

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DISCIPLINA: ESTÁGIO INTEGRADO

COORDENADOR: MARCINO DIAS DE O. JÚNIOR

ORIENTADOR: JOSÉ DA SILVA QUIRINO

ALUNO: ERIVALDO BESERRA DE LIMA

MATRÍCULA: 7911079-6

RELATÓRIO " ESTÁGIO INTEGRADO "



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

Campina Grande, Setembro de 1983.

Ilm^o Sr.

COORDENADOR DE ESTÁGIO INTEGRADO

PROF. MARCINO DIAS DE O. JÚNIOR.

LOCAL.

Ilm^o Sr. coordenador de estágio integrado, estou enviando a V^{ra}. S^{ca}. O relatório do estágio integrado, que foi realizado por minha pessoa no período de Agosto 82/ Fevereiro 83 na Companhia de Celulose da Bahia, sob sua coordenação e com orientação do Professor José da Silva Quirino.

Sem mais.

Atenciosamente.

Erivaldo Reserra de Lima
Erivaldo Reserra de Lima



companhia de celulose da bahia

DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins, que ERIVALDO BESERRA DE LIMA, es tagiou nesta Empresa no período de Agosto/82 a Fevereiro/83, de desenvolvendo tarefas relativas às áreas de Manutenção Mecânica e Planejamento, apresentando um bom nível de aprendizagem e desenvolvimento profissional.

companhia de celulose da bahia

Luiz Carlos
LACIANA SANTOS PAIVA

Coordenação de Seleção e Treinamento

Camaçari, 28 de fevereiro de 1983.

CAMAÇARI-BA (FÁBRICA)
VIA ALFA S/Nº - AREA IND. NORTE - COPEC
TEL.: (071) 932 1066
CAIXA POSTAL Nº 0002
TELEX (071) 1588 - CEBA - BR
CEP. 42 800

SALVADOR - BA. (ESCRITÓRIO)
RUA PINTO MARTINS, 11
ED. COMENDADOR PEDREIRA, S/ 305
TEL.: 243 4311
TELEX: (071) 1103 - CEBA - BR
CEP. 40.000

RIO DE JANEIRO - RJ
AV. ALMIRANTE BARROSO, 63
ED. CIDADE DO RIO DE JANEIRO S/1317
TEL.: (021) 262 7219
CEP. 20.031

PLACA

" COMPANHIA DE CELULOSE DA BAHIA "

Em 24 de março de 1981, sendo Presidente da República o Exmo. Sr. João Baptista de Figueiredo e na presença do Governador do Estado Exmo. Sr. Antonio Carlos Magalhães, inaugurou-se a Companhia de Celulose da Bahia, Complexo Agro-pecuário que veio principiar novas opções para o desenvolvimento da cultura sisaleira da Bahia.

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

- * Alberto dos Santos Abade - Presidente.
- * Newton de Castilho - Vice-presidente
- * Manoel Figueiredo de Castro
- * Adriano de Araújo
- * Jorge Luiz Freire
- * Jorge Marques Leandro
- * José de Freitas Mascarenhas
- * José Mario Tavares de Olinda
- * Luiz Augusto Sacchi
- * Paulo Roberto Gaspar Domingues

DIRETORIA

- * Alberto dos Santos Abade
- * Luiz Gama Robinson
- * Nei Monteiro da Silva.

PENSAMENTOS.

" O homem que é firme,
paciente, simples,
natural e tranquilo
está perto da virtude"

" Quando a gente caminha junto
somando esforços e esperança,
é muito difícil não conseguir
o que queremos"

" Nenhuma sociedade
pode ser florescente e feliz
enquanto a maior parte de seus membros
for pobre e miserável"

" Não existe árvore
que o vento
não tenha balançado"

" Ninguém tem obrigação
de obedecer
àquele que não tem
o direito de mandar"

" A preguiça,
anda tão devagar
que facilmente
a miséria a alcança"

" Todo espírito desordenado
torna-se seu próprio castigo"

AGRADECIMENTOS

" Agradeço em primeiro lugar a " DEUS " e depois a todos aqueles que de uma maneira direta ou indiretamente me deram apoio e coragem nesta batalha vitoriosa"

DEDICADO A:

" Meus pais e familiares que durante longos anos de luta sempre deram-me o estímulo necessário para esta conquista"

COLABORAÇÃO.

" Departamento de engenharia mecânica - UFPB
e
Companhia de Celulose da Bahia,
Através de seus funcionários "

INDICE

INTRODUÇÃO GERAL

1 - HISTÓRICO DA EMPRESA

1.1 - Introdução	1
1.2 - A empresa	1
1.2.1 - Viveiros	2
1.2.2 - Produtividade	2
1.2.3 - Tratos culturais e fotossanitários	3
1.2.4 - Culturas intercalares	3
1.2.5 - As plantações da CCB	4
1.3 - O sisal	4
1.4 - O sisal da CCB	5
1.4.1 - Preparo do solo e plantio	5
1.4.2 - Cultivo e colheita	6
1.5 - Administração	6
1.6 - Capital social	6
1.7 - Investimento	7
1.8 - Mão de obra	7
1.9 - Benefícios econômicos e sociais do empreendimento	7
1.10- Desfibramento	8
1.11- Processo de fabricação de celulose branqueada de sisal ,...	9
1.12- Fluxograma simplificado de fabricação	10
1.13- Mercado	10
1.13.1 - Características da celulose de sisal	10
1.13.2 - Aplicações da celulose de sisal	11
1.13.3 - Vendas	12
1.13.4 - Assistência técnica	12
1.14 - Papel e subprodutos	12

2 - PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CELULOSE

2.0 - Celulose	14
----------------------	----

2.1 - Descrição do processo industrial	15
2.2 - Manuseio do sisal	15
2.3 - Cozimento	15
2.4 - Lavagem	16
2.5 - Branqueamento	16
2.6 - Soda cáustica	17
2.7 - Dióxido de cloro	17
2.8 - Processo de branqueamento	17
2.8.1 - Cloração (DC)	17
2.8.2 - Extração alcalina (E).....	17
2.8.3 - Dióxido de cloro 1 (D ₁)	18
2.8.4 - Extração alcalina 2 (E ₂)	18
2.8.5 - Dióxido de cloro 2 (D ₂)	18
2.8.6 - Tratamento com SO ₂	18
2.9 - Depuração	18
2.10- Secagem e enfardamento	18
2.11 -Evaporação	19
2.12- Caldeira de recuperação	19
2.13- Caustificação	20
2.14- Forno de cal	20

3 - DESCRIÇÕES DE EQUIPAMENTOS E ATIVIDADES

3.1 - Bombas	21
3.1.1 - Introdução	21
3.1.2 - Classificação	22
3.1.2.1 - Bombas alternativas	22
3.1.2.2 - Bombas rotativas	26
3.1.2.3 - Bombas centrífugas	31
3.1.3 - Informações gerais	35
3.1.4 - Tipos de associações	36
3.1.5 - Instalação, Operação e Manutenção	37

3.1.6 - Principais defeitos e causas em sistemas de bombeamento	37
3.1.7 - Cuidados na instalação de bombas	38
3.2.- Compressores, Ventiladores, bombas de vácuo	41
3.2.1 - Introdução	41
3.2.2 - Condições de serviço	42
3.2.3 - Compressores "Comms"	43
3.2.3.1 - Volumétricos	43
3.2.3.2 - Dinâmicos	43
3.2.4 - Bombas de vácuo	44
3.2.5 - Compressores centrífugos e axiais	45
3.2.5.1 - Características	45
3.2.5.2 - Compressores centrífugos	47
3.2.6 - Compressores alternativos	47
3.2.6.1 - Características construtivas	47
3.2.7 - Limites gerais dos diversos tipos de compressores	48
3.2.8 - Sistema de lubrificação	49
3.2.9 - Manutenção	49
3.3 - Turbo gerador	50
3.3.1 - Montagem	51
3.3.2 - Discos de lâminas	51
3.3.3 - Entrada de vapor	51
3.3.4 - Gerador	51
3.3.5 - Mancais principais	52
3.3.6 - Sistema de óleo	52
3.4 - Válvulas	52
3.4.1 - Classificação	53
3.4.2 - Mecanismo interno e gavetas	55
3.4.3.- Extremidade das válvulas	55

3.4.4 - Meios de operação das válvulas	56
3.4.5 - Válvulas de gaveta	57
3.4.6 - Válvulas de macho	57
3.4.7 - Válvulas de globo	57
3.4.8 - Válvulas de retenção	58
3.4.9 - Válvulas de segurança e de alívio	59
3.4.10- Válvulas de controle	59
3.4.11- Válvulas redutoras de pressão	60
3.4.12- Válvulas de borboleta	60
3.4.13- Válvulas de diafragma	60
3.5 - Redutores de velocidade	61
3.5.1 - Montagem	61
3.5.2 - Transporte do redutor	62
3.5.3 - Manutenção	62
3.5.4 - Lubrificação	63
3.6 - Rolamentos	64
3.6.1 - Tipos	64
3.6.2 - Seleção do tipo de rolamento	65
3.6.2.1 - Espaço disponível	65
3.6.2.2 - Carga sobre o rolamento	66
3.6.2.3 - Desalinhamento angular	67
3.6.2.4 - Limites de rotação	68
3.6.2.5 - Precisão	68
3.6.2.6 - Funcionamento silencioso	68
3.6.2.7 - Rigidez	69
3.6.2.8 - Deslocamento axial	69
3.6.2.9 - Montagem e desmontagem	70
3.6.3 - Funções da lubrificação nos rolamentos	70

3.7 - Purgadores	72
3.7.1 - Classes	72
3.7.1.1 - Purgadores mecânicos	72
3.7.1.1.1 - Tipos	72
3.7.1.2 - Purgadores termostáticos	74
3.7.1.2.1 - Tipos	74
3.7.1.3 - Purgadores termodinâmicos	75
3.7.1.3.1 - Tipos	75
3.8 - Forno de cal	76
3.9 - Filtro de lama de cal	78
3.10- Caldeira de recuperação	80
3.11- Isolamento térmico	81
3.12- Coletor de vapor	81
3.13- Filtros	81
3.14- Evaporadores	82
3.15- Picadores	83
3.16- Atividades	83
3.17- Conclusão	89
3.18- Bibliografia	90

INTRODUÇÃO GERAL

Neste estão descritas as atividades e conhecimentos desenvolvidos durante o estágio supervisionado realizado na Companhia de Celulose da Bahia, pelo o Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba, sob coordenação do Professor Marcino Dias de Oliveira Júnior e orientação do Professor José da Silva Quirino, e que teve seu início no dia 05 de Agosto de 1982 prolongando-se até o dia 28 de Fevereiro de 1983, num total de 7 (sete) meses ou 1260 Horas.

Foram desenvolvidas atividades na área de manutenção mecânica durante um período de 4 (quatro) meses, tais como: Manutenção de bombas, turbina, purgadores, válvulas, tubulações, compressores, forno de cal e caldeiras, sendo que a maior parte da manutenção foi realizada em cima de bombas e compressores.

Os três meses finais foram realizados no planejamento de manutenção, que trata da elaboração de programação de manutenção corretiva diária, programação de manutenção preventiva e programação de manutenção preditiva.

Este relatório está subdividido em 3 capítulos, nos quais o capítulo I refere-se ao histórico da Indústria, o capítulo II refere-se ao processo de fabricação da celulose, e o capítulo III refere-se a descrições de alguns equipamentos existentes na indústria e algumas atividades desenvolvidas nos setores de manutenção de área e planejamento de manutenção mecânica.

HISTÓRICO DA EMPRESA

1.1 - INTRODUÇÃO.

A crescente demanda de papel no mercado nacional e internacional, como consequência da expansão da comunicação, da embalagem e da necessidade cada vez maior de papéis para fins especiais, tornou a fabricação de celulose uma das indústrias básicas de nossa civilização.

A exaustão das florestas naturais, o crescente custo de implantação de florestas homogêneas e o aumento de exigências do mercado consumidor final têm estimulado a procura de novas fontes de matérias-primas para a fabricação de celulose, produzida no Brasil, principalmente a partir de madeiras, como eucalipto e pinho.

1.2 - A EMPRESA.

A Companhia de celulose da Bahia, constituída em 1970, é uma empresa agroindustrial de capital 100% nacional, Empreendimento pioneiro no processo contínuo, em grande escala, de fabricação de celulose de fibras de sisal, possui complexo e sofisticado maquinário e sua capacidade de produção, no gênero de fibras não-madeira, é maior do que qualquer outra unidade até hoje instalada.

Sua implantação foi iniciada em 1975 e completada em fins de 1980, quando foram realizados seus primeiros testes de operação.

A companhia de celulose da Bahia tem como objetivo a fabricação e comercialização de celulose e de produtos e subprodutos derivados dela, ou das matérias-primas utilizadas em sua fabricação.

Para atender às necessidades de matéria-prima da fábrica, desenvolve plantios de sisal em 33.600 hectares de terras próprias localizadas na região semi-árida da Bahia, em dois núcleos principais: Fazenda Maria Preta (Município de Santa Luz) e Fazenda Paracatu (Município de Água fria), distantes 280Km e 160 da fábrica de celulose, respectivamente.

Estas áreas estão localizadas próximo às redes ferroviária e rodoviária.

O processamento pré-industrial de retirada de fibra da folha do sisal efetua-se em usinas localizadas em pontos estratégicos junto as plantações, complementado por equipamento móvel com possibilidade de desfibrar as folhas em qualquer lugar.

A tecnologia do desfibramento e os equipamentos utilizados no processo foram desenvolvidos no Brasil, a partir de pesquisas efetuadas na CCB.

A fábrica, com capacidade nominal instalada de 200 toneladas/dia de celulose branqueada a 90-92% GE, ocupa uma área de 450.000 m² localizada no complexo Petroquímico de Camaçari - COPEC, a 60 Km de Salvador.

Apóia-se em completa infra-estrutura, destacando-se rodovias, ferrovias, energia elétrica, telex, telefone e central de tratamento de efluentes.

A água, insumo de grande importância na produção de celulose, é fornecida por poços artesianos próprios, com uma capacidade global de vazão 1050m³/h.

1.2.1 - VIVEIROS.

O viveiro é instalado em pleno sol, onde as plantas são preparadas partindo-se dos rebentos ou bulbinhos e plantadas em canteiros. Ali permanecem por um período de pouco mais de meio ano, quando então são levadas para o campo em plantio definitivo.

Os cuidados nos viveiros são as capinas, a cobertura morta e, quando viável, a irrigação, se necessária. A CCB, no momento, vem utilizando o enviveiramento somente na multiplicação das plantas híbridas.

1.2.2 - PRODUTIVIDADE.

Considerando uma densidade mínima de 7.500 plantas por hectare e com cuidados especiais no preparo do solo, na seleção de mudas e nos tratamentos culturais, a Empresa tem como meta alcançar rendimento próximo de 4 toneladas de fibra por hectare, para o agave sisalana, nos solos mais férteis.

Em 1980, após pesquisas em laboratório das características da celulose obtida de espécies híbridas de sisal, as quais não apresentam diferenças significativas em relação a celulose produzida pelo agave sisalana e face aos ren-

dimento, em termos de celulose/ha de plantio, bastante superior - seguramente mais do dobro - a Companhia procurou formas de acelerar a multiplicação de plantas da espécie híbrida a partir das matrizes adultas de que dispunha.

Através de procedimentos especiais de trato dos viveiros e das plantas matrizes, conjugados com estímulo específico à emissão de rebentões, a empresa está desenvolvendo um programa objetivando produzir, em três anos, 16 milhões de mudas. Ao término da execução desse programa, a CCB terá um potencial de produção de mudas de sisal híbrido superior as suas necessidades de plantios da espécie, tendo então total flexibilidade na opção entre plantas da espécie sisalana ou híbrida. Assim dentro de 4 anos, já será possível a seleção de plantas dentro da espécie híbrida, num trabalho de melhoria contínua dos rendimentos, e o fornecimento de mudas, nas atividades de fomento aos plantios por terceiros. Com adequada composição da totalidade de seus plantios com sisalana e híbridos, almeja-se um rendimento próximo 5 t/ha/ano, o que permitirá alimentar a fábrica de 200 t/dia com 25.000 ha de sisal em produção.

1.2.3 - TRATOS CULTURAIS E FITOSSANITÁRIOS.

O solo exige muito cálcio e um tratamento constante incluindo o controle de acidez (pH) e da erosão.

A adubação orgânica é efetuada com o aproveitamento dos resíduos de mucilagem do desfibramento.

Para a fixação do nitrogênio no solo, estão sendo efetuadas plantações experimentais com o consorciamento de outras plantas leguminosas.

Para melhor beneficiamento do sisalal, nos espaçamentos maiores entre as fileiras deverá ser passada a grade para fratura da crosta do solo e incorporação superficial de matéria orgânica.

1.2.4 - CULTURAS INTERCALARES.

Procurando minimizar os custos da plantação da cultura do sisal, que somente a partir do 3º ano começa a ser colhido, durante o período de formação da cultura, poderão ser efetuadas culturas temporárias nas ruas de 4,00 m, o que vem a favorecer também o combate à erosão. Em ruas alternadas poderão ser cogitadas, mesmo, plantas com ciclos mais longos.

Entre diversas culturas, a que se tem melhor adaptado à região na caatinga e vizinhanças é a cultura da mamona. Na área dos cerrados, com maior pluviosidade, as possibilidades são mais amplas, tendo sido obtidos bons resultados com várias outras culturas: mandioca, feijão, amendoim etc.

1.2.5 - AS PLANTAÇÕES DA CCB.

A área plantada atual é de cerca de 16.000 hectares. Considerando-se que o sisal produz a partir do 3º ano do plantio, prevê-se uma implantação de sisalais de forma a atingir 21.500 hectares produtivos em 1985, até um total de 25.000 hectares em 1987. Nessa ocasião, a produção própria atenderá à totalidade das necessidades da fábrica.

1.3 - O SISAL.

O sisal, agave sisalana Perrine, é originário do México é uma planta semixerófila, requerendo clima quente e grande luminosidade. Sua grande resistência a estiagens prolongadas a transformou na melhor opção de plantio para as regiões semi-áridas do Nordeste. Embora prefira os solos sílicos-argilosos, profundos e férteis com Ph variando de 4,5 a 7, suporta solos pobres inclusive os que são economicamente inviáveis para outras culturas.

Após cerca de 3 a 4 anos do plantio, tem início o ciclo produtivo do sisal. A colheita é feita em uma ou duas vezes por ano dependendo do regime de chuva. No corte das folhas e eliminação dos espinhos, são empregadas facas especiais.

O sisal é uma planta monocárpica, morrendo ao florescer, e seu ciclo de vida varia de 8 a 12 anos quando a planta terá produzido cerca de 220 folhas pesando uma média de 500 g cada.

O sisal no Brasil mostra-se praticamente livre de ação de pragas e moléstias, o que constitui uma vantagem em relação aos países africanos. Os maiores prejuízos têm sido causados por moléstias não parasitárias, como as oriundas de desequilíbrio de nutrição. É o caso, por exemplo, da necrose da base da folha, provocada pela deficiência de potássio no solo.

O Brasil foi importador de fibras de sisal até 1942, quando as dificuldades de transporte, originadas pela 2ª guerra mundial, estimularam o desenvolvimento de plantios no país, onde já havia sido introduzido desde 1903.

A partir de 1946, o Brasil passou a exportar e, hoje é o maior produtor e exportador mundial.

A maior utilização da fibra extraída da folha de sisal é a fabricação de cordas. A fibra, classificada como dura, possui alto teor de celulose (cerca de 72%). Ao exame microscópico apresenta-se como um conglomerado de fibrilas celulósicas de 1 a 4 mm de comprimento e 23 a 25 micra de espessura.

1.4 - O SISAL DA CCB.

1.4.1 - PREPARO DO SOLO E PLANTIO.

O plantio da CCB tem enfoque diferente do usual. O plantio tradicional visa a obtenção de fibras com o maior comprimento possível, sem impurezas (mucilagem), que deverão ser principalmente utilizadas pela indústria de cordaria. O objetivo da CCB é obter fibra picada, sem a mesma preocupação com o resíduo de mucilagem. Disso resulta haver, em relação às fibras de menor comprimento, interesse econômico igual ao que existe em relação às outras. Portanto, o que importa é a obtenção da maior quantidade de fibras por hectare.

O plantio de sisal, no nordeste, é quase todo feito no sistema de fileiras simples. A CCB utilizou, inicialmente, o de fileiras duplas, praticado na África, com espaçamento de 1,00 m x 0,80 cm, com ruas de 4,00 m de largura proporcionando um plantio de 5.000 pés por hectare, permitindo o trato cultural mecanizado. Mais recentemente, o plantio, na ordem mínima de 7,500 pés por hectare, passou a ser exercitado pela Empresa, uma vez que a experiência adquirida indicou ser esse o melhor caminho para aumentar o rendimento em termos de celulose por hectare plantado.

Um plantio uniforme e eficiente exige o preparo do solo através do desmatamento e gradagem pesada, atingindo o subsolo para expurgo das raízes da vegetação arbústica.

1.4.2 - CULTIVO E COLHEITA.

A CCB tem procurado obter o melhor rendimento de seus plantios pela utilização de técnicas modernas. Ao mesmo tempo em que são feitas capinas, procede-se ao arrancamento dos rebentos que a princípio vivem às expensas das plantas-mãe, atrasando-lhes o desenvolvimento foliar. Estes rebentos são posteriormente utilizados em novos plantios, mediante seleção.

A colheita é feita pelo sistema tradicional.

1.5 - ADMINISTRAÇÃO.

A CCB é administrada por um conselho de administração e uma Diretoria, sendo a seguinte a sua composição:

Conselho de Administração.

Alberto dos Santos Abade - Presidente

Newton de Castilho - Vice-Presidente

Ariano Araujo

Jorge Lima freire

Jorge Marques Leandro

José de Freitas Mascarenhas

José Mário Tavares de Oliva

Luiz Augusto Sacchi

Manoel Figueiredo de Castro

Paulo Roberto Gaspar Domingues

Diretoria.

Alberto dos Santos Abade - Presidente

Luiz Gama Robinson

Ney Monteiro da Silva

1.6 - CAPITAL SOCIAL.

Capital integralizado	0\$ 2.385.023.267,00
Ações Ordinárias	0\$ 693.191.965,00
Ações Preferenciais	0\$ 1.691.831.302,00

Composição do Capital Votante

CELUBA PARTICIPAÇÕES LTDA	52%
FIRASE/BNDE	34%
OUTROS	14%

Composição do Capital Preferencial- FIRASE/BNDE	74%
FINOR/SUDENE	26%

1.7 - INVESTIMENTO.

O investimento total, inclusive pesquisa e desenvolvimento e despesas pré-operacionais, é da ordem de US\$ 150.000.000,00 (Cento e cinquenta milhões de dólares) sendo cerca de 75% correspondentes à área industrial e 25% correspondentes à área agrícola.

1.8 - MÃO-DE-OBRA.

A área agrícola propiciará, -quando em pleno funcionamento da fábrica, emprego para mais de 5.000 pessoas sendo que, -no momento, ocupa cerca de 3.500 pessoas.

A mão-de-obra empregada na indústria, cerca de 600 funcionários, é predominantemente local, sendo extremamente especializada nos diferentes misteres.

A Empresa oferece a seus funcionários amplos benefícios de transporte, alimentação assistência médica.

1.9 - BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DO EMPREENDIMENTO.

Possibilitar a substituição da celulose de fibra longa da qual a Nação é carente e depende em parte de importações.

Oferecer condições para que o Brasil venha a se tornar exportador de celuloses especiais.

Criar mecanismo regulador do consumo de sisal livrando-o da grande dependência do mercado externo

Desenvolver a utilização de uma fonte de suprimento de matéria-prima, em grande escala, para a fabricação de celulose, em terras sem uso alternativo.

Gerar oportunidades de trabalho intensivo e permanente na área agrícola, localizada em uma das regiões mais pobres e áridas do País, permitindo a fixação do homem do campo à terra, reduzindo assim o êxodo para os centros urbanos. No nível de 200 t/dia. O eventual excedente da capacidade instalada poderá ser atendido por compra a terceiros, em formas de folhas, fibras e resíduos de beneficiamento.

O transporte da fibra de sisal da área agrícola para a industrial é efetuado por via rodoviária, sendo o sisal transportado em fardos que deverão atingir peso da ordem de 50 Kg. Em final de 1982 deverá estar concluído o terminal ferroviário da fábrica em Camaçari. O transporte então passará a ser efetuado por caminhão até as estações ferroviárias localizadas próximo às fazendas e, de lá, até a área industrial, por via férrea, o que representará uma considerável economia em custos de transporte.

Recentemente a Empresa adquiriu área para novos plantios, cortada por estrada de ferro, favorecendo ao transporte porta-a-porta por ferrovia.

1.10 - DESFIBRAMENTO.

A obtenção da Fibra do sisal é feita tradicionalmente utilizando-se máquinas que consistem na raspagem da folha, obtendo-se fibras longas (em torno de 70 a 90 cm), que são utilizadas na fabricação de fios e cordas. Essas máquinas produzem em torno de 150 a 200 Kg de fibra seca/dia, utilizando-se uma média de cinco operários para cada máquina.

Como a CCB necessitaria utilizar cerca de 400 toneladas de fibra seca/dia era indispensável a busca de novas (instalações) soluções, pois o baixo rendimento das máquinas usuais de desfibramento e o elevado custo de produção da fibra longa e limpa de impurezas (dispensável no caso de produção de celulose) tornariam implacável o uso deste sistema.

Os acionistas que conceberam o projeto começaram a desenvolver nova tecnologia visando especificamente a produção de matéria-prima para celulose.

A Companhia de Celulose da Bahia instalou usinas piloto onde experimentou vários processos de picagem e desfibramento, até fixar-se nos mais adequados que compõem um conjunto integrado, capaz de abastecer a fábrica economicamente.

No processo básico, que deverá produzir parcela substancial de fibra, a folha de sisal, depois de cortada, é transportada para uma usina de desfibramento, onde as folhas são picadas nas dimensões exigidas pelo digestor 5 a 10 cm para então serem desfibradas em moinhos a martelo.

A fibra obtida, contendo cerca de 20% de mucilagem, é secada, enfardada e remetida para a fábrica.

As usinas piloto, onde foram testados, aperfeiçoados e aprovados os sistemas de picagem e desfibramento, estão sendo agora substituídas por unidades de maior porte que aumentarão a capacidade de produção, reduzindo os custos. A primeira destas novas unidades deverá entrar em operação no segundo semestre de 1981.

1.11 - PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CELULOSE BRANQUEADA DE SISAL:

A CCB utiliza o processo a soda, que consiste no cozimento da fibra de sisal em solução de soda cáustica.

Esse processo permite não só a recuperação integral dos produtos químicos como a ausência de elementos poluentes.

A fibra de sisal, impregnada inicialmente com solução de soda cáustica, é submetida ao cozimento no sistema de digestor contínuo (KAMYR). A pasta de celulose resultante passa para um sistema de lavagem (DORR-OLIVER DO BRASIL). Os produtos químicos resultantes desse processo são recuperados integralmente e reprocessados.

Após a lavagem inicia-se o processo de branqueamento (DORR-OLIVER) com dióxido de cloro composto de cinco estágios (C_D EDED) onde se obtém uma alvura de 90° a 92° GE. A celulose branqueada sofre um processo de depuração (CELLECO) antes da secagem contínua através de máquinas a cilindros (CIA FEDERAL DE FUNDIÇÃO), sendo em seguida cortada em folhas, prensada, enfardada e estocada.

A CCB instalou em suas dependências um moderno processo para obtenção de dióxido de cloro a partir do clorato de sódio, um conjunto de utilidades com evaporadores (CONFAB), caldeira de recuperação (GOTAVERKEN), caldei

ra de força (CIA BRASILEIRA DE CALDEIRAS), precipitador eletrostático (SVENSKA FLAKTFABRIKEN - fabricado no Brasil), forno de cal (F.L;SMIDTH) e uma central térmica (STAL-LAVAL) capaz de gerar uma potência de 10000 KVA alimentando uma rede de distribuição de 13,8 KV.

A água é obtida por um sistema de captação de poços artesianos completando assim a quase total auto-suficiência da fábrica.

Cerca de 75% do equipamento foram fabricados no Brasil.

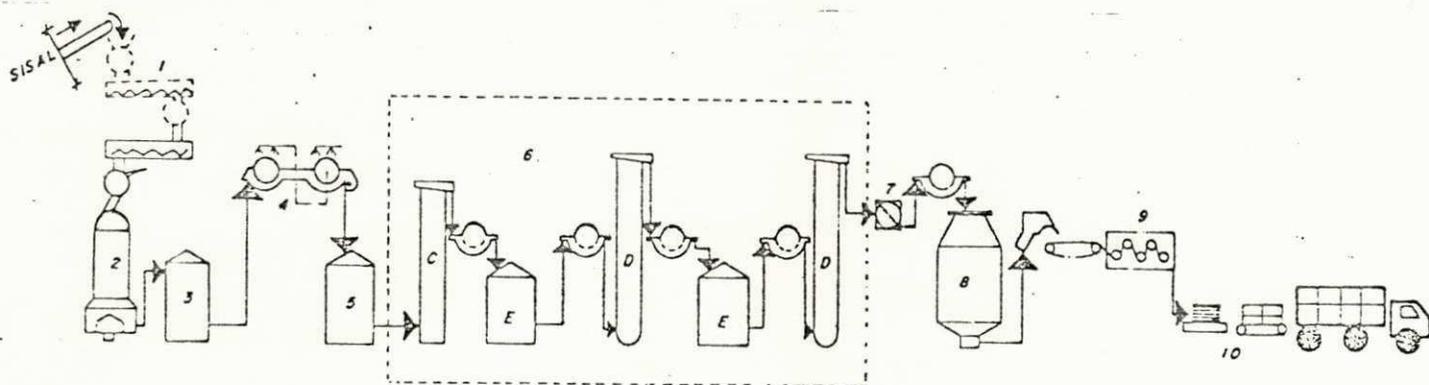
O tratamento dos efluentes líquidos é efetuado pela CETREL, em forma cooperativa com todas as empresas do pólo petroquímico.

O Projeto de engenharia básica foi elaborado pela Jaakko Poyry, Finlândia, juntamente com a Jaakko Poyry Engenharia, Brasil.

A Engenharia de detalhe, construção e montagem foi de A.Araujo Engenharia e montagens, Brasil.

O projeto e a área disponível fornecem todas as facilidades para futuras expansões.

1.12 - FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DE FABRICAÇÃO.



- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 1 - ALIMENTADORES | 6 - BRANQUEAMENTO CO_2 EDED |
| 2 - DIGESTOR CONTÍNUO | 7 - DEPURAÇÃO |
| 3 - TANQUE DE DESCARGA | 8 - TORRE DE MASSA BRANQUEADA |
| 4 - FILTROS LAVADORES | 9 - SECAGEM |
| 5 - TORRE DE MASSA ESCURA | 10 - EMBALAGEM E ESTOCAGEM |

L.13 - MERCADO.

1.13.1 - CARACTERÍSTICAS DA CELULOSE DE SISAL.

A celulose obtida da sisal possui um surpreendente nº de qualidades:

- 1 - Altíssima resistência ao rasgo;
- 2 - Média resistência tensorial;
- 3 - Baixa densidade específica;
- 4 - Altíssima porosidade;

1.13.2 - APLICAÇÕES DA CELULOSE DE SISAL.

A Celulose de sisal é conhecida no Brasil e no exterior, notadamente por empresas integradas que a produzem para consumo próprio, em processo descontínuo, não existindo comercialização deste produto no mercado.

Os altos custos do processo tradicional de obtenção da fibra do sisal sempre refrearam a sua demanda. Suas aplicações sempre foram limitadas e utilizadas na fabricação de papéis de segurança, papéis de cigarros, papéis de embalagem de alta resistência e na de alguns tipos de papéis especiais.

A tecnologia introduzida pela CCB na produção agrícola e o uso de um digestor contínuo na unidade industrial permitiram a implantação do projeto a um nível de produção de alta escala -- considerando-se o mercado de celulose de fibras não - madeira - criando uma nova perspectiva para utilização da celulose de sisal.

Estudos desenvolvidos no Finnish pulp and Paper Research Institute, baseados em testes de laboratório e em máquinas piloto, demonstraram a aplicabilidade da celulose de sisal, com ótimos resultados, na fabricação dos seguintes papéis:

Papéis de impressão.

Notadamente os papéis finos tipo seda (Bíblia etc) onde resistência e alto grau de opacidade são requeridos. Papéis-moeda e de segurança,

Papéis estes que requerem grande resistência ao rasgo e a dobras.

Papéis para cabos telefônicos.

Devido à sua resistência a tração e porosidade.

Papéis de Embalagem.

Devido à grande resistência a tração e a boa elasticidade.

Papéis para filtro.

Sua boa porosidade o torna recomendável para todos os tipos de filtração, inclusive para filtros de café.

Papéis de cigarros.

Pela porosidade, resistência a tração e outras características especiais da celulose de sisal.

Papéis para impregnação.

Devido à sua alta porosidade.

Outros Papéis.

Estêncil, sacos de chá, absorventes higiênicos e outros onde a grande resistência úmida e boa absorção são desejadas.

Outras aplicações da celulose de sisal.

A celulose de sisal possui entre outras aplicações o emprego em composição com outros tipos de celulose para melhorar as características do papel a ser produzido, substituindo a fibra longa com vantagem.

1.13.3 - VENDAS.

Com uma capacidade nominal instalada de 200 toneladas/dia de celulose branqueada de sisal a 90 a 92° GE, a Companhia de Celulose da Bahia produzirá 66.600 toneladas de celulose de sisal por ano, em 333 dias de produção, ao atingir plena capacidade.

Suas vendas para o mercado nacional são efetuadas diretamente através de sua estrutura comercial localizada junto à fábrica, em Camaçari.

O mercado internacional, que absorverá uma parcela superior a 50% de sua produção, será atendido por agentes exclusivos, especializados, para cada território.

1.13.4 - ASSISTÊNCIA TÉCNICA.

A Companhia de Celulose da Bahia possui uma estrutura para dar completa assistência técnica na utilização de celulose de sisal, contando com elementos qualificados e com larga experiência nesta matéria-prima para fabricação de papéis.

1.14 - PAPEL E SUBPRODUTOS.

A Companhia, a médio prazo, deverá examinar com as entidades de fomento regional e nacional a instalação de uma unidade de papel integrada

à sua fábrica em Camaçari.

As características especiais do complexo agroindustrial para fabricação de celulose indicam a possibilidade de implantação futura de uma série de novos projetos para a utilização de subprodutos do processamento do sisal.

Assim, neste e nos próximos exercícios, a Empresa deverá engajar-se direta ou indiretamente em trabalhos de pesquisas e desenvolvimento, visando a utilização dos resíduos líquidos e sólidos do desfibramento, nos campos de: adubação, alimentação animal, energia e produtos farmacêuticos.

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CELULOSE

2.0 - CELULOSE.

A celulose é um carboidrato abundante na natureza, constitui cerca de 1/3 de toda a matéria vegetal existente.

Suas moléculas alongadas agrupam-se em fibras e são componentes básicos das paredes das células dos vegetais superiores. É responsável pela consistência e tenacidade da madeira, bem como pela resistência a tração das fibras vegetais.

A celulose é um polímero da glicose constituindo-se uma longa cadeia de moléculas de glicose unidas por ligações moleculares.

Ao construir as paredes celulares, a celulose forma um sistema contínuo com espaços intercalados por poros. Nos espaços depositam-se constituintes amorfor sendo os mais importantes as hemiceluloses e a lignina e que apresentam problemas na purificação da celulose por não ser facilmente solúveis.

Atualmente existem processos industriais de purificação da celulose, dando origem estas as chamadas pastas químicas.

Sob o ponto de vista específico de qualidade do produto obtido, o sisal proficia a elaboração de pastas celulósicas que por suas características físico-mecânicas, gozam de características específicas.

Como celulose de fibra longa de alta resistência ao rasgo, ao estouro, de média resistência a auto-ruptura e altíssima capacidade de drenagem, o sisal permite a fabricação de um tipo de celulose de que o Brasil apresenta forte dependência, visto que a celulose de eucalipto da qual já somos grandes produtores, possuem fibra curta, não apropriada a fabricação de certos tipos de papel.

A pequena produção de celulose de fibra longa entre nós, é obtida a partir da araucaria *Augustiplia* (hoje quase em extinção) observando-se que as variedades exóticas introduzidas para o mesmo fim, *Pinus Caribaen*, *Pinus Teda* e outras exigem um período de 12 a 15 anos para seu corte.

Utilizar portanto, a fibra de sisal como matéria-prima de uso permanente, é somente um problema de definir uma equação favorável no seu custo de produção e industrialização nas áreas agrícolas.

2.1 - DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL.

A CCB, usa como matéria-prima o sisal para obter a celulose com o processo à soda.

2.2 - MANUSEIO DE SISAL.

O sisal produzido nas áreas agrícolas são estocados neste local em forma de fardos.

O transporte das fazendas até a fábrica é efetuado em caminhões. Cada caminhão, após ser pesado em uma balança instalada na entrada da fábrica, é dirigido para a área de estocagem e manuseio de sisal.

A descarga de caminhões é feita manualmente. Uma parte dos fardos é estocado em pilhas e a outra parte será destinado a produção, estes são colocados sobre as esteiras transportadoras de velocidade variável que levam os fardos até o tambor abridor de fardos, antes de entrarem nas correias alimentadoras são retiradas as cordas que amarram os mesmos.

No abridor de fardos, que consiste em um tambor rotativo, os fardos de sisal são desmanchados.

As fibras de sisal soltas, são transportadas do abridor de fardos até os pré-impregnadores por meio de correias transportadoras.

2.3 - COZIMENTO.

As fibras soltas de sisal são tratadas com solução de soda quente dentro dos dois pré-impregnadores. A pressão existente é a pressão atmosférica e a temperatura de 90°C, após esta operação é descarregado o sisal embebido em solução de soda e levado até o impregnador de baixa pressão, por meio de um elevador.

Do impregnador o sisal passa para o alimentador de baixa pressão e depois vai para o pré-aquecimento, efetuado no impregnador de alta pressão; onde é adicionado vapor de 2,5 Kg/cm².

Do impregnador de alta pressão, o sisal e o licor preto passam para o alimentador de alta pressão e entram no digestor contínuo, onde a pressão é de 6 a 9 Kg/cm² a a temperatura de 165°C a 170°C.

No digestor o material fibroso é delignificado, isto é, a lignina que é a substância cimentante das fibras é dissolvida. O tempo de retenção pode variar de 60 a 90 minutos, conforme o tipo de celulose desejado.

Após o cozimento a celulose passa através da zona de lavagem, onde é adicionado licor preto de lavagem.

O licor preto que lava a celulose, é depois extraído das panelas centrais do digestor, indo uma parte para o processo e a outra parte para a evaporação.

A celulose é descarregada pelo fundo do digestor, após passar pela zona de resfriamento. Este resfriamento é obtido por meio de licor que sai do 1º filtro a vácuo rotativo do setor de lavagem de massa escura.

Do digestor a massa vai para o tanque de descarga (Blow tank).

2.4 - LAVAGEM.

Do tanque de descarga, a massa é bombeada para o setor de lavagem de massa escura.

A massa aqui lavada por meio de filtros rotativos, Dorr-oliver, com o princípio de contra corrente, isto é a água de lavagem é colocada acima do 2º filtro lavador, o licor que sai através da manta de celulose é bombeada para o 1º filtro lavador e o licor que sai deste filtro é bombeado para a zona de resfriamento do digestor.

Estes dois filtros funcionam com vácuo obtido pela perna vacuométrica.

Do 2º filtro lavador, a massa vai para a torre de alta consistência.

2.5 - BRANQUEAMENTO.

A celulose assim obtida seria muito escura para alguns tipos de papéis, portanto, é necessário que ela seja submetida ao processo de branqueamento.

O processo de branqueamento usado na CCB é de 5 estágios DC! EDE.

Obs: DC = dióxido cloro

E = extração alcalina (Soda).

Os produtos químicos usados no branqueamento são:

- * Ácido sulfúrico
- * Cloro
- * Dióxido de cloro
- * Ácido sulforoso (solução aquosa de SO_2)

O cloro em forma líquida é estocado em 2 tanques com capacidade de 30 toneladas cada, apoiados sobre balanças. A pressão de trabalho destes tanques é de 5,5 a 7,0 Kg/cm^2 .

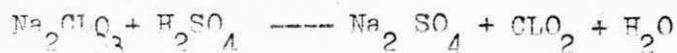
O cloro líquido é gasificado por meio de um gaseificador ou evaporador de cloro, pois é na forma gasosa que o cloro é usado no branqueamento. A gasificação é obtida por meio de aquecimento.

2.6 - SODA CÁUSTICA.

A soda chega na forma líquida concentrada a 50% e é usada no cozimento como também no branqueamento, está é armazenada em um tanque de onde sai para o processo.

2.7 - DIÓXIDO DE CLORO.

É produzido na fábrica a partir do clorato de sódio, conforme, equação abaixo:



A preparação do dióxido de cloro em solução, é feita em reatores - com processo semi-automático. Os reatores operam sob vácuo, para evitar vazamentos.

(vácuo 50 mm de coluna de água).

2.8 - PROCESSO DE BRANQUEAMENTO.

O branqueamento da celulose é feito da seguinte maneira:

2.8.1 - CLORAÇÃO (DC):

A massa, após acidificada em ácido sulfúrico, é tratada com dióxido de cloro em solução e água clorada. Possui uma ação oxidante sobre a lignina.

2.8.2 - EXTRAÇÃO ALCALINA (E).

A massa clorada, depois de lavada no filtro rotativo lavador é tratada com uma solução de soda cáustica e vapor para retirar em solução as cloro-ligninas formadas.

2.8.3 - DIÓXIDO DE CLORO I (D_I).

Depois de lavada, a massa que sai da extração alcalina é tratada com uma solução de dióxido de cloro e vapor para oxidar ulteriormente os resíduos de lignina e branquear assim a celulose.

2.8.4 - EXTRAÇÃO ALCALINA II (E_{II}).

Depois de lavada a massa que sai do tratamento com dióxido de cloro é tratada novamente com solução de soda cáustica e vapor.

2.8.5 - DIÓXIDO DE CLORO (D_{II})..

Aqui a massa é novamente tratada com solução de dióxido de cloro.

2.8.6 - TRATAMENTO COM SO₂.

Este tem como função eliminar os traços de cloro eventualmente presentes na celulose branqueada.

2.9 - DEPURAÇÃO.

A massa branqueada deve ser liberada das partículas que não forem delignificadas no processo de cozimento e das impurezas.

No caso da CCB, como o material fibroso é o sisal que dá pouco rejeito após o cozimento, a depuração por isto foi instalada após o branqueamento.

Aqui a celulose é submetida a dois tipos de depuradores e seletifere (peneira) Hidrociclones.

A massa depurada passa por um filtro rotativo engrossador, indo para uma torre de estocagem de alta consistência.

2.10 - SECAGEM E ENFARDAMENTO.

Esta é a última operação da linha de preparação da celulose.

Da torre de estocagem de alta consistência, a celulose é novamente diluída e por meio de uma bomba vai para uma caixa de alimentação da máquina de secagem.

A celulose em suspensão sai da caixa da máquina e forma um lençol em cima da tela desaguadora, para através de uma série de rolos que extraem o líquido contido no lençol de celulose, saindo no último rolo com uma consistência aproximada de 40 a 42%, para logo após entrar no sistema de secagem.

Este é constituído de 62 rolos secadores, aquecidos por vapor com pressão de $2,5 \text{ Kg/cm}^2$. A folha de celulose na saída do último cilindro secador possui uma consistência de aproximadamente 90% e 10% de umidade.

O lençol é cortado longitudinalmente e transversalmente para formar folhas e depois prensadas, empacotadas e amarradas em fardos.

2.11 - EVAPORAÇÃO.

Aqui o licor preto é evaporado utilizando-se vapor de $2,5 \text{ Kg/cm}^2$, operação efetuada nos evaporadores, nos quais o licor entra com 12 a 13% de sólidos totais e sai com 63% de sólidos.

Este licor preto concentrado ou forte é bombeado para a caldeira de recuperação.

2.12 - CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO.

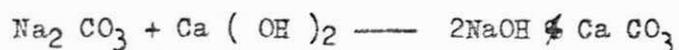
O licor preto é injetado dentro da fornalha da caldeira de recuperação através de bicos oscilantes e depois submetido a queima.

Aqui o licor preto composto de lignina (Carbono, hidrogênio e oxigênio) e soda cáustica é queimada. A soda cáustica contida no licor, durante o processo de queima é transformado em carbonato de sódio (Na_2CO_3).

Este sai da fornalha em forma de cinzas fundidas e vai para um tanque dissolvente, onde o líquido forma o chamado licor verde. As substâncias orgânicas queimadas produzem o vapor necessário a fábrica. Os gases de combustão antes de passarem a chaminé, entram nos precipitadores eletrostáticos, onde são retiradas as partículas de carbonato de sódio.

2.13 - CÁUSTIFICAÇÃO.

Aqui o licor verde é tratado com leite de cal, obtendo-se:



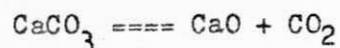
O licor branco, isto é, o produto obtido no setor da cáustificação é usado novamente no cozimento do sisal.

Depois de decantado o licor branco, adicionado de soda cáustica é bombeado para os tanques de estocagem.

O carbonato de cálcio é enviado para um filtro rotativo afim de retirar a soda cáustica eventualmente presente, logo a seguir é enviado para o forno de cal.

2.14 - FORNO DE CAL.

O carbonato de cálcio obtido da cáustificação, entra no forno de cal, que é do tipo usado na indústria de cimento, e aqui o carbonato de cálcio por meio de combustão (queima de óleo) divide-se em dióxido de cálcio.



Este dióxido de cálcio dissolvido em água produz o leite de cal usado na cáustificação para tratar o licor verde.

DESCRIÇÕES DE EQUIPAMENTOS
E ATIVIDADES

3.1 - BOMBAS.

3.1.1 - INTRODUÇÃO.

Os líquidos são deslocados através das tubulações ou equipamentos pelas bombas. Esses 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 equipamentos de deslocamento positivo e os de ação centrífuga. Nos sistemas de deslocamento positivo uma porção de fluido é presa numa câmara, e pela ação de um pistão ou peça rotativa, ele é impulsionado para fora. Desse modo, a energia do elemento rotativo ou pistão é transferida para o fluido. Os sistemas de pistão e câmara recebem o nome de sistemas recíprocos ou alternativos e os de elemento rotativo, chama-se sistemas rotativos de deslocamento positivo.

Nos equipamentos que usam ação centrífuga, estudaremos as bombas centrífugas. Constam essencialmente de uma carcaça dentro da qual gira um rotor provido de pás. O fluido recebe energia de pá, adquirindo grande velocidade, ao sair da pá, a energia cinética é transformada em pressão.

O sucesso do bombeamento depende.

1. Do conhecimento das condições de bombeamento e da faixa de variação dessa condição;
2. Projeto de instalação;
3. Escolha da bomba;
4. Instalação correta;
5. Partida cuidadosa;
6. Operação correta;
7. Manutenção preventiva e corretiva;

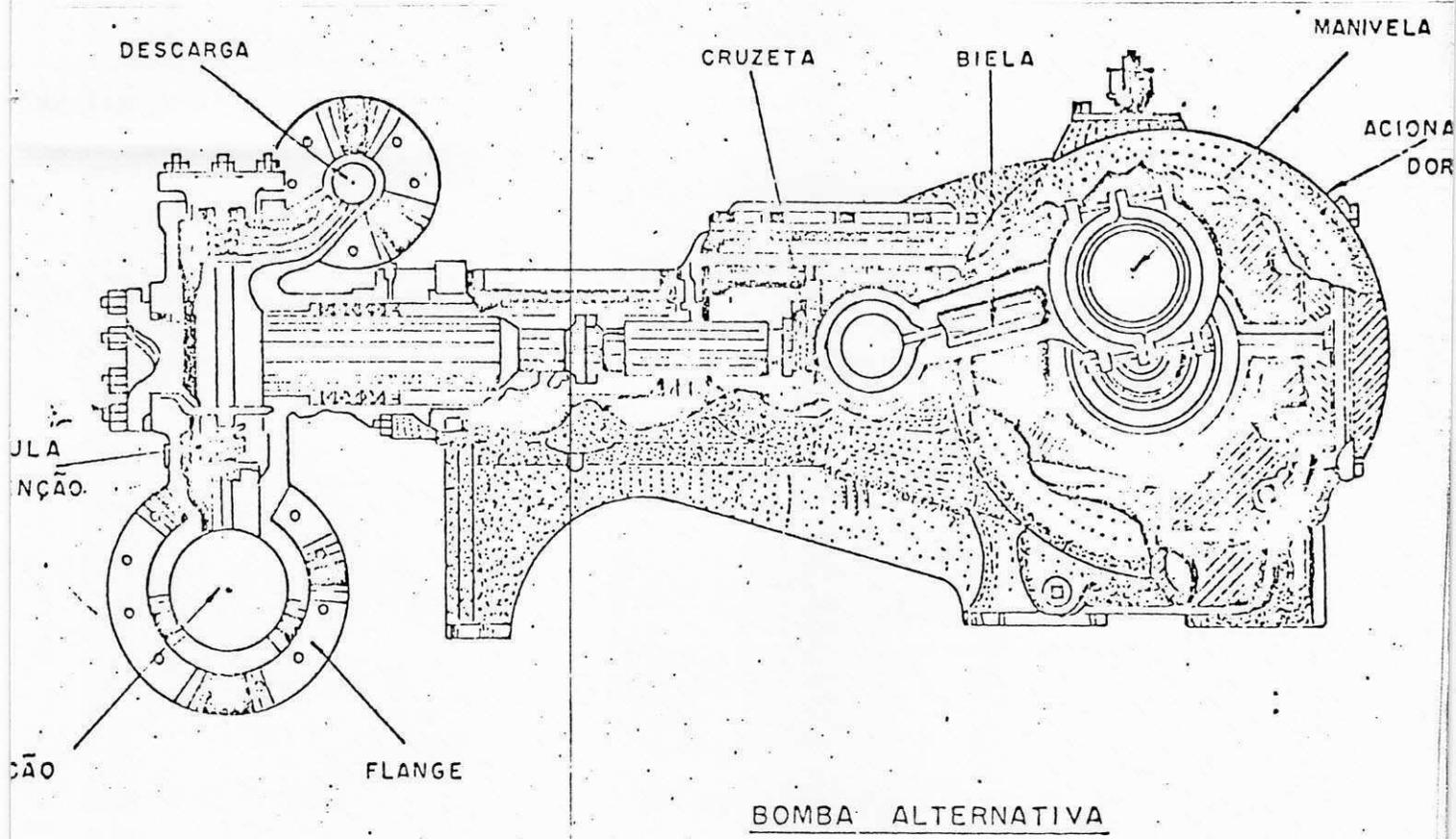
A seleção não cuidadosa de uma bomba pode criar um ponto de estrangulamento no processo ou provocar o mau funcionamento de uma instalação. As bombas são produzidas pelos fabricantes em dimensões e tipos padronizados. O trabalho do engenheiro é escolher a bomba apropriada. É muito útil a discussão entre o fabricante e o comprador.

3.1.2- CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS.

Segundo o princípio de funcionamento, as bombas são classifica-
das em:

1. Bombas Alternativas
2. Bombas Rotativas
3. Bombas centrífugas

3.1.2.1 - BOMBAS ALTERNATIVAS:



3.1.2.1.1 - Quanto ao número de cilindros do lado líquido. Segundo este critério as bombas podem ser classificadas em simplex, duplex, etc, conforme o número de cilindros.

3.1.2.1.2 - QUANTO A AÇÃO DA BOMBA.

Quando só uma face do pistão atua sobre o líquido a ser deslocado, a bomba é chamada de ação simples. Quando as duas faces atuam, são denominadas de dupla ação.

3.1.2.1.3 - Quanto ao arranjo dos cilindros.

São classificados em horizontais e verticais. Normalmente, quando o número de cilindros é maior que 3, usa-se cilindros verticais.

3.1.2.1.4 - QUANTO AO TIPO DE PISTÃO.

Existem bombas alternativas de pistão propriamente ditas, onde os anéis de vedação ficam no pistão e as denominadas tipo "plunger" onde a vedação fica na carcaça, isto é, na parede do cilindro. As do tipo "plunger" são usadas para pressões mais altas; O pistão é longo para impedir vazamentos. Existe o tipo plunger com vedação terminal e com vedação no centro do pistão alongado.

As bombas a pistão possuem na saída uma câmara com ar para amortecer as oscilações do escoamento.

As duplex tem vazão mais constante que as simplex, daí serem preferidas quando se deseja fluxo não pulsante em demasia.

As bombas do tipo alternativas são usadas quando o fluido vaporiza ou pode eventualmente vaporizar nas condições do processo ou quando a pressão necessária é elevada. São de baixa rotação: a velocidade do pistão varia de 12 m/min. até 40 m/min, dependendo do curso, que pode variar de 7,5 cm até 60 cm, assim como da viscosidade do fluido.

O rendimento volumétrico (volume de fluido deslocado pelo pistão) é praticamente constante e oscila de 90 a 100%. A pressão máxima de descarga da bomba a pistão é geralmente de 50 atm enquanto que as tipo plunger

podem ir até 1500 atm. O rendimento mecânico das bombas alternativas pequenas é de 50% e varia de 70 a 90% para as grandes bombas.

Um tipo de bomba alternativa importante é a chamada bomba dosado
ra, largamente usada em processos químicos para introduzir os reagentes em quantidades controladas e constantes.

As bombas alternativas do tipo diáfragma ou membrana permitem o revestimento da carcaça com vidro, cerâmica, plástico ou borracha. Servem também para deslocamento de lamas proveniente de espessadores ou sedimentadores.

A potência necessária a fornecer ao fluido por uma bomba alternativa é calculada somente para elevar a pressão, desde a pressão de sucção até a pressão de descarga, uma vez que os efeitos cinéticos e potenciais (cota) são desprezíveis.

3.1.2.1.4.1 - BOMBAS DE PISTÕES RADIAIS.

Podem ser de dois tipos:

* De bloco estacionário.

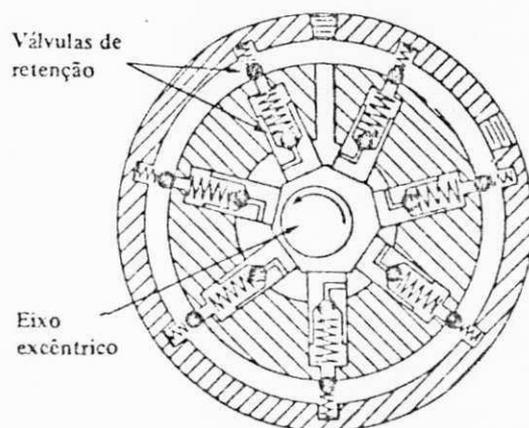


Fig. VIII.18 - Bomba de pistões radiais de bloco estacionário.

*

* De bloco rotativo.

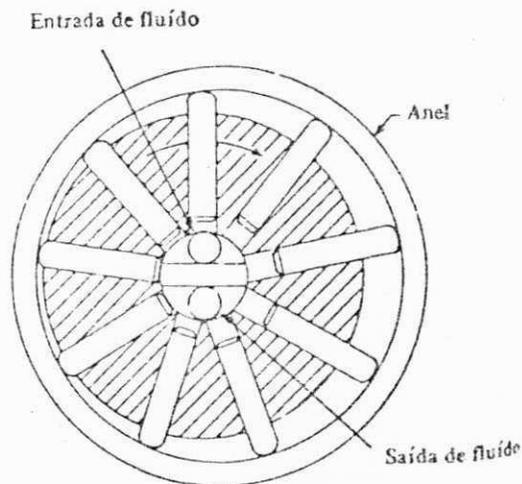


Fig. VIII.19 - Bomba de pistões radiais de bloco rotativo.

Na bomba de pistões radiais de bloco estacionário, um eixo excêntrico, em forma de heptágono, realiza um movimento de translação em torno do eixo da bomba ocasionando o movimento de vai-e-vem dos pistões e blocos rotativo, o princípio de funcionamento é semelhante ao de uma bomba de palhetas; vai efetuando o movimento recíproco dos pistões.

Naturalmente, essa bomba também pode ser de vazão fixa ou variável. A bomba de bloco rotativo por ter um tipo de construção especial, tem custo muito elevado, assim como a de bloco estacionário, cujo custo é um pouco inferior.

A bomba de bloco estacionário é comumente encontrada com "7" pistões. Algumas possuem "14" pistões que, em realidade são duas bombas de "7" pistões em paralelo.

3.1.2.1.4.2 - BOMBAS DE PISTÕES AXIAIS.

Seu funcionamento é semelhante a bomba de pistões radiais. Diferem basicamente na posição de trabalho dos pistões. Como o próprio nome indica, a bomba de pistões axiais trabalha com os pistões paralelamente ao eixo. Tudo gira internamente a carcaça menos o prato guia.

O giro do eixo provoca a rotação do bloco que, por sua vez, arrasta os pistões consigo.

A partir desse movimento de rotação é transmitido um movimento retilíneo recíproco aos pistões através do prato guia, succionando o fluido nas ascendente e descarregando-o na descendente.

Podemos observar que é possível a variação de vazão nesse tipo de bomba apenas controlando a inclinação do prato guia variando assim o curso dos pistões.

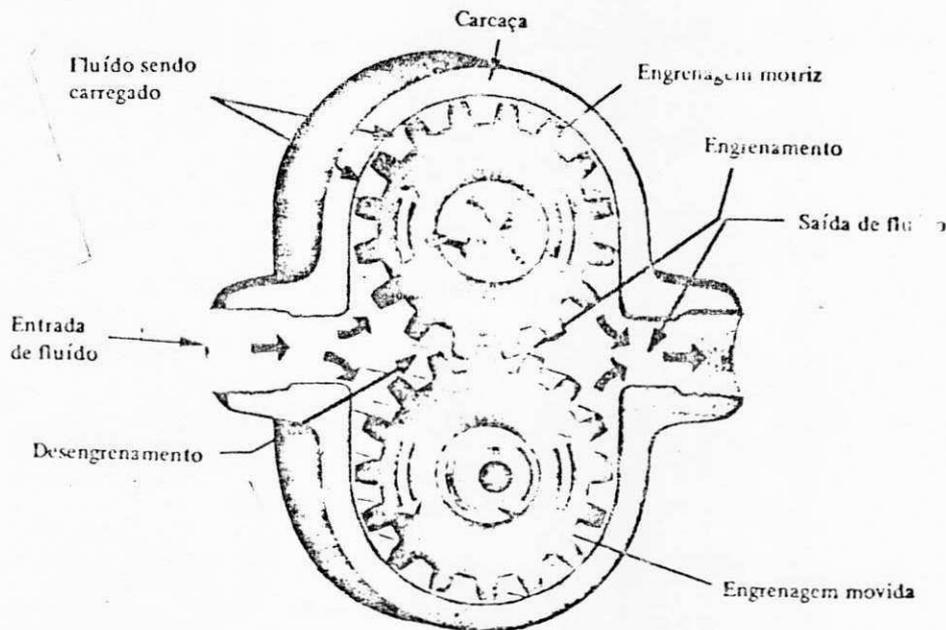
Obs:

As bombas de pistões - radiais ou axiais - apresentam como grande vantagem, a pressão elevada que podem fornecer (conseguem alcançar até 10.000' psi). Possuem também, um alto rendimento volumétrico, que gira em torno de 95%

3.1.2.2 - BOMBAS DE DESLOCAMENTO POSITIVO TIPO ROTATIVO.

Existem diversos tipos, sendo mais comuns as do tipo engrenagens; lóbulos, de parafuso sem fim e engrenagem interna. Nessas bombas, o ajuste entre o rotor e a carcaça é importante para evitar fugas internas. Funcionam bem para fluidos limpos viscosos (óleo combustíveis). Trabalham até 200 atm.

3.1.2.2-1 BOMBAS DE ENGRENAGEM.



Eig. VIII.4 - Bomba de engrenagens.

A bomba de engrenagens é uma bomba que cria uma determinada vazão devido ao constante engrenamento e desengrenamento de duas ou mais rodas dentadas.

A fig. demonstra o funcionamento típico de uma bomba de engrenagens. As duas engrenagens, estão alojadas em uma carcaça sendo que uma delas (engrenagem motriz), tem um eixo passante que transmite a potência fornecida pelo motor. A outra engrenagem que efetua o engrenamento é chamada de conduzida, ou movida. O constante desengrenamento dos dentes cria uma descompressão, fazendo com que o fluido seja succionado do reservatório. Ele então, é conduzido perifericamente pelos vãos das rodas que formam uma câmara fechada com a carcaça da bomba e vedações laterais. O engrenamento constante expulsa o fluido dos vãos e o força para fora da bomba.

A grande vantagem apresentada por este tipo de bomba é a sua robustez, já que possui apenas duas peças moveis. Em contra-partida apresenta desvantagens como + ruído excessivo no funcionamento, vazão fixa e necessidade de válvula de alívio. O ruído pode ser atenuado com a confecção de engrenagem do tipo de helicoidal ou ainda espinha de peixe, acarretando porém, uma grande elevação no custo da bomba, que é baixo em bombas de dentes retos.

Podemos ainda salientar como desvantagens, a vida limitada a que a bomba de engrenagem está sujeita, que é devido ao fato da operação dessa bomba provocar um constante esforço radial contra os mancais ocasionando o seu rápido desgaste. Com isso, as engrenagens passam a ter contato com a carcaça da bomba, danificando-a em definitivo.

3.1.2.2.2 - BOMBAS DE ENGRENAGENS INTERNAS.

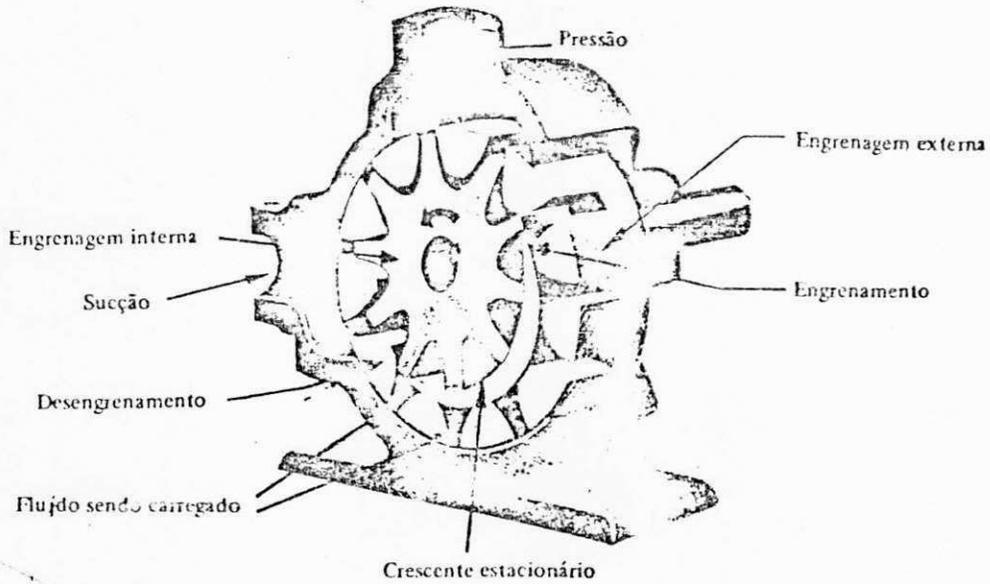
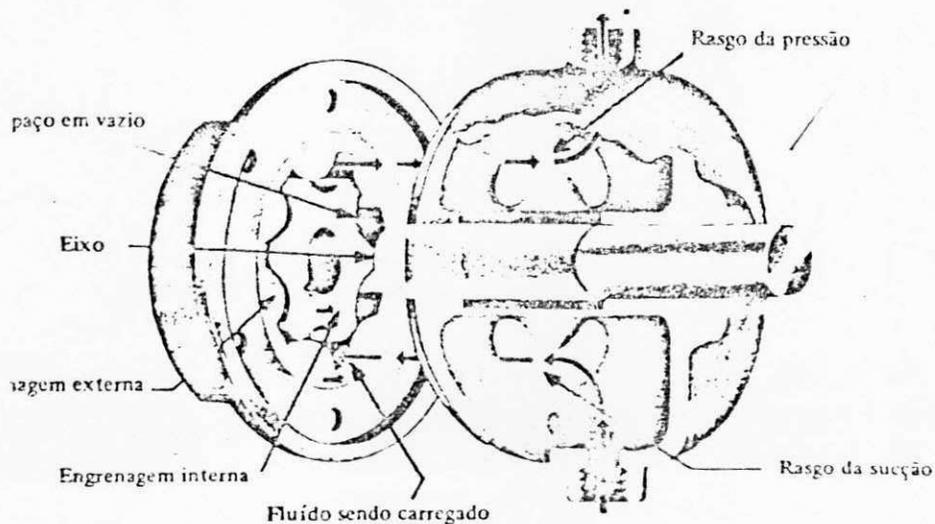


Fig. VIII.7 - Bomba de engrenagens internas.

Aqui, as engrenagens movem-se na mesma direção. Esse tipo de bomba de engrenagens apresenta uma construção mais compacta, fornecendo uma vazão mais suave e menor ruído, sendo porém, mais cara, o que limita bastante a sua aplicação. O fluido sugado é levado pelas engrenagens em volta de um anel crescente "C" até a saída, é empurrado para fora com o engrenamento dos dentes do outro lado.

3.1.2.2.3 - BOMBA DE EXCÊNTRICO INTERNO (TIPO GEROTOR).



Essas bombas apresentam um nível de ruído baixíssimas devido a sua construção ser complexa, seu custo torna-se elevado.

O elemento interno tem sempre um número de dentes menor do que o externo. A bomba tipo gerotor é semelhante à bomba de engrenagens internas, diferenciando-se por não possuir o "crescimento" de separação. Ambos os elementos giram na mesma direção. Quando o espaço entre eles aumenta no momento da passagem sobre a entrada, o fluido é impelido para o interior da bomba. Na sequência do movimento, o espaço vai diminuindo e o fluido é expelido para a saída.

Observa-se que, durante o giro do elemento interno, o mesmo está sempre em contato com o externo, evitando qualquer tipo de vazamento no interior da bomba.

3.1.2.2.4 - BOMBAS DE ROTORES LOBULARES.

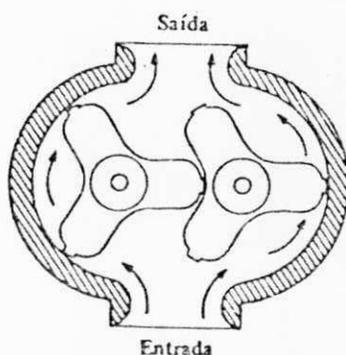


Fig. VIII.9 - Bomba de rotores lobulares.

Seu princípio de funcionamento é idêntico ao das bombas de engrenagens, sendo que, as engrenagens, são substituídas pelos rotores do tipo Roots, que chamamos de lóbulos.

Aqui não existe o contato direto entre os lóbulos como ocorre na bomba de engrenagens. Os rotores são acionados por duas engrenagens que fica externamente à bomba. Podemos notar que, a vazão será menos suave neste tipo de

bomba e o nível de ruído será mais elevado, além de seu custo também ser relativamente alto. Sua utilização, portanto, será limitada a casos específicos.

3.1.2.2.5 - BOMBA DE PARAFUSOS.

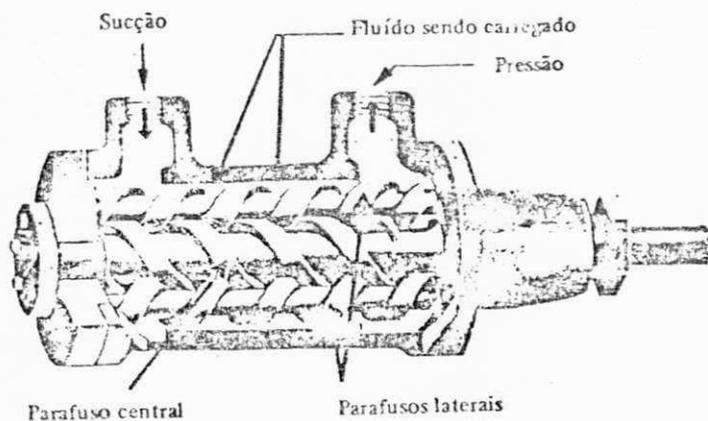


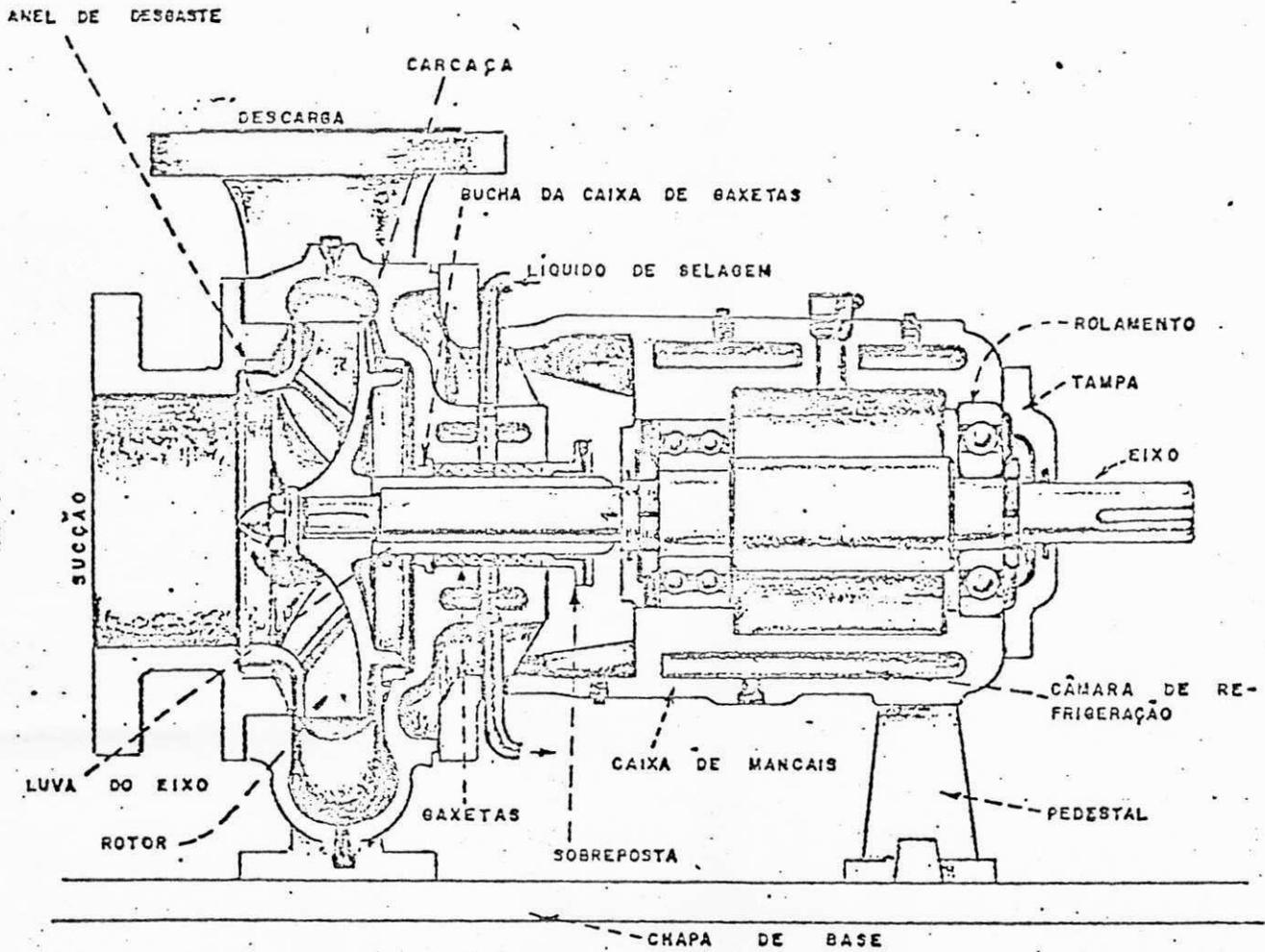
Fig. VIII.10 - Bombas de parafusos.

Neste tipo de bombas, as engrenagens são substituídas por parafusos que agem como dois pares engrenados.

Na figura mostramos um tipo de bombas de parafusos existentes. Nessa bomba o parafuso central é o motriz e os laterais são os movidos. A bomba de parafusos é utilizada em circuitos que exigem uma vazão uniforme sem qualquer tipo de pulsação. Essa bomba permite um número de rotações elevado, podendo-se chegar até a 5000 rpm, fornecendo tanto pequenas como grandes vazões.

A pressão que pode ser suportada pela bomba aumenta em uma relação direta com o comprimento do parafuso em relação ao passo, isto é, em duas bombas com parafusos iguais, porém, com passos diferentes, obteremos maior resistência à pressão na bomba em que o passo é menor. Devido a construção da bomba ser muito trabalhosa, seu custo também é elevado.

3.1.2.3 - BOMBAS CENTRÍFUGAS.



BOMBA CENTRIFUGA DE UM ESTAGIO

3.1.2.3.1 - INTRODUÇÃO.

Constam essencialmente de uma carcaça e um rotor provido de pás. O líquido é succionado no centro do rotor e a forma das pás é apropriada para transferir a energia mecânica do eixo, em energia cinética ao fluido. O líquido flui para a periferia entre os espaços da pás e deixam a periferia do rotor com grande velocidade sendo coletado pela carcaça que geralmente apresenta um canal para recolher o líquido. Esse coletor está ligado à boca de saída. Na periferia

da carcaça (voluta) a energia cinética é transformada em pressão. O eixo do rotor recebe a 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 largas. Assim, existem bombas com vazão de 15 l/min. com pressão diferencial (entre saída e entrada) de 0,15 a 0,30 atme outras com 1200 l/min. e pressão de 200 atm. Podem trabalhar com líquidos quentes (450°C) e lamas. Algumas bombas especiais atingem 350 m³/min. com 135 metros de coluna de água (m.c.a.) e outras 2200 m³/min. com 95 m.c.a. para irrigação.

3.1.2.3.2 - CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS CENTRÍFUGAS.

As bombas centrífugas são classificadas sob diversos critérios.

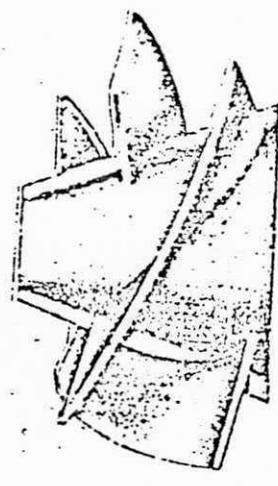
3.1.2.3.2.1 - QUANTO AO TIPO DE ROTOR.



ROTOR FECHADO



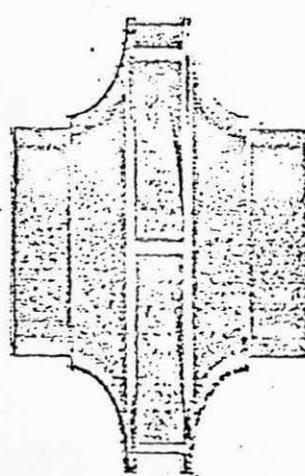
ROTOR SEMI-ABERTO



ROTOR ABERTO

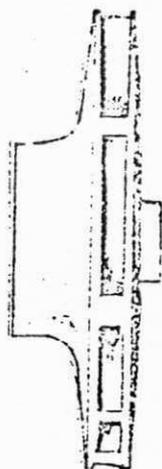


ROTOR DE SIMPLES SUÇÃO



ROTOR DE DUPLA SUÇÃO

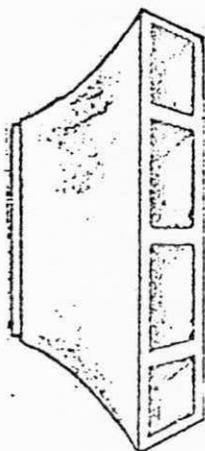
3.1.2.3.2.1.A - ROTOR RADIAL.



ROTOR DE FLUXO RADIAL

Dirige o fluido para a periferia; As pás são curvadas para trás e a curva é uma superfície simples. É o tipo mais comum. Quando a sucção, isto é, a entrada de água se dá por um só lado trabalham de 500 a 3000 rpm. Quando a sucção se dá por dois lados do rotor, o que ocorre para bombas de grande vazão, a rotação pode ir até 600 rpm. Os rotores radiais podem ser abertos, semi-abertos e fechados. Os rotores abertos são de pouco custo, entopem menos, dão pressão mais baixa e são de rendimento menor. Os rotores fechados são de difícil limpeza, pressão mais elevada e de maior rendimento.

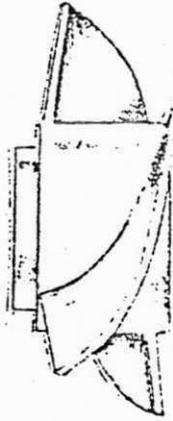
3.1.2.3.2.1.B - ROTOR DE FLUXO MISTO.



ROTOR DE FLUXO MISTO

A pá é de dupla curvatura e a rotação varia de 4500 a 9000 rpm. A entrada do fluido é axial e a saída é radial.

3.1.2.3.2.1.C - ROTOR DO TIPO AXIAL OU HÉLICE.



ROTOR DE FLUXO AXIAL

O fluido entra e sai na direção axial. Gira normalmente em altas rotações: 9000 rpm. produz baixa pressão diferencial, mas dá elevada vazão. Muitas vezes esta bomba não é classificada como centrífuga.

3.1.2.3.2.1.D - ROTOR TIPO TURBINA.

Esse tipo de bomba é também chamada de bomba tipo turbina. O rotor se assemelha a um disco plano com ranhuras frezadas, radiais, de ambos os lados da extremidade do disco.

3.1.2.3.2.2 - QUANTO AO TIPO DE CARCAÇA.

A carcaça pode ser bipartida no sentido vertical ou no sentido horizontal. As bombas de grandes dimensões possuem a carcaça bipartida horizontalmente, enquanto que as pequenas, verticalmente.

3.1.2.3.2.3 - QUANTO A ALIMENTAÇÃO.

A entrada do líquido é pelo centro da carcaça e a descarga pela

periferia, tangencialmente. A posição da descarga pode variar de, 45° ou 90° da vertical. As chamadas bombas petroquímicas possuem a entrada e saída suportadas por pedestal de modo que a tensão de linha não é transmitida à carcaça. Além do mais, essas bombas, tendo a entrada e a saída para cima, evitam a necessidade de purgador de incondensáveis. Esses detalhes construtivos da bomba petroquímica facilitam a manutenção. A carcaça das mesmas é refrigerada o que permite trabalhar com fluidos quentes sem os rolamentos serem danificados.

Quando a vazão das bombas é elevada, a sucção, em vez de dar-se por um só lado do rotor se dá por ambas as faces. São chamadas bombas de dupla sucção.

3.1.2.3.2.4 - QUANTO AO NÚMERO DE ESTÁGIOS.

As bombas centrífugas podem ser simples ou múltiplo estágio dependendo da pressão que se deseja fornecer ao fluido. Acima da pressão diferencial de 200m.c.a. se usam as bombas de múltiplo estágio. Constan de 2 ou mais rotores presos a um mesmo eixo, ligados em série, de modo que a saída de uma voluta é ligada à entrada da carcaça do estágio seguinte. Existem difusores internos que convertem a carcaça seguinte em pressão e então o fluido é alimentado no estágio seguinte. Por questão de balanceamento do eixo (a pressão cresce de um estágio para o seguinte), os estágios frequentemente serão alternados (1º, 2º, 3º, 4º,). Desse modo, um rotor produz esforço no sentido longitudinal do eixo da esquerda para a direita, e o outro da direita para a esquerda.

3.1.3 - INFORMAÇÕES GERAIS.

Quando o processo exige bombas de materiais quimicamente inertes, são usadas bombas de desenho simples, revestidas de vidro, plástico ou porcelana devido a dificuldade de se fundirem em certos materiais.

A rotação de uma bomba, pode ser no sentido horário ou anti-horário. Esse sentido é definido por convenção, colocando-se o observador do lado do motor e olhando para o motor.

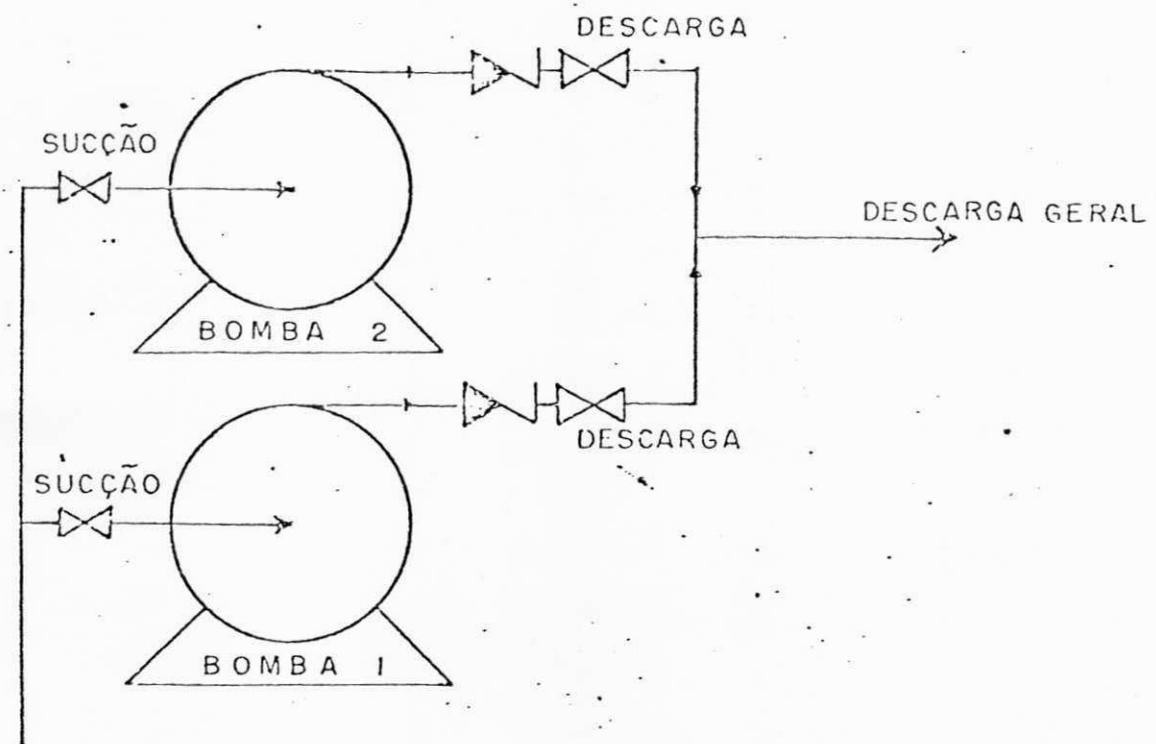
A forma da carcaça pode ser circular ou ter forma apropriada para diminuir as perdas por atrito (voluta). Normalmente, para baixas pressões e bombas de simples estágio a carcaça é circular. As bombas com voluta possuem menor perda

interna de pressão. Quando a bomba é de múltiplo estágio, além da voluta, são colocados difusores na carcaça para diminuir a turbulência entre a saída de um estágio e a entrada no seguinte.

3.1.4 - TIPOS DE ASSOCIAÇÕES.

3.1.4.1 - ASSOCIAÇÃO EM PARALELO.

LIGAÇÃO EM PARALELO

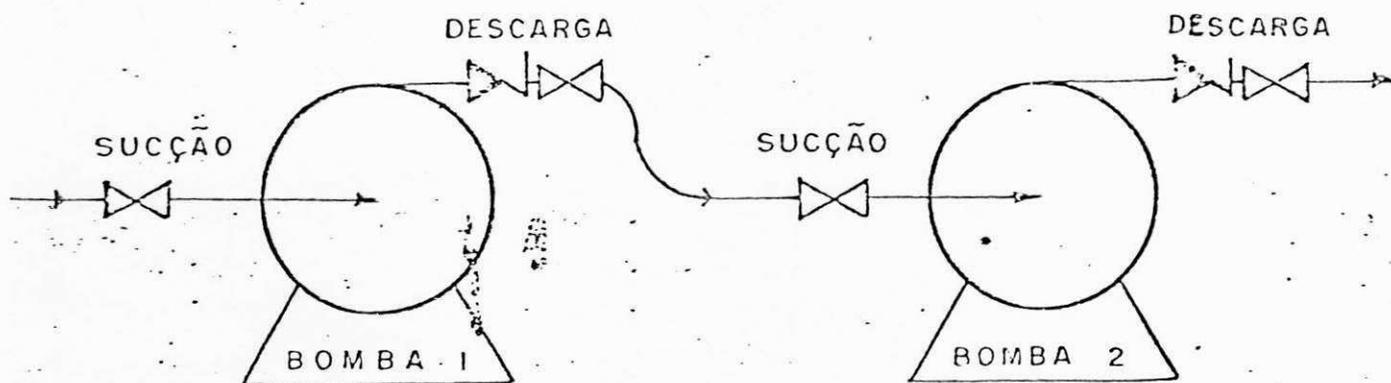


Consiste na disposição das tubulações de recalque de modo que por uma mesma tubulação afluam as descargas de duas ou mais bombas funcionando simultaneamente. As bombas em paralelo trabalham com a finalidade de recalcarem maiores vazões com a mesma altura simultânea.

A associação de bombas em paralelo só é recomendada se elas forem iguais.

3.1.4.2.- ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE.

LIGAÇÃO EM SÉRIE



Todas as bombas são atravessadas sucessivamente pela mesma descarga e cada uma fornecerá uma parcela da altura "H". Emprega-se esse sistema quando a descarga for praticamente constante, e se desejar aumentar a altura ma nométrica de elevação.

3.1.5 - INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO, E MANUTENÇÃO.

- * A bomba deve ser protegida contra inundações
- * A bomba deve ficar perto do poço de sucção
- * O grupo motor-bomba deve ser colocado no lugar e nivelado antes de ser colocada as tubulações.
- * A fundação deve ser bem dimensionada para garantir um bom funcionamento da bomba.
- * Antes de colocar a bomba em funcionamento deve assegurar se a lubrificação está de acordo com o manual do fabricante.

3.1.6- PRINCIPAIS DEFEITOS E CAUSAS EM SISTEMAS DE BOMBEAMENTO.

3.1.6.1 - NÃO HÁ VAZÃO.

- * A bomba não está escorvada
- * Velocidade do rotor baixa
- * Altura de sucção ou recalque muito grande

* Rotor completamente entupido.

3.1.6.2 - HÁ POUCA VAZÃO.

- * Bolhas de ar no sistema
- * Grandes alturas
- * Defeitos mecânicos
- * Rotor danificado
- * Diâmetro do rotor pequeno
- * Sentido de rotação invertido

3.1.6.3 - HÁ POUCA PRESSÃO.

- * Velocidade baixa do rotor
- * Ar no líquido
- * Defeito mecânico
- * Rotor danificado
- * Diâmetro do rotor pequeno
- * Sentido de rotação invertido

3.1.6.4 - CONSUMO EXAGERADO DE ENERGIA.

- * Defeitos mecânicos, tais como:
- * Eixo empenado
- * Elementos excessivamente justos
- * Carga inferior a prevista, etc.

3.1.7 - CUIDADOS NA INSTALAÇÃO DE BOMBAS.

Na instalação de equipamentos hidráulicos devemos atentar para uma série de fatores, que quando não levados em conta podem trazer vários problemas à vida útil dos equipamentos, em especial as bombas, que são equipamentos mais solidificados num sistema hidráulico. Tais fatores são:

- * Alinhamento das bombas
- * Sentido de rotação

- * Cavitação
- * Temperatura do fluido
- * Qualidade do fluido
- * Sobrepressão

3.1.7.1 - ALINHAMENTO DAS BOMBAS.

É uma das primeiras precauções que devem ser tomadas nas instalações das bombas.

Podem ocorrer dois tipos de desalinhamento:

- * Desalinhamento axial.
- * Desalinhamento angular.

Para evitar este fato utilizamos acoplamentos flexíveis que permitem uma pequena faixa de erro que possa ocorrer. O mesmo cuidado deve ser observado quando a transmissão for feita por correias, engrenagens ou outro tipo qualquer.

3.1.7.2 - SENTIDO DE ROTACÃO.

No caso de uma bomba ser instalada com seu sentido de rotação alterado, a mesma não irá succionar o fluido e girará a seco. Consequentemente, o atrito entre as partes móveis e fixas da bomba, que iriam sofrer uma lubrificação automática através do fluido succionado, gerará um excesso de calor que poderá ocasionar inclusive, uma soldagem entre as partes, rompendo assim o eixo da bomba.

3.1.7.3 - CAVITAÇÃO.

O fenômeno da cavitação ocorre com a formação de bolas de ar que implodem e "cavam" material internamente à bomba. No caso cinco medidas devem ser tomadas:

- * Verifique se o filtro de sucção está totalmente imerso no fluido e se o respiro do reservatório não se encontra obstruído;
- * Verifique se a viscosidade do fluido é a recomendada pelo fabricante;

- * Escorve a bomba quando no princípio do funcionamento;
- * Verifique se as uniões do duto de sucção estão bem vedadas;
- * Verifique se o fluido utilizado é o recomendado pelo fabricante e se as dimensões da linha de sucção estão corretas.

3.1.7.4 - QUALIDADE DO FLUIDO.

Devemos assegurar sempre que o fluido esteja livre de impurezas, principalmente de partículas sólidas, caso contrário provocaremos um desgaste prematuro da bomba.

3.1.7.5 - TEMPERATURA DO FLUIDO.

Observar sempre a máxima temperatura do fluido recomendada pelo fabricante. No resfriamento do fluido com o equipamento em repouso, os elementos de borracha que fazem parte da vedação da bomba, torna-se-ão quebradiços e não resistirão a um acréscimo de pressão.

3.1.7.6 - SOBREPRESSÃO.

A elevação repentina de pressão num sistema hidráulico pode provir de varias causas. Quando isso ocorre, introduzimos válvulas de segurança tais como válvula de alívio de ação direta, supressora de choque etc.

3.1.7.7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.

No projeto de um circuito hidráulico, a bomba será sempre um dos últimos componentes a ser especificado, pois, a partir da vazão e pressão original que devemos ter nos atuadores, precisamos levar em consideração as perdas de cargas que podem ocorrer a fim de que a nossa bomba possa trabalhar folgado-mente.

3.2 - COMPRESSORES, VENTILADORES, BOMBAS DE VÁCUO.

3.2.1 - INTRODUÇÃO.

O transporte de fluidos compressíveis, tornado possível por máquinas como compressores, ejetores, ventiladores, sopradores (blowers) e bombas de vácuo, é parte fundamental do processo 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 à temperatura necessária para que haja uma determinada reação, ou para que uma operação unitária como absorção, adsorção, condensação, destilação ou evaporação aconteça numa taxa ótima, ou para efetuar uma mudança de fase de um fluido. Em filtração, transporte ou mistura de materiais, um fluido compressível pode ser usado para, respectivamente, permitir a retenção de partículas sólidas carregadas pela corrente de fluido em uma superfície filtrante, transportar pequenos sólidos em uma corrente de fluidos ou agitar sólidos ou líquidos. A compressão é usada também para permitir a armazenagem de grandes massas de gases em vasos, por liquefação ou, por redução de volume do gás.

O maior número de máquinas de compressão de gases na indústria química é usada para ar. Este é empregado para operação dos instrumentos pneumáticos, atuação de servo-sistemas, e para utilidades em geral em qualquer unidade de processos químicos. Um sistema de ar a 100 psig é comumente empregado para utilidades para operar talhas, maquinaria de embalagem e outros equipamentos mecânicos.

3.2.2 - CONDIÇÕES DE SERVIÇO.

MÁQUINA	P. SUÇÃO	P. DESCARGA	$\Delta P = P \text{ DESC} - P \text{ SUÇÃO}$
COMPRESSOR	\leq P. AMBIENTE	$>$ P.AMBIENTE	$>$ 35 PSI
VENTILADOR	\leq P.AMBIENTE	\leq P.AMBIENTE	$<$ 1 A 2 PSI
SOPRADOR OU BLOWER (AR)	$=$ P.AMBIENTE	$>$ P.AMBIENTE	$<$ 2 A 35 PSI
BOMBA DE VÁCUO	$<$ P.AMBIENTE	\geq P.AMBIENTE	\leq 15 PSI

Embora essas máquinas tenham basicamente a mesma função - aumentar a pressão do gás - o fato de trabalharem em pressões diferentes faz com que a apresentem características construtivas diversas (por exemplo quanto ao sistema de selagem da máquina, resistência mecânica das partes) e mesmo, às vezes obdecem a concepções de projeto totalmente diferentes.

3.2.3 - COMPRESSORES, TIPOS COMUNS.

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

3.2.3.1 - VOLUMÉTRICOS.

Nesses compressores, o aumento da pressão de uma certa massa de gás é conseguido pela redução do volume que esta ocupava. A esta classe pertencem os seguintes compressores, dividido em dois grupos segundo o movimento fundamental das partes que efetuam a redução do volume:

A - Alternativos.

Compressores de êmbolo (pistão).

B - Rotativos.

Compressores de lóbulos

Compressores de palhetas

Compressores de parafusos

Compressores de anel líquido.

3.2.3.2 - DINÂMICOS.

Neles, 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 (fazendo com que o gás vá perdendo velocidade e aumentando a pressão). De acordo com o modo pelo qual o fluxo de gás adquira energia cinética, esses compressores são agrupados em:

a) Turbo-compressores.

Trabalho sobre o gás é efetuado por rotor provido de palhetas.

A trajetória do fluxo em relação ao rotor da máquina estabelece ainda dois grupos desses compressores, com sensíveis diferenças de projeto e performance:

A.1 - CENTRÍFUGOS.

Trajectoria radial.

A.2 - AXIAIS.

Trajectoria Axial.

B - EJETORES.

Nestes, a fonte de gás é conectada à entrada de um difusor onde se consegue uma pressão bastante baixa através de um fluxo auxiliar em alta velocidade. A diferença de pressão entre a fonte e esse ponto faz com que o gás se desloque, com que adquira velocidade e portanto energia cinética, posteriormente convertida em energia de pressão no difusor. São usados geralmente como bombas de vácuo.

3.2.4 - BOMBAS DE VÁCUO.

São compressores que absorvem o ar, ou gás de uma câmara com de- pressão e os expulsam, via de regra, para a atmosfera. Aumentando o vácuo, reduz se o peso aspirado, e com ele, também o calor de compressão que se forma, de modo que este pode ser expulso pela refrigeração do cilindro. Portanto, as temperaturas não resultam inadmissivelmente altas mesmo para uma grande relação de pressões, e podem-se empregar, mesmo para alto vácuo, máquinas de um só estágio.

O rendimento volumétrico de uma bomba de vácuo depende de seu modelo e do vácuo correspondente. (fig. 11)

Até um vácuo de $\approx 85\%$ bastam, em geral, compressores normais de um só estágio, com um pequeno espaço nocivo. Para vácuos maiores, empregam-se graças a seu melhor rendimento volumétrico, máquinas de duplo efeito, com equalização de pressão. Nestas, há umas ranhuras de descarga, que no ponto morto deixam passar o gás residual comprimido para a outra face do cilindro, com o que a linha de expansão do espaço nocivo fica quase vertical, e por conseguinte, eleva-se o rendimento volumétrico. Posto que ao aumentar o vácuo, as válvulas com pequena resistência de aspiração não são mais herméticas o suficiente

para o alto vácuo, se distribui a aspiração e a expulsão por corredeira plana ou giratória acionada pela árvore de manivelas (bombas de vácuo de corredeira). Para alto vácuo, deve-se recorrer, por causa da excessiva relação de pressões e conseqüentemente reduzido grau de enchimento, a máquina de dois (2) estágios onde ambos os cilindros, de duplo efeito, são construídos com o mesmo diâmetro.

O consumo de energia por metro cúbico de gás aspirado (figura 11), passa, para vácuo crescente, por um valor máximo. Quanto ao arranque, a potência de acionamento deve ser prevista para este valor máximo, produzido para $P_1/P_2 \approx 0,3$. pelo contrário, o mecanismo de acionamento deve ser dimensionado de acordo com as maiores forças do pistão que se apresentarem para o vácuo máximo.

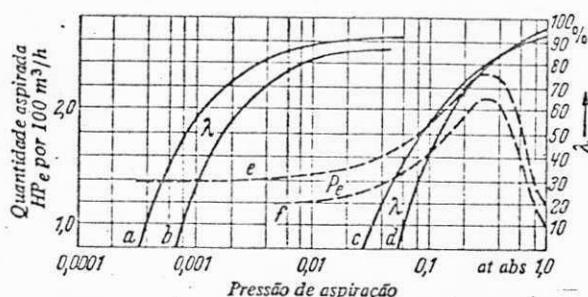
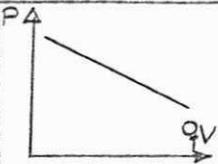


Fig. 11. Bombas de vácuo, potência efetiva P_e e eficiência λ . a, b e e, bombas de válvula corredeira com compensação de pressão; c bomba de válvula de um estágio com compensação de pressão; f bomba de um estágio com corredeira com compensação de pressão.

3.2.5 - COMPRESSORES CENTRÍFUGOS E AXIAIS.

3.2.5.1 - Características.

TIPO	Nº ESTÁ- GIOS	RC MÁXIMO P/ ESTÁGIO	PRESSÃO MÁ- XIMA DESC. (PST)	CAPACIDADE MÁX. (ACFM)	PERFORMANCE
CENTRÍFUGO	SIMPLES OU MULTI	3 - 4,5	10.000	200.000	
AXIAL	MULTI	1,2 - 1,5	80 - 130	2.000.000	

Os Compressores axiais só se tornam economicamente interessante em relação aos centrífugos para capacidades maiores que 100.000 acfm, pois a partir daí seu menor custo operacional (devido ao fato de eficiência desses compressores ser $\approx 10\%$ maior que a dos centrífugos) compensa o maior custo inicial.

COMPARAÇÃO ENTRE OS TURBO-COMPRESSORES E OS ALTERNATIVOS.

VANTAGENS DOS TURBOS-COMPRESSORES.

- * Menor custo de instalação devido aos menores esforços, as fundações não necessitam ser tão grandes como para os alternativos.
- * Menor custo de manutenção.
- * Maior eficiência para $R_c < 2$ por estágio.
- * Maior relação capacidade para espaço ocupado.
- * Adaptáveis a acionador de alta RPM (turbina a vapor, turbina a gás).

VANTAGENS DOS ALTERNATIVOS.

- * Maior eficiência para $R_c > 2$ por estágio.
- * Capazes de operar com diferenças de pressão bastante altas.
- * As propriedades do fluido pouco influem na sua performance.

* Operam eficientemente para baixa vazões (em relação a nominal).

* Em geral, mais barato.

3.2.5.2 - COMPRESSORES CENTRÍFUGOS.

Um compressor centrífugo aumenta a pressão do gás, acelerando-o enquanto ele escoa radialmente através do impelidor, e convertendo posteriormente essa energia cinética em pressão pela passagem do gás em um difusor.

A operação desse compressor é portanto semelhante à de uma bomba centrífuga. Contudo a diferença significativa na performance de ambas se deve ao fato do gás ser um fluido compressível.

3.2.6 - COMPRESSORES ALTERNATIVOS.

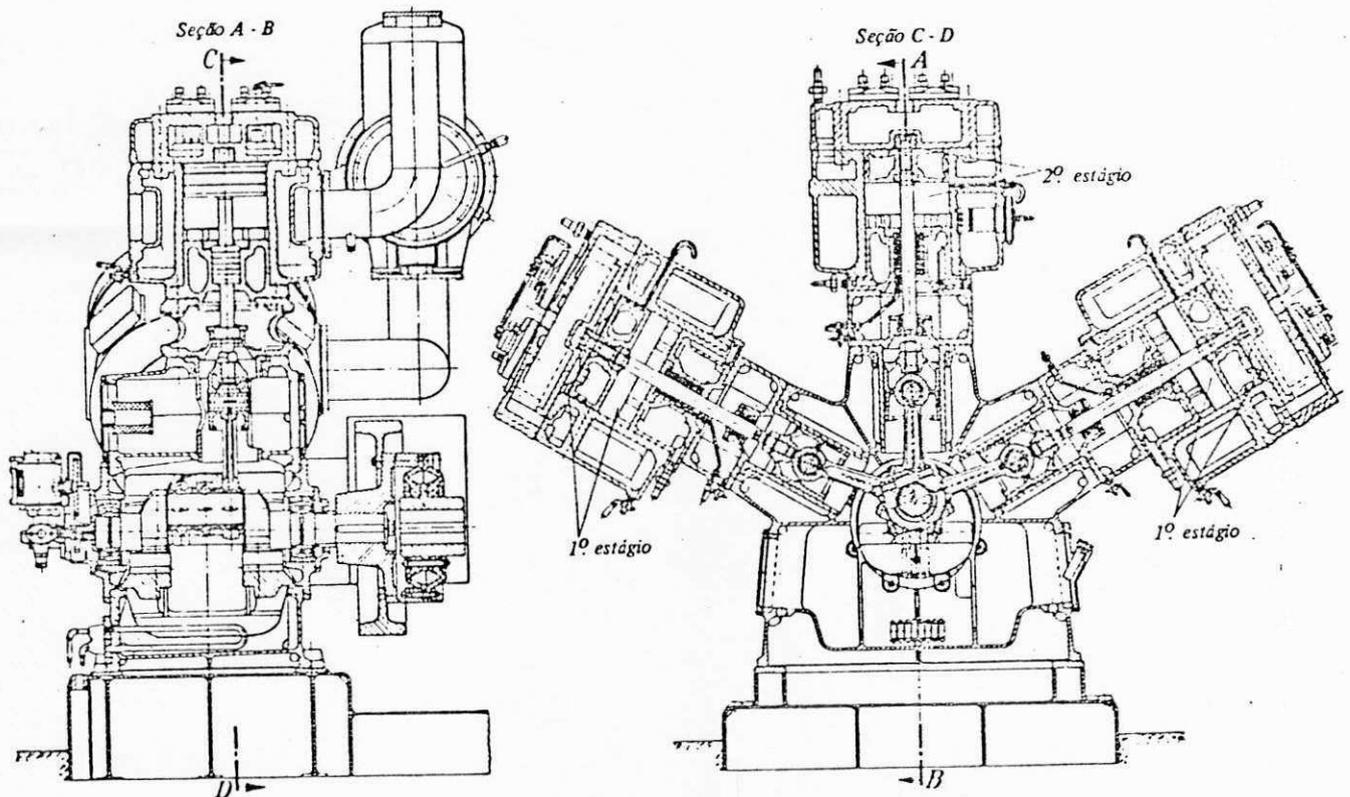


Fig. 27. Compressor de uma manivela e dois estágios, construção radial (DEMAG AG, Duisburg).

3.2.6.1 - CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS.

No compressor de duplo efeito, existem duas câmaras de compressão

trabalhando em paralelo, dada duas delas limitada por uma face de pistão.

Para que possa haver a vedação da câmara do lado do girabrequim, é necessário que o pistão seja movimentado pela haste guiada, articulada na biela.

AS CARACTERÍSTICAS DESSA CONSTRUÇÃO.

- * Torque mais regular - A cada volta do girabrequim, são efetuados dois ciclos de compressores.
- * Grandes capacidades - Observar apenas que um cilindro de duplo efeito não tem o dobro da capacidade de um simples efeito de mesmo tamanho devido ao volume ocupado pela haste (a diferença é sensível na maioria dos casos).
- * Esforços laterais do pistão (anéis) contra o cilindro são muito reduzidos.
- * Contato lubrificante-gás pode ser mais eficientemente evitado.
- * Construção mais completa.

Em geral, compressores para serviços de maior responsabilidade (processos, centrais de ar comprimido) são de duplo efeito.

3.2.7 - LIMITES GERAIS DOS DIVERSOS TIPOS DE COMPRESSORES.

TIPO		MÁXIMA PRESSÃO DE DESCARGA (-PSIA)	MÁXIMA RELAÇÃO DE COMPRESSÃO POR ESTÁGIO	MÁXIMA RELAÇÃO DE COMPRESSÃO POR MÁQUINA	MÁXIMA VAZÃO MEDIDA NA SUCCÃO. (CFM)
VOLUMÉTRICO	ALTERNATIVOS	35.000 50.000	10	-	3500 - 5000
	ROTATIVOS	100 - 250	4	8	50.000
TIPO	CENTRÍFUGOS	3000-6000 10.000	3,0 - 4,5	8 - 10	200.000
	AXIAIS	80 - 130	1,2 - 1,5	5,0 - 6,5	2.000.000

3.2.8 - SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO.

Nos modernos compressores industriais de duplo efeito, a lubrificação dos mancais, girabrequim, cruzeta e anéis de selagem, pode ser feita por sistema de salpicos, ou através de um sistema a óleo sob pressão (lubrificação forçada).

Os cilindros são normalmente lubrificados com um lubrificador mecânico, com uma ou mais injeções em cada cilindro esse lubrificador mecânico pode ser acionado por um pequeno motor elétrico, ou pelo próprio girabrequim através de um jogo de engrenagens, sendo que no último caso é necessária uma bomba de pré-lubrificação para a partida da unidade.

O material normalmente utilizado é o bronze havendo injeção de óleo lubrificante para dissipar o calor gerado e funcionar ainda como auxiliar de vedação devido ao filme de óleo formado.

Quando o compressor é do tipo não lubrificado, se utilizam anéis de vedação de teflon ou carvão.

3.2.9 - MANUTENÇÃO.

Apresentamos a seguir, sugestão para manutenção de compressores alternativos, devendo-se ressaltar, que estas recomendações não são absolutas, e é sempre recomendável consultar o manual do fabricante da máquina, e seguir suas instruções, deve-se ainda acrescentar que em áreas, onde a atmosfera é muito poluída, é necessário aumentar-se as frequências aqui apresentadas.

- 1 - Desligue a alimentação elétrica antes de começar o serviço.
- 2 - Cuidados diários.
 - A - Verificar nível de óleo.
 - B - Drenar condensado do vaso de descarga e acumulador.
 - C - Verificar qualquer ruído ou vibração anormal.
- 3 - Cuidados semanais.
 - A - Limpar filtro de ar.

B - Limpar partes externas do compressor e acionador.

C - Testar manualmente válvula de segurança.

4 - Cuidados mensais.

A - Verificar se não há vazamento no sistema de compressão.

B - Inspeccionar o óleo e trocá-lo se for verificada qualquer contaminação.

C - Verificar a tensão das correias e seu desgaste.

5 - Cuidados a cada três meses.

A- Trocar o óleo.

B - inspeccionar as Válvulas do compressor.

3. 3 - TURBO GERADOR.

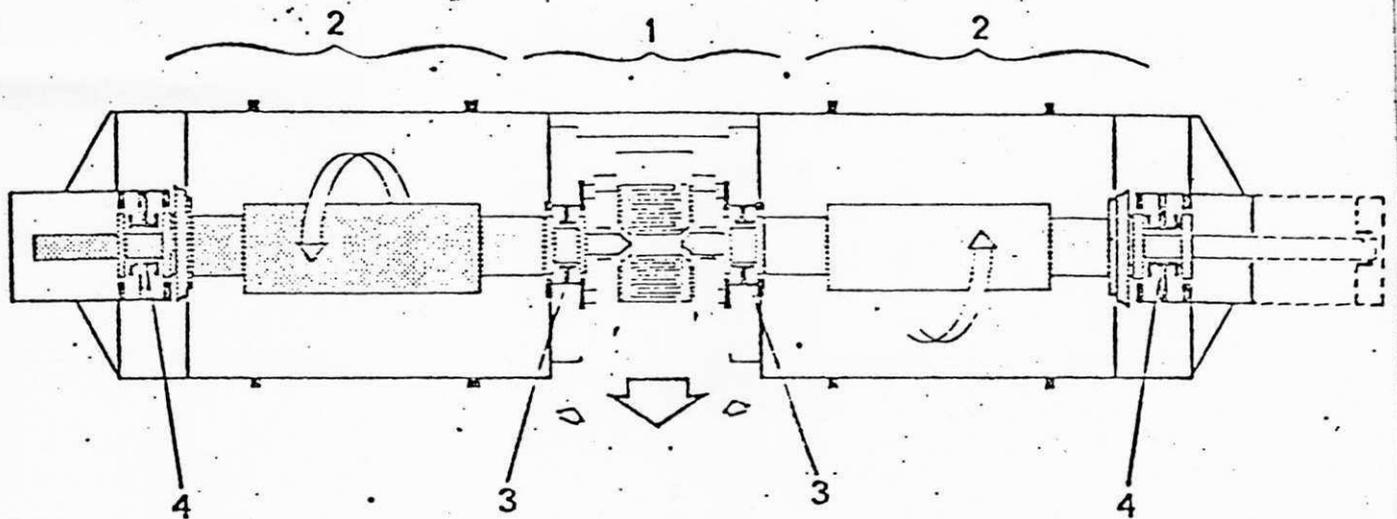


FIGURA DA TURBINA.

1 - LÂMINAS.

O vapor é admitido pelo centro, expandindo radialmente através dos discos de lâminas em contra rotação.

2 - GERADOR.

Dois geradores são acoplados, formando uma única unidade elétrica.

3 - MANCAIS RADIAIS.

4 - MANCAIS RADIAIS DE ENCASTO.

A unidade é um turbo-gerador de contra pressão em contra rotação. As lâminas existem em duas metades, cada metade com direção de rotação oposta, acionando seu próprio rotor do gerador. Portanto, a unidade tem dois sistemas de rotação.

3.3.1- MONTAGEM.

A turbina está apoiada sobre dois pilares simples. A mesma não produz Torque. Os geradores são apoiados nas extremidade por dois suportes flexíveis que permitem dilatação térmica.

3.3.2 - DISCOS DE LÂMINAS.

Os discos de Lâminas existem em duas peças, cada um com rotação em direção oposta ao outro e a expansão de vapor é de modo radial através deles. Cada meia peça é composta de vários anéis de lâminas concêntricas, entre as quais cabem os anéis de lâminas concêntricas da outra parte.

3.3.3 - ENTRADA DE VAPOR.

A entrada de vapor é composta de, uma válvula de parada de emergência hidráulica com passador de vapor, e uma válvula reguladora hidráulica.

3.3.4 - GERADOR.

Os dois geradores são eletricamente acoplados, cada um fornece a metade da energia. Após sincronização interna, conseguida automaticamente depois da excitação durante a partida, as metades funcionam como uma só unidade.

Os arrefecedores de ar dos geradores são montados diretamente na carcaça do gerador.

A circulação de ar pelos geradores e arrefecedores é por meio de ventiladores montados nos eixos dos geradores.

3.3.5 - MANCAIS PRINCIPAIS.

Cada rotor, composto de anéis de Lâminas e rotor de gerador, é apoiada nas extremidades por mancais de encosto e radiais juntos, e no centro perto da turbina por mancal radial.

3.3.6 - SISTEMA DE ÓLEO.

A turbina é fornecida com óleo hidráulico de alta pressão e com óleo lubrificante; Os dois sistemas têm um tanque de óleo comum. O sistema de alta pressão fornece óleo hidráulico para o equipamento de controle e aos servo-motores.

3.4 - VÁLVULAS.

As válvulas são dispositivos destinados a estabelecer, controlar e interromper o fluxo em uma tubulação. são os acessórios mais importante existentes nas tubulações, e que por isso devem merecer o maior cuidado na sua especificação, escolha e localização. Em qualquer instalação deve haver sempre o menor número possível de válvulas, compatível com o funcionamento da mesma, porque as válvulas são peças caras, onde sempre há possibilidade de vazamento (em juntas, gaxetas etc) e que introduzem perdas de cargas, as vezes de grande valor.

As válvulas representam em média cerca de 8% do custo total de uma instalação de processamento.

A localização das válvulas deve ser estudada com cuidado, para que a manobra e a manutenção das mesmas sejam fáceis, e para que as válvulas possam ser realmente úteis.

3.4.1 - CLASSIFICAÇÃO DAS VÁLVULAS.

Existe uma grande variedade de tipos de válvulas, algumas para uso geral, e outras para finalidades específicas. São os seguintes os tipos mais importantes de válvulas:

* Válvulas de bloqueio.

* Válvulas de gaveta.

* Válvulas de macho.

* Válvulas de esfera.

* Válvulas de comporta.

* Válvulas de bloqueio são aquelas que se destinam primordialmente a apenas estabelecer ou interromper o fluxo, isto é, que só devem funcionar completamente abertas ou completamente fechadas.

* Válvulas de regulagem.

* Válvulas de globo.

* Válvulas de agulha.

* Válvulas de controle.

* Válvulas de borboleta.

* Válvulas de diafragma.

* Válvulas de regulagem são aquelas que se destinam especialmente para controlar o fluxo, podendo por isso trabalhar em qualquer posição de fechamento parcial.

* Válvulas que permitem o fluxo em um só sentido.

* Válvulas de retenção.

* Válvulas de retenção e fechamento.

* Válvulas de pé.

- * Válvulas que controlam a pressão de montante.
- * Válvulas de segurança e de alívio.
- * Válvulas de contrapressão.
- * Válvulas que controlam a pressão de jusante.
- * Válvulas redutoras e reguladora de pressão.

A carcaça de uma válvula se divide em duas partes fundamentais que são:

- * Corpo é a parte principal da carcaça, onde estão o orifício de passagem do fluido e as extremidades (com flanges, roscas etc) para ligação às tubulações.
- * Castelo é a parte superior da carcaça, que se desmonta para acesso ao interior da válvulas.

Os meios mais empregados para fixação do castelo ao corpo das válvulas são:

- * Castelo rosqueado diretamente ao corpo.

É o sistema de menor custo, usado apenas para pequenas válvulas de baixa pressão.

- * Castelo preso ao corpo por uma porca solta de união.

Este sistema é empregado para válvulas pequenas (até 2") de boa qualidade, para serviços severos ou altas pressões.

- * Castelo aparafusado.

É o sistema usado para válvulas grandes (3" em diante) e para qualquer pressão, por ser mais robusto e permitir muito melhor a vedação.

Qualquer que seja o sistema de fixação do castelo ao corpo da válvula, deverá haver sempre uma junta de vedação entre essas duas peças.

3.4.2 - MECANISMO INTERNO E GAXETAS.

O mecanismo móvel interno das válvulas (haste, peças de fechamento) e a sede, no orifício da válvula, onde o mesmo se assenta, é chamado "TRIM" da válvula. Essas peças, que são as partes mais importantes da válvula, estão sujeitas a grandes esforços mecânicos e devem ter uma usinagem cuidadosa para que a válvula tenha fechamento estanque. Além disso, não podem sofrer desgaste por corrosão nem deformações por fluência, que comprometeriam a estanqueidade de válvula. Por essas razões é frequente que o trim da válvula seja feito de um material diferente e de melhor qualidade do que o da carcaça.

Para evitar vazamentos pela haste, existem gaxetas convencionais com sobreposta e parafusos, ou com porca de aperto, ou mais raramente sistemas especiais de vedação, como retentores, folios etc. Quando a haste é rosqueada, a rosca deve, de preferência, estar por fora da gaxeta para que não haja contato da rosca com o fluido, que estragaria a rosca. Nas válvulas pequenas, de baixa pressão, a rosca costuma ser interna, por dentro da gaxeta, por ser um sistema de construção de menor custo.

3.4.3 - EXTREMIDADE DAS VÁLVULAS.

Todas as válvulas são peças sujeitas a manutenção periódica, e por essa razão, devem ser desmontáveis da tubulação.

Os principais tipos de extremidades das válvulas, de acordo com a norma ANSI.B. 31 são:

- * Extremidades flangeadas.
- Sistema usado em quase todas as válvulas, de qualquer material, empregadas em tubulações industriais de 2" ou maiores.
- * Extremidades para solda de encaixe.
- * Sistema usado principalmente em válvulas de aço, de menos de 2", empregadas em

tubulações ligadas por solda de encaixe.

* Extremidades rosqueadas.

Sistema usado em válvulas de 4" ou menores, empregadas em tubulações em que se permitam ligações rosqueadas.

* Extremidades para solda de topo.

Sistema usado em válvulas de aço, de mais de 2", em serviços com pressões muito altas ou com fluidos em que se exija eliminação absoluta do risco de vazamentos.

3.4.4 - MEIOS DE OPERAÇÃO DAS VÁLVULAS.

Os principais meios de operações das válvulas são:

* Operação manual.

* Operação motorizada.

* Operação automática.

OPERAÇÃO MANUAL.

* Por meio de volante.

* Por meio de alavanca.

* Por meio de engrenagens, parafusos, sem-fim etc.

OPERAÇÃO MOTORIZADA.

* Pneumática.

* Hidráulica.

* Elétrica.

OPERAÇÃO AUTOMÁTICA.

* Pelo próprio fluido (por diferença de pressões gerada pelo escoamento)

* Por meios de molas ou contrapesos.

A operação manual é o sistema de menor custo e mais comumente usado; emprega-se em todas as válvulas que não sejam automáticas e para as quais não se exija operação motorizada.

- VÁLVULAS DE GAVETA.

É o tipo de válvula mais importante e de uso mais generalizado.

Os principais empregos dessas válvulas são:

* Em quaisquer diâmetros, para todos os serviços de bloqueio em linhas de água, óleos, líquidos em geral, desde que não sejam muito corrosivos, nem deixem muitos sedimentos ou tenham grande quantidade de sólidos em suspensão.

* Em diâmetros acima de 8" para bloqueio em linhas de vapor.

* Em diâmetros acima de 2" para bloqueio em linhas de ar.

Em qualquer um desses serviços, as válvulas de gaveta são usadas para quaisquer pressões e temperaturas.

Variantes das válvulas de gavetas.

* Válvulas de comporta.

* Válvulas de fecho rápido.

- VÁLVULAS DE MACHO.

Essas válvulas representam em média cerca de 10% de todas as válvulas usadas em tubulações industriais. São aplicadas principalmente nos serviços de bloqueio de gases (em quaisquer diâmetros, temperaturas e pressões), e também no bloqueio rápido de água, vapor e líquidos em geral (em pequenos diâmetros e baixas pressões). As válvulas de macho são recomendadas em serviços com líquidos que deixem sedimentos ou que tenham sólidos em suspensão.

Variantes das válvulas de macho.

* Válvulas de esfera.

* Válvulas de 3 ou 4 vias.

- VÁLVULAS DE GLOBO.

As válvulas de globo são usadas principalmente para serviços de regulagem e de fechamento estanque em linhas de água, óleos, líquidos em geral (não muito corrosivos), e para o bloqueio e regulagem em linhas de vapor e de gases. Em todos esses serviços as válvulas de globo são empregadas para quaisquer pressões e temperatura, em diâmetros até 8". As válvulas de globo com diâmetros maiores do que 8" não são fabricadas visto que seriam de custo bastante alto e dificilmente dariam uma boa vedação.

Variantes das válvulas de globo.

- * Válvulas angulares.
- * Válvulas sem sede.
- * Válvulas em "Y".
- * Válvulas de agulha.

3.4.8 - VÁLVULAS DE RETENÇÃO.

Essas válvulas permitem a passagem do fluido em apenas um sentido, fechando-se automaticamente por diferença de pressões, exercidas pelo fluido em consequência do próprio escoamento, se houver tendência à inversão no sentido do fluxo. São portanto, válvulas de operação automática.

Essas válvulas são empregadas quando se quer impedir em determinada linha qualquer possibilidade de retorno do fluido por inversão do sentido de escoamento.

As válvulas de retenção devem sempre ser instalada de tal maneira que a ação da gravidade tenda a fechar a válvula. Em tubos verticais, as válvulas de retenção só devem ser colocadas se o fluxo for ascendente.

Principais tipos de válvulas de retenção:

- * Válvulas de retenção de levantamento.
- * Válvulas de retenção de portinhola.
- * Válvulas de retenção de esfera.

Variantes das válvulas de retenção.

* Válvulas de pé.

* São válvulas de retenção especiais para manter a escorva nas linhas de sucção de bombas.

* Válvulas de retenção e fechamento.

São semelhantes as válvulas de globo.

3.4.9 - VÁLVULAS DE SEGURANÇA E DE ALÍVIO.

Essas válvulas controlam a pressão a montante abrindo-se automaticamente, quando essa pressão ultrapassar um determinado valor para o qual a válvula foi ajustada, e que se denomina "pressão de abertura". A válvula fecha-se em seguida, também automaticamente, quando a pressão cair abaixo da pressão de abertura.

Essas válvulas são chamadas de segurança quando destinadas a trabalhar com fluidos elásticos (vapor, ar, gases), e de alívio quando destinadas a trabalhar com líquidos, que são fluidos incompressíveis.

As válvulas de segurança devem ser instaladas sempre acima do nível do líquido, para que não sejam atrevidas pelo líquido.

As válvulas de quebra de vácuo (ou ventosas) destinadas a evitar a formação de vácuo em tubulações, são semelhantes as válvulas de segurança, com a diferença, de que se abrem de fora para dentro admitindo ar, quando há um vácuo, em lugar de se abrirem de dentro para fora. Essas válvulas são empregadas principalmente em tubulações de grande diâmetro, nas quais a formação acidental de um vácuo pode causar o colapso em consequência da pressão atmosférica.

3.4.10 - VÁLVULAS DE CONTROLE.

Essas válvulas são usadas em combinação com instrumentos automáticos, e comandadas à distância por esses instrumentos, para controlar a va-

ção ou a pressão de um fluido. A operação da válvula é sempre motorizada, a maioria das vezes por meio de um diafragma sujeito à pressão de ar comprimido. Há um instrumento automático que comanda a pressão do ar que por sua vez faz variar a posição de abertura da válvula.

3.4.11 - VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO.

As válvulas redutoras de pressão regulam a pressão a jusante da válvula, fazendo com que essa pressão mantenha-se dentro de limites preestabelecidos.

Essas válvulas são automáticas, isto é, funcionam sem intervenção de qualquer ação externa. Em muitas delas o funcionamento se faz através de uma pequena válvula-piloto, integral com a válvula principal e atuada pela pressão de montante, que dá ou não passagem ao fluido para a operação da válvula principal. Tanto a válvula-piloto como a principal fecham-se por meios de molas de tensão regulável de acordo com a pressão desejada.

3.4.12 - VÁLVULAS DE BORBOLETA.

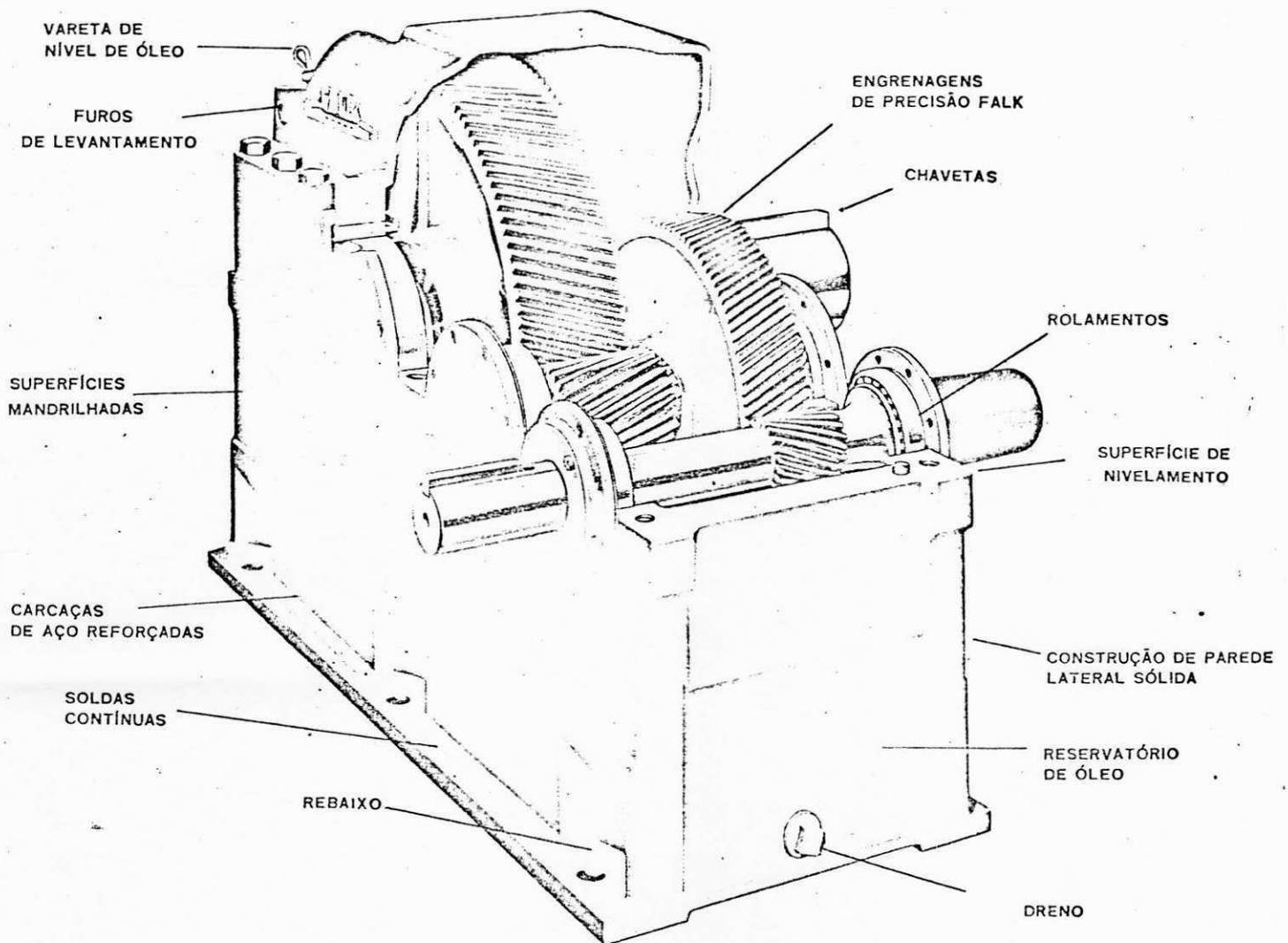
Essas válvulas são usadas principalmente para tubulações de grandes diâmetros (mais de 20"), e de baixa pressão, onde não se exija vedação perfeita, para serviços com água, ar, gases, materiais pastosos, bem como para líquidos sujos ou contendo sólidos em suspensão.

O emprego dessas válvulas tem aumentado muito recentemente por serem válvulas leves e de baixo custo.

3.4.13 - VÁLVULAS DE DIAFRAGMA.

São válvulas sem gaxetas muito usadas para fluidos corrosivos, tóxicos, inflamáveis, ou perigosos de um modo geral. Estas são quase sempre válvulas pequenas (até 6"), geralmente de materiais não metálicos ou de metais com revestimentos internos especiais contra a corrosão (vidro, porcelana, ebonite, borracha, plásticos etc.).

3.5 - REDUTORES DE VELOCIDADE.



Todos os redutores, são providos com uma plaqueta indicando o tipo e quantidade de óleo adequado, e outra plaqueta com dados técnicos do redutor.

Os redutores de velocidade são fornecidos completamente montados e testados, com todas as engrenagens e pinhões cuidadosamente ajustadas, para assegurar o perfeito contato dos dentes,

3.5.1 - MONTAGEM.

O redutor de velocidade deverá ser montado sobre uma firme firme

fundação, livre de vibrações. Poderão ser usadas bases de chapa de aço, corrediças de trilho de aço ou chumbadores, fixados em fundações de concreto. Toda a base da caixa deverá estar apoiada sobre os suportes, antes de serem colocados e apertados os parafusos.

* Use calços metálicos ou folhas distanciadoras para nivelar o redutor, não use cunhas. Os calços deverão estar distribuídos sob toda a sapata do redutor, para equalizar e suportar a carga e evitar distorção da caixa.

* Para facilitar a drenagem do óleo, faça a montagem da unidade acima do nível do solo.

3.5.2 - TRANSPORTE DO REDUTOR.

* O redutor de velocidade é equipado com olhais ou ganchos de suspensão.

* Certifique-se que a carga está devidamente segura e balanceada durante a suspensão.

* Evite choques do redutor contra qualquer corpo durante o transporte.

* Use cordas, cabos e equipamentos de suspensão de larga capacidade.

* Para transporte rodoviário, recomenda-se fazer um engradado de madeira para proteção da unidade.

3.5.3.- MANUTENÇÃO.

DIARIAMENTE.

* Uma inspeção visual diária pelos funcionários da manutenção é recomendada, deve-se inspecionar vazamentos de óleo, ruídos ou vibrações fora do normal.

* Em ambientes de muita poeira, verificar o respirador da unidade, livrando-o se necessário de qualquer elemento que venha a bloqueá-lo.

* Se a unidade é equipada com lubrificação forçada, todos os manômetros devem ser checados. Caso qualquer anormalidade com leituras prévias forem notadas, a causa deverá ser determinada imediatamente. Filtros nestes casos devem ser examinados quando uma queda anormal na pressão é verificada, ou quando uma pressão no manômetro mostrar maior que 2 Kg/cm^2 .

SEMANALMENTE.

* Chegue o nível de óleo. Adicione óleo se necessário.

* Coloque uma pequena quantidade de graxa de boa qualidade para rolamentos em todos os pinos para lubrificação existentes.

* Limpe o filtro de óleo.

MENSALMENTE.

* Ponha graxa em todos os acoplamentos. Cheque o nível de óleo, verifique os retentores de óleo, caso existam, e adicione graxa aos mesmos.

* Cheque o alinhamento da unidade, bem como os parafusos da base, apertando-os, se necessário.

ANUALMENTE.

* Deve-se programar uma inspeção completa da unidade, desta feita, a parte superior da caixa deverá ser desconectada.

3.5.4 - LUBRIFICAÇÃO.

* Os redutores de velocidade, têm geralmente lubrificação por banho de óleo ou bombas de óleo.

* Os redutores levam uma plaqueta indicadora do tipo de óleo adequado, volume, e período de troca.

* Geralmente as unidades são equipadas com visor de óleo tipo "OLHO DE BOI", que permite verificação visual do nível de óleo.

* O lubrificante deve ser óleo mineral puro ou um óleo de extrema pressão de acordo com o tipo de serviço a ser submetido.

* A temperatura de operação é a temperatura do óleo no interior de uma caixa de engrenagens, A temperatura máxima de serviço para caixa de engrenagens deve ser de 82° C.

* Por ocasião da troca de óleo, o óleo deve ser drenado ainda quente, a fim de facilitar a operação de drenagem e limpeza.

* Em todos os redutores, a primeira troca de óleo recomendada para unidades novas ou reformadas é após duas semanas de operação, podendo o óleo ser reaproveitado, quando bem filtrado.

3.6 - ROLAMENTOS.

3.6.1 - TIPOS:

3.6.1.1 - ROLAMENTOS RADIAIS.

- * Rolamentos rigidos de esferas.
- * Rolamentos Y.
- * Rolamentos autocompensadores de esferas.
- * Rolamentos de esferas de contato angular.
- * Rolos de leva e de apoio.
- * Rolamentos de rolos cilíndricos.
- * Rolamentos de agulhas.
- * Rolamentos autocompensadores de rolos.
- * Rolamentos de rolos cónicos.

3.6.1.2 - ROLAMENTOS AXIAIS.

- * Rolamentos axiais de esferas.

- * Rolamentos axiais de rolos cilíndricos.
- * Rolamentos axiais de agulhas.
- * Rolamentos axiais autocompensadores de rolos.

3.6.1.3 - RÓTULAS.

- * Radiais.
- * Axiais.
- * Cabeças de articulação.

3.6.2 - SELEÇÃO DO TIPO DE ROLAMENTO.

Cada tipo de rolamento tem propriedades características que o tornam particularmente apropriado para certas aplicações. Entretanto, não é possível estabelecer regras rígidas para a seleção do tipo de rolamento já que para isso tem que ser considerados diversos fatores. As recomendações que são dadas a seguir servirão para indicar, em uma determinada aplicação, os detalhes de maior importância para efetuar a seleção do tipo de rolamento mais adequado.

3.6.2.1 - ESPAÇO DISPONÍVEL.

Na maioria dos casos pelo menos uma das dimensões principais do rolamento, geralmente o diâmetro do furo, é determinada pelas características de projeto da própria máquina.

Normalmente são selecionados rolamentos rígidos de esferas para eixos de pequeno diâmetro, enquanto que para eixos de grandes diâmetros podem ser escolhidos os rolamentos rígidos de esferas, os de rolos cilíndricos ou os autocompensadores de rolos.

Quando o espaço radial é limitado, deverão ser selecionados rolamentos de pequena seção, por exemplo gaiolas de agulhas, rolamentos de agulhas com ou sem anel interno, certas séries de rolamentos rígidos de esferas e de rolamentos autocompensadores de rolos.

Quando a limitação é no sentido axial e são necessários rolamentos particulamente estreitos, podem ser utilizadas algumas séries de rolamentos de uma carreira de rolos cilíndricos ou rígidos de esferas, para cargas radiais e combinadas, e para cargas axiais, gaiolas axiais de agulhas, rolamentos axiais de esferas.

3.6.2.2 - CARGAS SOBRE ROLAMENTO.

3.6.2.2.1 - MAGNITUDE DA CARGA:

Este é normalmente o fator mais importante para determinar o tamanho do rolamento. Em geral, considerando as mesmas dimensões principais, os rolamentos de rolos podem suportar maiores cargas que os rolamentos de esferas. Estes últimos são utilizados principalmente para suportar cargas pequenas e médias, enquanto que os rolamentos de rolos são, em muitas ocasiões, a única escolha possível para cargas pesadas e eixos de grandes diâmetros.

3.6.2.2.2 - DIREÇÃO DE CARGA:

3.6.2.2.2.1 - CARGA RADIAL.

Os rolamentos de rolos cilíndricos com um anel sem flanges, e os rolamentos de agulhas podem suportar somente cargas radiais. Todos os demais tipos de rolamentos radiais podem suportar cargas tanto radiais como axiais.

3.6.2.2.2.2 - CARGA AXIAL.

Os rolamentos axiais de esferas podem suportar somente cargas moderadas e puramente axiais. Os rolamentos axiais de esferas de escoras simples podem suportar cargas axiais num só sentido, e os de dupla escora cargas axiais em ambos sentidos. Os rolamentos axiais de rolos cilíndricos e os axiais de agulhas podem suportar elevadas cargas axiais num sentido. Os rolamentos axiais autocompensadores de rolos podem suportar, além de cargas axiais bastante elevadas, cargas radiais de uma certa magnitude atuando simultaneamente.

3.6.2.2.2.3 - CARGA COMBINADA.

A carga combinada consiste de uma carga radial e uma axial que atu

am simultaneamente.

A característica mais importante que afeta a capacidade de um rolamento ao suportar uma carga axial é seu ângulo de contato. Quanto maior for este ângulo, tanto mais adequado é o rolamento para suportar a carga axial. O fator axial Y diminui à medida que aumenta o ângulo de contato, proporcionando uma indicação da capacidade do rolamento no que se refere a suportar cargas axiais. O ângulo de contato dos rolamentos rígidos de esferas, e portanto sua capacidade de carga axial, é influenciado pela folga interna radial.

Para suportar cargas combinadas são utilizados principalmente os rolamentos de esferas de contato angular de uma ou duas carreiras, e os rolamentos de rolos cônicos. Também são utilizados os rolamentos rígidos de esferas e os rolamentos autocompensadores de rolos. Podem também utilizar-se, com certas limitações, os rolamentos autocompensadores de esferas e os rolamentos de rolos cilíndricos. Carga axial admissível nos rolamentos de rolos cilíndricos. Os rolamentos de esferas de quatro pontos de contato e os rolamentos axiais autocompensadores de rolos somente deverão ser considerados quando predominarem as cargas axiais.

Os rolamentos de uma carreira de esferas de contato angular, os de rolos cônicos, os de rolos cilíndricos do tipo NJ e os axiais autocompensadores de rolos podem suportar cargas axiais somente num único sentido. Quando varia o sentido de cargas, deverão ser utilizados dois desses rolamentos de forma a suportar as cargas axiais em ambos os sentidos.

Quando a componente axial representa uma grande parcela da carga combinada, pode ser aplicado um rolamento axial separado para suportá-la independentemente da carga radial. Além dos rolamentos axiais, para suportar cargas puramente axiais, pode também ser utilizados rolamentos radiais adequados, por exemplo, rolamentos rígidos de esferas de quatro pontos de contato. Para se ter certeza de que esses rolamentos são submetidos somente a carga axial, os anéis externos devem ser montados com folga radial alojamento.

3.6.2.3 - DESALINHAMENTO ANGULAR.

Quando existe a possibilidade de desalinhamento do eixo em relação a caixa são necessários rolamentos capazes de absorver tal desalinhamento, isto é, rolamentos autocompensadores de esferas, rolamentos autocompensadores de rolos e rolamentos axiais autocompensadores de rolos. O desalinhamento pode ser originado, por exemplo, por flexão do eixo ao ser submetido à carga, quando os rolamentos estão montados em caixas situadas sobre bases separadas e a grande distância entre si, ou quando não for possível usinar simultaneamente os alojamentos dos rolamentos.

Os rolamentos Y possuem anéis externos esféricos para compensar os erros de alinhamento durante o ajuste inicial, por exemplo, nas máquinas agrícolas.

As rótulas são adequadas para movimentos oscilantes, tanto sobre seu eixo de rotação como sobre qualquer perpendicular a este.

3.6.2.4.- LIMITES DE ROTAÇÃO.

A velocidade de rotação de um rolamento é limitada pela temperatura máxima de funcionamento permissível. Os rolamentos de baixo coeficiente de atrito, e portanto com pequena geração interna de calor, são os mais adequados para altas rotações; Para cargas radiais os limites máximos de rotação podem ser alcançados utilizando-se rolamentos rígidos de esferas ou de rolos cilíndricos, e para cargas combinadas, utilizando rolamentos de esferas de contato angular.

3.6.2.5 - PRECISÃO.

São necessário rolamentos com maior grau de precisão que o normal para eixos que tenham que funcionar sob rigorosas exigência de giro, como por exemplo fusos de máquinas ferramentas, e também usualmente para eixos que trabalham em alta rotação. São utilizados os rolamentos de duas carreiras de rolos cilíndricos e os axiais de duas carreira de esferas de contato angular.

3.6.2.6.-FUNCIONAMENTO SILENCIOSO.

O ruído produzido durante o giro dos rolamentos é bastante baixo, mas existem certas aplicações, como por exemplo motores elétricos, onde condições de silenciosidade particularmente baixas podem ser necessárias. Nestas aplicações é recomendável a utilização de rolamentos rígidos de uma carreira de esferas.

3.6.2.7 - RIGIDEZ.

A deformação elástica de um rolamento carregado é muito pequeno e, na maioria dos casos, desprezível. Entretanto, em certas aplicações, a rigidez do rolamento é um fator importante, como por exemplo, para fusos de máquinas ferramentas.

Devido a maior superfície de contato entre os corpos rolantes e as pistas, como por exemplo, os rolamentos de rolos cilíndricos ou os rolamentos de rolos cônicos, deformam-se menos do que os rolamentos de esferas sob a ação da carga. A rigidez dos rolamentos pode ser aumentada aplicando-se uma precarga adequada.

3.6.2.8 - DESLOCAMENTO AXIAL.

A disposição normal dos rolamentos num eixo, ou outro elemento de máquina, consiste de um rolamento posicionador (fixo ou bloqueado) e um ou mais rolamentos livres. Um rolamento livre pode deslocar-se axialmente evitando assim sobrecargas recíprocas entre os rolamentos, por exemplo, quando ocorrem dilatações ou contrações do eixo. Como rolamentos livres, são particularmente adequados os rolamentos de rolos cilíndricos que possuem um dos anéis sem flanges; Os rolamentos de agulhas, já que sua construção interna permite o deslocamento axial dos anéis externo e interno em ambos os sentidos.

Tanto o anel interno como o externo podem, portanto, ser montados com ajustes com interferência.

Quando se utiliza com rolamento livre um rolamento não separável, por exemplo um rolamento rígido de esferas ou um rolamento autocompensador de rolos, este deverá ser montado de forma a permitir seu deslocamento axial, seja sobre seu assento no eixo ou na caixa.

3.6.2.9 - MONTAGEM E DESMONTAGEM.

3.6.2.9.1 - ROLAMENTOS COM FURO CILÍNDRICO:

Os anéis dos rolamentos separáveis (rolamentos de rolos cilíndricos, rolamentos de rolos cônicos, todos os tipos de rolamentos axiais) são montados e desmontados isoladamente; Assim quando for necessário utilizar um ajuste com interferência para ambos os anéis, interno e externo, ou quando é necessário efetuar frequentes montagens, estes rolamentos são mais fáceis de montar do que os rolamentos não separáveis (rolamentos rígidos de esferas e autocompensadores de rolos ou de esferas).

3.6.2.9.2 - ROLAMENTOS COM FURO CÔNICO.

É bastante fácil montar ou desmontar rolamentos com furo cônicos ou utilizando buchas de fixação ou de desmontagem, sobre assentos cilíndricos de eixos.

3.6.3 - FUNÇÕES DA LUBRIFICAÇÃO NOS ROLAMENTOS.

A função primordial de um lubrificante é formar uma película que separe as superfícies de contato de peças dotadas de movimento relativo, evitando o atrito metálico, o conseqüente aquecimento e o desgaste prematuro. Em todos os rolamentos, sem distinção de tipo e tamanho, a película lubrificante representa o elemento encarregado de transmitir as cargas. Outra função importante do lubrificante é a dissipação de calor, assim como também proteger as superfícies metálicas de fino acabamento contra a ferrugem e outras formas de ataque corrosivo. Particularmente no caso das graxas, uma função adicional das mais importantes é a de vedar o interior do rolamento contra a penetração de elementos contaminantes.

3.6.3.1 - LUBRIFICAÇÃO A ÓLEO.

Em condições de serviços que não exigem uma lubrificação especial, os rolamentos podem ser lubrificados tanto com graxa como com óleo. Existem numerosos casos de aplicação de rolamentos que são lubrificados a óleo somente

porque as peças adjacentes devem ser lubrificadas a óleo. Isto ocorre, nas caixas de transmissão ou redutores, onde as engrenagens devem ser lubrificadas a óleo, tornando-se por isso, mais fácil incluir os rolamentos no mesmo sistema de lubrificação. Também nas aplicações em que uma elevada carga coincide com alta velocidade de giro - fatores propícios a gerar elevadas temperaturas - a lubrificação de óleo é vantajosa, pois permite uma melhor dissipação de calor. Existem casos de aplicação, em que não pode ser assegurada a perfeita retenção do lubrificante nos rolamentos, devido à possibilidade de que ele possa ser expulso por ação centrifugadora em movimentos excêntricos, ou por força de gravidade. Para esses casos deverá ser prevista uma lubrificação por circulação de óleo.

3.6.3.2 - LUBRIFICAÇÃO A GRAXA.

A grande maioria dos rolamentos são lubrificadas com graxa, pelas vantagens de um sistema de vedação mais simples e facilidade de relubrificação. As fábricas de produtos derivados de petróleo produzem uma grande variedade de graxas, algumas especiais para rolamentos.

3.6.3.3 - RELUBRIFICAÇÃO.

Nas aplicações de rolamentos altamente solicitados, onde é necessária a relubrificação a intervalos mais curtos, ou ainda, nos casos que os canais de lubrificação sejam relativamente longos, recomenda-se o uso de uma graxa que possa ser injetada sob pressão, sem oferecer demasiada resistência. O mesmo vale para sistemas de vedação de labirintos em que uma quantidade adicional de graxa atua como vedação; Também nos casos em que se utiliza um disco regulador de graxa, para evitar lubrificação excessiva, deverá ser selecionada uma graxa de boa fluência que possa ser facilmente transportada pelo disco regulador.

Em todos estes exemplos, a consistência da graxa não deve ser demasiada, e sim, deve-se escolher uma graxa branda.

3.7 - PURGADORES.

Os purgadores têm como função a eliminação do condensado sem perda de vapor.

Existem dezenas de tipos de purgadores no mercado, que podem ser basicamente divididos em três classes:

3.7.1 - CLASSES.

- * Purgadores mecânicos.
- * Purgadores termostáticos.
- * Purgadores termodinâmicos.

3.7.1.1 - PURGADORES MECÂNICOS;

São purgadores que têm sua operação baseada na diferença de densidade da água para o vapor.

3.7.1.1.1- TIPOS DE PURGADORES MECÂNICOS.

- * BÓIA = * Termostático
 - * Eliminador de vapor preso.

- * BALDE INVERTIDO =
 - * Simples.
 - * Com retenção
 - * Com filtro.

- * BALDE ABERTO =
 - * Simples.
 - * Termostático.

- * PURGADOR DE BÓIA =

- * São aqueles que modulam a descarga de condensado, sendo portanto de descarga contínua. Tem a grande vantagem de trabalhar com pressões diferenciais mínimas e por serem contínuos, não interferem no processo de troca de calor.

TERMOSTÁTICO DE BÓIA =

* São purgadores que, além do dispositivo mecânico, possuem um dispositivo termostático, que é utilizado para (praticamente) a instatânea ' eliminação do ar e outros gases não condensáveis. Diminuindo, algumas vezes' de maneira drásticas, a formação de películas isolantes, nas superfícies de transferência de calor. Porém ao mesmo tempo, isso o torna mais sensível a golpes de ariete e vapor superaquecido (que não é recomendável para sistema' de aquecimento).

É muito aplicado onde as superfícies de troca e o espaço do va por sejam relativamente grandes, e onde haja válvulas automáticas de contro le de temperatura que provocam uma variação na pressão diferencial.

* Purgador de bóia com eliminador de vapor preso.

Antes de falarmos nesse assunto, talvez seja conveniente esclarecermos o que seja "vapor preso". Vapor preso é aquele que, por razões própria de determinado processo, fica retido entre o purgador e o condensado. ' Por estar geralmente envolto por uma atmosfera também de vapor, não existe ' praticamente, troca de calor, provocando o acúmulo de condensado dentro do ' espaço de vapor. É o que chamamos de vapor perdido (não confundir com perda' de vapor), pois não pode mais retornar à superfície de troca e, enquanto não se condensa, fica retendo o condensado prejudicando o processo.

O eliminador de vapor preso nada mais é do que uma pequena válvula de agulha que permite o escoamento daquele vapor perdido, evitando que ele prejudique o processo. É muito utilizado em cilindros secadores da indús tria têxtil, de papel, e de fumo, bem como em todas as aplicações onde não se possa instalar purgador no ponto mais baixo da instalação, e onde se te' nha que elevar o condensado por meio de um sifão, até o purgador.

NOTA:

Em alguns casos, principalmente em cilindros secadores, aplicam se purgadores que contenham os dois dispositivos: O termostático e o elimina dor de vapor preso.

* PURGADORES DE BALDE INVERTIDO.

Possui uma característica que o distingue de todos os demais: É o mais indicado para pressões acima de 42 Kg/cm². Por sua construção é um purgador intermitente, porém com alta resistência a golpe de ariete e a condensado corrosivo. É necessária a colocação de um selo de água, antes de ser colocado em operação.

Os modelos simples são recomendados apenas para o vapor saturado, pois a existência de vapor superaquecido irá provocar a reevaporação do selo de água, fazendo com que o purgador fique totalmente aberto, dando passagem de vapor.

Os modelos com válvulas de retenção na entrada, podem ser aplicados tanto em vapor saturado, como em vapor superaquecido; Pois a retenção evita que haja refluxo.

Os modelos com filtro incorporado evitam a instalação de filtro a montante do purgador, o que, nos tipos anteriores é essencial para evitar o entupimento do orifício superior do balde.

3.7.1.2 - PURGADORES TERMOSTÁTICO.

São aqueles que têm o seu princípio de funcionamento baseado na diferença de temperatura. São purgadores que retêm o condensado até que ele perca o calor sensível, pois sabemos que vapor e o condensado, no momento da condensação, tem exatamente a mesma temperatura.

3.7.1.2.1 - TIPOS DE PURGADORES TERMOSTÁTICOS.

- * Pressão balanceada.
- * Expansão líquida.
- * Bimetálicos.

TERMOSTÁTICO DE PRESSÃO BALANCEADA.

São purgadores que acompanham a curva de vapor saturado, alguns graus abaixo, por também obedecerem a uma relação pressão-temperatura.

Como todos os purgadores termostáticos, são ótimos eliminadores automáticos de ar, podendo e sendo recomendados como tal, e mantendo uma coluna constante de condensado, a montante do mesmo, independente das variações de pressão. É muito aplicado em esterilizações hospitalares e industriais.

TERMOSTÁTICO DE EXPANSÃO LÍQUIDA.

São purgadores que fazem a descarga do condensado a temperatura reguláveis e constantes. São compostos de simples elementos termostáticos, que permitem a passagem do condensado abaixo de determinadas temperaturas.

TERMOSTÁTICOS BIMETÁLICOS.

São purgadores que diferem dos demais tipos termostáticos, principalmente por sua alta resistência a golpes do ariete e corrosão. Devem ser instalados distantes do ponto de drenagem, e podem ter suas placas bimetalicas com movimentação linear ou não. São os eliminadores de ar mais recomendados para pressões acima de 7 Kg/ cm².

3.7.1.3 - PURGADORES TERMODINÂMICOS.

São aqueles que trabalham sob o princípio de variação de pressão estática e dinâmica de Bernoulli, em função da velocidade. São de maneira geral, totalmente de aço inoxidável e aproveitam, além do princípio de Bernoulli, também a reevaporação do condensado para sua vedação. São normalmente aplicados em sistemas de distribuição de vapor e drenagens de serpentinas, por sua alta resistência a condensado contaminado ou corrosivo.

3.7.1.3.1 - TIPOS DE PURGADORES TERMODINÂMICOS.

- * Simples.
- * Fluxo distribuído.
- * Simples com filtro incorporado.

* Fluxo distribuído com filtro incorporado.

SIMPLES.

São purgadores que trabalham com o disco inclinado em relação à sede, provocando, dessa maneira, um desgaste localizado. Possuem um orifício de entrada, e um ou dois somente de saída. Trabalha com um máximo de 50% de contrapressão e tem uma pressão mínima de trabalho de 1 Kg/cm^2 .

PURGADORES TERMODINÂMICOS COM FLUXO DISTRIBUÍDO.

Trabalham sempre com o disco paralelo à sede, tendo assim um desgaste por igual, tanto na sede como no disco. Possuem um orifício de entrada e três ou mais saídas, simetricamente dispostos em relação a entrada. Geralmente trabalham com contrapressão de até 80% nos tamanhos grande e 90% nos pequenos. Sua pressão mínima de trabalho é de $0,2 \text{ Kg/cm}^2$.

SIMPLES COM FILTRO INCORPORADO.

Como todos os purgadores possuem a vedação de aço, recomenda-se que antes do purgador, seja instalado um filtro, porém, quando o filtro estiver incorporado ao purgador, é necessário que se verifiquem as facilidades de limpeza da tela, e a perfuração da mesma, em relação ao orifício de descarga.

FLUXO DISTRIBUÍDO COM FILTRO INCORPORADO.

Possui as mesmas características dos purgadores termodinâmicos com fluxo distribuído, com a vantagem de possuir o filtro já incorporado.

3.8 - FORNO DE CAL.

O forno de cal consiste de um tubo rotativo inclinado, com 50 m de comprimento e 2,4 m de diâmetro, revestido com tijolos refratários. O revestimento de tijolos em todo o forno, sendo sua colocação a níveis diferentes desde a câmara de furo até a zona de queima.

A parte superior, chamada seção de correntes, é provida de correntes, as quais são amarradas no interior do corpo do forno.

No terço superior do forno, o terço mais perto da extremidade de alimentação, o material a alimentar é continuamente agitado pelo movimento das correntes as quais, alternadamente mergulham e saem da corrente de sólidos movimentando lentamente para baixo, em direção a descarga na extremidade de queima de forno. A ação das correntes, expõe o material aos gases quentes, resultando a secagem.

As correntes quentes também fornecem um meio da transferência de calor para o material que está sendo alimentado, bem como ao resfriamento dos gases de combustão.

O forno é munido de três anéis de aço, cada um assentado em dois rolos de apoio munidos de rolamentos lubrificados à óleo e refrigerados à água.

O anel do meio do forno é equipado com um suporte de escora de emergência do movimento descendente do forno.

Há um limitador de curso, para caso que o forno se desloque para cima.

Um interruptor de segurança B deve parar o motor do forno, se este, se desloca para baixo mais do que permita o rolo de guia, ou se o forno se desloca para cima, de modo a se formar uma folga entre o anel de rodamento e o rolo de guia.

O interruptor A deve dar alarme, se o forno se desloca para cima.

O interruptor A (alarme) é ativado quando o forno se desloca para cima, quando a distância for de 25mm, depois o alarme continua até que o interruptor B seja ativado, parando o forno quando a distância é de 33 mm.

O deslocamento do forno para baixo ativa o interruptor de paragem B, quando a distância é de 8 mm.

O acionamento do forno é munido com uma corôa de aço com dentes frezados, fixada no corpo do forno com molas de um desenho especial, para compensar as expansões e contrações do corpo do forno.

A corôa é dirigida por um pinhão, o qual está solidário ao eixo de um conjunto de suas engrenagens.

Estas duas engrenagens estão acopladas ao redutor Sauer, que está ligado no variador de velocidade eletromagnético.

Todo sistema é acionado por um motor elétrico de 25 HP. A fim de se poder girar o forno em caso de falta de energia elétrica, há um motor diesel e redutor de velocidade, bem como motor elétrico de arranque.

Uma falha em se conservar o forno girando quando está operando a temperatura normal, Poderá resultar numa séria distorção no corpo do forno.

Na extremidade quente há resfriadores dispostos longitudinalmente. A cal é resfriada por meio de ar em contra-corrente, e no mesmo tempo o ar aquecido é utilizado para combustão. Cada resfriador tem uma adaptação interna para forçar as pedrinhas (pellets) de cal moverem-se para a saída.

A rotação do forno lentamente dirige a cal para fora, desde a porta de entrada até o final do resfriador.

Perto da extremidade aberta há uma câmara de descarga com uma tela através da qual as partículas firmes de cal queimada são descarregadas através da extremidade aberta do resfriador.

As partículas grossas e finas são conduzidas para fora dos resfriadores através de calhas separadas. As grossas passam por um moinho de martelos, enquanto as finas passam o moinho e junta-se às partículas moídas.

A extremidade de descarga dos resfriadores é coberta por uma capota para coletor de pó.

3.9 - FILTRO DE LAMA DE CAL.

O filtro de lama consiste de um tambor de 1830 mm de diâmetro e 3050 mm de face a face, revestido por uma tela de aço inox, ou polipropileno.

O tambor é girado por um acionador variável, que permite regular a velocidade de acordo com as condições da operação.

Um agitador com movimento oscilante (16 oscilações por minuto) mantém as partículas de lama em suspensão no compartimento do filtro.

A parte interna do tambor é dividida numa série de compartimentos de vácuo ligados por tubulação ao cubo do tambor. O cubo, gira contra uma placa estacionária dentro do qual há a câmara de vácuo.

Como a porção do tambor ligada a câmara de vácuo, passa através da suspensão de sólidos no compartimento do filtro, o líquido é succionado através da superfície do tambor e uma camada de sólidos, acumulada na superfície da tela.

A medida que esta camada emerge da lama do compartimento do filtro, jatos lavadores são aplicados e o filtrado é retirado através da camada e da tela, pelo vácuo aplicado.

A torta de lama é removida por uma lâmina raspadora a qual é ajustada de modo a remover parte da camada dos sólidos, somente deixando permanecer na tela a pré-camada para aumentar o efeito da filtração sobre a superfície da tela.

O ajustamento adequado da lâmina é um aspecto importante na operação do filtro.

A distância entre a lâmina e o tambor, deve ser de 10 a 15 mm normalmente. As condições de operação é que determinarão mais concretamente o valor adequado desta distância.

A região do tambor do filtro onde o material se solta é ligada a uma linha de ar comprimido e vapor de modo que se, desejarmos, um dos dois pode ser usado para soprar o "bolo" de lama de cal da tela.

Isso é quando por ocasião da troca da camada do filtro, ou em casos de limpezas de tela.

O sistema de vácuo consiste de uma bomba de vácuo, um retentor de unidade, um tanque de selagem e um tanque separador.

No separador o filtrado e ar são separados, o filtrado vai ao tanque de selagem, de onde é bombeado ao lavador de lama de cal nº 2.

O ar e vapores, e, ou gases são levados até o retentor de umidade, onde é injetada água fria para condensação desses vapores, e, ou gases.

O líquido resultante da CONDENSÇÃO no retentor de umidade é levado até o SCRUBBER do forno para lavagem dos gases.

No retentor de umidade a CONDENSÇÃO dos vapores e, ou gases, possibilita obter um vácuo mais elevado do que seria possível de outra maneira.

O ar limpo é succionado pela bomba de vácuo e vai para a atmosfera.

3.10 - CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO.

Os fundamentos para operação de uma caldeira de uma unidade de recuperação são idênticos a outros sistemas de geração.

No início da operação deve-se ter o cuidado de não se exceder o valor máximo da queima suportável pela temperatura de segurança dos tubos do superaquecedor. Antes que uma nova unidade entre em serviço deve ser toda inspecionada. A unidade deverá estar livre de materiais estranhos. Contadores e instrumentos deverão está operando perfeitamente. Os equipamentos auxiliares deverão ser cuidadosamente inspecionados. A casa da caldeira deverá estar limpa de todos os fragmentos da construção para facilitar a operação das válvulas, dampers e queimadores.

Deverá ser feito um cozimento de limpeza na caldeira (com uma solução diluída de Na_3PO_4), utilizando combustível auxiliar (gás natural ou óleo). Após esta operação estar completa a pressão deverá crescer e as válvulas de segurança devem funcionar.

A unidade deverá operar a 2/3 da carga total, com combustível auxiliar, por 24 ou 36 horas para curar o refratário da fornalha antes da queima do licor. Quando o combustível auxiliar é utilizado para a partida da caldeira, o ar deverá ser regulado para que a combustão seja completa todo o tempo e a fornalha esteja completamente limpa.

O licor negro não pode ser queimado antes que a unidade tenha operado com o combustível auxiliar e os superaquecedores estejam limpos e condensado. A proporção de queima com o combustível auxiliar deverá ser suficiente para produzir $2/3$ do fluxo de vapor antes de se colocar os atomizadores de licor em serviço.

3.11 - ISOLAMENTO TÉRMICO.

Todas as superfícies que possam perder calor (flanges, conexões, válvulas, etc.) devem ser isoladas. A falta de isolamento térmico ou isolamento deficiente irá ocasionar uma perda de calor de tal ordem que as paredes internas serão recobertas por uma grande película de condensado que irá assumir um papel decisivo na baixa qualidade do vapor. Mesmo o bom isolamento térmico necessita de proteção, para que se mantenha em condições satisfatórias de eficiência.

O isolamento térmico, nada mais é que a concentração de milhares de células microscópicas de ar. Porém, se essas células tornam-se encharcadas ou amassadas, elas perdem suas características isolantes e o isolamento térmico torna-se um transmissor de calor. Assim, é essencial a proteção do isolamento térmico.

3.12 - COLETOR DE VAPOR.

São reservatórios cilíndricos que tem como função armazenar vapor. Estes armazenam vapor de alta, média e baixa pressão, segundo as necessidades de funcionamento.

3.13 - FILTROS.

Tem como função livrar o fluido de impurezas para que assim haja um bom funcionamento do circuito, pois do contrário diminui a vida útil do sistema hidráulico.

Os filtros podem ser:

* Químico - É usado em poucas ocasiões, quando se quer uma limpeza absoluta do

fluido.

O filtro químico é um reator que desmancha o efeito ácido ou básico do óleo, mudando a substância nociva em água e cloreto de sódico, fazendo logo a separação destes últimos, deixando passar somente óleo mineral.

MECÂNICO.

É um filtro constituído de série de malhas ou poros, a que chamamos de MESH. A filtragem comum que impede as partículas maiores deixando passar as menores, e a filtragem sucessiva em que a abertura das malhas vai diminuindo e vai retendo partículas cada vez menores até fazer a filtragem total do fluido.

HÁ DIVERSOS TIPOS DE FILTRO MECÂNICO.

* FILTRO DE LINHA DE PRESSÃO.

É geralmente usado, quando se deseja fazer uma filtragem mais perfeita do fluido, com o intuito de se prolongar o máximo da vida útil de determinado componente do sistema. Este filtro é montado na linha de pressão do sistema.

* FILTRO DE SUÇÃO.

Tem a função de impedir que corpos sólidos de maior tamanho sejam succionados pela bomba.

As malhas ou poros desse filtro, devem ser maiores que as malhas dos filtros de pressão e retorno, já que nunca podemos causar problemas na sucção.

* FILTRO DE RETORNO.

É o filtro responsável pela filtragem de fluido que retornam ao tanque, cheio de impurezas que foram absorvidos no ciclo de trabalho.

3.14 - EVAPORADORES.

Um evaporador, é um aparelho usado para concentrar uma solução de uma densidade baixa para uma densidade mais alta, sem modificação química da

solução original, isto é, um aparelho para remoção de água de uma solução fraca contendo pequena percentagem de matéria sólida, levando-a a conter percentagem maior de matéria sólida.

A função dos evaporadores é de concentrar o licor preto fraco e ali mentar a caldeira de recuperação com licor preto forte concentrado.

A concentração do licor é conseguida pela evaporação da água aumen tando assim a percentagem dos sólidos nele contido.

O licor preto é concentrado até aproximadamente 62% de sólidos no sistema de evaporadores de multiefeitos, e queimado na caldeira de recuperação.

3.155 - PICADORES.

São máquinas que tem como função picar o sisal. A alimentação dos picadores é feita através de uma fita transportadora com 2 metros de comprimento. O tamanho dos cavacos, é resultado do avanço exercido pelos rolos de alimentação. A entrada dos rolos de alimentação, só aceita material até a altura máxima de 140 mm. Se o material ultrapassar esta altura, os rolos de alimentação, serão au tomaticamente bloqueados através de uma chave fim de curso.

A descarga do material deve ser bem espaçosa, para não ocorrer um acúmulo de cavacos, ocasionando um interrompimento da saída do material.

O rotor é acionado por um motor elétrico, através de correias em "v". Todas as correias devem ser esticadas igualmente, para que tanto na partida como no funcionamento normal da máquina, não ocorra um deslizamento das mesmas.

3.166 - ATIVIDADES.

As atividades citadas abaixo foram as realizadas e acompanhadas durante o estágio integrado nos setores de manutenção de área e planejamento de manutenção.

* Foram de bastante frequência as manutenções de vazamentos pelas gaxetas e selos mecânicos das bombas, os quais eram trocados após a parada das referidas bombas, eliminando desta maneira os vazamentos existentes.

* Foram realizados com bastante frequência as manutenções de troca de rolamentos, para esta manutenção era necessário que a bomba fosse desmontada, iniciando com a retirada das tampas, em seguida a retirada do rotor, logo após a

caixa de gaxetas ou selo mecânico e em seguida retira-se o eixo juntamente com os rolamentos.

* Em algumas oportunidades foi necessário a troca do rotor, pois o mesmo encontrava-se bastante danificado, entretanto em outras vezes não foi necessário trocá-lo, visto que após reusiná-lo o mesmo estava em condições de serviço novamente.

* Quando as bombas estavam com ruídos anormais ou com vibrações, a possível causa destas anormalidades era o rolamento estragado.

* Foram realizadas limpezas em bombas verticais que trabalham em poços artesianos, visto que as mesmas não estavam succionando normalmente.

* Foram realizadas várias manutenções em bombas de um modo em geral, e uma das partes mais interessante é o alinhamento das bombas, ou seja, é alinhar os eixos do conjunto bomba-motor com um relógio comparador deixando as tolerâncias dentro dos limites permissíveis para cada conjunto bomba-motor. Para bombas pequenas que não necessitam de grandes precisões o alinhamento é feito com uma régua e um calibrador de tolerância. Em todas as bombas de grande porte é necessário o uso do relógio comparador para se fazer os alinhamentos radiais e axiais.

* Foram realizadas várias manutenções em bombas com problemas de vibrações, devido o amortecedor ou estrêla para o acoplamento está quebrado. Foi trocado o amortecedor da mesma e feito o alinhamento com o relógio comparador, logo a seguir a bomba voltou a funcionar normalmente.

* Foram realizados vários nivelamentos da base das bombas, este nivelamento é feito com o nível de óleo para que a bomba fique nivelada com a base e com as tubulações.

* O motor da bomba goulds estava com um ruído anormal, possivelmente o rolamento estava estragado, foi realizado o desacoplamento do conjunto bomba-motor e transportado o motor para a oficina elétrica para revisão. Após a revisão do motor, fica comprovado o desgaste do rolamento. Com a vinda do motor da oficina é realizado o alinhamento do conjunto bomba-motor com uma

régua e um calibrador de tolerância, visto que a bomba é pequena.

* Foram realizadas em bombas que estavam com vazamentos pelos selos mecânicos e seus fluidos não eram corrosivos a troca de selo mecânico por gaxetas, pois, o uso de gaxetas é de menor custos. O uso de selo mecânico é apropriado para bombas que trabalhem com fluidos corrosivos.

* Foram realizadas várias substituições de juntas nas linhas de vapor, água, óleo, licor, pois, as juntas estavam permitindo o vazamento, não fazendo a vedação necessária.

* Foram realizadas várias trocas de chavetas dos acoplamentos das bombas, pois, as chavetas estavam bastante estragadas.

* O compressor worthington estava com um rendimento muito baixo, então retirou-se as válvulas para fazer uma manutenção nas mesmas, feita a manutenção verificou-se que o anel de guia do pistão estava quebrado. Então, retirou-se o pistão, trocou-se o anel, recolocou-se o pistão juntamente com o anel de guia e recolocou-se também as válvulas, voltando o compressor a atingir seu rendimento normal.

* O compressor barionkar estava com um vazamento de gás em excesso, então foi necessário trocar a gaxeta, corrigindo dessa maneira o vazamento.

* O eixo manivela do compressor worthington quebrou-se devido a um golpe de líquido. O trocador de calor estava com dos tubos furado e logicamente entrava água no compressor, como o líquido é incompressível ocasionou a quebra do eixo. Então foi necessário a desmontagem do compressor para efetuar a troca do eixo manivela. De início retirou-se o cabeçote, em seguida as válvulas, os pistões, linha de água, linha de ar, toda parte superior, a caixa de empanque, o motor, sacamos o volante, retiramos as bielas, os mancais, e o eixo manivela. Para a montagem do compressor colocamos o virabrequim, em seguida os mancais, feita a verificação de flexão no eixo manivela, fez-se o alinhamento do motor com o compressor, em seguida colocou-se as bielas, a caixa de empanque, recolocou-se a parte superior, a linha de ar, a linha de água, os pistões, as válvulas e o cabeçote.

* O compressor worthington estava funcionando, mas não estava comprimindo o ar devido o óleo ter baixado de nível.

* O compressor barionkar estava com um problema devido à entrada de água no sistema, ficando a mistura óleo-água. Foi feita a desmontagem das válvulas de sucção e de descarga, das correias, das polias, do nível de óleo e conseqüentemente a retirada da mistura óleo-água.

* O compressor barionkar teve problemas devido à entrada de água no sistema em seu trocador de calor. A penetração de água no trocador de calor ocorreu devido ter se estourado três das suas serpentinas. Esses furos do trocador de calor foi encontrado tapando-se todas as passagens de água com uns tarugos e depois solda-los, em seguida imprimindo-se uma mangueira de pressão de água na entrada do trocador de calor, e então é que foi possível localizar-se os vazamentos das três serpentinas. Para que este serviço fosse realizado foi necessário a desmontagem do compressor.

* O compressor worthington estava com um problema devido a um dos arrastadores de óleo ter sido quebrado. Foi trocado o arrastador de óleo por um novo, e o compressor voltou a funcionar normalmente.

* Foi realizada a desmontagem do compressor worthington, pois, o mesmo deu um vazamento em um parafuso do bloco do cilindro de baixa que quebrou se. Foi trocado o parafuso do bloco do cilindro de baixa e feita a montagem do compressor.

* Foi aberto o transportador de cinzas da caldeira de recuperação para verificação, pois, o mesmo estava com um ruído anormal. Logo que aberto verificou-se que as palhetas estavam impenadas.

* Uma válvula hidráulica da caldeira de recuperação travou o eixo e teve que retirar a gaxeta. Em seguida trocou-se a gaxeta.

* Três válvulas de compressor barionkar estavam com o disco de vedação quebrado, por isso, estava dando uma diferença de pressão no mesmo, e foi necessário trocar-se os discos de vedação, para que o compressor voltasse a funcionar normalmente.

* Foi trocada a correia do compressor Worthington, pois, a mesma estava bastante estragada. De início afrouxou-se os parafusos que fixam o motor a base, o motor é acoplado a polia motora, em seguida aproximou-se o motor da polia acionada para que a correia fosse colocada na polia. Depois de colocada a correia tipo C-136, volta o motor para a posição original para que a correia fique justa, em seguida faz-se o alinhamento das polias.

* Foram realizadas medições de vibração da turbina stal-lawal com o micro-test AN 2001 (vibrômetro). Foi medidas as amplitudes na horizontal e vertical, e também as velocidades de vibração na horizontal e vertical.

* Levantamento de rolos com defeitos - trata-se de verificar quantos e quais são os rolos que estão com defeitos para fazer a substituição adequada.

* Levantamento dos purgadores da área de utilidade para substituição dos mesmos, identificando tipos, diâmetros, e linha dos mesmos.

* Levantamento dos defeitos na área industrial, para elaboração do cronograma de parada geral (cronograma de manutenção preventiva), cronograma de parada de emergência e cronograma de manutenção corretiva diária.

* Defeitos:

Vazamentos pelas gaxetas e selo mecânico das bombas, válvulas que não estavam funcionando perfeitamente, ruídos anormais em bombas e motores, tubulações corroídas, vibrações anormais em equipamentos, etc.

* Consultas de desenhos dos equipamento existentes, para fazer a especificação das peças que estavam danificadas, e conseqüentemente fazer a requisição das mesmas para o almoxarifado e em seguida substituí-las.

* Consulta de isométricos existentes, para especificar o diâmetro da tubulação, os tipos de curvas, os tipos de válvulas, os tipos de flanges, as reduções etc, que estavam danificadas, para fazer a requisição do material junto ao almoxarifado e conseqüentemente fazer a substituição adequada

* Abertura de ordem de serviço, para confecção de qualquer peça dentro da indústria, ou qualquer modificação, execução e instalação que venha a ser realizada.

* Comparecimento a reuniões diárias - nessas reuniões eram debatidos todos os serviços pendentes e ainda verificava-se quais os serviços que tinham condição de ser realizado naquele dia em uma parada de emergência ou em uma manutenção corretiva. Os demais serviços pendentes ficariam acumulados para uma possível manutenção preventiva.

* Conferência e controle do nº de série de todas as bombas da área de celulose, para utilização das pastas do arquivo que estavam incompletas.

* Requisição de compras de materiais - Estas requisições eram feitas quando no almoxarifado não se encontrava determinadas peças ou equipamentos que necessitariam ter em sobressalentes para alguma eventualidade.

* Acompanhamento de execuções de serviços - trata-se de verificar-se os serviços que estão sendo realizado naquele dia, se há necessidade de substituição de peças e se o mesmo está sendo realizado de uma maneira eficiente.

* Levantamento e arquivo dos isométricos e fluxograma da indústria - Com os fluxogramas em mãos, verifica-se quais os isométricos que existem, e então solicita-se do arquivo técnico uma copia de cada isométrico para em seguida arquivá-los em pastas de acordo com os respectivos fluxogramas.

* Elaboração do cronograma de parada - Com os serviços a serem realizados em mãos, sabendo-se do tempo disponível da parada e do pessoal que tem-se a trabalhar, inicia-se a elaboração do cronograma de parada. É uma estimativa que é feita para a realização (ou confecção) dos serviços, através do fator tempo e do homem.

3.17 - CONCLUSÃO.

Ao concluirmos este relatório fica demonstrada a importância e a validade do estágio, pois, através do mesmo, tivemos a condição de desenvolvermos pesquisas e ampliarmos nossos conhecimentos, como foi citado anteriormente, através da união da teoria com a prática e ainda como complemento adquirimos uma determinada experiência no campo profissional.

3.18 - BIBLIOGRAFIA.

- 1 - Bombas e instalações de bombeamento
- Archibald Joseph Macintyre
- 2 - Tubulações industriais
- Pedro C. da Silva Telles
- 3 - Manual do Engenheiro Mecânico
- Dubbel - Hemis
- 4 - Apostila sobre Bombas
- Instituto brasileiro do petróleo
- 5 - Apostila sobre compressores
- Professores - Reynaldo de Falco
- Márcio G. Santiago
- 6 - Catálogo sobre distribuição de vapor
- Sarco
- 7 - Catálogo sobre redutores de velocidade
- Sauer S.A
- 8 - Catálogo sobre rolamentos
- SKF
- 9 - Manual de lubrificação de rolamentos.
- FAG