

H O M E N A G E M

Dedico:

Aos mesu pais e familiares.

Pela paciência, compreensão e conforto, dado  
por todos nesta luta vitoriosa.



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os funcionários em geral da Salgema Industrias Químicas S.A., que direto ou indiretamente, me deram chance de uma ótima experiência prática que adquiri.



## DECLARAÇÃO

Declaramos, para fim de comprovação escolar, que Alexandre Braga de Almeida, aluno do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba, estagiou nesta Empresa na Divisão de Manutenção, no período de 07.02 a 29.07.83, perfazendo o total de 1112 horas de estágio.

Maceió, 30 de agosto de 1983

*Ademar Araújo Queiroz do Valle*  
Ademar Araújo Queiroz do Valle  
Gerente Administrativo

## Í N D I C E

- 1 - Introdução
- 2 - Histórico e Processo da industria
- 3 - Segurança e assitência aos funcionários
- 4 - Programação de manutenção
- 5 - Compressores
- 6 - Bombas
- 7 - Conclusão

## 1- INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem a finalidade de informar as atividades desenvolvidas por mim, ALEXANDRE BRAGA DE ALMEIDA, aluno do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, durante um estágio Curricular do Curso Superior de Engenharia Mecânica, na área de mecânica, realizado na Divisão de Manutenção da "SALGEMA INDUSTRIAS QUÍMICAS S.A.". O estágio teve seu início em 07 de fevereiro de 1983 e findou em 29 de julho de 1983.

## 2- HISTÓRICO DA EMPRESA

Surgida da visão empresarial do brasileiro Euvaldo Luz, a SALGEMA foi constituída nos idos de 1971 pelos grupos EULUZ, DUPONT e BNDE. Hoje, a empresa está situada na faixa de grupos privados e de capital nacional.

Seus principais acionistas: COPENE - Petroquímica do Nordeste S/A com 35,25%; NORQUISA - Nordeste Química S/A com 34,53%; PETROQUISA - Petrobrás Química S/A com 30,22%.

### COMPLEXO INDUSTRIAL DA EMPRESA

- Emissário submarino
- Terminal marítimo
- Terminal de gás natural
- Campo de extração do Salgema
- Dutos de água e salmoura
- Unidade de cloro-soda
- Unidade de ácido-clorídrico
- Unidade de dicloroetano
- Unidade de eteno a partir do álcool
- Unidade de purificação do DCE.

### MATÉRIAS-PRIMAS

Sal-gema e energia elétrica são os principais insumos para a fabricação de soda cáustica e cloro. O Sal-gema é extraído de minas localizadas a 8 km da fábrica em Maceió. O sal da terra é diluído através de água sob pressão e enviado por tubulção sob a forma de salmoura.

### PRODUÇÃO DA EMPRESA

A Salgema produz os seguintes produtos: Soda Cáustica; Cloro; Hidrogênio; Dicloroetano; Eteno; Hipoclorito de Sódio; Ácido

Clorídrico.

A Soda Cáustica é largamente utilizada no mundo moderno. Todas as variedades de xampus, sabões e glicerina partem de elementos graxos tratados com soda. Na industria textil é utilizada para a fabricação de fibras sintéticas, e também se utiliza para: o branqueamento de tecidos, na industria de celulose e papel. Os alvejantes são fabricados a partir da soda, também presente na industria do alumínio.

É com o cloro que a Salgema fabrica dicloroetano, matéria-prima básica na produção de MVC/PVC. Do PVC parte infinita linha de produtos como: tubos e conexões, garrafas plásticas, discos, filmes, imitações de couro, encapamentos elétricos. O cloro, também é bastante utilizado no tratamento de água potável dos grandes centros do País.

O hipoclorito de sódio é a matéria-prima básica para a fabricação de água sanitária.

O ácido clorídrico é utilizado no tratamento da salmoura ou vendida para fabricantes de alumínio.

O eteno que utiliza alcool como principal matéria-prima, esta unidade é a maior planta de eteno alcoolquimica do mundo.

#### MEIO AMBIENTE

A Salgema dedica especial atenção à preservação do meio ambiente desde sua implantação nos anos 70. Já na construção da fábrica, a Salgema investiu elevadas somas no sistema de tratamento de efluentes.

#### SITUAÇÃO DA EMPRESA

Situada na Avenida Assis Chateaubriand, 5260, Pontal da Barra. Caixa Postal 348 - Maceió - Alagoas. Sua administração é constituída de uma Presidência, Quatro diretorias, Departamentos, Divisões e Seções.

## DESCRIÇÃO SUSCINTA DOS PROCESSOS DA SALGEMA

### 1-Fábrica de cloro-soda

#### 1.1- EXTRAÇÃO DE SAL

A jazida de Salgema é explorada pelo processo de solubilização, que consiste na injeção de água, obtida em poços artesianos, nas minas de sal.

A salmoura é bombeada para a fábrica através de um salmouroduto de aproximadamente de 6,5 km

#### 1.2- TRATAMENTO DA SALMOURA

Embora a jazida de Salgema tenha uma alta concentração de sal, existem algumas impurezas que precisam ser eliminadas. São eles: cálcio, magnésio, ferro, alumínio, etc.

#### 1.3- BENEFICIAMENTO DO SAL

O sal não processado nas células, uma parte deste sal volta para ser reprocessado e a outra vai para a Companhia do Recôncavo Bahiano.

#### 1.4- ELETRÓLISE DA SALMOURA

A eletrólise (passagem de corrente elétrica pela salmoura) da salmoura é efetuada nas células tipo diafragma.

A soda cáustica sai das células como um componentes do "licor de células".

#### 1.5- PROCESSAMENTO DO CLORO SAINDO DAS CÉLULAS

O cloro desprendido no anodo das células é inicialmente resfriado por contato direto com água da lagoa no resfriador primário do gás da casa de células, onde a maior parte da água que o acompanha na forma de vapor d'água é condensada. Segue-se um resfriamento secundário, e então o cloro é enviado às torres de secagem com ácido sulfúrico. Nesta condição o cloro é então comprimido no compres

sor de cloro e subsequente liquefeito.

Dos tanques de pesagem, após vaporização nos vaporadores de cloro, antes de sua liquefação o cloro é enviado para as áreas de consumo.

#### 1.6- PROCESSAMENTO DO LICOR DE CÉLULA

O licor de célula é enviado da área de eletrólise para a área de concentração de soda cáustica onde, em sistema de triplice efeito é reduzido o teor de água, até a obtenção de soda cáustica a 50%.

A soda cáustica líquida a 50% é enviada da área de concentração para armazenagem nos tanques de estocagem de soda, sendo daí enviada para venda e para os pontos de consumo.

#### 1.7- PRODUÇÃO DE HIPOCLORITO DE SÓDIO (Água Sanitária)

Este produto é obtido nos tanques 1, 2, 3, 4 absorvedores de cloro. Nos tanques 1 e 2 é absorvido todo o cloro liberado no seu processamento, estocagem e carregamento. Nos tanques 3 e 4 é comercializado.

#### 1.8- PRODUÇÃO DE ÁCIDO CLORÍDRICO

São produzidos dois tipos: o tipo comercial, com uma concentração de 30% e o tipo para descarte de cloro, com uma concentração de 1,5%.

### 2- FÁBRICA DE ETENO A PARTIR DO ALCOOL

#### 2.1- Desidratação catalítica do etanol

A formação do eteno é feita através de um processo adiabático. Através de seu aquecimento nos fornos primários, secundários e terciários, pela queima do óleo combustível BPF.

Após o aquecimento do etanol em cada forno, ele é conduzido aos respectivos reatores.

## 2.2- Purificação do eteno

Da torre de lavagem, o eteno é conduzido ao sistema de purificação, onde passa pela etapa de secagem.

Após a remoção da água, o eteno é enviado à torre purificadora de eteno, onde é admitido numa temperatura próxima do ponto de orvalho do gás.

Para isto passa previamente por vários pré-aquecedores, o qual é enviado à unidade dicloroetano.

## 3 -FÁBRICA DE DICLOROETANO

### 3.1- Formação do dicloroetano DCE

O dicloroetano é produzido no reator de DCE onde são injetados na forma gasosa, o cloro e o eteno.

O dicloroetano saindo do reator contém um excesso de cloro suprido à reação e alguma porção de catalizador (clorato férrico).

O DCE seco é enviado através de bombas de transferência de DCE final para a área de purificação.

### 3.2- Purificação do Dicloroetano

O DCE é admitido na coluna de DCE produto, havendo a seguinte separação:

- O produto destilado após sua condensação, parte é resfriado no resfriador de DCE produto e finalmente estocado nos tanques de DCE final.
- O produto de fundo ainda rico em DCE é enviado a coluna de resíduo, onde é recuperado, reciclando-o para o tanque que alimenta a torre de secagem.

### 3-SEGURANÇA E ASSISTÊNCIA AOS FUNCIONÁRIOS

Assistência médica aos funcionários e dependentes, restaurante na própria empresa, transporte residências para a empresa e vice-versa, seguro de vida em grupo e gestões junto a entidades habitacionais, visando facilitar aquisição de casa própria.

A Salgema Industrias Químicas S.A. adota uma política de trabalho totalmente se pensando em segurança, pois é considerado de vital importância.

Seus princípios são:

- Evitar acidentes, no trabalho e em casa, melhora a produção e reduz os gastos.
- Evitar acidentes é responsabilidade individual de todos.
- Todos os acidentes podem ser evitados.
- Todas as operações realizadas na fábrica podem ser feitos com segurança.
- Todos devem trabalhar com segurança.

A Salgema é uma das poucas empresas que chegam aos records de acidentes "zero" realizados durante o período de trabalho. Devido ser bem treinado o pessoal desta conceituada empresa.

#### 4- PROGRAMAÇÃO DE MANUTENÇÃO

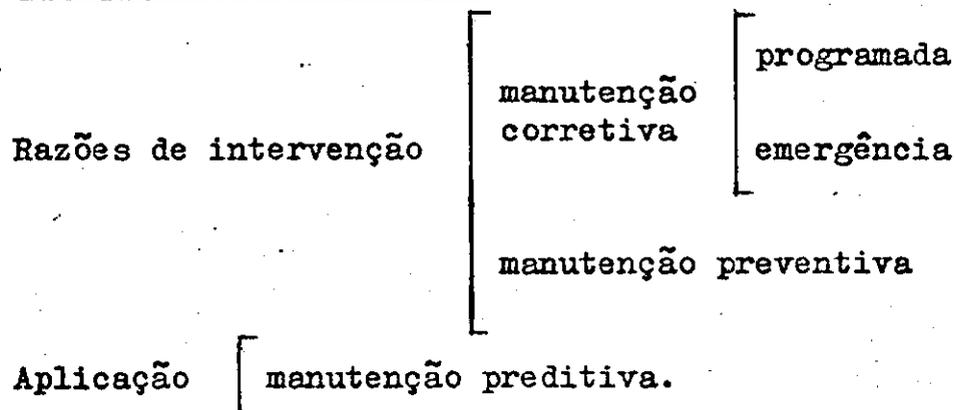
##### 4.1- INTRODUÇÃO

A aplicação de manutenção industrial, nos últimos anos, vem sendo objeto de estudo e observação. A utilização de máquinas, equipamentos e sua manutenção, cada vez mais são bases principais para a melhoria operacional dos processos industriais e são fatores primordiais na redução do custo para o produto.

A manutenção visa a:

- a) Aumentar a disponibilidade dos equipamentos para operar otimamente nas diversas etapas dos processos industrial.
- b) Qualificar e Quantificar a aplicação da manutenção, para obter o mínimo de desgastes, aumentando o tempo de vida dos equipamentos.
- c) Executar as atividades acima com o menor custo operacional e com a maior segurança material do pessoal que seja possível alcançar.

##### 4.2- Atividades de manutenção



##### Manutenção corretiva

Finalidade de revisar, reparar ou substituir componentes para que o equipamento retorne à sua melhor condição de operação.

### Manutenção preventiva

É uma intervenção periódica. Periodicamente o equipamento é parcialmente ou totalmente desmontado, inspecionado e os componentes com desgaste substituídos a fim de eliminar problemas antes que eles aconteçam.

Alguns fatores que resultam no aumento do custo do serviço de manutenção:

- Perda de homens-horas produtivas resultante da transferência de pessoal de uma área para outra.
- Custo da ineficiência que ocorrem quando os materiais, ferramentas e equipamentos de apoio não se encontram prontamente disponíveis.
- Custo de trabalho em hora-extra.

### Manutenção preditiva

Regularmente inspeções e medições são feitas para reconhecer problemas antes que eles tornem-se graves. O equipamento continua funcionando até o ponto onde se programa a intervenção da manutenção. Exemplos: análise de vibração, medição da espessura de tubos e vasos de processo, medição de temperatura.

A DIMAN usa uma combinação das três atividades de manutenção com uma tendência a aumentar a manutenção preditiva, o que ocorrerá com o aprimoramento de técnicas de inspeções, medições e controles.

### 4.3- Organização de manutenção na Salgema

A DIMAN é composta de 4 setores, dos quais um de planejamento e três de execução direta:

SETOR DE PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DOS SETORES DE EXECUÇÃO DA DIMAN:

SEPRO - Setor de Programação

- a) Atividades de programação
- b) Atividades de controle
- c) Atividades de execução

SEMEC - Setor de Manutenção Mecânica

Este é o setor responsável pela manutenção mecânica de equipamentos rotativos, estacionários e tubulações, subdivide em:

- 1- SMECA - responsável pela manutenção de equipamentos rotativos.
- 2- SSECO - responsável pela manutenção de equipamentos estacionários e tubulações.

SELET - Setor de Manutenção Elétrica.

SEINS - Setor de Instrumentação.

4.4- Programação de Manutenção

Atualmente usa-se como definição as seguintes prioridades:

- a) Emergências
- b) Urgentes
- c) Normal

4.4.1- Índice de Manutenção Programada

Mede a quantidade de serviços executados conforme a programação dos serviços de manutenção.

4.4.2- Índice de Manutenção de Emergência

Mede a quantidade de serviços executados em caráter de emergência.

#### 4.4.3- Porcentagens de Serviços Preventivos

Mede a Quantidade de homens-hora empregados em serviços preventivos em geral.

#### 4.4.4- Índice de Horas Extras

Mede a Quantidade de horas extras em relação a Quantidade de horas utilizadas durante o mês.

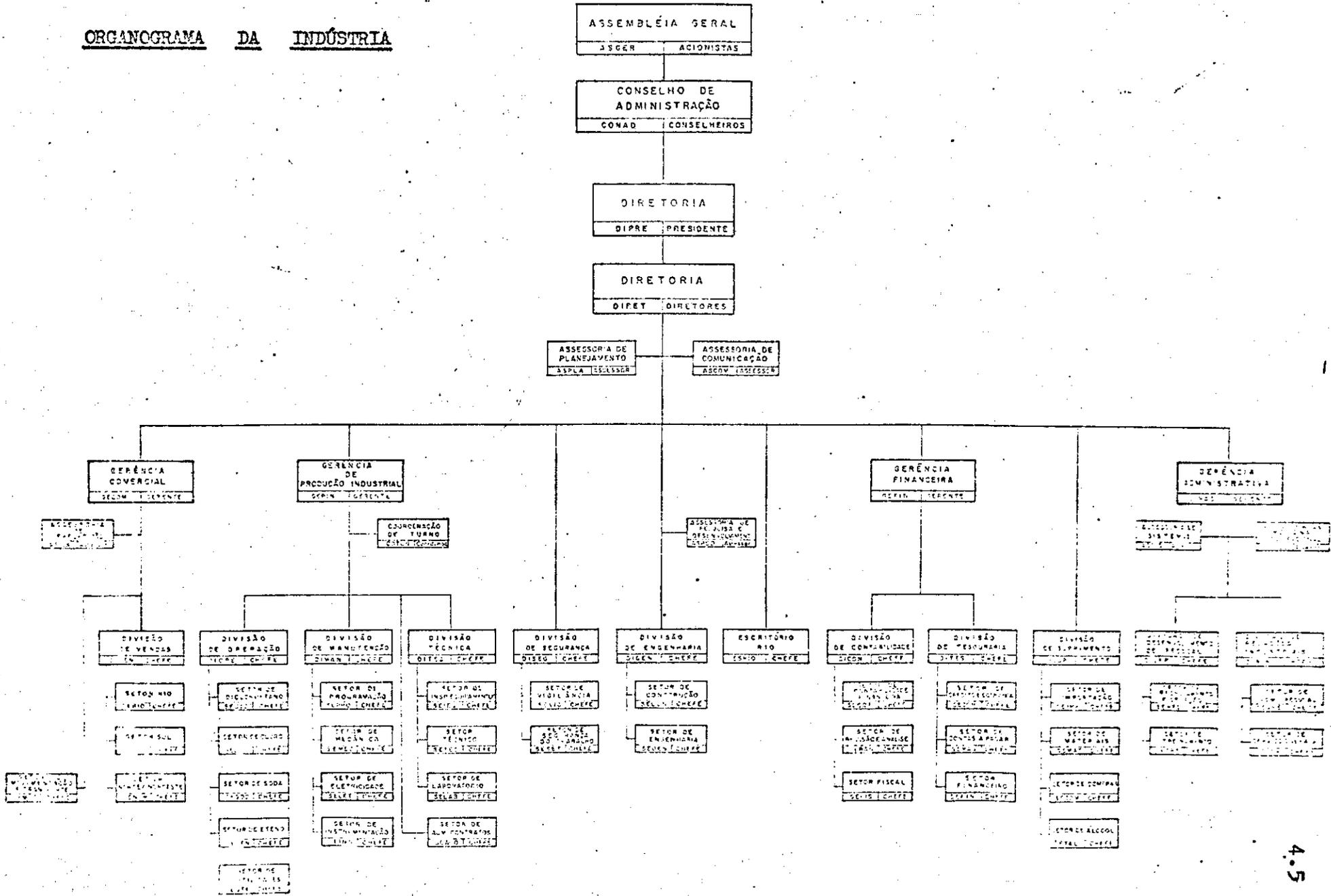
#### 4.4.5- Índice de Eficiência da DIMAN

Mede a Quantidade de horas produtivas em relação a Quantidade de horas disponíveis durante o mês.

OBS: Durante quase todo o estágio participei de manutenções junto a SEMEC.

E outra mais curta participei da programação e controle de manutenção junto ao SEPRO.

**ORGANOGRAMA DA INDÚSTRIA**



## 5- COMPRESSORES

O transporte de fluidos compressíveis, tornado possível por máquinas como compressores, é parte fundamental dos processos da indústria química.

Um fluido compressível pode ser evacuado de um sistema ou injetado nele para, por exemplo, auxiliar na obtenção de uma condição de pressão, volume e temperatura necessária para que haja uma determinada reação, aconteça numa faixa ótima, ou para efetuar uma mudança de fase de um fluido.

O maior número de máquinas de compressão de gases na indústria química é usado para ar. Este é empregado para operação dos instrumentos pneumáticos, atuação de servo-sistema (sistema de controle automático), e para utilidades em geral em qualquer unidade de processos químicos.

A compressão de um gás é efetuada praticamente segundo um de dois procedimentos básicos, os quais determinam duas classes de compressores:

5.1- Volumétricos

5.2- Dinâmicos

### 5.1- Volumétricos

O aumento da pressão de uma certa massa de gás é conseguido para redução do volume que este ocupava.

Divide-se em:

#### 5.1.1 -ALTERNATIVOS

- Compressores de êmbolo (pistão)

#### 5.1.2 -ROTATIVOS

5.1.2.1- Compressores de lóbulos

5.1.2.2- Compressores de palhetas

5.1.2.3- Compressores de parafusos

5.1.2.4- Compressores de anel líquido.

## 5.2- DINÂMICOS

O fluxo de gás recebe inicialmente um trabalho mecânico, adquirindo energia cinética, e em seguida essa energia cinética é transformada em energia de pressão pela passagem do gás em canais cuja área transversal aumenta progressivamente no sentido do fluxo.

Esses compressores são agrupados em:

### 5.2.1- TURBO-COMPRESSORES

O trabalho sobre o gás é efetuado por rotor provido de palhetas.

A trajetória do fluxo em relação ao rotor da máquina estabelece dois grupos:

- a) Centrífugos - trajetória radial
- b) Axiais - trajetória axial.

## 5.3- TIPOS DE COMPRESSÃO

Uma compressão adiabática irreversível é a que se verifica normalmente nos turbos-compressores, estes geralmente não são resfriados e operam com altas vazões (causando altas velocidades do gás), fazendo com que o calor cedido por cada unidade de massa de gás ao ambiente seja reduzido. As pressões de descargas e temperaturas atingidas pelo gás não são muito elevadas.

## 5.4- COMPRESSORES ALTERNATIVOS

### 5.4.1- CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

No compressor de duplo efeito, existem duas câmaras de compressão trabalhando em paralelo, cada uma delas limitada por uma face do pistão.

#### 5.4.1.1- CARACTERÍSTICAS DESSA CONSTRUÇÃO

- Torque mais regular
- Grandes capacidades
- Esforços laterais do pistão (anéis) contra o cilindro são muito reduzidas
- Contato lubrificanta-gás pode mais eficientemente evitado.

OBS:1- Em geral, compressores para serviços de maior responsabilidade, são de duplo efeito.

- 2- Os compressores alternativos efetuam compressões com resfriamento do gás, devido ao relativamente longo tempo de permanência de uma unidade de massa de gás trocando calor com o ambiente.

#### 5.4.1.2- SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Nos modernos compressores industriais de duplo efeito, a lubrificação dos mancais, gira brequim, cruzeta e anéis de selagem pode ser feita por sistema de salpique. Os cilindros são normalmente lubrificados com um lubrificador mecânico.

OBS: O do tipo não lubrificado se utilizam anéis de vedação de teflon ou carvão.

#### 5.4.1.3- SELAGEM DA HASTE DO PISTÃO

Utilizam anéis metálicos para vedação da haste do pistão. Os quais são presos através de um parafuso passante. Os anéis são construídos em segmentos e apertados contra a haste do pistão por molas circulares.

#### 5.4.1.4- DISPOSIÇÃO DOS CILINDROS

##### A) HORIZONTAIS

###### CARACTERÍSTICAS

- Facilidade de acesso, principalmente as válvulas.
- Ocupam muito espaço e exigem maiores fundações.
- Esforços laterais sobre os anéis do pistão.

##### B) VERTICAIS

###### CARACTERÍSTICAS

- acesso mais difícil
- menores fundações e espaço ocupado
- lubrificação mais fácil.

OBS: Em compressores muito grandes, o peso do pistão poderia causar cargas adicionais sensíveis nas peças acionadoras, nesse caso é usado horizontais.

#### 5.4.1.5- VÁLVULAS DO COMPRESSOR ALTERNATIVO

As qualidades necessárias das válvulas são:

- Estanqueidade, quando fechadas
- Causar pequenos perdas de carga quando aberta
- Pequena inércia nas partes móveis
- Resistência das peças a choques, pressões e temperatura elevadas e à corrosão.
- Não aumentar muito o espaço morto
- Facilidade de manutenção

##### 5.4.1.5.1- AS VÁLVULAS PODEM SER

- a) Automáticas - a sua abertura ou fechamento se faz pela diferença de pressão do reservatório de gás com o qual ela comunica o cilindro. Podem ser:

- De lâminas elásticas planas
- De lâminas elásticas curvas
- De disco plano
- Poppet
- Double deck

b) Comandadas - abertura comandada por eixo de cames engrenado ao girabrequim. Sua construção complexa, de custo bem maior.

#### 5.4.1.6- UMIDADE

Em compressores de alta pressão que usam resfriadores intermediários para reduzir a temperatura do gás, a presença de vapor condensável no gás causa danos, pois ele se condensa nos resfriadores intermediários, e deve ser removido, para não causar danos ao compressor, através de purgadores.

#### 5.4.1.7- INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE SERVIÇOS

##### a) PRESSÃO DE SUCCÃO

Uma diminuição na pressão de sucção causa um menor volume aspirado, e portanto uma menor vazão fornecida pelo compressor.

##### b) TEMPERATURA DE SUCCÃO

Quanto maior a temperatura de sucção menor a massa de gás que preenche o cilindro, maior o trabalho por unidade de massa requerido e maior a temperatura de descarga.

##### c) PRESSÃO DE DESCARGA

Um aumento na pressão de descarga causa os mesmos efeitos que uma diminuição da pressão de sucção. A vazão em volume sofrerá um decréscimo e a temperatura aumentará.

#### 5.4.1.8- COMPRESSORES NÃO LUBRIFICADOS

São usados para trabalhar em sistemas em que não pode haver contato do óleo com o gás. Somente o cilindro e a vedação da haste não são lubrificados, mas os mancais do girabrequim e as articulações das bielas são lubrificados pelo sistema usual.

Aplicam-se comumente os compressores não lubrificados em:

- compressão de O<sub>2</sub>
- compressão de gases que reagem com lubrificantes.
- sistemas de refrigeração
- fabricação de válvulas, medicamentos
- ar comprimido para limpezas de moldes de fundição
- ar comprimido para instrumentos.

#### 5.4.1.9- INCOVENIENTES

- Menor vida
- Maior potência necessária
- Menor rotações
- Maiores fugas
- Manutenção mais frequente

#### 5.4.1.10- COMPRESSORES COM ANÉIS DE TEFLON OU CARVÃO

Nesses compressores, os anéis do pistão e a vedação da haste são fabricados em material que forneça baixo atrito, em geral carvão bastante denso ou teflon.

#### 5.4.1.11-VIBRAÇÕES

O girabrequim de um compressor alternativo está sujeito a vibrações torcionais, resultantes dos esforços resistentes devidos à pressão do gás e as forças de inércia provenientes da aceleração e desaceleração das peças em movimento.

#### 5.4.1.12-PRECAUCÕES

##### A) Cuidados diários

- Verificar nível de óleo
- Drenar condensado do vaso de descarga e acumulador.
- Verificar qualquer ruído anormal.

##### B) Cuidados semanais

- Limpar filtro de ar
- Limpar partes externas do compressor e acionador.
- Testar manualmente válvulas de segurança.

##### C) Cuidados mensais

- Inspeccionar o óleo e trocá-lo se for constatado qualquer contaminação.
- Verificar se não há vazamento no sistema de compressão.

##### D) Cuidados trimestrais

- Trocar o óleo
- Inspeccionar as válvulas do compressor.

OBS: Darei mais detalhes dos compressores alternativos, porque passei a maior parte do estágio fazendo manutenção dos mesmos.

#### 5.4.1.13- MANUTENÇÃO

##### - VÁLVULAS

Após a desmontagem das tampas e lanternas, as válvulas do compressor são facilmente acessíveis cujo controle em condições normais de serviço, deve ser realizado no final de cada 5.000 horas de serviço contínuo. Qualquer anormalidade no funcionamento do compressor, as revisões das válvulas devem ser realizadas com maior frequência. Assim sendo as válvulas devem ser totalmente desmontadas de todos os seus componentes e limpos.

##### - ÊMBOLOS

As porcas dos êmbolos, as chavetas transversais da haste e os parafusos da biela devem ser controlado manualmente para verificar se encontram devidamente assentes.

##### - SELO ROTATIVO NO EIXO-MANIVELA

O selo rotativo fica acessível após a desmontagem do volante e da tampa do mancal. Primeiramente deve-se esvaziar o óleo contido na câmara do selo rotativo através do parafuso de fecho previsto para este fim.

##### - ÓLEO LUBRIFICANTE

Quando for preciso trocar o óleo, é necessário lavar o filtro e o carter, e limpá-los.

##### - ANÉIS NA CAIXA DE EMPANQUE

Devem ser controlados anualmente, pois anéis excessivamente gastos aumentam as perdas e isto pode ocasionar que a pressão no carter esteja

consideravelmente mais alta que a pressão de as piração.

- RASPADORES DE ÓLEO

O perfeito funcionamento do compressor depende muito do perfeito estado dos anéis raspadores de óleo e da superfície das hastes dos êmbolos. Se for constatado óleo acima dos anéis, deve-se desmontar e controlar os anéis.

- RESFRIAMENTO

A limpeza do sistema de resfriamento deve ser feita por pessoas capacitadas. Após a limpeza deve-se ser feito um testa de estanqueamento do sistema de água.

- MANCAIS E SISTEMA MOTRIZ

São as partes que necessitam menos manutenção, pois estão sujeitas ao mínimo de desgaste, desde que se efetue com regularidade a troca do óleo.

5.1.2.1 - COMPRESSOR DE LÓBULOS

A compressão ocorre pela contra pressão do fluxo da descarga cada vez que a ponta de um rotor deixa descoberta a abertura de descarga, tem baixo rendimento.

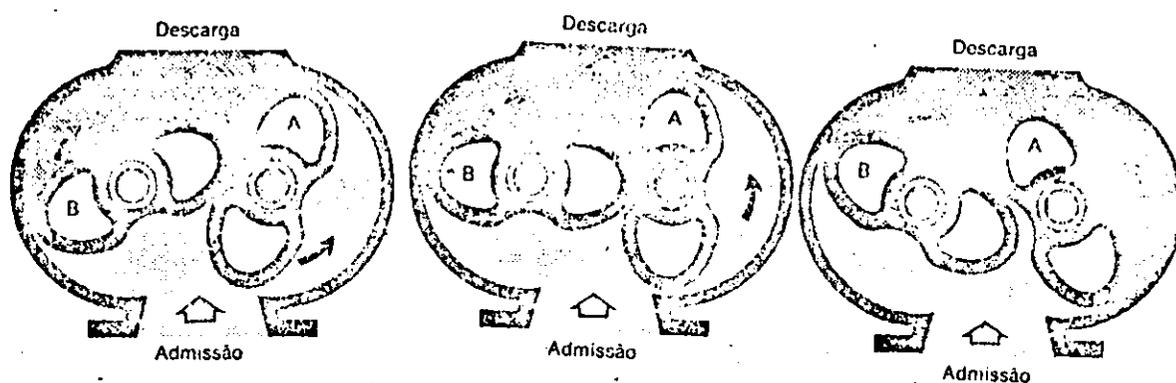
Também chamados sopradores e são usados como bombas de vácuo e como medidores rotativos de fluxo de gás. Normalmente são empregados máquinas de um estágio e também com dois ou três es tágios.

Funcionamento - dois rotores idênticos de dois lóbulos usualmente simétricos giram em sentidos

opostos dentro de uma carcça cilíndrica.

Os rotores se inter-ligam, mas uma folga interna é mantida por um par de engrenagem externas sincronizadas.

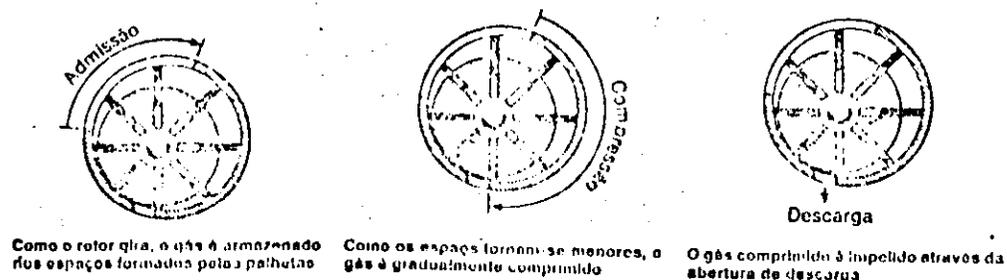
Estes compressores são normalmente resfriados a ar e sua câmara de compressão não é lubrificada.



#### 5.1.2.2- COMPRESSORES DE PALHETAS

O compressor rotativo de palhetas é de deslocamento positivo com uma relação de compressão estabelecida e possui um único eixo.

Seu ciclo de trabalho é mostrado na figura abaixo.

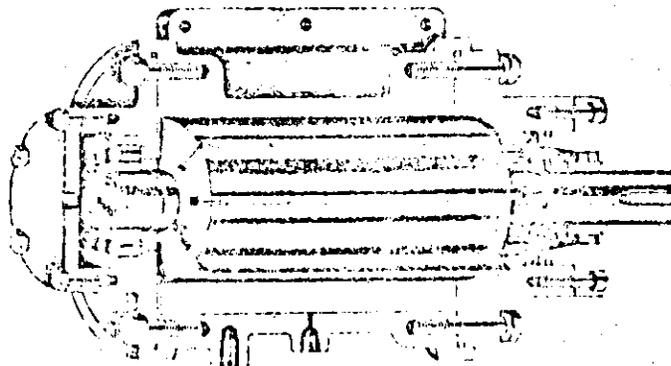


Um rotor com lâminas dispostas radialmente é montado excêntricamente num alojamento estator. Quando as palhetas giram são pressionadas contra as paredes do estator, pela força centrífuga.

O ar admitido pelo compressor é introduzido no espaço entre as palhetas na sua posição mais excêntrica onde o volume é maior. Quando o rotor gira, este volume diminui e o ar é comprimido até que a abertura de descarga é alcançada pela palheta dianteira de cada espaço entre palhetas. As palhetas são laminados de asbestos ou tecidos de algodão impregnados com resinas fenólicas.

Para serviços em que a diferença de pressões for menor que 7 psi, pode-se executar às disposições simétrica das passagens para sucção e descarga. Nesse caso o volume do gás compreendido entre duas palhetas consecutivas se comunica com a descarga, e a pressão aumenta instantaneamente até o valor de descarga.

OBS: É possível resfriar o ar, lubrificar as superfícies e vedar a câmara ao mesmo tempo, pela injeção de quantidades de óleos.



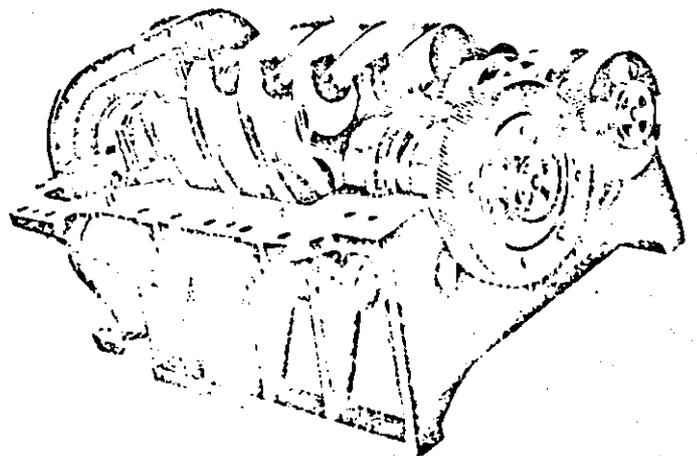
### 5.1.2.3- COMPRESSOR DE PARAFUSO

É semelhante em funcionamento ao compressor de lóbulos.

Embora operem como os compressores de lóbulos, nos de parafuso a compressão é feita pela máquina, e portanto progressiva. As superfícies dos parafusos não se tocam devido a existência de engrenagens externas. Com, os rotores não se tocam entre si, nem com a carcaça, não existe a necessidade de lubrificação dentro da câmara de compressão. Sendo assim o ar descarregado é isento de óleo.

A regulagem da capacidade ou alívio do compressor é usualmente feita por uma válvula que fecha o suprimento de ar ao compressor.

A tubulação de descarga é provida de uma válvula de retenção que fecha quando não há demanda de ar.

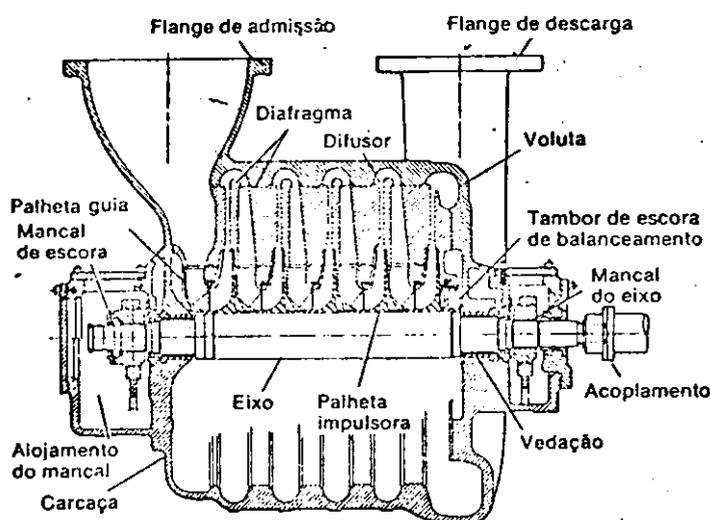


### 5.1.2.4- COMPRESSORES CENTRÍFUGOS

#### CARACTERÍSTICAS

Um compressor centrífugo aumenta a pressão do gás,

acelerando-o enquanto ele escoava radialmente através do impulsor e convertendo posteriormente essa energia cinética em pressão pela passagem do gás em um difusor. A operação desse compressor é semelhante a de uma boma centrífuga. A diferença significativa no desempenho de ambos se deve ao fato do gás ser um fluido compressível.



#### 5.1.2.4.1- CONDIÇÕES DE SUÇÃO

##### - Pressão de sucção

A pressão de descarga variará proporcionalmente à pressão de sucção, permanecendo constante a relação de compressão. Com a mesma vazão volumétrica, uma maior pressão na sucção causará maior vazão em massa, devido ao aumento da densidade na sucção.

##### - Temperatura de sucção

O aumento de temperatura na sucção causará menores relação de compressão, vazão em massa e potência, e maior temperatura de descarga.

A carcaça de um compressor centrífugo pode ter duas variações constitutivas:

- Dividida horizontalmente, em um plano que passe pelo eixo.
- Dividida verticalmente, em um plano perpendicular ao eixo.

Do ponto de vista de manutenção a carcaça dividida horizontalmente é mais interessante, pois o acesso ao conjunto rotativo é mais fácil. Com essa carcaça compressores pequenos podem ter pressões de descarga de até 750 psig e compressores grandes até 200 psig. Com carcaça dividida verticalmente, compressores menores podem trabalhar com pressões até 10.000 psig, e compressores grandes até 650 psig.

O compressor centrífugo de um modo geral tem ainda pressões máximas limitadas, devido a:

- sistema de selagem do eixo, principal fator limitante.
- velocidade máxima do gás - a relação de compressão é capaz de fornecer para um gás em determinadas condições é função da rotação do impelidor.
- estrutura mecânica do impelidor - também causa limitação da rotação.

Os compressores bipartidos horizontalmente são geralmente feitos de ferro fundido, ferro fundido nodular, ou aço fundido, dependendo das pressões, do tipo de gás e das especificações envolvidas.

Os bipartidos verticalmente, ou carcaça tipo "barril" são geralmente feitos de aço fundido, ou no caso de altíssimas pressões, são feitos de aço forjado, com os bocais de sucção e descarga soldadas no barril forjado.

Os difusores e canais guias são geralmente fundidos e sem pás. O eixo é sólido, fabricado com aço forjado, sendo os impelidores montados com interferência, através de aquecimento no instante da montagem e, seguros ao eixo pela introdução de pinos radiais.

Todo o conjunto rotativo mais difusores, mancais e selagem são montados previamente, fora do barril, e em seguida introduzidos dentro da carcaça, através da abertura do flange cego lateral.

Os rotores podem ser fabricados por soldagem, fundição, rebitagem ou usinagem, dependendo das tensões a que o material estará submetido, ao tipo de gás comprimido e do tamanho do rotor.

Normalmente cada rotor é balanceado estática e dinamicamente, como também todo o conjunto rotativo.

#### 5.1.2.4.2- ESFORÇO AXIAL E ACOPLAMENTO DO ROTOR

O esforço axial remanescente, criado quando a compressão opera fora do ponto de projeto ou devido ao atrito nos acoplamentos, é absorvido pelo mancal axial, localizado na caixa de mancais. Geralmente são usados mancais de deslizamento com pastilhas feitas de metal branco. E todas essas pastilhas são feitas para serem submetidas à mesma carga.

#### 5.1.2.4.3- CONSERVAÇÃO DO COMPRESSOR

##### a) Procedimento diário

-Drenar os reservatórios de óleo de selagem e lubrificação.

-Verificar quedas de pressão no filtro de óleo.

- Verificar os níveis de óleo nos reservatórios de óleo lubrificante e de selagem.
- Verificar a operação de todos os resfriadores de gás e seus separadores, além do sistema de eliminação de óleo de selagem contaminado.
- Verificar as indicações de todos os instrumentos (proteção e processo), verificando possíveis alterações bruscas das leituras.
- Verificar os níveis de ruídos em torno do compressor (acionador e redutor).
- Verificar visualmente se há vazamentos de óleo, gás ou água de peças soltas.

b) Procedimento semanal

- Observar a calibração e operação de todos os sistemas de alarmes e de paradas de emergência, com teste.

c) Procedimento mensal

- Lubrificar todos os mecanismos das válvulas de controle e posicionadores das palhetas de sucção.
- Observar vibrações com pesquisas em todas as caixas de mancais, incluindo leituras de vibração do eixo, na frequência correspondente à rotação de trabalho.
- Coletar amostras de óleo dos reservatórios de lubrificação e selagem para análise.

5.1.2.4.4- MANUTENÇÃO

- Desmontar os acoplamentos, limpar e lubrificar.
- Observar alinhamento de todos acoplamentos.
- Limpar, lubrificar e inspecionar os mancais axiais e radiais.

- Limpar e inspecionar todo o sistema de óleo de lubrificação e selagem.
- Limpar e inspecionar todas as válvulas de retenção.
- Observar as juntas de expansão.
- Inspeccionar o acionador, segundo as recomendações do fabricante.

#### 5.1.2.4.5- COMPRESSORES AXIAIS

O compressor axial atualmente está ganhando uma grande gama de aplicações, como: suprimento de ar para regeneradores de catalizador em unidades de craking catalítico.

São vários as razões para o emprego deste tipo de compressor:

- O axial é adequado para grandes vazões, pela crescente capacidade de processamento da indústria.
- Maior eficiência que a do centrífugo.
- Menores dimensões, portanto menores fundações.
- Seleção de acionadores mais comuns, devido as maiores rotações possíveis e menor potência necessária.

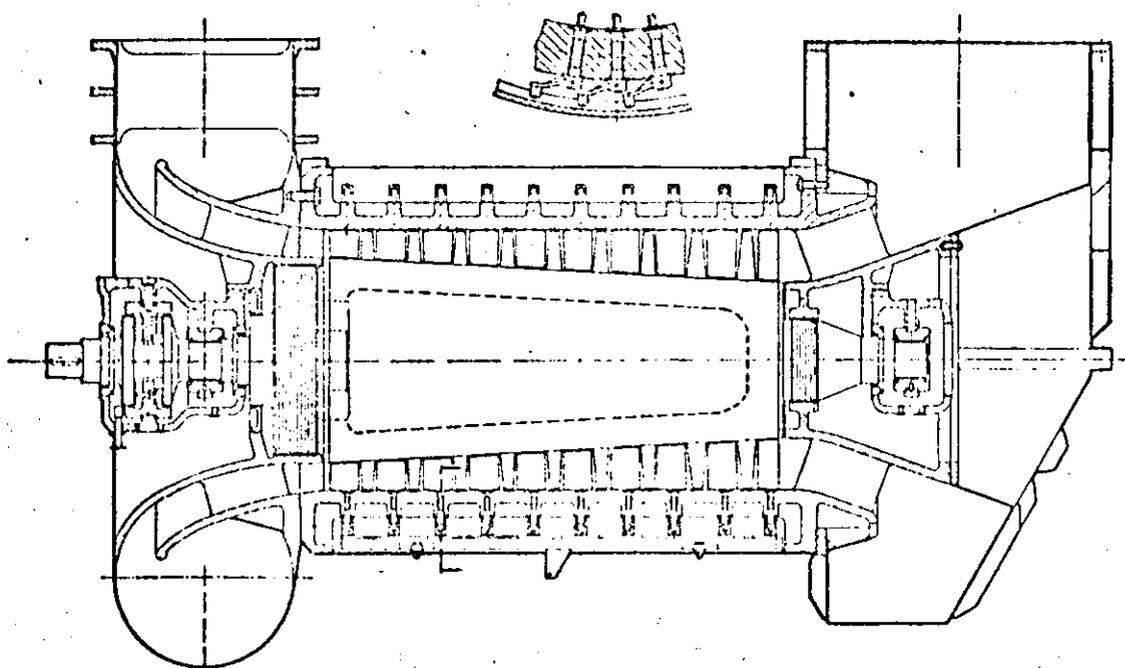
O compressor axial é um compressor dinâmico, caracterizado pelo emprego de conjuntos móveis de palhetas (no rotor), e conjunto estacionário (fixados à carcaça) para efetuar a conversão de energia cinética do fluido em energia de pressão. É uma máquina que atua de maneira idêntica a uma turbina a vapor ou a gás.

As palhetas do rotor aumentam a energia cinética em pressão.

Cada estágio consiste de uma fileira de palhetas móveis e uma de palhetas estacionárias. E o número de estágios é função do aumento de pressão de sejada, para um certo conjunto de condições.

Algumas Características:

- Os bocais de sucção e descarga podem ser localizados em uma variedade de posições: axial, vertical, entrada e descarga laterais.
- Compressores maiores são construídos com entrada e saída axiais.
- As palhetas estacionárias podem ser presas à carcaça externa, em máquinas para grandes vazões.
- Em compressores pequenos ou médios, o conjunto rotativo é constituído de um tambor com pontas de eixo ligadas a ele nas extremidades.
- As palhetas móveis são montadas na periferia do tambor.



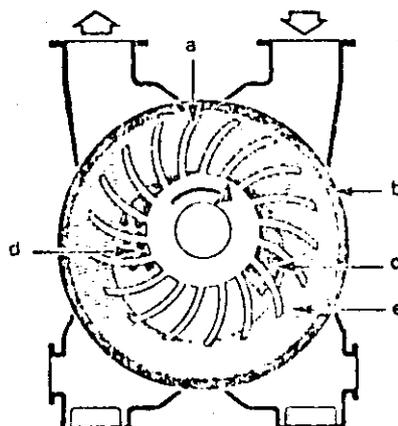
#### 5.1.2.4- COMPRESSORES DE ANEL LÍQUIDO

O compressor de anel líquido é de deslocamento positivo, isento de óleo, com uma relação de compressão estabelecida, tem um rotor com uma série de lâminas fixas, montadas num cilindro e dispostos de forma que a folga entre a ponta da lâmina e o cilindro varia ciclicamente durante cada revolução do rotor. O cilindro é parcialmente preenchido com líquido.

Durante o funcionamento, o líquido é suportado em volta do cilindro pela ação das lâminas do rotor. Devido a força centrífuga, o líquido varia em relação ao rotor, pois este está disposto de forma excêntrica em relação ao cilindro.

O resfriamento dos compressores de anel líquido é contata direta, entre o gás e o líquido, e a temperatura de descarga pode ser mantida próxima da temperatura de admissão do líquido.

- a - Impulsor
- b - Carcaça
- c - Abertura de admissão
- d - Abertura de descarga
- e - Líquido em serviço



### 5.5- ATIVIDADES DESENVOLVIDAS POR MIM

Na maioria das vezes a manutenção dos compressores foi corretiva. E acompanhei a manutenção dos seguintes compressores:

- COMPRESSOR ELLIOT (Cloro) - Série: N - 8051/cloro

Item ref: 225- 2310-014

Fizemos uma preventiva, revisão no mancal axial, pois a folga estava fora do limite. Assim sendo fizemos uma manutenção corretiva no mancal axial, estava com 0,35 mm, enquanto que o normal é 0,25 a 0,30 mm, usamos shim para atingir o limite.

Trocamos o casquilho, pois a folga radial estava fora do normal, foi usado Plastigage para verificação da folga.

No multiplicador, verificamos a folga do casquilho com plastigage, observou-se ser necessário trocar, assim fizemos a troca do casquilho.

Trocamos o multiplicador (estava no período de troca) em seguida alinhamos o multiplicador com o compressor e depois o multiplicador com o motor.

- COMPRESSOR CARRIER = Série: Nº 21057

Item ref.: 225- 2310- 030

Fizemos uma preventiva no 1º estágio, que trabalha a baixa pressão. Verificamos o mancal axial e observamos que estava fora da tolerância (folga axial), corrigimos a folga, retiramos um shim de 5 milésimo e colocamos um de 3 milésimo, tolerância normal é de 20 a 25 centésimo.

Fizemos a leitura do mancal radial, feita com plastigage e observamos uma folga de 3 milésimo, verificamos que estava dentro dos limites (3 a 4 milésimo).

No 2º estágio, que trabalha a alta pressão, a folga verificada no mancal axial foi de 35 centésimo, retiramos um shim de 5 milésimo e a folga ficou dentro do limite. Tivemos que trocar o casquilho, assim sendo fizemos o alinhamento compressor com o multiplicador.

- COMPRESSOR YORK - Série Nº EM 000020

Item ref.: 273-2310-007

Verificamos o selo rompido, por isso estava jogando óleo fora. Fizemos uma preventiva, revisão na bomba de óleo ou mancal axial.

Retiramos o mancal radial do lado do multiplicador, verificamos que estava em ordem.

Trocamos o selo mecânico, feito isso fizemos o alinhamento adequado.

- COMPRESSORES SULZER - Ar / Eteno / Freon 22

K 140 - 2A/Ar

Capacidade: 951 m<sup>3</sup>/h

Rotação: 695 RPM

Item ref.: 273 - 2310- 001, 002, 003, 023 e  
027.

K 140 - 2A/Eteno

Item ref.: 860 - 2310-017 A e 017 B.

Foi os compressores que mais fizemos manutenção, pois na empresa existem muitos.

Verificamos folga dos pistões, trocamos pistões.

Na maioria desses compressores Sulzer, tivemos constantemente verificar as válvulas de sucção e descarga, 1º e 2º estágios, pois quando não davam passagem de óleo para o sistema, davam problema na sucção ou descarga.

E K90- 2A /Freon 22  
Rotação: 390 RPM  
Item ref.: 860- 2310- 018

O problema quase que comum a todos os compressores Sulzer, era a queda de pressão do óleo. Para não parar de vez os compressores usava-se mangueiras (externamente). Na tampa do mancal para diminuir a temperatura na bomba de óleo.

Depois foi verificado a válvula de alívio, constatou-se que a mesma estava muita suja. Então fizemos a limpeza adequada. Logo recolocado a válvula, verificamos que a pressão do óleo manteve dentro do limite esperado.

Tivemos a quebra do eixo manivela do compressor 002, devido a golpe de líquido (água). Trocamos o trocador de calor intermediário, pois tinha muitos tubos entupidos e conseqüentemente, entrava água no compressor, que foi o causador da quebra do eixo manivela, pois a água é um líquido incompressível.

Foi necessário a desmontagem total do compressor 002 para efetuar a troca do eixo manivela.

Pela seqüência desmontamos: cabeçote, as válvulas, pistões, linha de ar e água, parte superior, em seguida a caixa de empanque e desconectamos o motor, retiramos o volante, as bielas, os mancais e o eixo manivela (quebrado).

Fizemos leituras e medidas - pois todas as peças solicitadas ao almoxarifado é necessário que se faça a leituras e medidas, assim sendo efetuamos as leituras e medidas nos: mancais, no eixo manivela, nos pinos do vibrequim, na bucha do pino.

Fizemos a ajustagem - fizemos a ajustagem adequada , com uma folga de 4 milésimos na biela (recomendado ) com o virabrequim .

#### Montagem -

Colocamos o virabrequim, depois os mancais, verificamos a flexão no eixo manivela.

Alinhamos o motor com o compressor, como o acoplamento é rígido, tínhamos que conseguir a folga angular zero como também na altura.

Depois colocamos as bielas, a caixa de empanque, a - parte superior, linha de ar e água, pistões, cabeçotes e válvulas.

Foi feito também uma limpeza completa na câmara de resfriamento. Para o acoplamento utilizamos um relógio comparador, para termos um alinhamento quase perfeito.

## 6- BOMBAS

### INTRODUÇÃO

Os líquidos são deslocados através de tubulações ou equipamentos pelas bombas. Nesses equipamentos aumentam a velocidade, a pressão ou a energia potencial (cota) do fluido.

Os métodos mais comuns de aumentar a energia do fluido são os que empregam os equipamentos de deslocamento positivo e os de ação centrífuga.

Deslocamento positivo - uma porção do fluido é presa numa câmara, e pela ação de um pistão ou peças rotativas, ele é impulsionado para fora.

Ação centrífuga - constam essencialmente de uma carcaça dentro do qual gira um rotor provido de pás. O fluido recebe energia da pá adquirindo grande velocidade e ao sair da pá, essa energia cinética é transformada em pressão.

### 6.1- CLASSIFICAÇÃO

#### 6.1.1- BOMBAS ALTERNATIVAS

São usadas quando o líquido vaporiza ou pode eventualmente vaporizar nas condições do processo ou quando a pressão necessária é elevada. São adequadas para serviços de baixa vazão e alta pressão. São de baixa rotação, a velocidade do pistão varia de 12 m/min a 40 m/min, dependendo do curso, que pode variar de 7,5 cm a 60 cm, assim como da viscosidade do fluido. A pressão máxima de descarga da bomba a pistão é geralmente de 50 atm.

O rendimento mecânico das bombas alternativas pequenas é de 50% e varia de 70 a 90% para as grandes bombas.

Bomba dosadora é um tipo de bomba alternativa largamente usada em processos químicos para introduzir os reagentes em quantidades controladas e constantes. As bombas alternativas tipo diafragma ou membrana permitem o revestimento da carcaça com vidro, cerâmica, plástico ou borracha.

#### 6.1.2- BOMBAS ROTATIVAS

Existem diversos tipos, as mais comuns são: de engrenagem, lóbulo, de parafuso sem fim. Nessas bombas o ajuste ente o rotor e a carcaça é importante para evitar fugas internas. Funcionam bem para fluidos limpos viscosos (óleos combustíveis). Trabalham até 200 atm. Para evitar o atrito entre as engrenagens ou lóbulos, esse tipo de bomba pode ser movido externamente por engrenagem que se tocam, mais evitando o contato entre as engrenagens internas. A do tipo lóbulo funcionam também como sopradores.

#### 6.1.3- BOMBAS CENTRÍFUGAS

A maioria das bombas de deslocamento não-positivo, funcionam por força centrífuga, são bombas que a entrada e saída são interligadas hidráulicamente.

Enquanto que, as bombas de deslocamento positivo, a entrada é vedada da saída.

As bombas centrífugas constam essencialmente de uma carcaça e um rotor provida de pás. O líquido é sucção no centro da pá e a forma das pás são apropriadas para transferir a energia mecânica do eixo, em energia cinética ao fluido. O líquido flue para a periferia do rotor, com grande velocidade, sendo coletado pela carcaça, que geralmente apresenta um canal

para recolher o líquido. O eixo do rotor recebe energia do motor elétrico, de velocidade constante e estão acoplados diretamente. São usuais as rotações de 1750 e 3500 rpm.

As bombas centrífugas cobrem uma faixa de vazão e pressão muito largos. Assim existem bombas com vazão de 15 l/min com pressão diferencial (entre saída e entrada) de 0,15 a 0,30 atm e outros com 1200 l/min e pressão de 200 atm. Podem trabalhar com líquidos quentes (450°C) e lamas.

## 6.2- CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

- 6.2.1- Quanto ao tipo de rotor
- 6.2.2- Quanto ao tipo de carcaça
- 6.2.3- Quanto a alimentação
- 6.2.4- Quanto ao número de estágios

### 6.2.1- QUANTO AO TIPO DE ROTOR

Rotor radial - dirige o fluido para a periferia, é o tipo mais comum.

Os rotores radiais podem ser:

- a) Abertos
- b) Semi-abertos
- c) Fechados

Os abertos são mais baratos, entopem menos, dão pressões mais altas e seu rendimento é menor.

Os fechados são de difícil limpeza, pressão mais elevada e de maior rendimento.

### 6.2.2- QUANTO AO TIPO DE CARCAÇA

A carcaça pode ser bipartida: axialmente e radial-

mente.

As bombas de grandes dimensões possuem a carcaça axialmente, enquanto que as pequenas são radialmente.

#### 6.2.3- QUANTO A ALIMENTAÇÃO

A entrada do líquido é pelo centro da carcaça e a descarga pode variar de  $45^{\circ}$  ou  $90^{\circ}$  da vertical. As bombas petroquímicas, possuem a entrada e saída suportadas por pedestral de modo que a tensão da linha não é transmitida a carcaça. Além do mais, essas bombas, tendo entrada e saída para cima permitem evitar a necessidade de purgador de incondensáveis. Esses detalhes construtivos da bomba petroquímica facilitam a manutenção. A carcaça da mesma é refrigerada, o que permite trabalhar com fluidos quentes sem os rolamentos serem danificados.

#### 6.2.4- QUANTO AO NÚMERO DE ESTÁGIOS

As bombas centrífugas podem ser de simples ou múltiplos estágios, dependendo da pressão que se deseja fornecer ao líquido. Acima de pressão diferencial de 200 m.c.a. se usam as bombas de múltiplos estágios, constam de dois ou mais rotores presos a um mesmo eixo, ligados em série, de modo que a saída da voluta de uma é ligada a entrada da carcaça do estágio seguinte.

Existem difusores internos que convertem a carga cinética em pressão e então o fluido é alimentado no estágio seguinte.

#### 6.3- OBSERVAÇÕES

-Quando o processo exige bombas de materiais quimicamente

inertes são usadas bombas de desenho simples, revestidos de vidro, plásticos ou porcelana devido a dificuldade de se fundirem em certos materiais.

-A rotação de uma bomba, pode ser: sentido horário ou anti-horário.

-A forma da carcaça pode ser: circular ou ter forma apropriada para diminuir as perdas por atrito (voluta).

Normalmente, para baixas pressões e bombas de simples estágios a carcaça é circular.

-Para bombas de múltiplos estágios, são colocados difusores na carcaça para diminuir a turbulência entre a saída de um estágio e a entrada no seguinte.

#### 6.4- ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS

##### 6.4.1-Paralela

Quando com uma só bomba não se consegue obter a vazão desejada, associamos as bombas em paralelo.

##### 6.4.2-Série

É utilizado bomba com até 12 estágios e alguns casos até 18 estágios.

#### 6.5- COMPONENTES DE BOMBAS

Constitui-se basicamente de um rotor que comunica energia cinética ao líquido, uma carcaça onde esta energia cinética é transformada em energia de pressão, um eixo que transmite o movimento do acionador ao rotor, suporte para o eixo, elementos de proteção ao desgaste e elementos de vedação.

#### 6.6- CARCAÇA

Peça onde a energia de velocidade é transformada em energia de pressão, que faz com que o líquido se eleve e/ou

vença distâncias. A carcaça guia o líquido desde a entrada da bomba, através do rotor, para a descarga.

Em função da forma como a energia é convertida as carcaças podem ser do tipo voluta, assim chamada devido a sua forma espiralada e tipo difusor que é uma carcaça concêntrica com palhetas fixas.

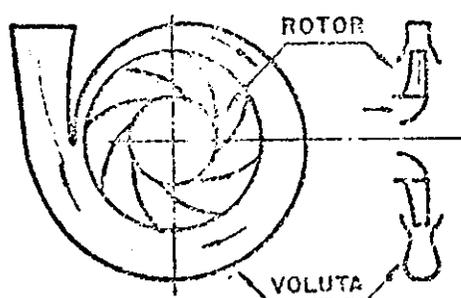


Fig. 1 - Carcaça tipo Voluta

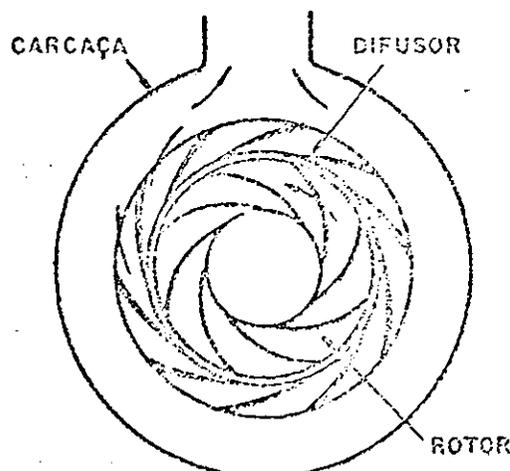


Fig. 2 - Carcaça tipo Difusor

A carcaça tipo voluta tem área das seções crescentes em toda a volta do rotor, até a abertura de descarga. Com as áreas na carcaça voluta, não são simetricamente distribuídas em torno do rotor, há uma distribuição de pressão desigual ao longo dos 360° da voluta.

A carcaça tipo difusor não apresenta força radial, mas seu emprego é limitado à bombas verticais tipo turbina, bombas horizontais de múltiplos estágios. A carcaça tipo difusor limita o corte do rotor e, portanto, a faixa operacional da bomba com bom rendimento.

A carcaça pode ser:

- Bipartida Axialmente

É utilizada em bombas com grandes vazões.

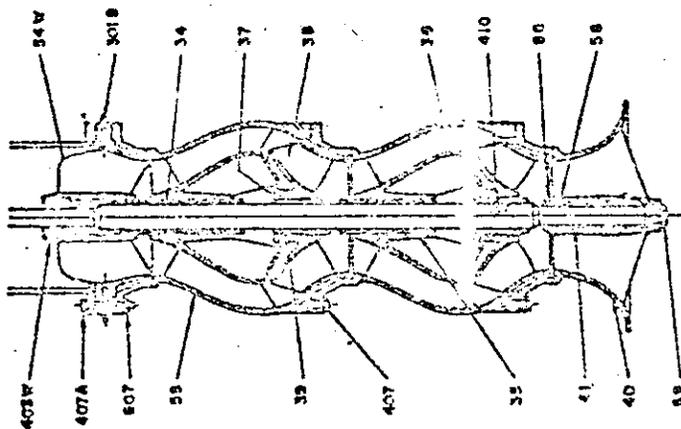
### - Bipartida Radialmente

São utilizadas em bombas horizontais de pequenas e médias vazões.

Bombas que bombeiam esgoto e ou materiais fibrosos, geralmente possuem uma ou mais tampa de visita na carcaça para permitir a remoção de material que se agarre ao rotor.

Bombas que possuem rotor aberto, principalmente quando o líquido é abrasivo, possuem uma placa de desgaste presa a carcaça para aumentar a sua vida útil.

Bombas verticais e tipo turbina possuem carcaças do tipo difusor chamadas de corpo intermediário e superior. Os corpos intermediários, possuem rotores em seu interior. O corpo superior não possui. O corpo superior serve de elemento de ligação entre o último corpo intermediário e o corpo de descarga. O corpo superior contém uma longa bucha guia.



### 6.7- FLANGES

São elementos de ligação entre a bomba e a tubulação. Estão sujeitos a normas de dimensões e limites de pressão, temperatura, não só por questões de segurança, como para

que haja uma padronização de componentes de tubulação.

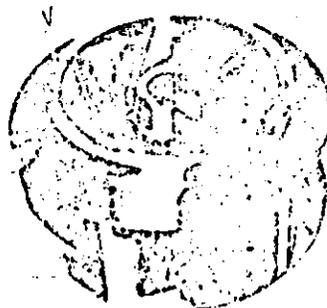
Exemplos de alguns flanges:

- a) Flanges de ferro fundido
- b) Flanges de aço. (são as mais usadas em bombas com pressões de 150, 300, 600 lbs).

#### 6.8-ROTORES DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

É a peça que imprime energia de velocidade ao líquido. É considerado como o coração da bomba.

Quanto ao suprimento de líquido, os rotores podem ser de simples e dupla sucção. Como mostra a figura.



Rotores de simples sucção são mais fáceis de fundir e são os preferidos em bombas com carcaças partidas radialmente, pois não exigem prolongamento do eixo para o lado da sucção. Rotores de dupla sucção estão, teoricamente, sempre operando balanceados quanto ao esforço axial e devido a maior área do olho.

#### 6.9-QUANTO À FORMA DE PALHETAS

Os rotores podem ser:

6.9.1 - Radial

6.9.2 - Francis (reserva)

6.9.3 - De fluxo misto

6.9.4 - De fluxo axial

O tipo e formato da palheta dependem da velocidade específica do rotor. A velocidade específica representa a velocidade que aquele rotor precisaria girar para elevar um gpm de água a um ft de altura.

Um tipo especial de rotor foi desenvolvido para operar com esgoto e matérias fibrosas, é o chamado não obstruível ou não tratável, possui duas palhetas arredondadas, sem cantos vivos, e grande área de passagem do líquido.

#### 6.10- QUANTO A CONSTRUÇÃO MECÂNICA

Podem ser:

##### 6.10.1-ABERTOS

Consiste unicamente de palhetas presas a um cubo central furado para montagem no eixo. Rotores abertos são empregados no bombeamento de líquidos abrasivos e trabalham entre duas placas de desgaste ou entre paredes da carcaça e caixas de gaxetas, por esse motivo há um retorno de líquido de descarga para a sucção. Este retorno aumenta com o desgaste das placas laterais, o que conduz a um rendimento mais baixo que o rotor fechado.

##### 6.10.2-SEMI-ABERTOS

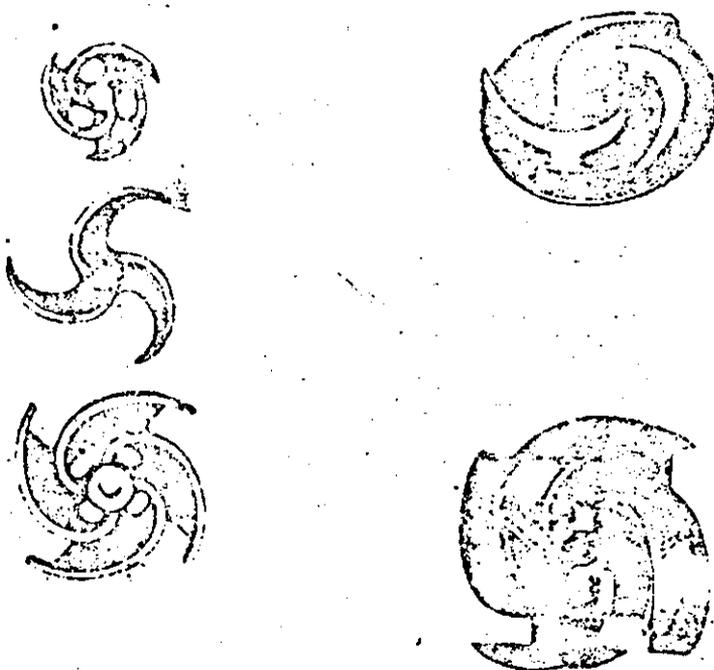
Consiste de uma parede traseira, podendo ou não, ter uma palheta traseira, com a finalidade de reduzir a pressão na parte de trás do rotor e evitar o acúmulo de depósitos que prejudiquem a operação.

### 6.10.3-FECHADO

É o mais usado em bombeamento de líquidos e possui paredes em ambos os lados que mantêm a parte interna, desde o olho até a descarga totalmente coberta.

Isto evita perdas por retorno, mas obriga o uso de anéis de desgaste entre o rotor e a carcaça, para separar as câmaras de sucção e descarga. O rendimento obtido é melhor do que os dos rotores abertos e semi-abertos.

Os rotores fechados também são usados com vantagens para bombeamento de fluidos abrasivos.



### 6.11- ANÉIS DE DESGASTE

São peças montadas só na carcaça (estacionário), só no rotor (girante) ou em ambos e, que mediante pequena folga operacional. Fazem a separação entre as zonas onde imperam as pressões de descarga e sucção, impedindo assim um re-

torno exagerado de líquido da descarga para a sucção. Os anéis são peças de pequeno custo e que evitam o desgaste e a necessidade de substituição de peças mais caras, como rotor ou carcaça.

Bombas usadas em serviços leves, não é necessário o uso de anéis de desgaste, a carcaça e o rotor possuem superfícies ajustadas evitando assim os anéis. Quando houver desgaste reusina e coloca anéis refazendo a antiga folga.

Bombas de maior porte, tanto a carcaça como o rotor são providos de anéis de desgaste. Quando houver folga em excesso, substitue os anéis.

#### 6.12 -EIXO

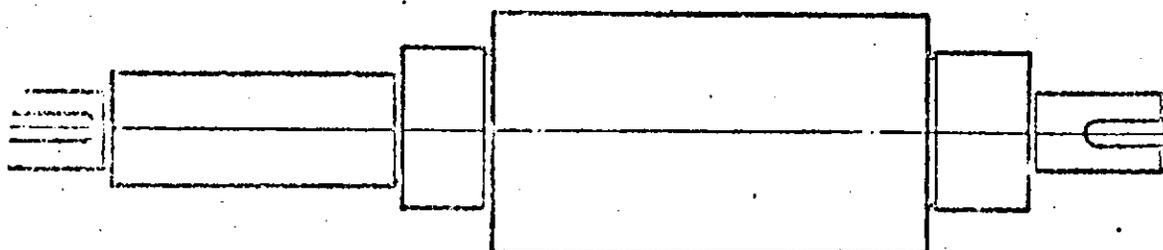
Transmite o torque do acionador ao rotor. O eixo deve ser construído de material que suporte as variações de temperatura, quando para aplicações que envolvam líquidos quentes, bem como a fadiga, devido às cargas rotativas que surgem em operação.

Quando a bomba, opera acima da primeira velocidade crítica, diz-se que o eixo é flexível e quando opera abaixo, diz-se que o eixo é rígido.

Velocidade crítica é a rotação na qual um pequeno desbalanceamento no eixo ou no rotor são ampliadas de tal forma, sob a forma de uma força centrífuga, que provoca deflexão e vibração.

Geralmente bombas que operam a 1750 rpm tem o eixo rígido e as que operam a 3500 rpm possuem eixo flexível. Bombas de múltiplos estágios tem eixo flexível.

Eixos suportados nos dois extremos, que possuem o rotor no centro, tem o diâmetro o máximo no local de montagem do rotor. Eixos de bombas com rotor em balanço tem o diâmetro máximo entre os rolamentos.



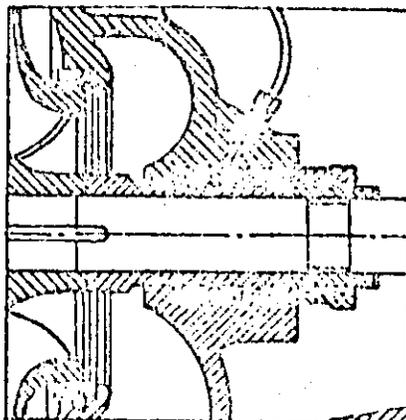
### 6.13- BUCHA DO EIXO

Sua função é proteger o eixo contra a corrosão, erosão e desgaste no interior da caixa de gaxetas. Quando são usadas buchas, estes fatores não afetam a resistência do eixo e o custo de manutenção reduz-se.

A figura abaixo mostra um arranjo típico de bucha do eixo para bombas com carcaça partida axialmente e rotor de dupla sucção. A porca da bucha mantém a bucha e o rotor no lugar. Em bombas de sucção axial existem dois tipos de buchas: a confinada e a com batente.

A confinada leva rasgo de chave e trabalha retida entre um batente no eixo e o rotor, não é recomendável a temperaturas altas.

Para bombas pequenas o uso de bucha é impraticável devido a parede mínima necessária à usinagem da bucha. Neste caso, as bombas são fornecidas com eixo de aço inoxidável, sem bucha.



#### 6.14- CAIXA DE GAXETAS

Sua função é impedir o vazamento de líquido para fora da bomba no lugar que o eixo atravessa a carcaça.

Quando a pressão de sucção é positiva, sua finalidade é evitar o escapamento de líquido. Quando a pressão de sucção é negativa, sua função é impedir a entrada de ar para dentro da bomba.

A caixa de gaxetas necessita de peças auxiliares para cumprir sua função.. Estas peças são anéis de gaxetas e castanha bipartida. A finalidade da castanha bipartida é no caso de pressão de sucção negativa, receber uma injeção do líquido bombeado (se limpo) ou líquido de fonte externa (se o líquido bombeado for sujo ou conter materiais abrasivos), que forme um filme entre os anéis de gaxeta a bucha e as paredes da caixa, impedindo a entrada de ar. A castanha distribui o líquido injetado. Este líquido também serve para refrigerar, pois calor é gerado pelo atrito entre a bucha do eixo e os anéis de gaxeta.

O engaxetamento é um dispositivo de redução de pressão. O engaxetamento deve ser de material facilmente moldável e plástico, para que possa ser conveniente ajustado, mas deve-se resistir ao calor e ao atrito com a bucha do eixo.

#### 6.15- TIPOS DE GAXETAS

- a) Gaxetas metálicas
- b) Gaxetas plásticas
- c) Gaxetas de fibras ou filamentos.

As gaxetas metálicas geralmente são de alumínio e cobre pa uso com bombas centrífugas, em forma de anel espiralado.

Tem a vantagem de dissipar o calor do atrito, e a desvantagem de um baixo poder de recuperação, exigindo um alinhamento perfeito e ausência de vibração excessiva.

As gaxetas plásticas são fabricadas com uma mistura homogênea de asbesto, grafite, óleos e aglutinados especiais. Estas gaxetas apresentam fácil conformação e excelente flexibilidade. Entretanto possuem baixa resistência a pressão e requerem ajustes frequentes em serviços com oscilação de pressão.

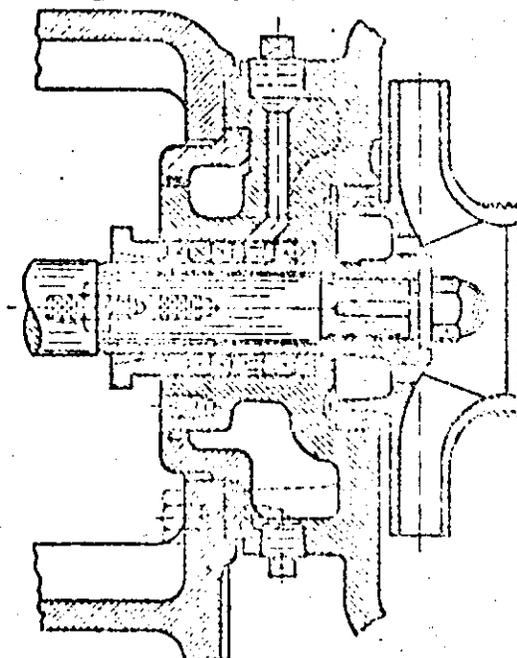
As gaxetas de fibras vegetais são indicadas para serviços leves com a vantagem de baixo custo e o inconveniente do lubrificante ser arrastado pelo líquido bombeado.

As gaxetas de grafite, relativamente novas, tem se mostrado adequadas a condições severas, face as suas propriedades de boa resistência ao ataque químico, resistência a altas temperaturas. Tem a desvantagem de serem caras e não resistirem a oxidações fortes.

#### SUAS APLICAÇÕES

O sistema de vedação por anéis de gaxeta, embora com sua aplicação sensivelmente diminuída com o uso dos selos mecânicos, são com frequência usados nos seguintes serviços:

- a) Bombeamento de lodos pesados
- b) Bombeamento de água
- c) Bombas de dupla sucção, e outras.



#### 6.16- VEDAÇÃO COM SELO MECÂNICO

As condições críticas de serviços atualmente requeridas pelas indústrias de processamento, tais como bombeamento de produtos tóxicos, corrosivos e inflamáveis a altas temperaturas e pressões, conjugadas a altas velocidades de rotação, exige dos sistemas de vedação uma tecnologia mais apurada, encontrada nos selos mecânicos.

O selo mecânico é um elemento de máquina altamente especializado, de muita precisão e de alto custo inicial, sendo entretanto de uso quase obrigatório em dadas aplicações, além de apresentar uma série de vantagens sobre as gaxetas. Tais como:

- 1) Evita a perda do produto bombeado, diminui a carga de poluente, evita riscos de incêndio e danos à saúde.
- 2) Elimina o desgaste da luva, o eixo ou do próprio
- 3) Reduz a atrito por apresentar menor área de vedação.
- 4) Tem capacidade para absorver as deflexões normais do eixo.

OBS: A selagem primária constitui uma selagem dinâmica, pois, uma das superfícies gira com o eixo, enquanto a outra está fixa.

A selagem secundária é uma selagem estática, pois os anéis do conjunto rotativo movimentam-se junto com o eixo e o anel da sede aloja-se entre superfícies estáticas.

#### 6.17- MANCAL SUPORTE E ROLAMENTO

As caixas de rolamento e os rolamentos suportam o eixo, mantendo-o alinhado com as peças estacionárias, quando sob a ação das forças axiais e radiais que ocorrem durante a operação. São selecionados em função da carga axial e radial que deverão suportar juntamente os rolamentos. Os rolamentos mais utilizados tanto escore como radiais

para bomba de dupla sucção e sucção axial são os de uma carreira de esfera, para bombas de serviços gerais e pressão de sucção no máximo de  $7 \text{ kg/cm}^2$ . Para pressões de sucção superiores, usam-se como rolamentos de escora, uma montagem com dois rolamentos de contato angular montados costa-costa. Os rolamentos de uma carreira de esfera, são lubrificados a graxa, podendo ser lubrificados a óleo em condições especiais, quando temperaturas elevadas estejam envolvidas. Os de contato angular são sempre lubrificados à óleo.

A vida que deve ser utilizada no dimensionamento dos rolamentos é, em alguns casos, recomendada por norma, 2500 hs. O valor mais empregado na indústria de bombas é 16000 hs (2 anos de serviços contínuo).

Mancais de bucha são empregados em bombas de grande porte, horizontais, que giram a baixa rotação (abaixo de 700rpm). Rolamentos de grande porte não estão geralmente, disponíveis comercialmente. Bombas de alimentação de caldeira de grande porte a alta rotação (3600 a 9000 rpm) usam mancais de bucha.

Bombas verticais trabalham com mancais de bucha que funcionam como guia do eixo e geralmente são lubrificados pelo próprio líquido bombeado. Estas bombas trabalham mergulhadas no líquido bombeado.

#### 6.18- BASES E SUPORTES

A finalidade da base é, além de permitir as superfícies de apoio para os pés da bomba e motor, facilitar o alinhamento do conjunto.

#### 6.19- ACOPLAMENTOS

As bombas são conectadas aos seus acionadores por meio de

acoplamentos que podem ser rígidos ou flexíveis.

O acoplamento rígido não permite qualquer movimento relativo entre os eixos das máquinas acionadas e acionadoras. Seu uso é restrito à bombas verticais.

Acoplamento flexíveis, permitem pequenos movimentos relativos ou desalinhamento entre os eixos. Os eixos devem ser montados perfeitamente alinhados.

#### 6.20- ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A manutenção das bombas geralmente foi corretiva e as vezes preventiva.

Durante o estágio foi comum a manutenção corretiva de vazamentos em excesso, sempre que acontecia o vazamento, se fazia a troca das gaxetas ou selo mecânico, para sanar o problema do vazamento.

Também comum foi a troca de rolamentos, esta manutenção era necessário a desmontagem total da bomba. Onde, começando com a retirada dos parafusos, em seguida as tampas, o rotor, a caixa de gaxeta ou selo mecânico, e depois retirava o eixo conjunto (rolamentos). Em alguns casos foi necessário fazer a troca do rotor ( com grande desgaste), em outros casos só era necessário reusinar.

Enquanto que, nos rolamentos se fazia necessário observar a vibração ou barulho estranho na bomba.

Em bombas verticais, que são várias na industria, precisou fazer a limpeza, pois muitas vezes as referidas bombas não estavam succionando bem.

Efetuuou-se a troca do eixo de duas bombas, pois estava no tempo de troca.

Foi realizado uma manutenção preventiva em uma bomba de parafuso sem-fim e de uma bomba dosadora trocou-se o diafragma.

Sempre depois de feito a manutenção destas bombas, logo em seguida se fazia o acoplamento e alinhamento, pois como já foi dito anteriormente é muito importante se fazer o alinhamento perfeito, e usa-se para alinhar, em bombas pequenas, uma régua e um calibrador de folga.

E para bombas de porte grande se usava um relógio comparador.

Também se fez muito a troca de juntas, pois se estraga facilmente.

Numa bomba centrífuga horizontal, que estava com vibração fora do normal, e por causa dessa vibração, rompeu-se a aranha do acoplamento. Foi trocado a grade ou aranha, em seguida foi feito o alinhamento adequado.

Comum também foi a troca de selos mecânicos, pois devido a louça (que faz a vedação) está com desgaste. Em alguns casos era só preciso lixar as louças e colocar no seu devido lugar.

Algumas bombas que se fez manutenção:

	Tipo: ZHO - 111 - 322
Sulzer Weise S/A	Nº 130528
(centrífuga horizontal)	RPM 1750
	Capacidade: 60 m <sup>3</sup> /h

	Tipo: ZHO - 1 - 251
Sulzer Weise S/A	Nº 130543
(centrífuga horizontal)	RPM 1750
	Capacidade: 20 m <sup>3</sup> /h

Sulzer Weise S/A  
(centrífuga horizontal)

Tipo: RCKU 25/160 CA  
Capacidade: 12 m<sup>3</sup>/h  
RPM 3500

Worthington  
(centrífuga horizontal)

Tipo: LNS - 34  
Capacidade: 650 m<sup>3</sup>/h  
RPM 700

Morris Pump, Inc  
(centrífuga horizontal)

Série: nº m14149  
RPM 363  
Capacidade: 48370 GPM

Omel S/A  
(dosadora)

NSP - 2  
Série: 55853-B

Sulzer Weise S/A  
(centrífuga horizontal)

Capacidade: 40 m<sup>3</sup>/h  
Tipo: MZ - 50 - 315  
RPM 1750

C O N C L U S Ã O

O estágio foi muito bom e útil, pois houve um maior aprofundamento e aplicação de conhecimentos adquiridos durante o Curso de Engenharia Mecânica. Acho, entretanto, que o período do Estágio seja mais longo, e que a indústria forneça tarefas para que se possa desenvolver, o que fornecerá maior segurança na realização das tarefas propostas e futuras.

Respeitosamente

*Alexandre Braga de Almeida*  
ALEXANDRE BRAGA DE ALMEIDA

Campina Grande, janeiro de 1984

Ilm<sup>o</sup>. Sr.

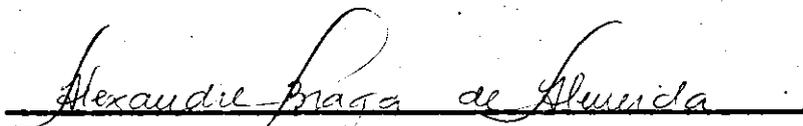
Coordenador de Estágio Integrado

Professor Marcino Dias de Oliveira Júnior

Apresento e submeto à apreciação de V.Sa. o relatório final do estágio integrado, na área de mecânica' na Divisão de Manutenção junto a "SALGEMA INDUSTRIAS QUÍMI CAS S/A", durante o período de 07.0283 a 31.0783 sob a orientação do Professor José da Silva Quirino.

Sem mais,

Atenciosamente



ALEXANDRE BRAGA DE ALMEIDA