar para o tamanho da tubulação desejada, através das condições estabelecidas de projeto.

Abaixo segue como dimensionar a tubulação através da velocidade recomendada.

Exemplo:

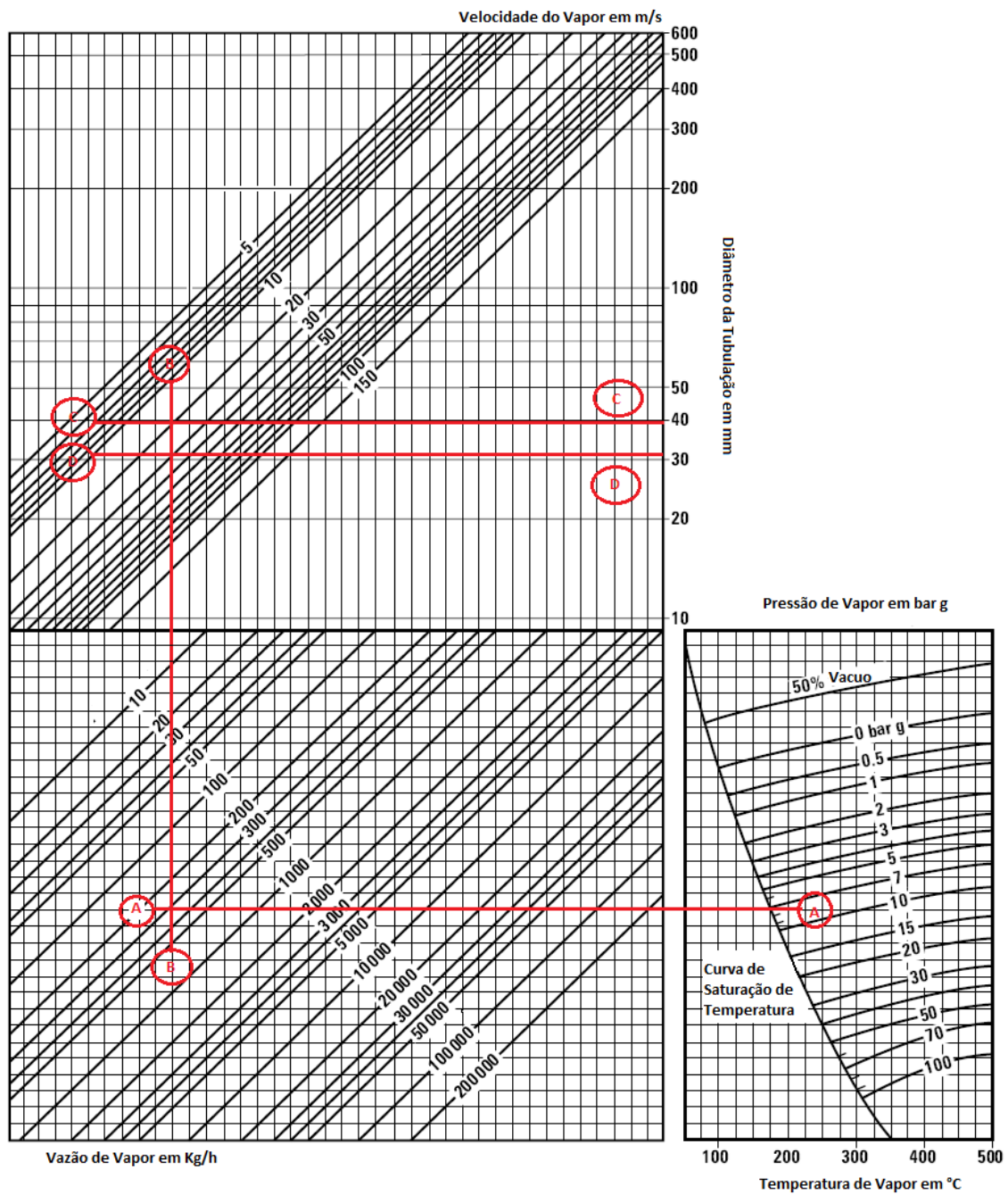
Vazão de Vapor: 300 kg/h

Pressão de Vapor: 7 bar g

Velocidade Recomendada: 20 m/s a 30 m/s

Tabela 2 - Dimensionamento de Tubulação pelo método da Velocidade

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarco -2008



Para determinar o diâmetro na tabela 2 deve-se primeiro criar uma linha a partir da pressão que o sistema irá trabalhar, no exemplo, foi criado horizontalmente a ``Linha A``, com isso será traçado uma linha até que ela chegue na linha de Vazão do gráfico desejada, para este exemplo foi escolhido uma vazão de 300Kg/h, com isso iremos criar uma segunda linha vertical onde iremos chamar de ``Linha B``, com isso deve-se traçar a linha até encontrar a linha de velocidade do gráfico desejada, agora precisa-se traçar uma nova linha na horizontal até chegarmos no diâmetro resultante, para este exemplo foram adotados duas linhas, ``Linha C`` e ``Linha D`` visto que pelo critério da velocidade pode-se adotar valores entre 20m/s e 30m/s, sendo assim foram achados como diâmetro nominal 32mm para 20m/s (``Linha C``) e 40mm para 30m/s (``Linha D``)

Pela equação abaixo também é possível calcular o diâmetro de linha.

$$m_s = \frac{0,283.V. D^2}{d} \quad (\text{Eq.3.15})$$

3.4.2 Critério de Perda de Carga

Um critério adicional a ser considerado é a perda de carga do sistema. Deve-se sempre ter cuidado para que o sistema não possua perda de carga acima do recomendado, visto que isso poderá ocasionar maior consumo de vapor na planta para suprir as consequentes perdas levando a um aumento de custo para a produção.

Por isso recomenda-se:

- **Perdas de Carga Inferiores a 0,08 kgf/cm² para linhas de 100m**

Abaixo segue como dimensionar a tubulação através do critério de perda de carga pela Tabela 3

Exemplo:

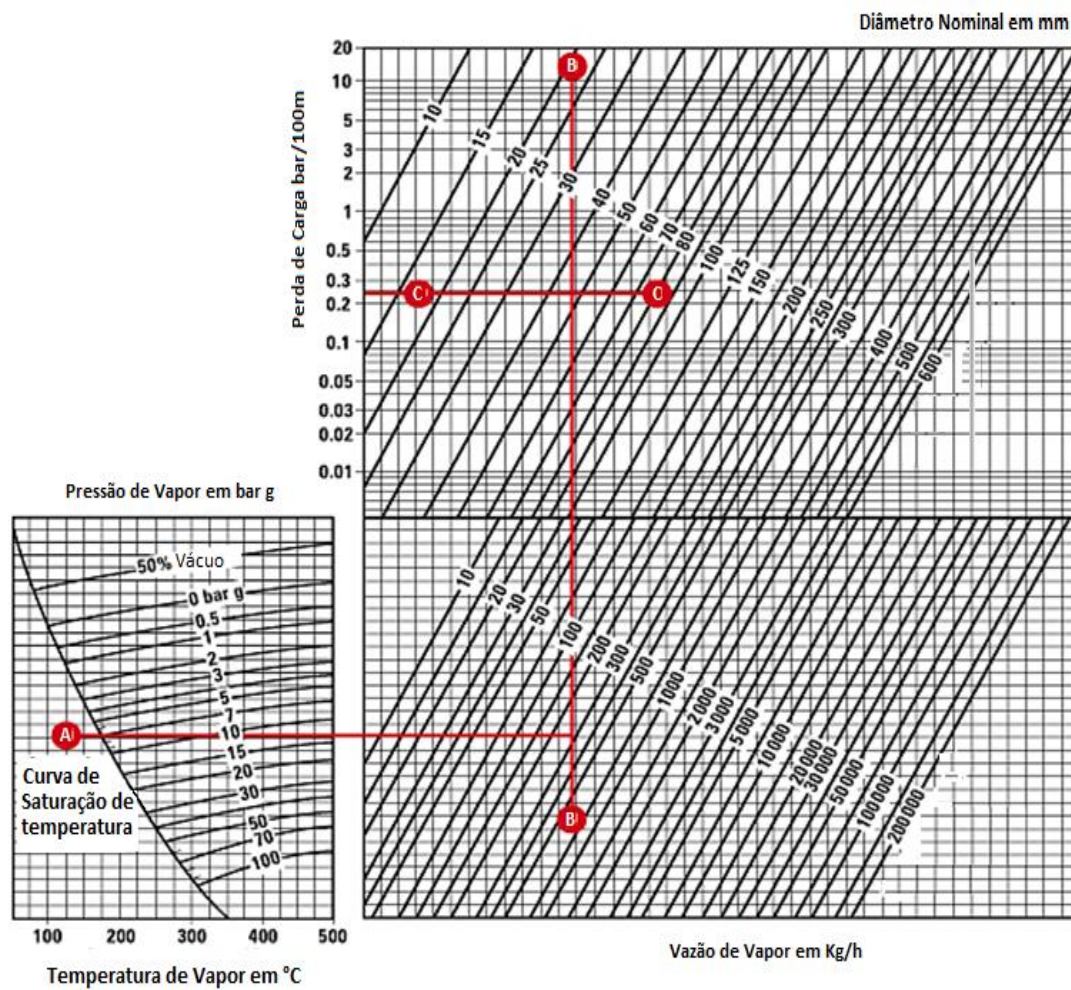
Vazão de Vapor: 300 kg/h

Pressão de Vapor: 7 bar g

Perda de Carga aceitável: 0,25 bar/ 100m

Tabela 3 - Dimensionamento de Tubulação pelo método da Perda de Carga

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008



Para determinar o diâmetro na tabela 3 será adotado uma prática semelhante visto no tópico 3.4.1, primeiro deve-se criar uma linha a partir da pressão que o sistema irá trabalhar, no exemplo, foi criado horizontalmente a ``Linha A``, com isso será traçado essa linha até que ela chegue na linha de Vazão do gráfico desejada, para este exemplo foi escolhido uma vazão de 300Kg/h, com isso será criado duas

linhas, uma vertical onde iremos chamar de ``Linha B``, onde iremos traçar a linha a partir da vazão, e uma linha horizontal C a partir da perda de carga desejada, para este exemplo 0,25 bar/100m, após isso iremos achar o ponto de cruzamento das linhas B e C, assim descobrindo o diâmetro resultante do sistema para a perda de carga desejada

Pode ser visto na tabela 3 que para uma perda de carga de 0,25 bar iremos considerar uma tubulação com diâmetro nominal de 48mm

Pela equação abaixo também é possível calcular o diâmetro de linha.

$$J = 0,029 \frac{1,95 \cdot \delta^{0,95}}{D^{5,1}} \quad (\text{Eq.3.16})$$

3.4.3 Régua de Vapor

Um dos métodos mais eficaz para dimensionar as linhas de vapor é a Régua de Vapor.

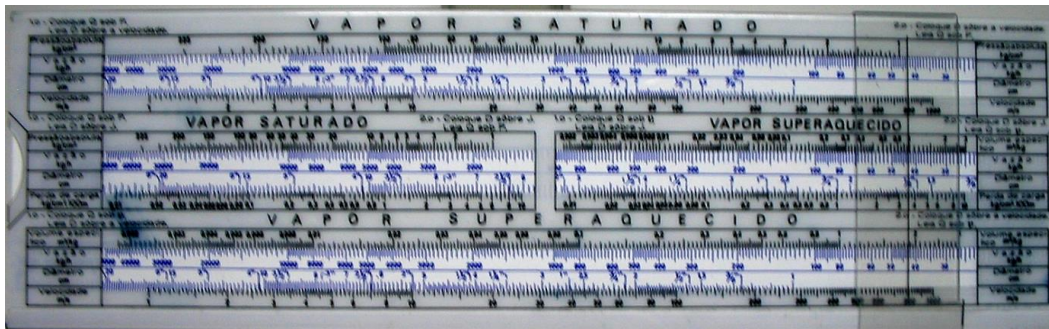


Figura 21 – Régua de Vapor SpiraxSarco

A Régua de Vapor é fornecida pela empresa especializada em vapor e troca térmica SpiraxSarco. A régua foi feita através de estudos de tabelas e gráficos levando em consideração os critérios de perda de carga e de velocidade, fornecendo assim valores precisos de maneira eficiente e simplificada.

Abaixo segue exemplo da utilização da régua de vapor.

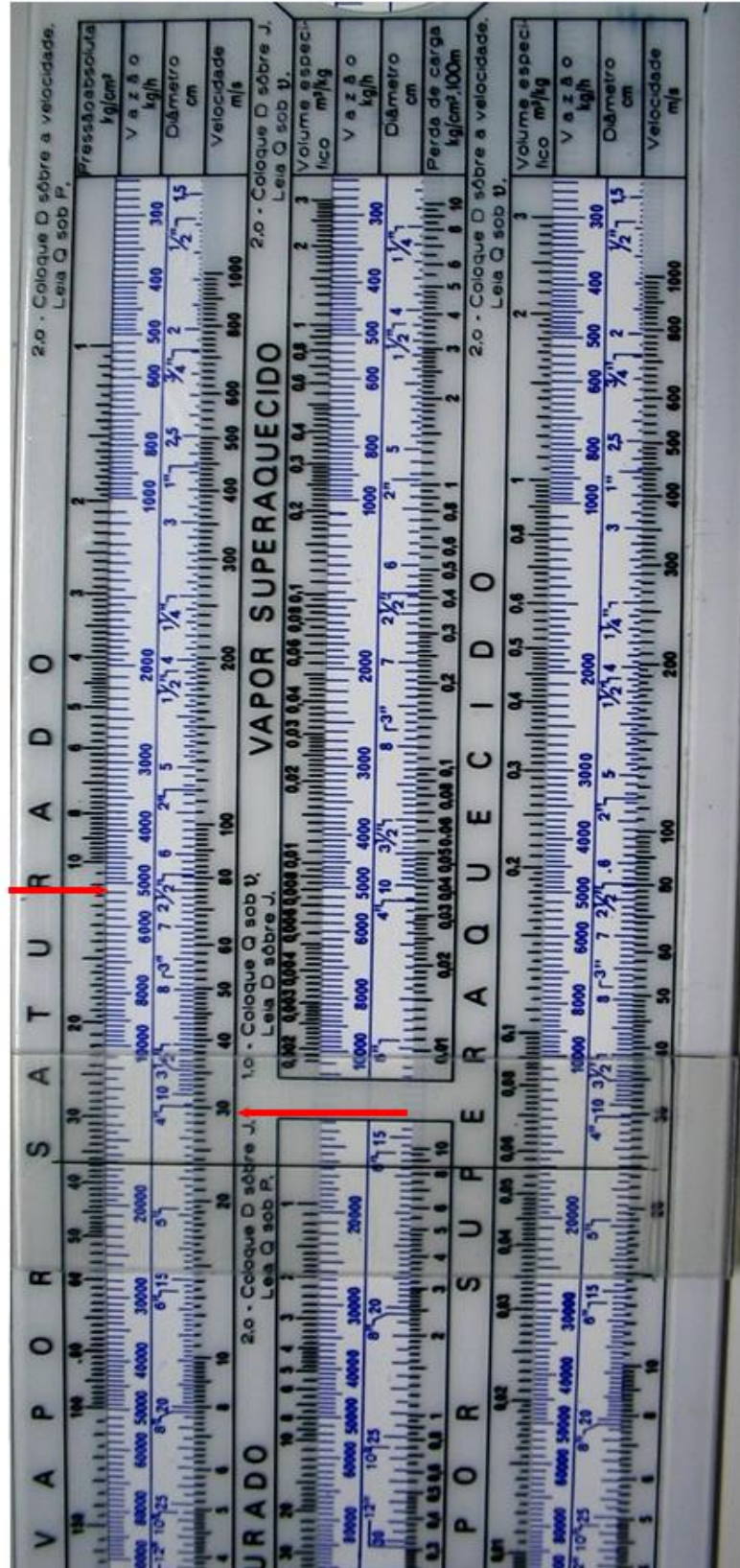


Figura 22 - Régua de Vapor ajustada para pressão de 11Kg/cm²

Na figura 22 é visto uma pressão de 11Kg/cm^2 e uma vazão de 5.000Kg/h , assim será posicionado a régua de modo que a vazão de 5.000Kg/h encontre-se com a vazão determinada, feito isso será observado as velocidades. Como a velocidade recomendada está entre 20m/s e 30m/s , será escolhido um diâmetro em polegadas que atenda a esse critério, no caso a dimensão que atenda a esses critérios é o diâmetro de 4 polegadas.

Feito o dimensionamento pelo método da velocidade, agora é preciso conferir pelo método da perda de carga conforme figura 23. Para ver se o atual diâmetro atende a perda de carga do projeto, o diâmetro escolhido para a atual vazão e pressão do sistema representa uma perda de carga $0,7\text{Kg/cm}^2$, valor bem acima do que o recomendado por projeto, para essa situação será analisado o comprimento da tubulação utilizada (na régua é considerado um comprimento de 100m de tubulação para perdas de carga), se o comprimento for igual ao que a régua usa deve-se priorizar a perda de carga em vez da velocidade, nesse caso o diâmetro ideal para a tubulação será 6 polegadas, que possui uma perda de carga de $0,08\text{Kgf/cm}^2$, para trechos curtos pode-se desconsiderar a perda de carga.

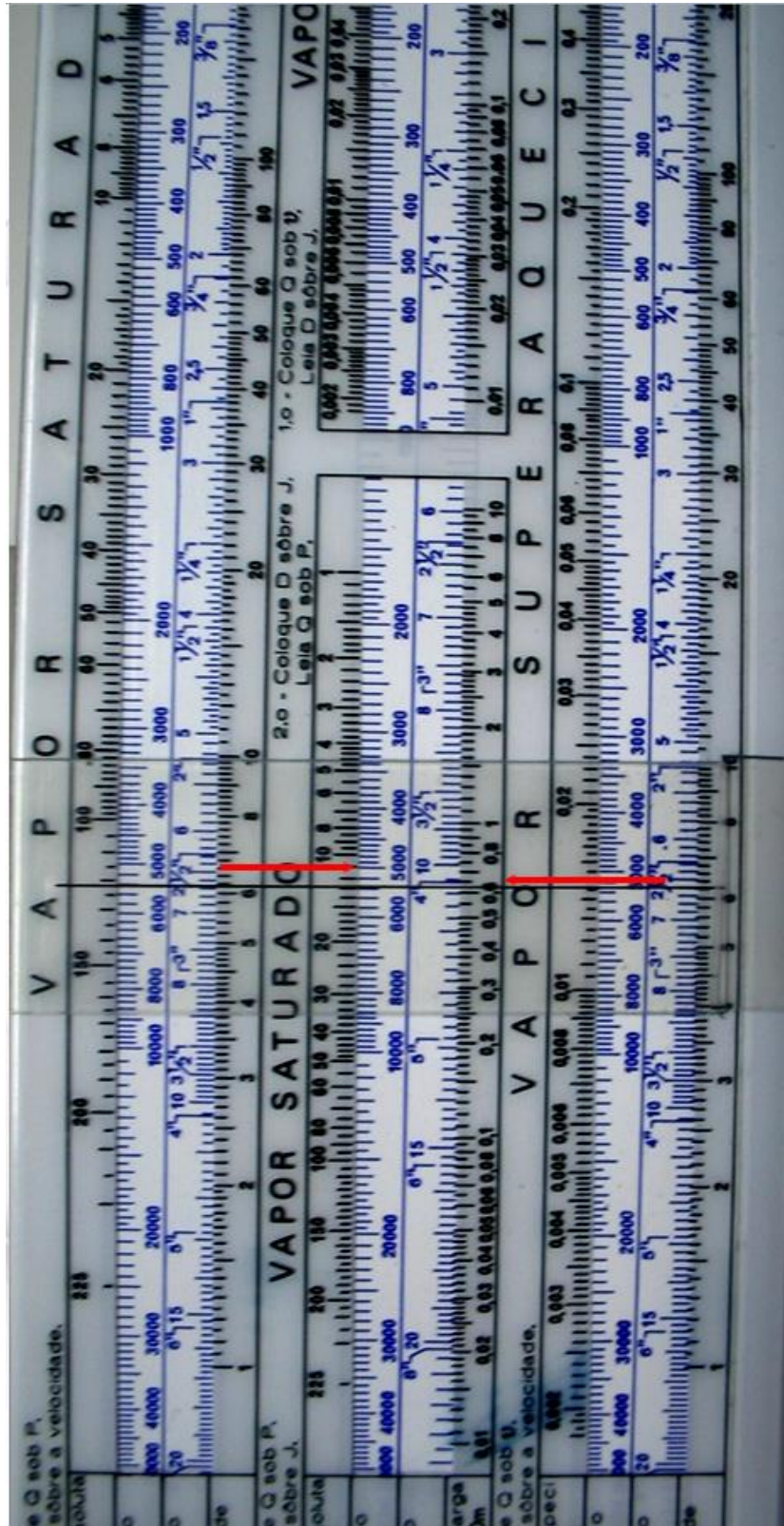


Figura 23 – Régua ajustada para conferir a perda de carga

3.5 – Linhas de retorno

O vapor nesse projeto é usado para ceder calor latente, o qual possui a maior parte do calor total para troca térmica dos processos, com essa troca térmica o vapor cede o seu calor, após ser aplicado para aquecer o processo desejado o vapor retorna ao seu estado de condensado,

quando isso ocorre o condensado é eliminado da planta por purgadores, drenos de linha entre outros acessórios através da diferença de pressão. O resultado nessa queda de pressão é que parte desse condensado reevapora, o qual é chamado de “Vapor Flash”, perdendo se assim energia para o meio ambiente.

O vapor Flash representa uma quantidade de 10 % a 15 % da energia planta industrial, entretanto essa porcentagem pode mudar de acordo com o volume específico do vapor, o condensado a 7 bar irá perder 13% de massa se for jogado diretamente na pressão atmosférica.

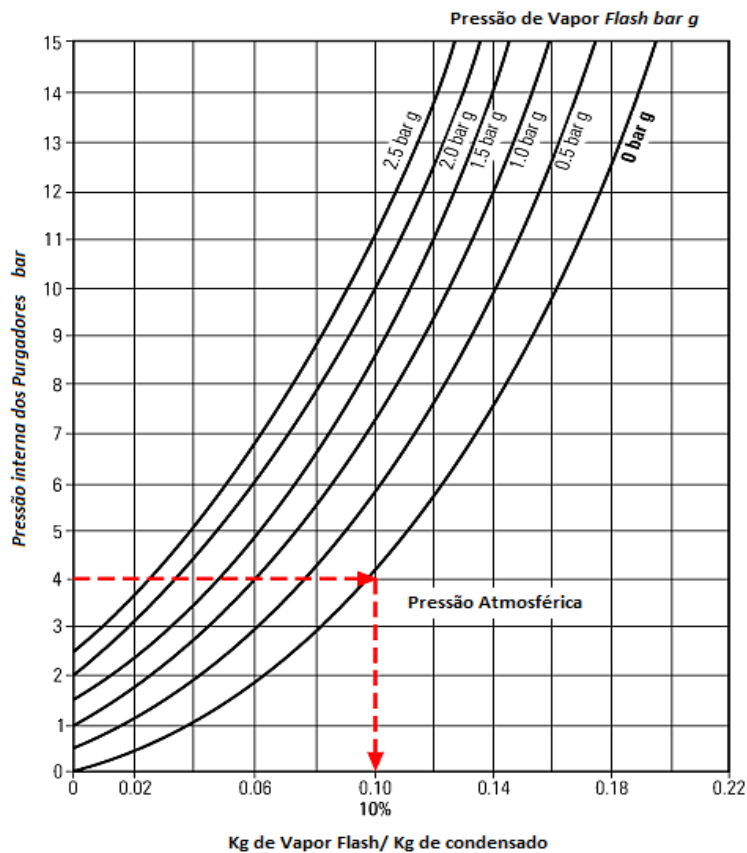


Figura 24 - Gráfico de Perda de vapor Flash

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarco -2008

Na figura 24 é possível ver o quanto será gerado de vapor flash de acordo com a variação de pressão.

O condensado é água destilada já tratada, o que reduz os custos com tratamento de água tratada para a Caldeira. O alto custo do desperdício deste condensado para o meio ambiente é algo que não faz qualquer sentido financeiro, ecológico ou técnico, para evitar esse desperdício de condensado é necessário adotar um sistema de retorno de condensado que coleta o condensado a uma elevada temperatura e faz o retorno para o sistema de alimentação da caldeira, aumentando a temperatura da água de alimentação da caldeira, resultando em economia de energia. O sistema de retorno de condensado consegue por si só pagar o seu investimento em um pequeno período de tempo.

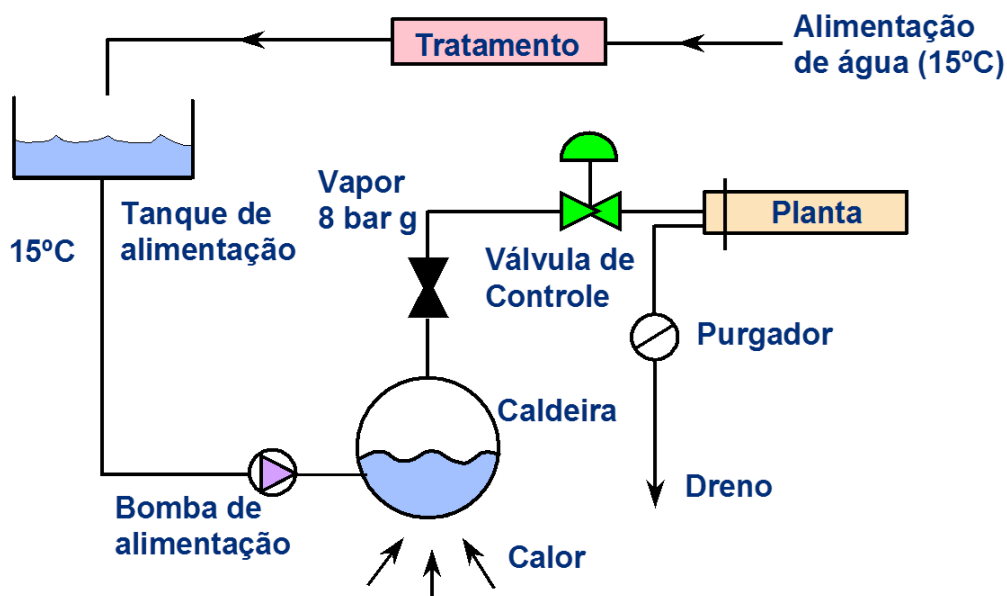


Figura 25 – Planta Industrial sem retorno de condensado

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarco -2008

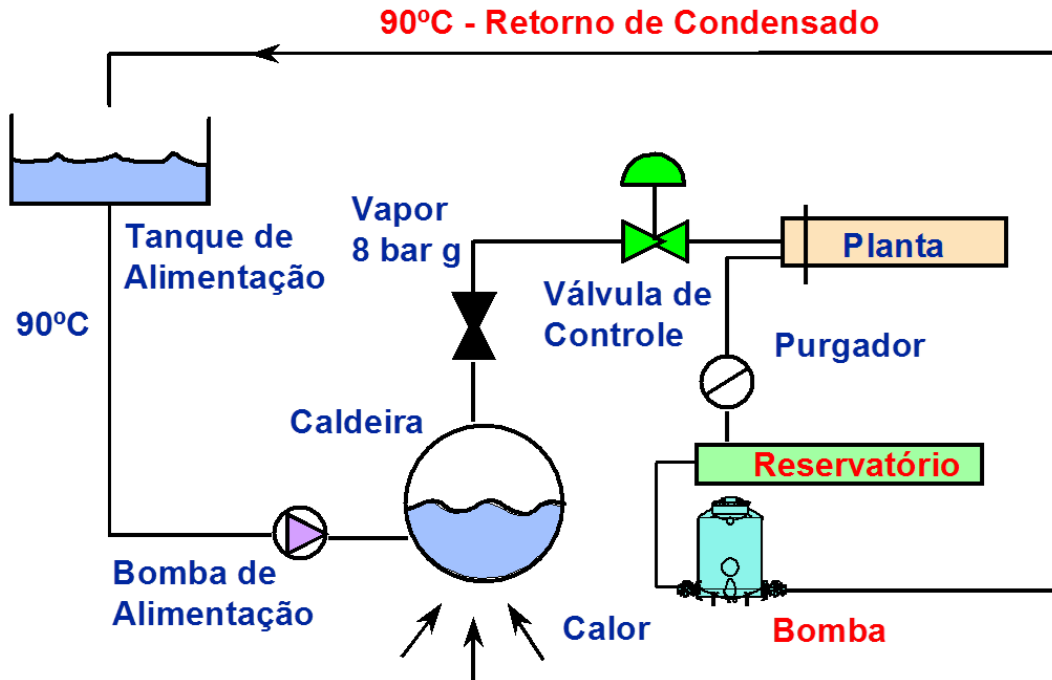
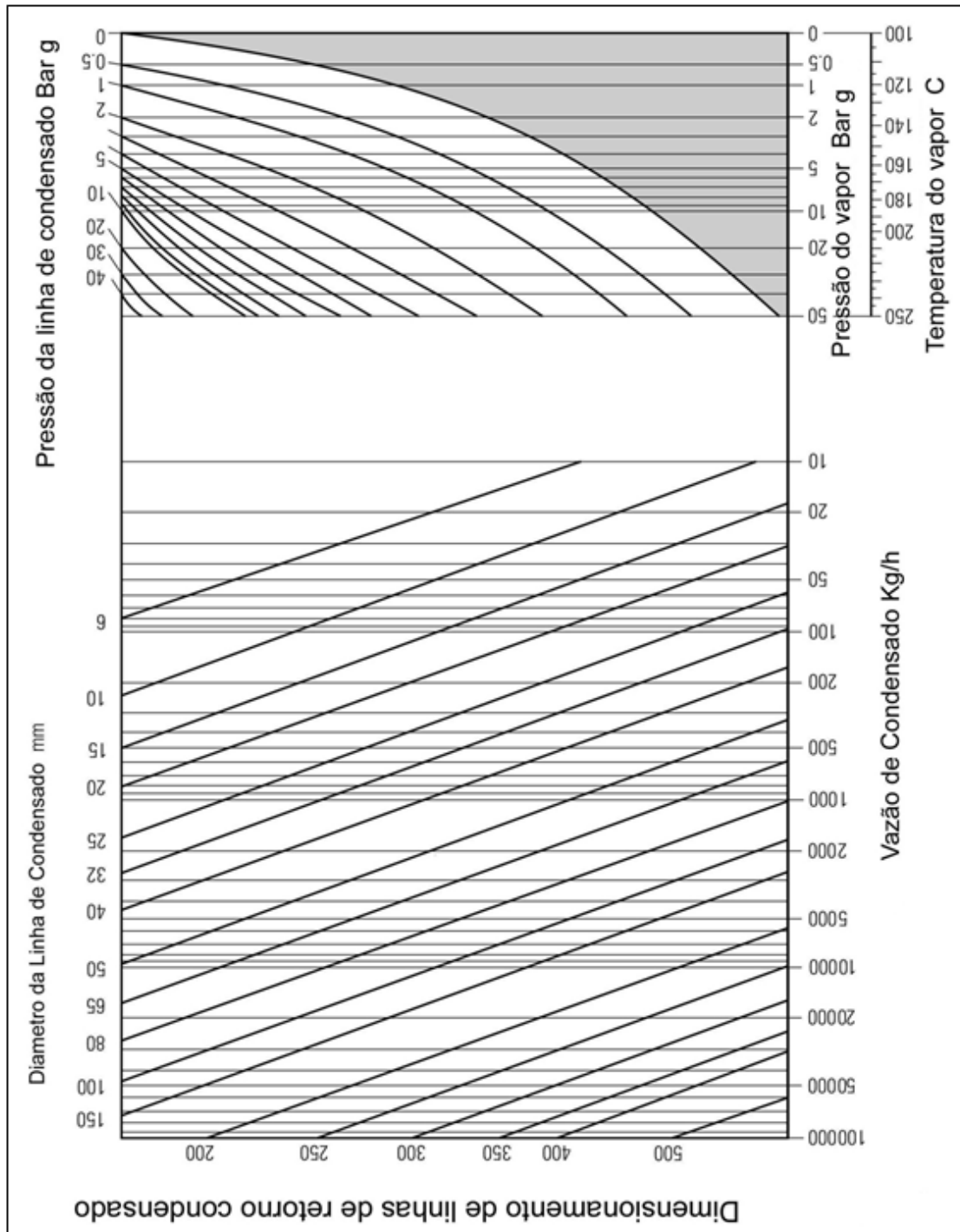


Figura 26 – Planta Industrial com retorno de condensado

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

Na tabela 4 pode-se ver o esquema necessário para dimensionamento de linhas de retorno

Tabela 4 – Cálculo para dimensionamento das linhas de retorno
Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008



3.6 Drenagem de Linha

Deve ser levado em conta em uma tubulação de vapor, que durante o seu uso haverá perdas de calor para o meio externo fazendo com que o vapor volte ao seu

estado de condensado causando acúmulo nas linhas de vapor, conforme visto no tópico 3.5. Outro acúmulo que deve ser levado em consideração é a formação de ar na linha, que pode vir a comprometer a eficiência do sistema. Quando um sistema de vapor apresenta acúmulos em linha este tende a ser eliminado instantaneamente pelas linhas de retorno e pelos acessórios em linhas, porém outra parte desse acúmulo tende a percorrer longas linhas sem acessórios o que causa grande perda de eficiência até este ser eliminado, podendo também permanecer nos finais de linha ocasionando as mesmas consequências. Para evitar que se tenha acúmulo de ar e vapor é importante termos sempre pontos de drenagem instalados em locais estratégicos na planta industrial.

3.6.1 Acúmulo de Condensado em Linha

Caso o condensado não seja eliminado do sistema, este causará golpes de aríete e erosão nas linhas, em função da alta velocidade em que se encontra. Além disso, a presença de condensado diminui sensivelmente a troca térmica e consequentemente a eficiência do processo.

- **Golpes De Aríete**

O golpe de aríete é consequência do gradual aumento da massa de condensado, que quando não eliminada forma uma barreira compacta em forma de pistão, que se arrasta pela tubulação a altas velocidades. No momento em que encontra um obstáculo (purgador, válvula, filtro ou mudanças de direção), o impacto causado por essa massa se dá de forma violenta nos equipamentos que representam riscos aos operadores, conforme mostrado nas figuras 27 e 28, esses riscos podem ser provocados através de alto nível de ruído e possível rompimento de conexões, acessórios e válvulas.

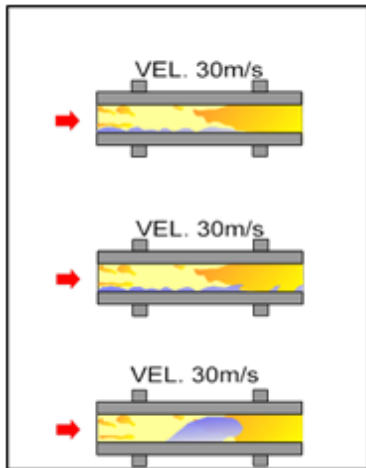


Figura 28 – Formação de Pistão d'água

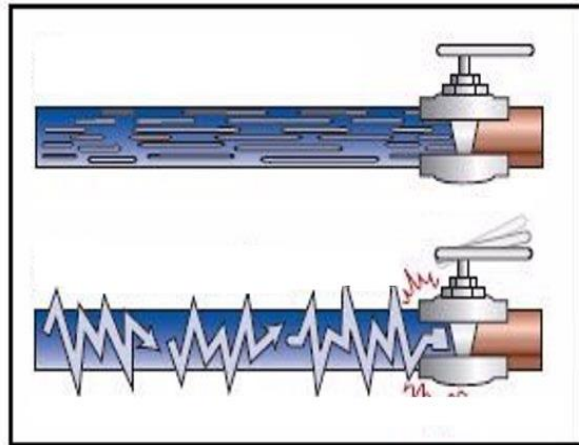


Figura 27 – Exemplo de Condensado em linha

Figura 27 e 28 Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

3.6.2 Acúmulo de Ar em Linha

Caso o ar não seja eliminado do sistema, esse tende a formar uma película sobre as superfícies de aquecimento, conforme figura 29, sendo esta uma barreira muito grande à transmissão de calor, gerando no processo pontos frios que são, obviamente, indesejáveis por comprometer a eficiência do sistema.

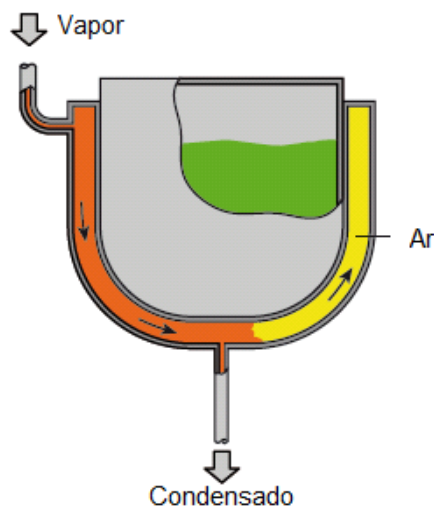


Figura 29 – Acúmulo de ar em equipamento, comprometendo a eficiência térmica

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

Numa mistura de gases, cada um deles exerce uma pressão parcial, a soma dessas pressões é a pressão total da mistura. As parcelas de pressão estão diretamente relacionadas com a quantidade de cada um dos gases presentes, se temos ar no sistema, a leitura do manômetro estará incorreta influenciando diretamente na temperatura do vapor, o que pode vir a comprometer a operação e a segurança local.

3.7 Purgadores e acessórios

O purgador é um dispositivo que libera automaticamente o condensado e também o ar sem perder o vapor. O purgador é um acessório importante para tubulações de vapor, visto que acúmulos de ar e condensado são frequente nesses tipos de instalação e são prejudiciais ao processo de vapor conforme vimos no tópico 3.6, pois dificultam a troca térmica fazendo o sistema necessitar de uma quantidade maior de vapor para a realizar a mesma tarefa.

Pode-se classificar os Purgadores como, termodinâmicos, mecânicos e termostáticos.

3.7.1 Purgadores Termodinâmicos

Na figura 30 pode-se verificar o funcionamento de um purgador termodinâmico, no início do processo a pressão de entrada atua na parte inferior do disco elevando este e permitindo a descarga do ar e do condensado que chegam, quando o fluxo de condensado quente passa pela câmara de controle sua pressão cai, produzindo vapor flash. A alta velocidade do vapor flash cria uma zona de baixa pressão na parte inferior do disco, puxando-o e fechando a sede, simultaneamente o vapor flash pressuriza a parte superior do disco empurrando este para baixo, o disco assenta na sede, mantendo a câmara superior pressurizada. Quando volta a entrar condensado, devido a menor temperatura o vapor flash acima do disco condensa, devido à troca térmica, liberando o disco para a passagem do condensado que chega, reiniciando o ciclo de funcionamento.

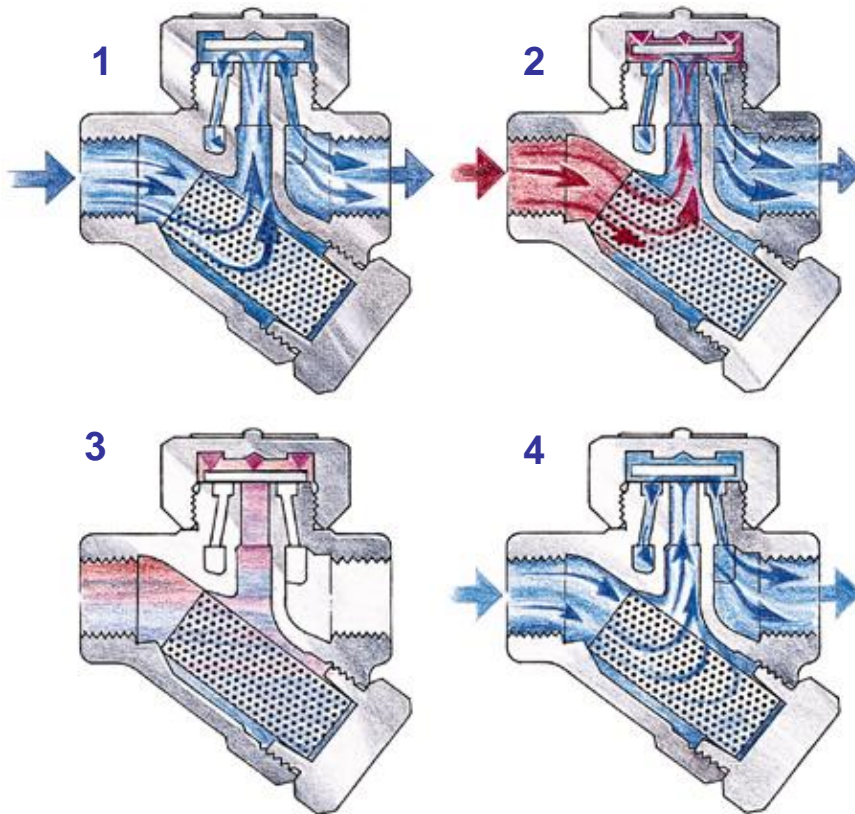


Figura 30 – Funcionamento do Purgador Termodinâmico

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

Os purgadores do tipo termodinâmico tem como principais características:

- Não necessitam de ajustes em função das variações de pressão
- São muito compactos e possuem grandes capacidades de descarga em comparação ao seu tamanho
- Admitem altas pressões
- Não sofrem danos por golpes de aríete e condensado corrosivo
- São de fácil manutenção
- Podem operar em qualquer posição (preferencialmente na horizontal, em função do desgaste do disco)
- Não admitem contrapressões ou pressões diferenciais baixas
- Eliminam o ar, desde que a pressão no início do processo se eleve lentamente

- Possuem uma ISOTAMPA, para evitar que ocorra uma rápida condensação do vapor flash contido na câmara de controle. Sem ela o purgador promove aberturas e fechamentos em curtos espaços de tempo, causando perda de vapor e desgaste prematuro
- Descarregam o condensado de forma intermitente
- Não atendem bem grandes variações de pressão e vazão de condensado

3.7.2 Purgadores Mecânicos

- **Purgadores Mecânicos de boia**

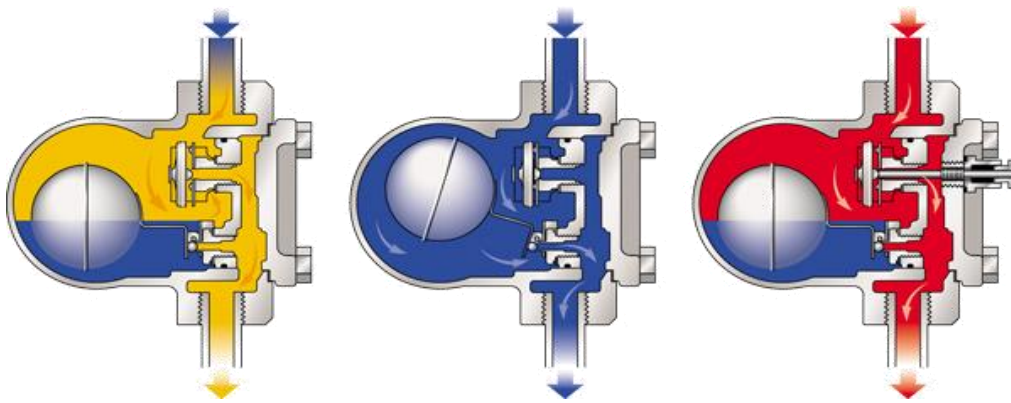


Figura 31 – Funcionamento do Purgador Mecânico de boia

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

Na figura 31 pode-se verificar o funcionamento do purgador mecânico de boia, no início do processo o elemento eliminador de ar termostático permite a passagem do ar, sem ele o purgador ficaria travado pela presença do ar, assim o condensado acumula dentro do purgador, levanta a boia, e o mecanismo abre a válvula principal (sede), o condensado quente fecha o elemento eliminador de ar. O condensado é descarregado à temperatura do vapor saturado, quando o vapor chega, a boia desce e fecha a válvula principal, esta válvula está sempre abaixo do nível da água, prevenindo contra o escape de vapor vivo.

- **Purgadores Mecânicos de balde invertido**

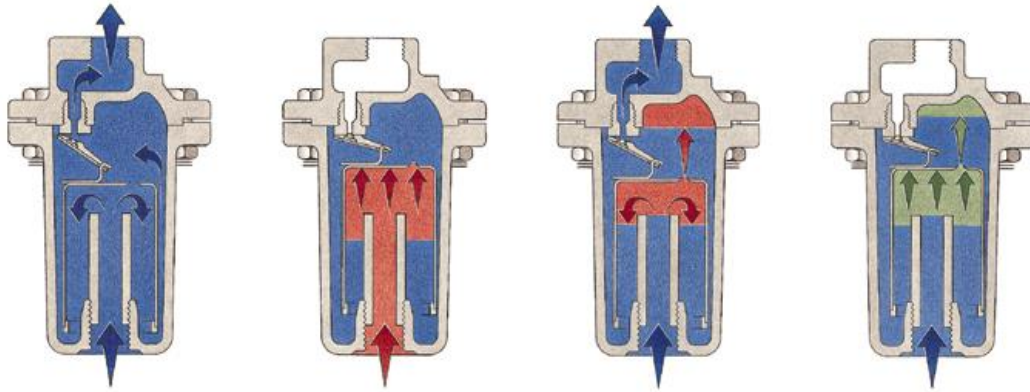


Figura 32 - Funcionamento do Purgador Mecânico de balde invertido

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

Na figura 32 pode-se verificar o funcionamento de um purgador mecânico de balde invertido, no início do processo o condensado entra no purgador e forma o selo d'água no seu interior, o peso do balde mantém a sede aberta, assim o condensado flui ao redor do balde até ser eliminado do purgador, em seguida o vapor entra por baixo do balde, elevando-o isso faz com que o mecanismo com obturador também suba fechando a sede. O vapor preso condensa e um pouco do vapor escapa através do orifício do balde, o peso do balde vai puxar o mecanismo do obturador para baixo, abrindo a sede e repetindo o ciclo, o pequeno orifício de escape do balde elimina o ar para o topo do purgador lentamente.

Os purgadores do tipo mecânico tem como principais características:

- Proporcionam a descarga contínua do condensado na mesma temperatura do vapor, sendo ideais para aplicações onde haja a necessidade da imediata eliminação do condensado
- São bons eliminadores de ar, desde que providos com elemento próprio. Absorvem muito bem quaisquer variações de pressão e / ou vazão

3.7.3 Purgadores Termostáticos

- **Purgadores Termostáticos de pressão balanceada**

No início do processo, o ar frio e o condensado entram no purgador e são descarregados livremente pois a cápsula também se encontra fria ficando com a válvula aberta. Quando o condensado se aproxima da temperatura do vapor a cápsula vai aquecendo. O líquido da cápsula evapora, causando uma pressurização interna que atua sobre o diafragma, empurrando a válvula contra a sede, antes de ocorrer perda de vapor.

O condensado esfria. A pressão de vapor no interior da cápsula diminui e a válvula começa a abrir. O condensado é descarregado e o ciclo se repete.

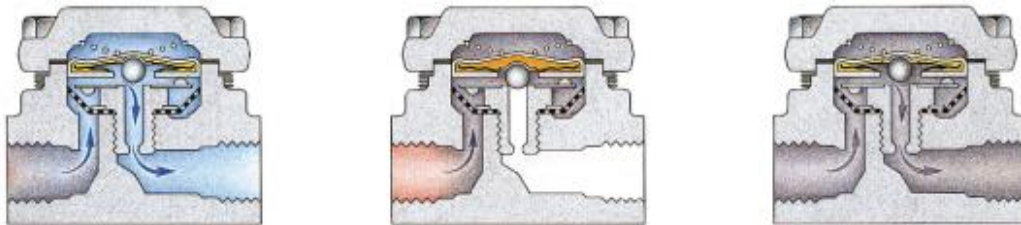


Figura 33 - Funcionamento do Purgador Termostático de pressão balanceada

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

Os purgadores do tipo termostáticos tem como principais características:

- Permitem ajustes para descarregar condensado a baixas temperaturas (aproveitamento do calor sensível)
- São excelentes eliminadores de ar
- São muito resistentes a golpes de aríete e a vibrações
- Não absorvem grandes variações de pressão, em função de sua forma construtiva
- Possuem baixa resistência quando da presença de condensado corrosivo
- Descarregam condensado a temperaturas abaixo de 100°C, possibilitando alagamentos. Não devem ser aplicados em drenagem de sistemas onde se requeira eliminação imediata do condensado.

3.7.4 Filtros Y

O filtro Y conforme figura 34, tem como função remover partículas em suspensão da tubulação, para que essas não venham a atrapalhar o funcionamento e danificar outros acessórios e equipamentos da instalação, visto que dependendo da pressão do fluido os detritos podem vir a altas velocidades causando pequenos impactos, o que pode vir a comprometer o funcionamento da planta ao longo do tempo. Para remover as partículas o fluxo é direcionado através de uma tela que pode ser em chapa perfurada ou mesh, possuindo também diversos tipos de materiais como, bronze, aço carbono, ferro fundido, aço inox entre outros para ser o material principal do corpo do filtro, para cada tipo de aplicação e de fluido específico se tem uma necessidade específica de tela ou mesh e tipo de material para o corpo do filtro.

Para sistemas muito contaminados e que possuem elevado número de partículas em suspensão é recomendável que o filtro Y tenha instalado uma válvula de dreno ou descarga de fundo na tampa do filtro, visando que ele elimine as impurezas durante o serviço e sob pressão rapidamente.



Figura 34 - Modelos de Filtros Industriais tipo Y

Fonte: SpiraxSarco.com

3.7.5 Visor de Fluxo

Os Visores de Fluxo conforme figura 35, são utilizados em linhas industriais para verificar se o fluxo está adequado, através do funcionamento de outros acessórios como válvulas de bloqueio e purgadores, podendo ser utilizados também para comparar o aspecto do produto em diferentes estágios.



Figura 35 – Visores de Fluxo

Fonte: <http://megateck.com.br/acessorios/>

3.7.6 Válvulas de Bloqueio

Válvulas de bloqueio são aquelas que têm como função estabelecer ou interromper o fluxo, sendo recomendado funcionar completamente abertas ou completamente fechadas, dependendo da necessidade a válvula pode trabalhar parcialmente aberta até o seu fechamento completo.

As válvulas de bloqueio costumam ser sempre do mesmo diâmetro nominal da tubulação, e tem uma abertura de passagem de fluido com secção transversal comparável com o da própria tubulação

- **Válvula de Globo**

A válvula de Globo conforme figura 36 possui uma vedação superior as demais, também é considerada uma válvula de regulagem pois pode se estabelecer uma

relação de interdependência entre a porcentagem de abertura da válvula e a porcentagem de vazão, em qualquer posição da abertura parcial, com isso é uma válvula que pode sofrer grande perda de carga quando aberta parcialmente.



Figura 36 – Válvula Globo

Fonte: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/157-o-que-e-uma-valorula-globo/>

- **Válvula de Esfera**

As válvulas esferas conforme figura 37 apresentam abertura e fechamento rápido e macio através de sua alavanca de $\frac{1}{4}$ de volta, tendendo a trabalhar sempre fechadas ou totalmente abertas, nunca parcialmente. A válvula esfera costuma ser uma das válvulas com o preço mais em conta para se trabalhar em linhas de vapor.

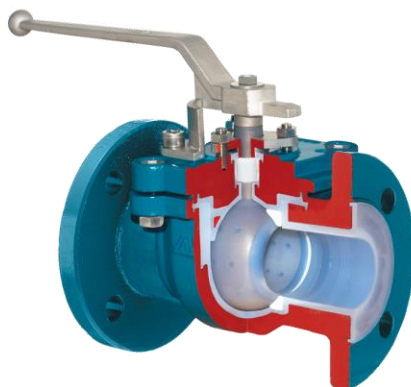


Figura 37 – Válvula Esfera

Fonte: <http://www.az-armaturen.com.br/visao-geral-dos-produtos/valvulas-esfera-revestidas-em-teflon/monobloc-extra/>

- **Válvula de Gaveta**

As válvulas de Gaveta conforme figura 38 tem o fechamento por movimento de uma peça chamada Gaveta, em consequência da rotação da haste, a gaveta desloca-se paralelamente ao orifício da válvula e perpendicularmente ao sentido de escoamento do fluido e assenta-se sobre as duas sedes, uma de cada lado. Essas válvulas costumam trabalhar ou totalmente abertas ou totalmente fechadas, possuem fechamento lento, sendo impossível fechá-las rapidamente.

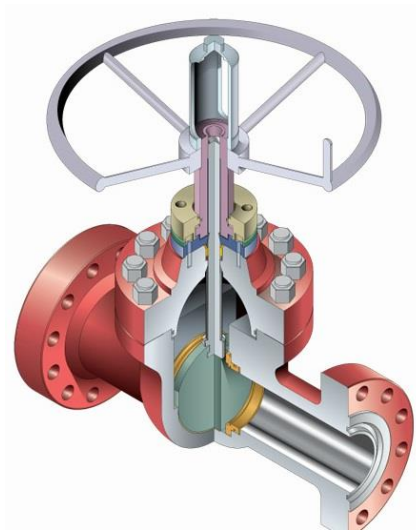


Figura 38 – Válvula de Gaveta

Fonte:

http://www.eurosul.com/index.php?pag=conteudo&id_conteudo=1064&idmenu=8

3.8 Material da Tubulação

Existe um grande número de Tubulações padronizadas ao redor do mundo, mas indiscutivelmente a maioria usada é derivada do API, onde as tubulações são categorizadas pelos números Schedule.

Esses números Schedule possuem uma relação com a taxa de pressão das Tubulações. Existem diversos tipos de variação Independente do número de programação, tubos de um determinado tamanho possuem o mesmo diâmetro externo (desconsiderando tolerâncias de fabricação). Conforme o número

Schedule aumenta a espessura da parede aumenta, e o diâmetro interno é reduzido.



Figura 39 – Tubulação Schedule 40

Fonte: <http://www.casadostubos.com.br/tubo-aco-carbono-sch-40>

Por exemplo:

- Um Schedule 40 de 100mm possui diâmetro externo de 114.30 mm, e de espessura 6.02 mm, assim tendo um interno de 102.26 mm.
 - Um Schedule 80 de 100mm possui um diâmetro externo de 114.30 mm, e uma espessura de 8.56 mm, assim possuindo um diâmetro interno de 97.18 mm
- Abaixo segue tabela com os diâmetros internos em relação a alguns Schedules.

Tabela 5 – Dimensionamento de Tubos

Nominal size pipe (mm)		15	20	25	32	40	50	65	80	100	150
Bore (mm)	Schedule 40	15.8	21.0	26.6	35.1	40.9	52.5	62.7	77.9	102.3	154.1
	Schedule 80	13.8	18.9	24.3	32.5	38.1	49.2	59.0	73.7	97.2	146.4
	Schedule 160	11.7	15.6	20.7	29.5	34.0	42.8	53.9	66.6	87.3	131.8
	DIN 2448	17.3	22.3	28.5	37.2	43.1	60.3	70.3	82.5	107.1	159.3

Fonte: <http://www.spiraxsarco.com/resources/pages/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.aspx>

Somente o Schedule 40 e Schedule 80 possuem um range de 15mm até 160mm aproximadamente, por isso são as tubulações mais comum a serem usadas em instalação de vapor.

Nas instalações do continente europeu a norma mais comum é a DIN2448 e no Reino Unido é a EN 10255.

Tubos para vapor são fabricados geralmente em aço carbono segundo NORMA ASME B 16.9 A106. O mesmo material pode ser usado para linhas de retorno de condensado, apesar de algumas indústrias usarem tubos de cobre.

Para esse projeto iremos considerar uma Tubulação Schedule 40 (Tubulação Padrão de Vapor), por ser a mais leve e usada para instalações de vapor.

CAPITULO IV - RESULTADOS

4.1 Dimensionamento de Consumo

Para custos de projeto e dimensionamento de equipamentos será criado uma marca genérica.

Os Cálculos a seguir serão feitos com base numa produção de 3.000L de cerveja, aproximadamente 60 barris por mês e levando em conta que a cervejaria trabalhe com três rótulos de cerveja, valores conservadores para aqueles que pretendem iniciar nesse ramo e queiram começar com baixo risco:

Para termos base de produção, foi optado por dividir a produção em 3 rótulos:

- 1.000L Cerveja A
- 1.000L Cerveja B
- 1.000L Cerveja C

Com esses três rótulos a ideia é que a cervejaria produza 1 rótulo por semana e que a última semana do mês possa ser usada para manutenções preventivas da planta.

Lembrando que a divisão volumétrica e a quantidade de rótulos variam de acordo com cada produtor, assim cada um irá possuir uma necessidade específica, o objetivo de se diversificar a produção em 3 rótulos é lidar com diferentes tipos de produção (batelada).

Quanto maior a produção maior será o dimensionamento de acessórios e tubulação da planta, por isso esse projeto optou em fazer as cervejas em três bateladas, visando diminuir o dimensionamento da planta industrial, junto com o seu custo.

Através da equação (3.11) e (3.14), poderá ser calculado o consumo de vapor para cada rótulo (batelada), em cada processo, será considerado uma pressão de projeto de 2,5Kg/cm² e um título de vapor de 0,8, valores utilizados em média por cervejarias industriais para os processos a seguir.

- **Linha de aquecimento**

$$m_s = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{x \cdot h_{fg} \cdot t}$$

Será levado em consideração a água sendo aquecida da temperatura ambiente (20°C) até 70°C de dentro 1 hora.

$$\dot{m}_{s \text{ aq}} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot (70 - 20)}{0,8 \cdot 512,8 \cdot 1} =$$

$$\dot{m}_{s \text{ aq}} = 121,87 \text{ Kg/h}$$

- **Linha de Fervura**

Para essa etapa será considerado um aquecimento de 70°C até 100°C dentro de 1 hora.

$$m_s = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{x \cdot h_{fg} \cdot t}$$

$$\dot{m}_{\text{serv.1}} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot (100 - 70)}{0,8 \cdot 512,8 \cdot 1}$$

$$\dot{m}_{\text{serv.1}} = 73,12 \text{ Kg/h}$$

Após o processo chegar a 100° será considerado uma fervura de 10% sobre a batelada, lembrando que a porcentagem a ser evaporada irá sempre depender da receita que a empresa desenvolver.

$$m_s = \frac{m \cdot L}{x \cdot h_{fg} \cdot t}$$

$$\dot{m}_{\text{serv.2}} = \frac{100 \cdot (534,4)}{0,8 \cdot 512,8 \cdot 1} =$$

$$\dot{m}_{\text{serv.2}} = 130,26 \text{ Kg/h}$$

$$\dot{m}_{\text{fervura}} = \dot{m}_{\text{serv.1}} + \dot{m}_{\text{serv.2}} = 73,12 \text{ Kg/h} + 130,26 \text{ Kg/h}$$

$$\dot{m}_{\text{fervura}} = 203,38 \text{ Kg/h}$$

- **Consumo Total da Planta**

$$\dot{m}_{\text{Total}} = \dot{m}_{\text{aq}} + \dot{m}_{\text{fervura}}$$

$$\dot{m}_{\text{Total}} = 325,35 \text{ Kg/h}$$

Esse será o consumo total da Planta Industrial de Vapor, com esse dado poderá ser descoberto qual será a caldeira que irá atender a demanda de projeto.

4.2 Dimensionamento e Escolha da Caldeira

É importante ao se dimensionar uma caldeira que ela possua 30% a mais de vazão do que o consumo da Planta, visando sempre a segurança operacional e em caso de futuras ampliações da planta Industrial. Abaixo segue os cálculos referentes ao dimensionamento e escolha da caldeira.

$$\dot{m}_{\text{Caldeira}} = \dot{m}_{\text{Total}} + \dot{m}_{\text{Total}} \cdot (0,3)$$

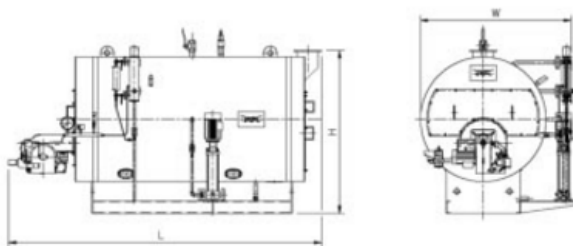
$$\dot{m}_{\text{Caldeira}} = 422,82 \text{ Kg/h}$$

Com os dados da vazão pode-se agora escolher a caldeira que irá atender ao nosso projeto, para isso foi consultado o site da Alborg, que atualmente no Brasil é um dos principais fabricantes e fornecedores de Caldeira a gás.

Consultando o site o modelo de caldeira que atende ao projeto é AALBORG (Caldeira MINI M3P), que possui vazão de até 500 Kg/h.

Tabela 6 - Tabela para escolha de caldeira a gás M3P – AALBORG

Fonte: <http://www.aalborg-industries.com.br/general.php?ix=94>



Modelo	Capacidade (kg/h)	Dimensões				Peso (ton)	
		L (mm)	W (mm)	H (mm)	Ds (mm)	Vazia	Operação
M3P-0.5	500	2900	1440	1630	170	2,13	3,32
M3P-0.625	625	3190	1510	1705	250	2,4	3,72
M3P-0.8	800	3390	1610	1855	250	2,8	4,48
M3P-1.0	1000	3790	1670	1935	250	3,9	6,03
M3P-1.25	1250	3980	1780	2090	340	4,2	6,79
M3P-1.6	1600	4020	1890	2145	340	4,86	7,75

4.3 Calculando os diâmetros das Linhas de Vapor

Conhecendo os pontos de consumo e a vazão máxima da caldeira pode-se dimensionar a planta de Vapor através da Régua de Vapor conforme visto anteriormente, levando em conta o critério da velocidade e da perda de carga será analisado as seguintes linhas:

- Linha Principal de Vapor
- Linha de Aquecimento
- Linha de Fervura

4.3.1 Dimensionamento Linha de Aquecimento

$\dot{m}_{s\text{ aq}} = 121,87 \text{ Kg/h}$

- Pelo método da velocidade

Diâmetro 1.1/4 pol. 25 m/s

- Pelo Método da Perda de carga

De acordo com o tópico 3.4.3, poderá ser considerado uma tubulação de 20m, visto que a fábrica não necessitará de um espaço físico muito grande.

Para 1.1/4 pol a perda fica em $0,08 \text{ Kg/cm}^2$

Esse diâmetro para a tubulação respeita tanto o critério de velocidade da quanto perda descarga, assim iremos adotar um diâmetro nominal para o aquecimento de 1.1/4 pol a 25 m/s

4.3.2 Dimensionamento Linha de Fervura

$\dot{m}_{\text{sfervura}} = 203,38 \text{ Kg/h}$

- Pelo método da velocidade

Diâmetro 1.1/2 pol 30 m/s

- Pelo Método da Perda de carga

Pode-se considerar uma tubulação de 20m, visto que a fábrica não necessitará de um espaço físico muito grande.

Para 1.1/2 pol a perda fica em $0,1 \text{ Kg/cm}^2$, valor acima do recomendado, por isso será testado o próximo diâmetro nominal.

Para 2 pol a perda fica em $0,038 \text{ Kg/cm}^2$, valor recomendado pois possui uma baixa perda de carga.

Para 2 pol a velocidade fica em $18,5 \text{ m/s}$, valor próximo do recomendado, mas fora do critério visto no tópico 3.4.1, para este tipo de situação onde os critérios não se satisfazem para o mesmo diâmetro nominal, deve-se dar prioridade a perda de carga, sendo assim iremos abrir mão do critério de velocidade para usarmos uma tubulação que atenda ao critério de perda de carga.

O diâmetro de 2" respeita o critério da perda de carga, então será uma tubulação para a fervura de 2" a 18 m/s .

4.3.3 Dimensionamento Linha Principal

$\dot{m}_{\text{Total}} = 325,35 \text{ Kg/h}$

- Pelo método da velocidade

Diâmetro 2 pol 28 m/s

- Pelo Método da Perda de carga

Poderá ser considerado uma tubulação de 20m, visto que a fábrica não necessitará de um espaço físico muito grande.

Para 2 pol a perda fica em 0,064 Kg/cm²

O diâmetro de 2 pol respeita os dois critérios então teremos uma tubulação para a linha principal de 2 pol a 28 m/s

4.3.4 Resumo dos dimensionamentos

Através dos tópicos anteriores, pode-se concluir o diâmetro e as velocidades de linhas, onde todas obedecem os critérios de velocidade e de perda de carga, com exceção da linha de fervura, que foi optado por ter uma baixa perda de carga em razão da velocidade.

Tabela 7 – Dimensionamento das linhas

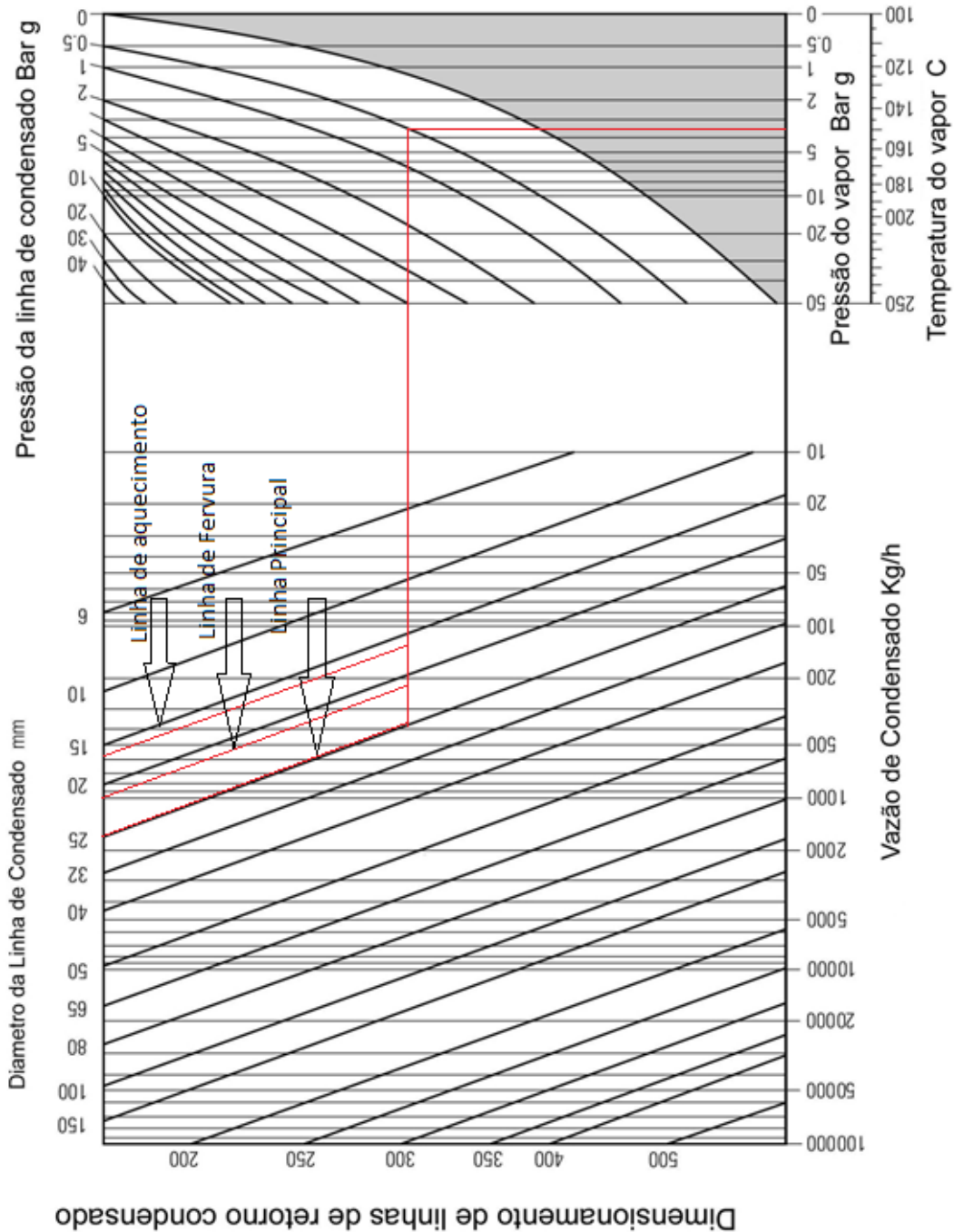
	Ø(pol)	Velocidade (m/s)
Linha Principal	2	28
Fervura	2	18
Aquecimento	1.1/4	25

4.4 Calculando os diâmetros das Linhas de Retorno

Através do tópico 3.5 poderá ser gerado o cálculo necessário para conseguir dimensionar as linhas de retorno desse projeto. Pressões de retorno de uma fábrica costumam variar de 0 bar a 1 bar, sendo assim deverá ser considerado a pressão das linhas de retorno para este projeto como 0,5 Bar.

Na tabela 8 e tabela 9 poderá se verificar o cálculo feito para dimensionar as linhas de retorno para esse projeto.

Tabela 8 – Resultados dos dimensionamentos das linhas de retorno



Como pode-se visto nas marcações em vermelho na Tabela 9 será obtido os seguintes diâmetros para linha de retorno

Tabela 9 - Resumo do dimensionamento das linhas de retorno

	Ø(pol)
Linha Principal	1
Fervura	3/4
Aquecimento	1/2

4.3 Dimensionamento das estações de drenagem

Conforme visto no tópico 3.5 o vapor cede seu calor durante o processo em que é utilizado, assim retornando ao seu estado de condensado. Para eliminar esse condensado, conforme tópico 3.7 é importante utilizarmos acessórios adequados na tubulação para que tenhamos o retorno adequado do condensado, para enfim ser reaproveitado.

Para este projeto será adotado para drenagem de condensado a estação do purgador de boia conforme figura 40, usando produtos SpiraxSarco por ser conhecido pela qualidade e líder em mercado de vapor, usando assim as tabelas fornecidas pela empresa para cada item.

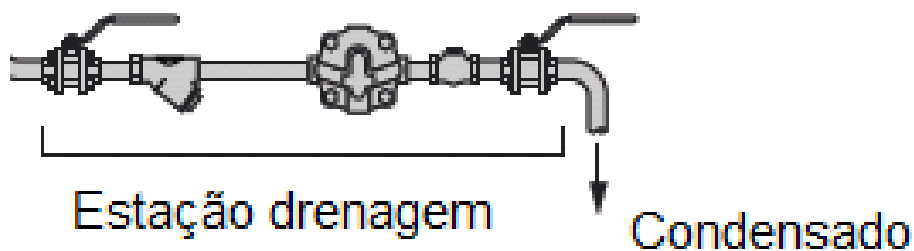


Figura 40 – Estação do Purgador de Boia

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

Para montar as estações nos próximos sub tópicos serão apresentados os seguintes itens.

4.3.1 Purgadores de boia

O purgador mecânico conforme vimos no tópico 3.7.2 é recomendado para vazões constantes, visto que durante o consumo o condensado será formado constantemente, assim sendo necessário retirá-lo quase imediatamente para não afetar a eficiência térmica do vapor e podermos evitar os alagamentos. A escolha do purgador de boia em relação ao de balde invertido se dá por conta do custo benefício, purgadores de balde invertido costumam ter um custo financeiro mais alto e são usados em processos mais rigorosos e que necessitem de boa resistência mecânica.

Conforme a tabela 10, o purgador de boia escolhido será o purgador de boia FT-14 SpiraxSarco, por atender as demandas do projeto

Tabela 10 – Curva de capacidade do Purgador de boia FT14 SpiraxSarco

Fonte: FIT SpiraxSarco - FI-S0210-02 FT14

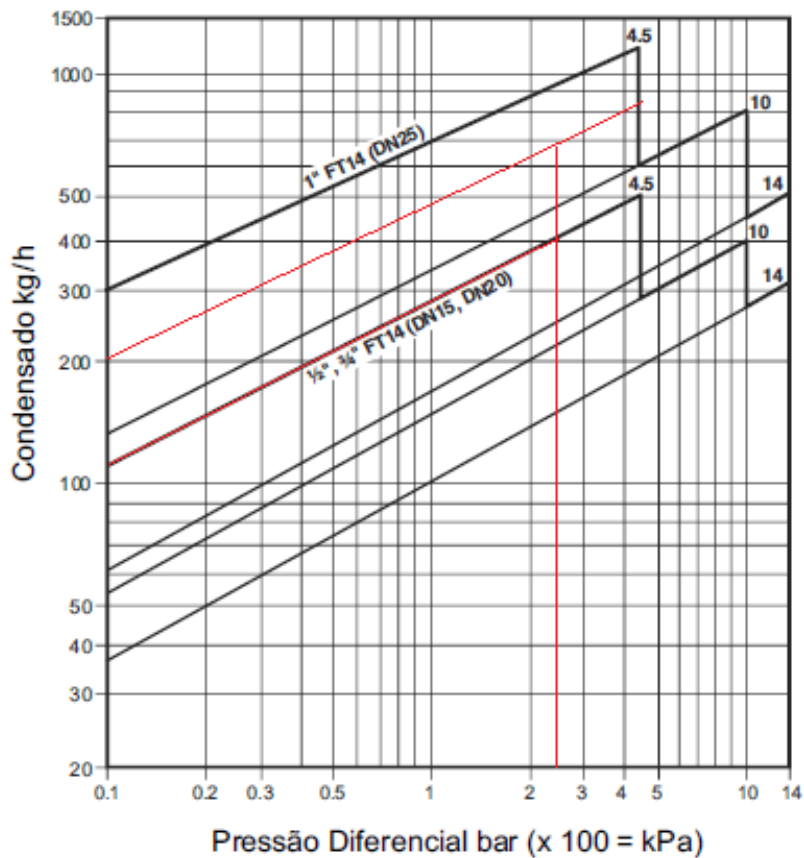


Tabela 11 – Dimensionamento dos Purgadores de Boia

Estações	Dimensionamento
Fervura	FT 14-4,5 1Pol
Aquecimento	FT 14-4,5 ½ Pol

4.3.2 Válvulas de Bloqueio

É importante que se tenha sempre em estações, duas válvulas de bloqueio, uma a jusante e outra a montante, para que em caso de falha de algum outro acessório a estação possa ser bloqueada para evitar desperdícios e não comprometer o funcionamento da planta.

Para eliminação de condensado necessitamos que a válvula tenha a função de operar totalmente aberta, ou totalmente fechada, não havendo necessidade desta trabalhar parcialmente aberta, levando isso em consideração e o custo financeiro, foi optado pelo modelo tipo Esfera.

A válvula esfera escolhida foi o modelo VMR SpiraxSarco, por ser o modelo com o menor custo e por atender aos requisitos de pressão e temperatura do projeto, conforme podemos ver na figura 35.

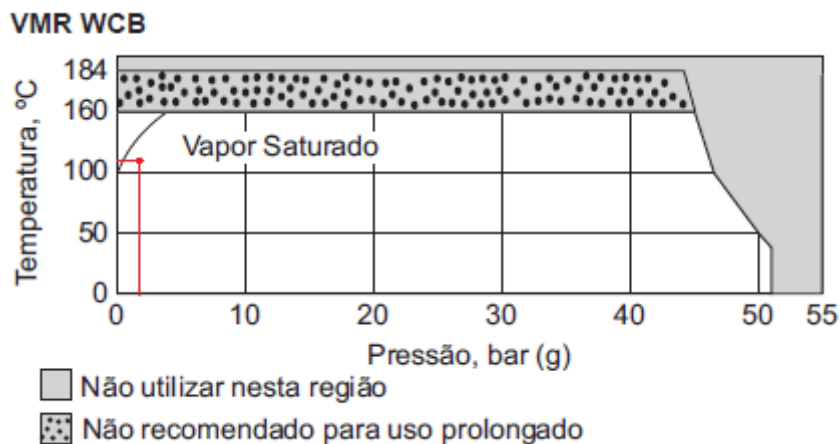


Figura 41 – Limites de Pressão e Temperatura Válvula VMR

Fonte: FIT SpiraxSarco - TI-D224-01 - VMR

O dimensionamento das válvulas esferas ficam por conta do diâmetro da tubulação de retorno, sendo assim as válvulas terão o diâmetro nominal igual da tubulação em que trabalham.

Tabela 12- Dimensionamento das Válvulas Esferas

Estações	Dimensionamento
Fervura	VMR - ¾ Pol
Aquecimento	VMR - ½ Pol

4.3.3 Filtros Y

Conforme visto no tópico 3.7.4, filtros Y tem como função remover detritos e sujeiras que estejam em suspensão durante o fluxo. Para este projeto será escolhido o Filtro Y FIG.13 SpiraxSarco, que é um filtro em ferro fundido e possui o menor custo financeiro atendendo os requisitos de pressão e temperatura do projeto.

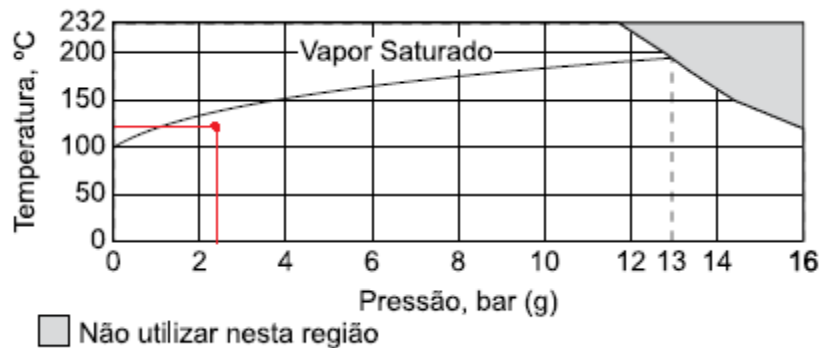


Figura 42 – Limites de Pressão e Temperatura FIG.13

Fonte: FIT SpiraxSarco - TI-D234-01- FIG. 13

O dimensionamento dos filtros fica por conta do diâmetro da tubulação de retorno, sendo assim os filtros terão o diâmetro nominal igual da tubulação em que trabalham.

Tabela 13 – Dimensionamento dos Filtros Y

Estações	Dimensionamento
Fervura	FIG. 13 - $\frac{3}{4}$ Pol
Aquecimento	FIG. 13 - $\frac{1}{2}$ Pol

4.3.4 Visores

Conforme visto no tópico 3.7.5 Visores tem como função verificar o fluxo, funcionamentos de outros acessórios e estágios dentro de um processo. Para este projeto será escolhido o Visor VZ – SpiraxSarco, por ser um visor próprio para linhas a jusante sendo utilizado frequentemente para descargas de purgadores em linhas de retorno.

O dimensionamento dos visores fica por conta do diâmetro da tubulação de retorno, sendo assim os visores terão o diâmetro nominal igual da tubulação em que trabalham.

Tabela 14 – Dimensionamento dos Visores

Estações	Dimensionamento
Fervura	VZ - $\frac{3}{4}$ Pol
Aquecimento	VZ - $\frac{1}{2}$ Pol

4.3.5 Resumo do dimensionamento das Estações

Tabela 15 – Dimensionamentos das Estações de Drenagem

Estações	Purgador	Válvula de Bloqueio	Filtros Y	Visores
Fervura	FT 14-4,5 1Pol	VMR - ¾ Pol	FIG. 13 - ¾ Pol	VZ - ¾ Pol
Aquecimento	FT 14-4,5 1/2 Pol	VMR - ½ Pol	FIG. 13 - ½ Pol	VZ - ½ Pol

4.4 Finais de Linha

No funcionamento da caldeira após uma parada semanal da fábrica o espaço na tubulação destinado ao vapor, estará com ar e condensado. Inicialmente, o vapor tende a empurrar uma parte até os pontos de drenagem, a outra parte seguirá para o lado oposto à entrada do vapor até encontrar um bloqueio.

É de extrema importância que se tenha uma drenagem no final de cada linha da planta visando a retirada do ar e de condensado acumulado para não haver perda de eficiência energética conforme visto no tópico 3.6.

O final de linha costuma ser composto por um eliminador de ar, por uma drenagem de retorno e por um By-Pass, conforme figura 43, visto que no fundo da bota de final de linha tende se a acumular detritos e sujeiras, é recomendável que se abra o By-Pass durante as manutenções preventivas, a fim de se eliminar esses acúmulos na bota da estação de drenagem.

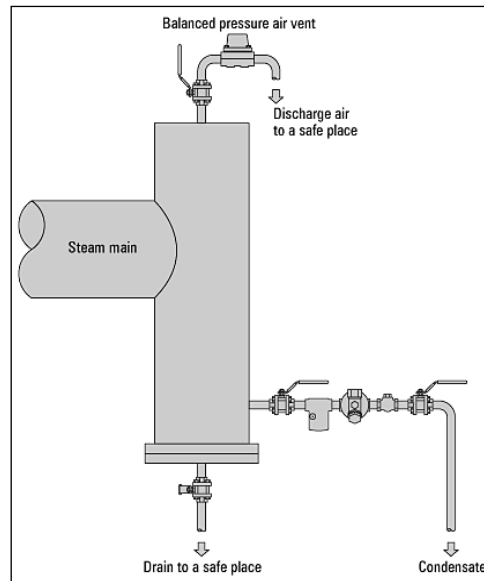


Figura 43 – Esquema Estação de drenagem de Final de Linha

Fonte: The Steam and Condensate Loop – Published by SpiraxSarxco -2008

Para este projeto será necessária uma estação de final de linha na linha principal de vapor, para montarmos a estação serão mostrados nos próximos sub tópicos os itens necessários.

4.4.1 Purgador Termostático de Pressão Balanceada

Conforme visto no tópico 3.7.3 o purgador termostático é um excelente eliminador de ar, sendo comum encontrá-lo em instalações a fim de se eliminar o ar preso.

Para este projeto será escolhido o Purgador Termostático de pressão balanceada BP 22 de ½” SpiraxSarco.

4.4.2 Purgador Termodinâmico

A vazão de drenagem no final de linha não costuma ser igual a vazão de vapor da linha, grande parte da vazão de linha serve para abastecer a parte de consumo, sendo assim a drenagem de final de linha tem sua funcionalidade para evitar que pequenos acúmulos se tornem grandes, assim operando de ciclos em ciclos e sendo mais suscetíveis a golpes de aríete, sendo fundamental que o purgador tenha

uma boa resistência mecânica, por conta disso para esta estação de drenagem será escolhido o Purgador Termodinâmico TD52 ½ polegada SpiraxSarco, por sua vazão conforme figura 44, que representa aproximadamente 240Kg/h, vazão suficiente para drenagem do final de linha.

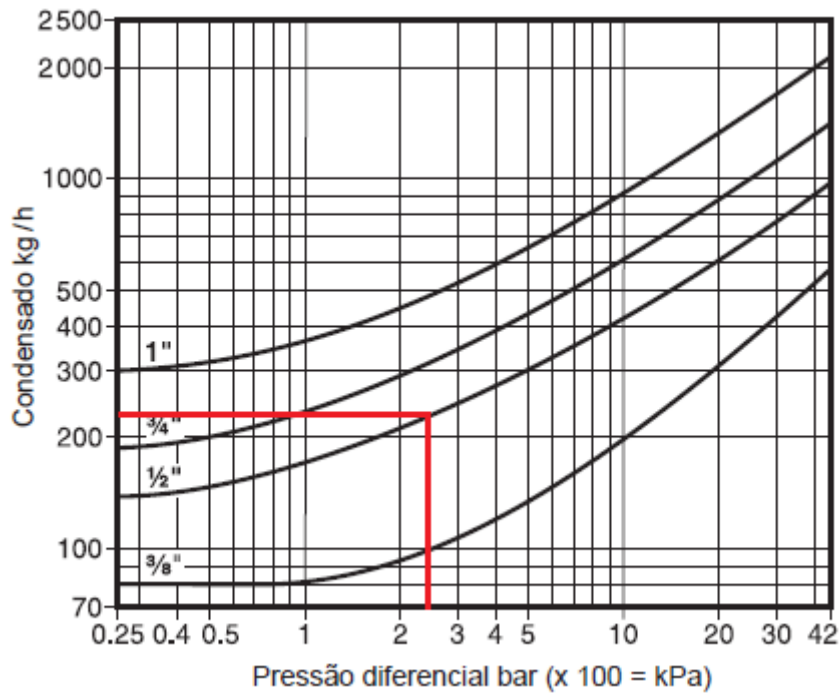


Figura 44 – Curva de Capacidade do Purgador Termodinâmico
Fonte: FIT SpiraxSarco - TI-D2-01 – TD52

4.4.2 Demais acessórios

Os demais acessórios conforme visto no tópico 4.3 terão diâmetro de acordo com a drenagem da bota, neste caso para visores, filtros e válvulas de bloqueio serão adotados com o diâmetro nominal igual a 2 polegadas.

4.4.3 Resumo da Estação de Drenagem

Tabela 16 – Resumo das Estações de Final de Linha

Estação de	Purgador	Válvula de Bloqueio	Filtros Y	Visores
Final de Linha	TD52 – ½ Pol BP22 – ½”	3 - VMR -1/2 Pol.	FIG. 13 – ½ Pol.	VZ – 1/2 Pol.

4.5 Custo do Vapor

Com base no consumo dos equipamentos e na produção de vapor podemos calcular o custo financeiro para a empresa da Tonelada por vapor pela equação abaixo:

$$\text{Custo Tonelada do Vapor} = \frac{Ct - Cs \text{ água} \times 1000 \times \text{Custo do Combustível} \times \text{Fator de Rendimento}}{PCI}$$

(Eq.4.1)

Para preencher esta equação será necessário obter os dados, onde será considerado para esse projeto o gás natural como combustível, por ser o mais comum para esse tipo de segmento, a tabela abaixo poderá nos ajudar com alguns dados referentes ao Gás natural.

Tabela 17 – Dados relativo ao Gás Natural

Fonte – CEG (FENOSA)

Componentes	Média
Poder Calorífico Superior	9400 Kcal/m ³
Poder Calorífico Inferior	8500 Kcal/m ³
Densidade Relativa (AR @ 20°C, 1 atm)	0,63 Kg/m ³
Massa Específica (@ 20 °, 1 atm)	0,78 Kg/m ³
Peso Molecular Médio	18,064 g/mol
Fator de Compressibilidade R-K	0,9973 (@ 20 ° C, 1 atm)
Viscosidade	0,010816 cP
Cp/Cv	1,2816
Ponto de orvalho	- 56 °C
Ponto de ignição	482 – 632°C
Limite inferior de inflamabilidade da mistura (@ 20°, 1 atm)	5 % vol Ar
Limite superior de inflamabilidade da mistura (@ 20°, 1 atm)	15 % vol Ar

Consultando a Tabela 1 pode ser visto os dados relativos a Pressão de Operação de 2,6Kgf/cm², valor mais próximo da pressão de projeto que é 2,5Kgf/cm², assim nos ajudando a saber o calor total para introduzirmos na equação 4.1

O custo do combustível está associado diretamente a companhia que fornece o gás natural, tendo um preço específico em cada estado Brasileiro, para elaboração desse projeto iremos usar dados da Gás Natural Fenosa (CEG- RIO), companhia atuante no Estado do Rio de Janeiro, por levarmos em consideração uma instalação nesse estado.

Consultando A Tabela abaixo irá informar dados relativos a Pressão de operação da planta industrial, nos ajudando a saber o calor total para introduzirmos na equação 4.1

Consultando a Empresa Gás Natural Fenosa (CEG-RIO), foi verificado que o atual preço do gás natural para utilização industrial se encontra no valor de

R\$ 2,12 Kg

Para calcular o custo do vapor será levado em consideração à eficiência da caldeira por eventuais perdas, desse modo consideraremos uma eficiência de 85% para este projeto.

Tabela 17 – Fator de Eficiência do Processo

Eficiência	Fator
85 %	1,18
80 %	1,25
75 %	1,33
70 %	1,43
65 %	1,54
60 %	1,67

O calor sensível da água é referente a temperatura de alimentação da geração de vapor, a água que alimenta a caldeira chega a temperatura ambiente, assim pode-se considerar a temperatura em aproximadamente 20°C, para essa faixa de temperatura o calor sensível é considerado o mesmo da temperatura de alimentação, desse modo será considerado o calor sensível em 20 Kcal/Kg.

Levando em consideração todas as informações acima poderão ser montadas o quadro resumo com as características do processo.

Tabela 18 – Quadro Resumo do Vapor e seu Custo

Combustível	Gás Natural
Massa específica do Combustível	630 Kg/m ³
Custo do Combustível	R\$ 2,12
Pressão do vapor	2,5 Kgf/cm ²
Temperatura do vapor	128,1 °C
Rendimento da Caldeira	85%
Temperatura na Alimentação	20°C
Calor contido na Alimentação	20 Kcal/kg
Poder Calorífico Inferior	8500 Kcal/m ³
Calor Sensível	128,5 Kcal/Kg
Calor Latente	498,5 Kcal/Kg
Calor Total	649,1 Kcal/Kg
Custo do Vapor (R\$/1000 kg)	R\$ 182,53 /Tonelada

4.6 Planta Industrial

Através dos tópicos anteriores poderá ser montado um esquema conforme a figura 45 de uma planta industrial, tendo como objetivo visualizar o funcionamento e a montagem dos equipamentos vistos anteriormente, sendo um esboço para elaboração de uma micro-cervejaria montada e como ela irá se inserir dentro do espaço disponível do empreendedor.

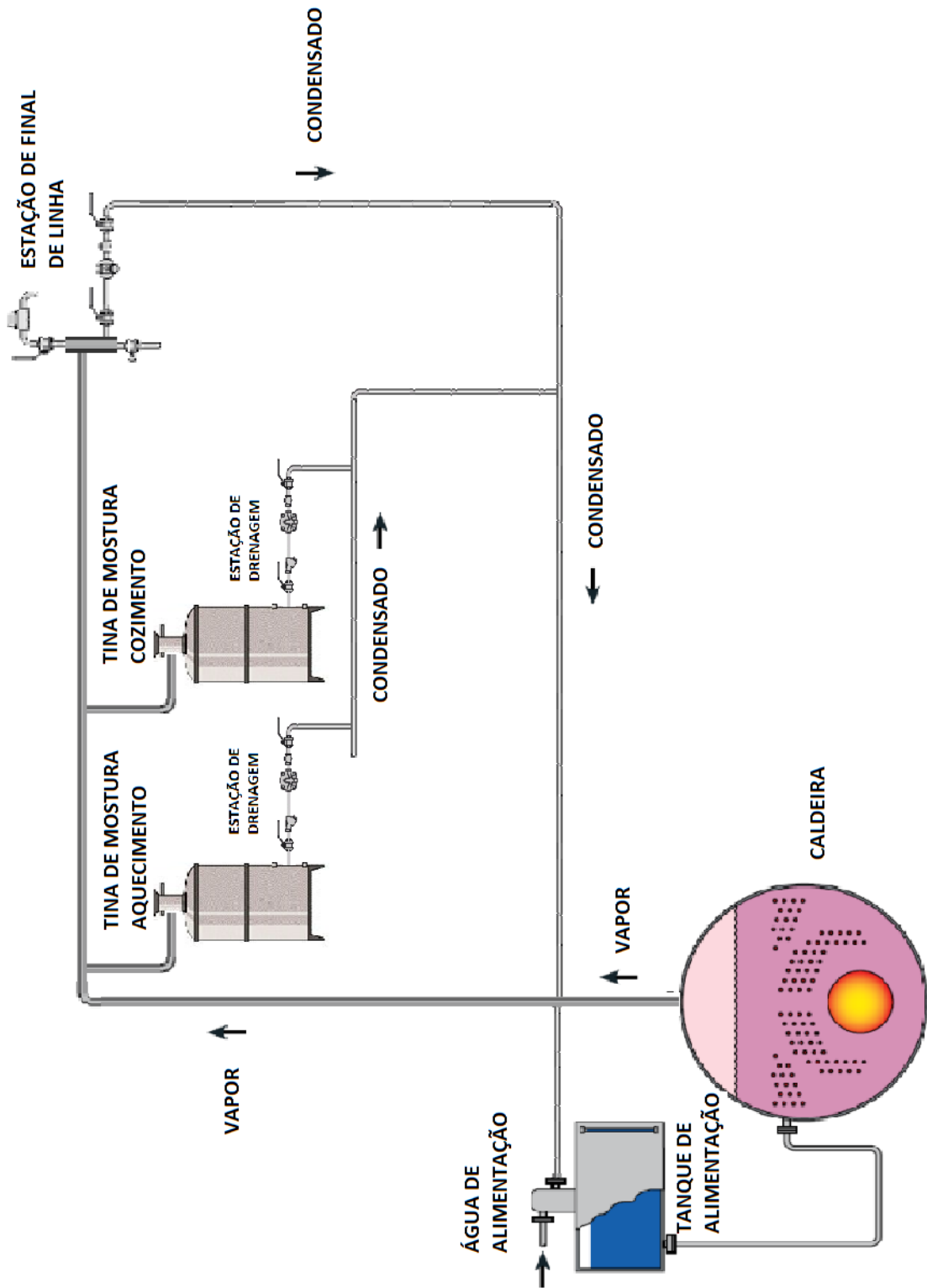


Figura 45 – Planta Industrial Teórica da Micro-Cervejaria

CAPITULO V - CONCLUSÃO

Pode se ter como resultado teórico após dimensionado o consumo, caldeira, acessórios, linhas de vapor, linha de retorno, estações de drenagem e fins de linha, o modelo teórico visto na figura 45, onde estão os requisitos básicos para se montar uma micro-cervejaria de acordo com o processo de fabricação e os requisitos industriais visto neste projeto. Pode-se concluir que para se criar uma micro-cervejaria devemos estar atentos a enumeras etapas e condições, este projeto teve como objetivo mostrar a estrutura básica a fim de se auxiliar um empreendedor desde a parte de produção até a parte industrial, visando sempre obter o melhor custo financeiro juntamente com uma produção eficiente. Foram abordadas questões importantes como indicação de compras conforme tabela 18 e montagem industrial conforme figura 45, lembrando que cada empreendedor terá uma necessidade própria, visto que cada cervejaria tem sua receita única que leva a alterações nos insumos e conseqüentemente na quantificação da fabricação, deste modo o intuito deste projeto e dar referência para empreendedores adaptarem suas necessidades e complementar este projeto com inclusões de outros trabalhos e pesquisas como custos de insumos, mão de obra, manutenção, estocagem, distribuição, acessórios industriais visando aumentar a eficiência energética, qualidade da produção e questões de Marketing, logística e público consumidor e custos. Este projeto tem como visão criar um modelo de Micro-cervejaria que venha a ser referência nacional e conseqüentemente um *Benchmark* para a Indústria, podendo assim auxiliar qualquer empreendedor que queira empreender no mercado de cervejaria.

Tabela 18 – Tabela de orçamentos (orçamentos solicitados em anexo)

Material	Valor (R\$)
2 Varas de Tubo 2 Pol.	953,80
2 Varas de Tubo 1.1/4 Pol.	671,70
2 Varas de Tubo 1 Pol.	486,00
2 Varas de Tubo ½ Pol.	306,50
2 Varas de Tubo ¾ Pol.	417,20
Caldeira AALBORG Mini 0,500	134.010,000
Tanque De Condensado	24.310,00
Purgador Termodinâmico TDS 52 1/2 Pol.	520,00
Purgador de Boia FT 14X 4,5 1 Pol.	1.760,00
Purgador de Boia FT 14 – 4,5 ½ Pol.	1.290,00
Válvula Esfera VMR ¾ Pol.	118,00
Válvula Esfera VMR ½ Pol.	89,00
Filtro FIG 13 ¾ Pol.	262,00
Filtro FIG 13 ½ Pol.	210,00
Visor Vz ¾ Pol.	480,00
Visor Vz ½ Pol.	468,00
Purgador Bp 22 ½ Pol.	770,00
Total	167.122,20

CAPITULO VI – BIBLIOGRAFIA

[1] – Revista Galileu – **Quem Inventou a Cerveja**, [Internet] Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT625208-3029-3,00.html>>

Acesso em: 27/12/2017

[2] - Imperio Brazil – **Historia da Cerveja do Brasil Colônia** - [Internet] Disponível em: <http://imperiobrazil.blogspot.com.br/2012/03/historia-da-cerveja-do-brasil-colonia.html>

Acesso em: 27/12/2017

[3] – Exame Abril – **Os Bastidores da Produção das Cervejas da Ambev**, 2014 [Internet] Disponível em:

<<http://exame.abril.com.br/negocios/os-bastidores-da-producao-das-cervejas-da-ambev/>>.

Acesso em : 23/06/2017

[4] - UFRGS – **Clarificação**, 2002 [Internet] Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/clari.htm/>>.

Acesso em: 23/06/2017

[5] – Brejas - **Cervejas Artesanais**, [Internet] Disponível em: <<http://www.brejas.com.br/cervejas-artesanais.shtml/>>.

Acesso em: 24/06/2017

[6] – Food Magazine – **A hora e a vez das Cervejas artesanais**, 2015 [Internet] Disponível em:

<<http://www.foodmagazine.com.br/food-service-noticia-bebidas/a-hora-e-a-vez-das-cervejas-artesanais/>>.

Acesso em: 24/06/2017

[7] – Deputado Luiz Martins – **Lei 6821/2014 Incentivo à produção de cervejas e chopes artesanais**, 2015 [Internet] Disponível em:

<<http://www.deputadoluizmartins.com.br/lei-68212014/>>.

Acesso em: 24/06/2017

[8] - Prefeitura de Nova Friburgo - **Nova Friburgo ganha feira mensal de cervejas artesanais: primeiro “Deguste” acontece neste sábado, 2016**

[Internet], Disponível em:

<<http://novafriburgo.rj.gov.br/2016/06/nova-friburgo-ganha-feira-mensal-de-cervejas-artesanais-primeiro-deguste-acontece-neste-sabado/>>.

Acesso em: 24/06/2017

[9] – Bizzo.Waldir A - **Geração, Distribuição e Utilização de Vapor**, UNICAMP, 2003

[10] – OLIVEIRA. Abner, GOMES RODRIGUES. Brenda Clara, MENDES DA SILVA. Hugo Rafael, MILHOMENS.Jonathan. SOUSA MARQUES,Rodrigo - **Projeto Micro Cervejaria, Green Beer S.A.**, FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS - UFT CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA, 2010

[11] – SpiraxSarco - **The Steam and Condensate Loop**, published by SpiraxSarco,2008

[12] - SpiraxSarco – **Pipes and pipe sizing**, [Internet] Disponível em:

<<http://www.spiraxsarco.com/resources/pages/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.aspx/>>.

Acesso em: 24/06/2017

[13] - Brejas - **Cerveajs Não Pasteurizadas**, [Internet] Disponível em:

<<http://www.brejas.com.br/lista/cervejas/cervejas-nao-pasteurizadas/>>.

Acesso em: 24/06/2017