

UNESP
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

Guaratinguetá
1990



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ
DEPARTAMENTO DE ENERGIA

UM PROJETO DE BOMBA CENTRÍFUGA DE ROTOR ABERTO
PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA COM O USO DE REVESTI-
MENTO VITRIFICADO

Trabalho apresentado à Faculdade
de Engenharia de Guaratinguetá
como parte dos quesitos para a
obtenção do título de " Livre-
Docente".

Guaratinguetá, 1990

T. 21.671(043)

TESE DE: LIVRE-DOCÊNCIA


TÍTULO : "UM PROJETO DE BOMBA CENTRÍFUGA DE ROTOR ABERTO
PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA COM O USO DE REVESTI-
MENTO VITRIFICADO".

Versão final do trabalho apresentado sob o tí-
tulo original "Dimensionamento e Projeto de Bom
ba Centrífuga de Rotor Aberto para a Indústria
Química".

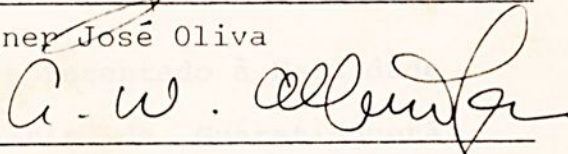
Autor:

PAULO MAGALHÃES FILHO

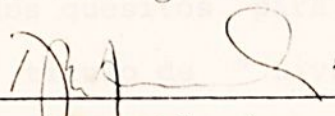
Aprovado por:



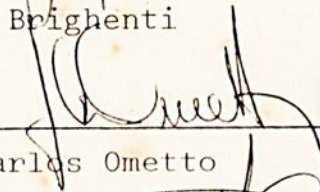
Prof. Dr. Vagner José Oliva



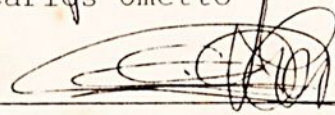
Prof. Dr. Antonio Washington A. de Souza



Prof. Dr. Djalma Brighenti



Prof. Dr. José Carlos Ometto



Prof. Dr. Ulderico Mandolesi

Guaratinguetá, 07 de dezembro de 1990

PAULO MAGALHÃES FILHO

Engº Mecânico, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1975

Mestre em Ciências, Escola Federal de Engenharia de Itajubá,
1978

Doutor em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Cam-
pinas, 1986.

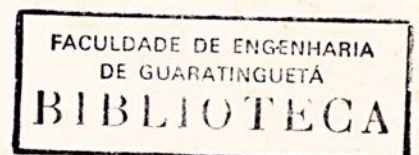
UM PROJETO DE BOMBA CENTRÍFUGA DE ROTOR ABERTO
PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA COM O USO DE REVESTI-
MENTO VITRIFICADO

Trabalho apresentado à Faculdade
de Engenharia de Guaratinguetá
como parte dos quesitos para a
obtenção do título de " Livre-
Docente".

000291

291

Guaratinguetá, 1990



T621.671(043)
M188p



AGRADECIMENTOS

Ao Prof. José Nédilo Carrinho de Castro, amigo e incentivador.

Aos técnicos do Laboratório de Máquinas Térmicas e Mecânica dos Fluidos da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.

Ao Eng^o Emílio Giannella Neto da PFAUDLER EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA pela oportunidade e apoio dados, os quais viabilizaram a construção dos protótipos.

Aos amigos que incentivaram e auxiliaram durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Doutor VAGNER JOSÉ OLIVA, pela orientação durante a elaboração do texto final deste trabalho.



SUMÁRIO

	Páginas
I - SINOPSE	v
II - ABSTRACT	vi
III - SINONÍMIA	vii
IV - LISTA DE FIGURAS	xi
V - LISTA DE TABELAS	xiv
VI - LISTA DE GRÁFICOS	xv
VII - LISTA DE DESENHOS	xvi
1. CAPÍTULO 1 - Introdução	1
2. CAPÍTULO 2 - Definição dos parâmetros do projeto	10
3. CAPÍTULO 3 - Fatores e elementos crí- ticos no projeto	30
4. CAPÍTULO 4 - Análise de cálculo hidromecânica	64
5. CAPÍTULO 5 - Resultados comparativos	81
6. CAPÍTULO 6 - Desenhos para fabricação	90
VIII - APÊNDICE I - Planilha de consulta	104
IX - APÊNDICE II - Gráficos das características dos motores elétricos	137
X - APÊNDICE III - Seleção de bombas	152
XI - APÊNDICE IV - O Bando de Smolón	159
XII - BIBLIOGRAFIA	163
XIII - ÍNDICE	165

A MINHA ESPOSA DÉBORA

A MINHA FILHA PÉROLA

A MEU FILHO FERNANDO

SUMÁRIO

	Página
I - SINOPSE	v
II - ABSTRACT	vi
III - SIMBOLOGIA	vii
IV - LISTA DE FIGURAS	xi
V - LISTA DE TABELAS	xiv
VI - LISTA DE GRÁFICOS	xv
VII - LISTA DE DESENHOS	xvi
1. CAPÍTULO 1 - Introdução	1
2. CAPÍTULO 2 - Definição dos parâmetros de projeto	10
3. CAPÍTULO 3 - Fatores e elementos crí- ticos no projeto	30
4. CAPÍTULO 4 - Roteiro de cálculo hidromecânico	64
5. CAPÍTULO 5 - Resultados comparativos	81
6. CAPÍTULO 6 - Desenhos para fabricação	90
VIII - APÊNDICE I - Planilhas da consulta	104
IX - APÊNDICE II - Gráficos das características dos motores elétricos	147
X - APÊNDICE III - Seleção de bombas	152
XI - APÊNDICE IV - O Banco de Ensaio	159
XII - BIBLIOGRAFIA	163
XIII - ÍNDICE	165

I. SINOPSE

O trabalho tem como objetivo definir parâmetros de projeto e fabricação de bomba centrífuga de rotor aberto para uso em processos da indústria química.

Na introdução apresentamos uma orientação geral sobre bombas para processos específicos, e identificamos alguns pontos onde são concentrados os estudos.

Para que pudéssemos ter condições de escolher os valores nominais das grandezas diretrizes do dimensionamento, fizemos uma consulta aos possíveis usuários do equipamento e fornecedores de componentes, e no capítulo dois detalhamos esta consulta.

A escolha do material e do tipo de revestimento das partes componentes que terão contato com o fluido, foi feita com base na proposta apresentada por uma indústria da área de equipamentos, a qual detem uma patente.

O cálculo hidrodinâmico do rotor e da voluta foi feito com base nos fundamentos clássicos de projeto de bombas centrífugas, respeitando as limitações impostas pelos componentes críticos.

Comparando os resultados encontrados nos ensaios realizados, com os previstos no cálculo teórico, fizemos correções, e novamente levantamos experimentalmente os valores das grandezas necessárias para a comparação, e chegamos a uma forma definitiva para a fabricação.

Concluimos o trabalho apresentando as curvas de funcionamento das bombas bem como os desenhos detalhados para a fabricação e montagens.



II. ABSTRACT

The present paper has as aim to define parameters of design and manufacturing of open runner centrifugal pumps to use in industrial chemical processes.

At introduction we present a general guidance about centrifugal pumps to specific processes, and identify some points where the studies are concentrated.

For we had conditions to choose the nominal values of the parameter sizes, we consulted the possible utilitizers of the equipment and component suppliers.

The choosing of the material and the kind of coating of component parts which will have contact with the fluid, it was done based on the presented purpose by an industry of the manufacturing area of equipments.

The hydrodynamics calculation of the runner and volute chamber was done based on classic fundamentals of centrifugal pumps design, in according with the technical limits.

Comparing the results os tests from the predicted at the theorical calculation, we made corrections and got experimentally the necessary size values to the comparison , and got to a definitive shape for manufacturing.

We finished the present paper showing the operating curves of the pumps, and the manufacturing and assembling drawings.



III. SIMBOLOGIA

a	fator de correção que leva em conta o nº de pás	-
a	folga radial	m
b	largura genérica	m
b_1	largura do canal do rotor na entrada	m
b_2	largura do canal do rotor na saída	m
C	constante (Eq. 19)	m^{-1}
C_b	conjugado com rotor bloqueado	kgf.m
$C_{m\acute{a}x}$	conjugado máximo do motor elétrico	kgf.m
C_n	conjugado nominal do motor elétrico	kgf.m
d	diâmetro genérico	m
d_1	diâmetro de entrada do rotor	m
d_2	diâmetro de saída do rotor	m
d_e	diâmetro mínimo do eixo	m
d_n	diâmetro do núcleo do rotor	m
d_R	relação de diâmetros	m
d_t	diâmetro da boca de entrada da bomba	m
f_e	fator de estrangulamento	-
F_s	fator de serviço	-
g	aceleração da gravidade	$m.s^{-2}$
H	alt. corresp. a pressão de recal. genérica	m
h_a	altura estática de sucção	m
H_b	alt. corresp. a pressão atmosf. local	m
H_e	alt. corresp. a pressão de recal. nominal	m
H_p	alt. corresp. a pressão de recal. para projeto	m
$H_{p\acute{a}}$	alt. corresp. ao trab. espec. disponível	m
$H_{p\acute{a}\infty}$	alt. corresp. ao trab. espec. teórico com número infinito de pás	m

h_v	altura correspondente a pressão de vapor do líquido na temperatura de bombeamento	m
J_a	perda de carga no encanamento de sucção	m
K	constante (Eq. 19)	$m^2 \cdot s^{-1}$
K_u	constante de velocidade	-
K_1	perdas devido a variação da pressão entre o dorso e a face das pás	m
K_2	perdas devido a turbulência na entrada das pás	m
K_s	constantes (Eq. 22)	-
M_m	conjugado motor	kgf.m
N	potência	CV
n	rotação	rpm
n_s	rotação específica	rpm
P_o	pressão estática no flange de entrada	$kgf \cdot m^{-2}$
Q	vazão genérica	$m^3 \cdot s^{-1}$
Q_e	vazão nominal	$m^3 \cdot s^{-1}$
Q_p	vazão de projeto	$m^3 \cdot s^{-1}$
r	raio genérico	m
r_1	raio da entrada do rotor	m
r_2	raio da saída do rotor	m
r_3	raio interno da voluta	m
r_e	raio externo de construção da voluta	m
R_s	raio auxiliar de construção da voluta	m
u	velocidade tangencial genérica	m/s
u_1	velocidade tangencial na entrada do rotor	m/s
u_2	velocidade tangencial na saída do rotor	m/s
V	velocidade genérica	m/s
V_1	velocidade absoluta na entrada do rotor	m/s



V_2	velocidade absoluta na saída do rotor	m/s
V_o	velocidade no flange de sucção	m/s
V_m	velocidade meridiana genérica	m/s
V_{m1}	velocidade meridiana na entrada do rotor	m/s
V_{m2}	velocidade meridiana na saída do rotor	m/s
Vu_1	componente tangencial da velocidade absoluta na entrada do rotor	m/s
Vu_2	componente tangencial da velocidade absoluta na saída do rotor	m/s
W_1	velocidade relativa na entrada do rotor	m/s
W_2	velocidade relativa na saída do rotor	m/s
W_{ch}	componente relativa ao choque	m/s
Z	nº de pás do rotor	-
α_1	ângulo de entrada do fluido no rotor	grau
α_2	ângulo de saída do fluido no rotor	grau
β_1	ângulo de construção da entrada da pá do rotor	grau
β_2	ângulo de construção da saída da pá do rotor	grau
γ	peso específico	kgf.m ⁻³
η_a	rendimento de atrito	-
η_f	rendimento de fuga	-
η_G	rendimento geral	-
η_h	rendimento hidráulico	-
η_i	rendimento interno	-
η_m	rendimento mecânico	-
ξ_H	correção da altura	-
ξ_q	correção da vazão	-
ξ_R	correção do diâmetro do núcleo do rotor	m

ϕ	coeficiente de descarga	-
ψ_{st}	coeficiente de pressão (Stepanoff)	-
σ	coeficiente de cavitação	-

Página

1.	de um problema hipotético	19
2.	Variação do conjugado nominal de partida com a rotação (genérico)	21
3.	Variação do conjugado resistente em relação à razão de descarga (genérico)	22
4.	Carra característica de um motor assíncrono (genérico)	23
5.	Curvas do conjugado no rotor e de sua corrente centrífuga em função da velocidade (genérico)	24
6.	Carra de motor elétrico	26
7.	Serra completa fechada (genérico)	28
8.	Serra semi-fechada ou semi-aberta (genérico)	31
9.	Rotor típico (genérico)	34
10.	Motor centrífugo de estágio simples aplicação à transmissão	37
11.	Representação do NPSH	38
12.	Rotor típico	38
13.	Velocidade variável	37
14.	Velocidade constante	38
15.	Vedação com o-ring	44
16.	Folga dinâmica	45
17.	Dimensões de vedação para o-ring	45
18.	Vedação com anéis anti-extrusão	46
19.	Denominação dos vedadores o-ring estáticos	46
20.	Tipos de retentores	48
21.	Viação de retentor	49

L



IV. LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Retângulo representativo de todas as soluções de um problema hipotético	10
2. Variação do conjugado nominal de partida com a rotação (genérico)	21
3. Variação do conjugado resistente em relação a vazão de descarga (genérico)	22
4. Curva característica de um motor assíncrono (genérico)	23
5. Curvas dos conjugados do motor e de uma bomba centrífuga em função da velocidade (genérico)	24
6. Carcaça do motor elétrico	26
7. Rotor completamente fechado (genérico)	31
8. Rotor semi-fechado ou semi-aberto (genérico)	31
9. Rotor aberto (genérico)	32
10. Bomba centrífuga, um estágio, simples aspiração e eixo horizontal	32
11. Representação do NPSH	34
12. Rotor típico	36
13. Voluta de velocidade variável	37
14. Voluta de velocidade constante	38
15. Vedação com o'ring	44
16. Folga diametral	45
17. Limites de extrusão para o'rings	45
18. Vedação com anéis anti-extrusão	46
19. Denominação dos vedadores o'rings estáticos	46
20. Tipos de retentores	48
21. Fixação do retentor	49



22. Velocidade periférica admissível aos reten- tores	50
23. Excentricidade admissível aos eixos	51
24. Junta com recobrimento e espaçador de metal	52
25. Selo mecânico tipo cunha	55
26. Selo duplo tipo "back to back"	56
27. Disposição do selo mecânico no conjunto ve- dante (7/8")	58
28. Resistência do revestimento	63
29. Relação de diâmetros e coeficiente de velo- cidade em função da rotação específica	74
30. Tipo de bombas	75
31. Caixa espiral	76
32. Rotor genérico	76
33. Valores dos coeficientes de pressão e des- carga	77
34. Curvas de funcionamento da Bomba 1 (4 pás) e Bomba 2 (5 pás)	81
35. Curva de funcionamento Bomba 1	82
36. Curva de funcionamento Bomba 2	82
37. Curva do NPSH requerido da Bomba 1	83
38. Curva do NPSH requerido da Bomba 2	83
39. Curva do rendimento interno da Bomba 1	84
40. Curva do rendimento global da Bomba 1	84
41. Curva do rendimento interno da Bomba 2	85
42. Curva do rendimento global da Bomba 2	85
43. Custo versus Potência	148
44. Conj max / Conj. nominal versus Potência	148
45. Conj. nominal versus rotação	149



46. Rendimento versus rotação - motor de 2 CV	149
47. Rendimento versus rotação - motor de 3 CV	150
48. Rendimento versus rotação - motor de 5 CV	150
49. Rendimento versus rotação - motor de 7,5 CV	151
50. Rendimento versus rotação - motor de 10 CV	151



V. LISTA DE TABELAS

	Página
1. Dimensões em milímetros da carcaça de motores elétricos	27
2. Características típicas de motores elétricos de um fabricante nacional	28
3. Comparação das propriedades dos materiais utilizados em elementos de vedação	53
4. Dimensões de juntas	54
5. Grandezas relativas ao dimensionamento do rotor da Bomba 1 - PB1	78
5a. Grandezas relativas ao dimensionamento do rotor da Bomba 2 - PB 2	79
6. Dimensões para o traçado da voluta	80

VI. LISTA DE GRÁFICOS

	Página
1. Distribuição das faixas de vazão	13
2. Distribuição das faixas de pressão de recalque	14
3. Distribuição das faixas de potência	15
4. Plano pressão de recalque versus vazão - Incidência de rotação. Panorama Geral.	16
5. Plano pressão de recalque versus vazão - para limites de 50 mca e 35 m ³ /h	17
6. Plano pressão de recalque versus vazão - para limites de 50 mca e 16 m ³ /h	18
7. Plano pressão de recalque versus vazão - para faixas de 18 a 80 mca e 0 a 35 m ³ /h	19

VII. LISTA DE DESENHOS

		Página
64.01.002-6	- Bomba Centrífuga PB1	91
02.03.090-2	- Rotor Fundido Bruto PB1	92
22.01.150-2	- Rotor Pré-Usinado PB1	92
42.47.002-3	- Rotor Vitrificado PB1	92
02.03.100-0	- Rotor Fundido Bruto PB2	92
22.01.154-5	- Rotor Pré-Usinado PB2	92
42.47.003-1	- Rotor Vitrificado PB2	92
22.01.149-9	- Voluta Vitrificada	93
22.01.151-0	- Carcaça da Bomba PB1	94
21.04.030-4	- Flange Traseira Usinada	95
41.56.001-0	- Flange Traseira Acabada	95
57.01.018-5	- Eixo Draw-Bar	95
44.04.002-6	- Eixo Principal	95
22.01.152-9	- Tampa Traseira	95
44.04.001-8	- Caixa de Rolamentos	95
44.03.013-6	- Caixa de Selo Mecânico 7/8"	95



CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

O bombeamento de líquidos nas indústrias químicas constitui um dos maiores desafios aos fabricantes de bombas, dadas as características e propriedades dos líquidos empregados e as condições severas a que as bombas são submetidas. Estes líquidos podem ser corrosivos, inflamáveis, tóxicos, quentes, frios, viscosos, pastosos, o que dá uma indicação da complexidade dos problemas relacionados com o projeto e a escolha adequada das bombas.

A utilização das bombas dentro de uma planta industrial, que pode ser bem diversificada, estará entre os seguintes casos: promover o escoamento de um líquido de modo a realizar transformações físicas ou químicas nos mesmos; promover o deslocamento de um líquido para permitir armazenagens, operações ou manuseio.

A escolha do tipo de bomba e dos materiais de suas partes constitutivas depende das características dos produtos bombeados tais como: grau de agressividade, grau de concentração, temperatura, grau de alcalinidade ou acidez, presença de sólidos em suspensão, pureza do produto a ser bombeado e segurança e confiabilidade da instalação.

A necessidade de construir bombas capazes de resistir a líquidos de extraordinária agressividade química, leva os



fabricantes a pesquisas e ao conseqüente emprego de novos materiais para rotor, eixo, voluta, gaxetas, anéis de vedação, selos mecânicos e demais partes submetidas ao contato com o líquido. [REF. 7]

O ataque do líquido aos materiais da bomba pode acarretar formação de produtos que não são permitidos no processamento, por outro lado, tem sido observado que certos líquidos escoando em contato com metais, com velocidade superior a certo limite, provocam turbulências no escoamento, causando a erosão nas superfícies.

A enorme variedade de materiais empregados e a complexidade da análise das propriedades físicas e químicas e da tecnologia de fabricação, específica para cada caso, faz com que apareça uma dificuldade enorme em registrar todos os materiais utilizados, contudo podemos escolher alguns conforme sua importância e papel que desempenham, ou seja: aço fundido, aço inoxidável, bronze, vidro, plásticos, resinas fluorcarbônicas e ferro fundido.

O ferro fundido é o material mais usado, devido as propriedades mecânicas que possui e ao baixo custo que representa. É usado na voluta e nos rotores que trabalham com pressões inferiores a 70 Kgf.cm^{-2} (6,86 MPa) e temperaturas abaixo de 180°C .

O aço fundido é usado em rotores e volutas para pressões e temperaturas elevadas.

As bombas construídas de aço inoxidável são recomendadas para líquidos ditos corrosivos e abrasivos, operando sob elevadas pressões e temperaturas.

É importante anotar que as bombas construídas em bronze são utilizadas quando o líquido for apenas levemente corro-



sivo. Também não é conveniente empregar simultaneamente peças de ferro fundido pelo motivo da corrosão galvânica. Devido ao elevado coeficiente de dilatação do bronze, não se usa este para temperaturas superiores a 120°C. Mesmo abaixo desse limite, deve-se considerar que a ação da força centrífuga no rotor e eixo tem um efeito cumulativo com a dilatação térmica, de modo que, deve-se evitar projetar para bombas de líquido quente, rotores que girem com velocidade periférica superiores a $45\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ e pressões de $10\text{Kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$ (0,98 MPa). [REF.1]

Os plásticos são largamente empregados, sendo porém seu uso, restrito pela temperatura de bombeamento do fluido. Podem ser usados constituindo as próprias peças ou como revestimento protetor das mesmas. O tipo de plástico sendo bem específico, terá um desempenho satisfatório em sua aplicação.

As resinas fluorcarbônicas possuem excelente resistência à corrosão e por isso são utilizadas em gaxetas, vedações, conexões e selos mecânicos.

Para a escolha dos materiais das bombas podemos utilizar os padrões recomendados pela ANSI [REF. 2] API [REF. 3] e ABNT [REF. 4]

1.2. Tipos de Bombas

Na indústria química, de um modo geral, são utilizadas as bombas de diafragma, bombas rotativas e bombas centrífugas.

As bombas de diafragma funcionam pela ação da compressão e descompressão de uma membrana, pelo efeito de um movimento excêntrico ou magnético, ou pela ação de ar comprimido ou óleo, proveniente de uma fonte pulsativa exterior. Oferece



a vantagem de não haver contato do líquido que está sendo bombeado e o sistema de acionamento eliminando assim o risco de vazamentos, o que é muito importante em se tratando de líquidos tóxicos, inflamáveis, etc.. A desvantagem é que os materiais utilizáveis como diafragma não se aplicam a muitos produtos por serem eles atacados. Além disso, essas bombas são de capacidade e altura manométrica limitadas.

Dentre as bombas rotativas, podemos destacar as de engrenagens, as de parafusos, as de palhetas, dentre outras, utilizadas para líquidos em geral de elevada viscosidade, e que não devem ter substâncias abrasivas em suspensão.

As bombas centrífugas são amplamente utilizadas, devido à sua adaptação a praticamente qualquer serviço. Podem ser fabricadas numa variedade enorme de materiais, para resistirem à ação corrosiva de qualquer líquido. São empregadas com eixo horizontal ou vertical.

1.3. Proteção Contra Vazamentos

Numa instalação de bombeamento, onde o fluido deslocado tem características especiais, e não se deseja que ocorram vazamentos, pelos riscos que podem surgir, o problema deve ser estudado com atenção.

As bombas de vazamento nulo, utilizadas em centrais nucleares pode ser uma solução, mas o custo desta decisão é muito alto, pois estas bombas tem o rotor e o motor herméticamente fechados, refrigerados por um segundo circuito que necessita de uma outra bomba para forçar a circulação. Os fabricantes deste tipo de bomba apresentam várias soluções para resolver o problema da vedação tais como: caixa blindada, mo



tor submerso, motor envolto em gás, motor imerso em óleo. Todas estas tentativas, em muitos casos, resolvem os problemas mas aumentam em muito o custo final do equipamento.

Quando não é exigida vedação total e absoluta, pode-se utilizar outros recursos mais ou menos complexos e dispendiosos, conforme o maior ou menor rigor na exigência da estanqueidade. A estanqueidade deve ser notada tanto na sucção como no recalque, pois no caso de uma bomba afogada, teremos também pressão superior a do ambiente na sucção. A estanqueidade vista no caso quando a pressão reinante na bomba é superior à do meio ambiente, o que é normal no lado do recalque da bomba, o líquido é pressionado a escapar pelas folgas entre eixo e caixa da bomba. Os recursos conhecidos para controlar esses vazamentos são: caixa de gaxetas e selos mecânicos.

1.4. Padrões Internacionais de Projeto

Existem no mundo três organizações de padrões internacionais aceitas para especificações de bombas: American National Standards Institute (ANSI), American Petroleum Institute (API) e International Standards Organization (ISO).

O ANSI publicou em 1962 os padrões B73.1M e B73.2M para bombas centrífugas horizontais e verticais, respectivamente, que foram revisados em 1971, 1974, 1984 e uma nova revisão se processou em 1989 com publicação prevista para 1990. Estes padrões sofreram mudanças, ditadas pelos usuários, que tornaram confiáveis as recomendações contidas nessa evolução contínua. Em muitos casos, uma bomba é especificada conforme ANSI, sem referência direta a qualquer outro padrão dimensional.



O API tem produzido muitas normas para a indústria do petróleo, sendo de interesse primário para fabricantes e usuários a API-610. A sétima edição da API-610 foi realizada em fevereiro de 1989. Esta especificação técnica é usualmente recomendada para todas as bombas das refinarias de petróleo, incluindo aquelas para bombeamento de água de resfriamento. Devido a natureza arriscada dos líquidos bombeados em refinarias, a ênfase da API-610 está na segurança e na confiabilidade.

Os padrões ISO são originariamente europeus e as modificações feitas principalmente por influência direta da organização alemã de padrões-DIN (Deutsche Industrie Normen). As dimensões são métricas e os motores operam com corrente elétrica de 50 Hz. Os padrões mundiais de bombas, nesta organização, estão sob a responsabilidade do Comitê Técnico ISO-115, o qual está subdividido em 2 (dois) subcomitês: SC-1, que é responsável pelas dimensões e especificações técnicas e o SC-2, que normaliza os métodos de medida e os ensaios.

O SC-1 tem trabalhado desde 1980, com o objetivo de elaborar um único documento que padronize as dimensões de bombas operando com corrente elétrica de 50 e 60 Hz, com a devida atenção para a ISO-2858 e ANSI-B.73. O ISO-2858 é um padrão de dimensão métrica, para bombas hidráulicas baseadas em corrente elétrica de 50 Hz, o que resulta em um motor girando com velocidade síncrona de 3000 e 1500 rpm. O B.73 é baseado em unidade inglesa, com conversão arredondada para o sistema métrico, flanges ANSI-150 e corrente elétrica de 60 Hz, o que resulta em um motor girando com velocidade síncrona de 3600 e 1800 rpm.

1.5. Discussão de Novos Padrões

Os comites responsáveis pelas discussões e alterações nos padrões atuais, tem demonstrado algumas tendências comuns, as quais poderão culminar na padronização das atuais dificuldades, tais como, rotação, caixa de selo, placa de base e eficiência dos motores elétricos.

Um mecanismo de variação de velocidade poderá solucionar um dos pontos divergentes, e daí teremos um rotor padrão para cada classe de bomba, prevendo um determinado campo de aplicação.

O sistema de vedação, utilizando selo mecânico prevê uma câmara de acomodação do selo, que tem evoluído no decorrer destes anos para um formato semelhante a um carretel, com sistema de refrigeração próprio, e com tendências a observação de itens tais como segurança e novos materiais.

Algumas propostas de revisões nos padrões atuais tem provocado impasses, claramente observados, na tentativa de normalização da placa de base. Para serem definidas as dimensões deste componente, necessita-se saber a dimensão da bomba, a do motor e a do espaço do acoplamento. A dimensão da bomba não é problema, pois, isto ainda tem sido ponto de acordo e os padrões existem. O motor, entretanto, não é tão simples; os padrões existentes para as dimensões externas de um motor elétrico, não estabelece todas as extensões. Os motores mais recentes cujo desempenho é melhor que os antigos, são maiores, e com isto, o problema da especificação destes mais novos, esbarra no número de itens de estoque para manutenção. A distância entre as partes desmontáveis da bomba para efeito de manutenção, tem como característica imposta pelo padrão ANSI B.



73, a desmontagem traseira (pull-out-backward), o que permite que o acoplamento eixo-rotor seja removido sem que o alinhamento entre a carcaça da bomba e os tubos de sucção e recalque seja interrompido. Neste ponto verificamos que não há padrão para a extensão do espaçador entre os muitos fabricantes de acoplamentos.

Outra mudança que será grandemente benéfica aos operadores de bombas é o maior espaço das câmaras de selos mecânicos, o que permitirá uma maior facilidade na montagem, desmontagem e troca deste componente.

1.6. Diretrizes do Projeto

O projeto de uma máquina de fluxo geradora, deve, observar alguns critérios que leva em conta a interferência do comportamento individual dos componentes na eficiência do conjunto.

No caso em estudo a escolha de um rotor do tipo aberto, prevê o uso do equipamento para bombeamento de pastas, lamas, e fluidos com partículas em suspensão, mas a tecnologia de revestimento do rotor não permitiria que fosse muito diferente, visto que, o revestimento com uma película de vidro impõe espaços entre as partes suficientes para o depósito do pó, antes de levar a peça para o aquecimento.

O sistema escolhido para vedação entre carcaça e eixo será o de selo mecânico, tendo que se prever uma porcentagem a mais de potência no motor elétrico para que a potência consumida pelo atrito do sistema de selagem seja atendida.

Como foi visto no item 1.5 o sistema de desmontagem traseira deverá orientar a escolha dos elementos que compõem



a carcaça, caixa de rolamentos e demais partes envolvidas na desmontagem para manutenção, bem como o sistema escolhido para que seja satisfeito este requisito de normas internacionais.

Apesar de ser previsível num cálculo hidrodinâmico de sistemas de bombeamento a determinação do NPSH (Net Positive Suction Head), evidenciamos que para a associação da corrosão química com os efeitos da cavitação, os cuidados devem ser redobrados, e isto é previsto nos cálculos.

Os componentes das bombas que são especificados como produto de prateleira, devem obedecer as orientações contidas nos catálogos dos fornecedores nacionais para que a reposição destes possa ser feita pelos clientes, usuários das bombas, sem depender do fabricante destas.



Fig. 3 - Retângulo representativo de todas as soluções de um problema técnico.

CAPÍTULO 2

DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO

2.1. A Necessidade de Definições

Em equipamentos já existentes, e em outros a se projetar, devemos, para garantir o sucesso durante o funcionamento, observar basicamente três passos:

a Concepção: que é a definição do resultado desejado;

a Síntese: que é o estudo dos meios pelo qual o resultado final pode ser obtido, e

a Análise: que é o complemento aos passos anteriores trazendo um projeto à realidade.

Os projetos podem ser funcionais, não-funcionais, satisfatórios e ótimos. O projeto deve no mínimo ser funcional, sendo que, o ideal é que ele seja satisfatório e se possível ótimo.



FIG. 1 Retângulo representativo de todas as soluções de um problema hipotético.

A integração da síntese e da otimização de um projeto é conveniente e eficiente, pois nem sempre a solução ótima é possível de se realizar pelos meios disponíveis [REF. 5].

A importância de se compreender "onde se quer chegar", muitas vezes nos leva a indefinições temporárias das soluções possíveis de problemas que aparecem durante um projeto.

Na definição de grandezas que serão os valores norteadores, identificadores, ou seja, os parâmetros básicos de projeto, não devemos pensar, ou achar que, tais valores admitidos serão suficientes para trazer o projeto à realidade. Devemos escolher tais grandezas, baseados em dados reais, que permitam o sucesso, visto que, este está ligado ao acerto da concepção.

2.2. O Método Utilizado

O mercado de fabricantes de bombas hidráulicas, poderia ser uma fonte de dados para que tivéssemos a grandeza dos parâmetros desejados, no entanto, ao agruparmos todas as informações contidas nos catálogos disponíveis, não conseguimos identificar a real necessidade do mercado comprador, pois, a produção individual de cada tipo não conseguimos determinar. Fizemos então, uma pesquisa entre os atuais usuários de bombas hidráulicas para produtos químicos, os quais poderiam vir a adquirir bombas para substituição das em uso atualmente nas suas respectivas plantas industriais.

Foram contactadas grandes empresas do setor químico e petroquímico, dentre as quais nos responderam as seguintes:

ACESITA - USINA SIDERÚRGICA

AJINOMOTO

BASF

BAYER

CBE

CIA NITROQUÍMICA

COLGATE/PALMOLIVE

DOW QUÍMICA

DU PONT

EMCA

HOECHST

IMBRA

IQR

NITROCOLOR

NORTEC

PETROFLEX

RHODIA

ROCHE

SETAL

No total de 19 empresas, recebemos 42 planilhas contendo informações relevantes dos usuários, e estas são apresentadas no Apêndice I.

Os gráficos 1, 2 e 3 representam o conjunto de informações sobre vazão, pressão de recalque e potência das bombas em uso por estas empresas, divididos em faixas.

Os gráficos 4, 5, 6 e 7 mostram a incidência do uso das rotações síncronas de 1800 e 3600 rpm para cada bomba informada, agrupadas segundo seu ponto de funcionamento no plano pressão de recalque versus vazão.

FAIXAS DE VAZÃO

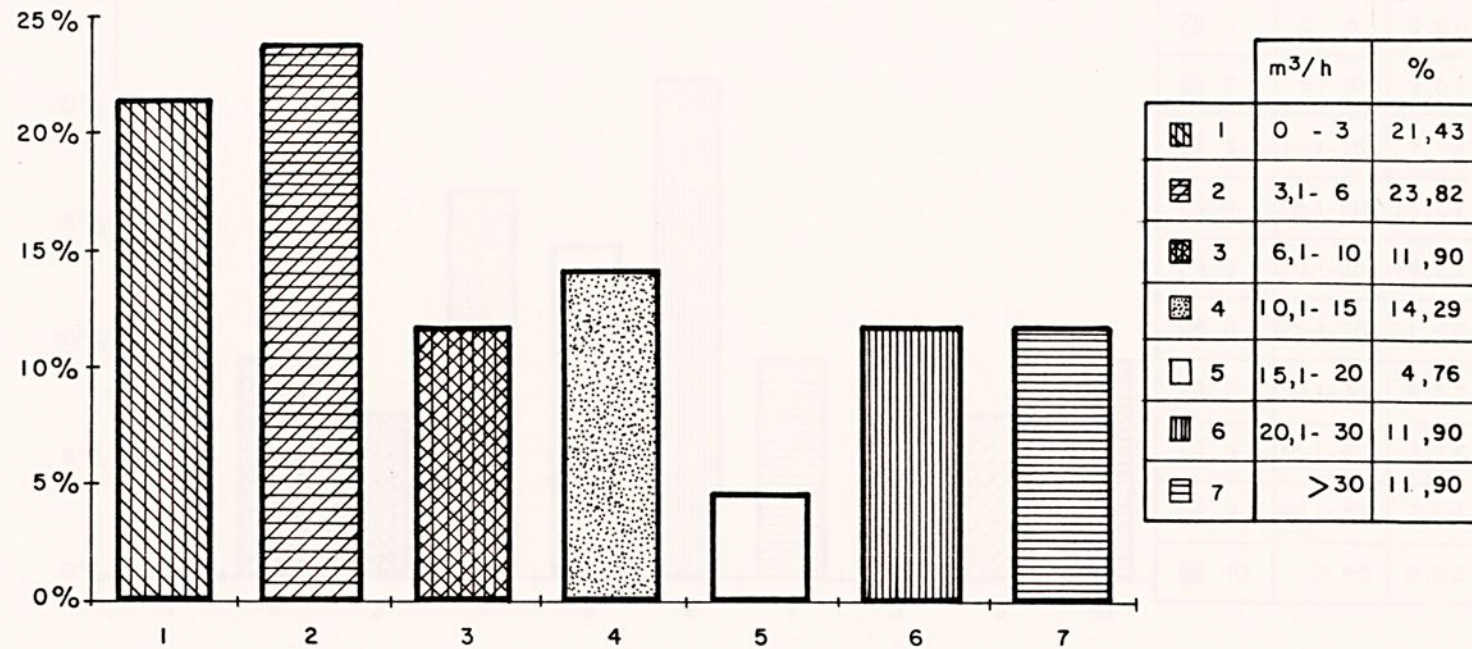


GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DE VAZÃO



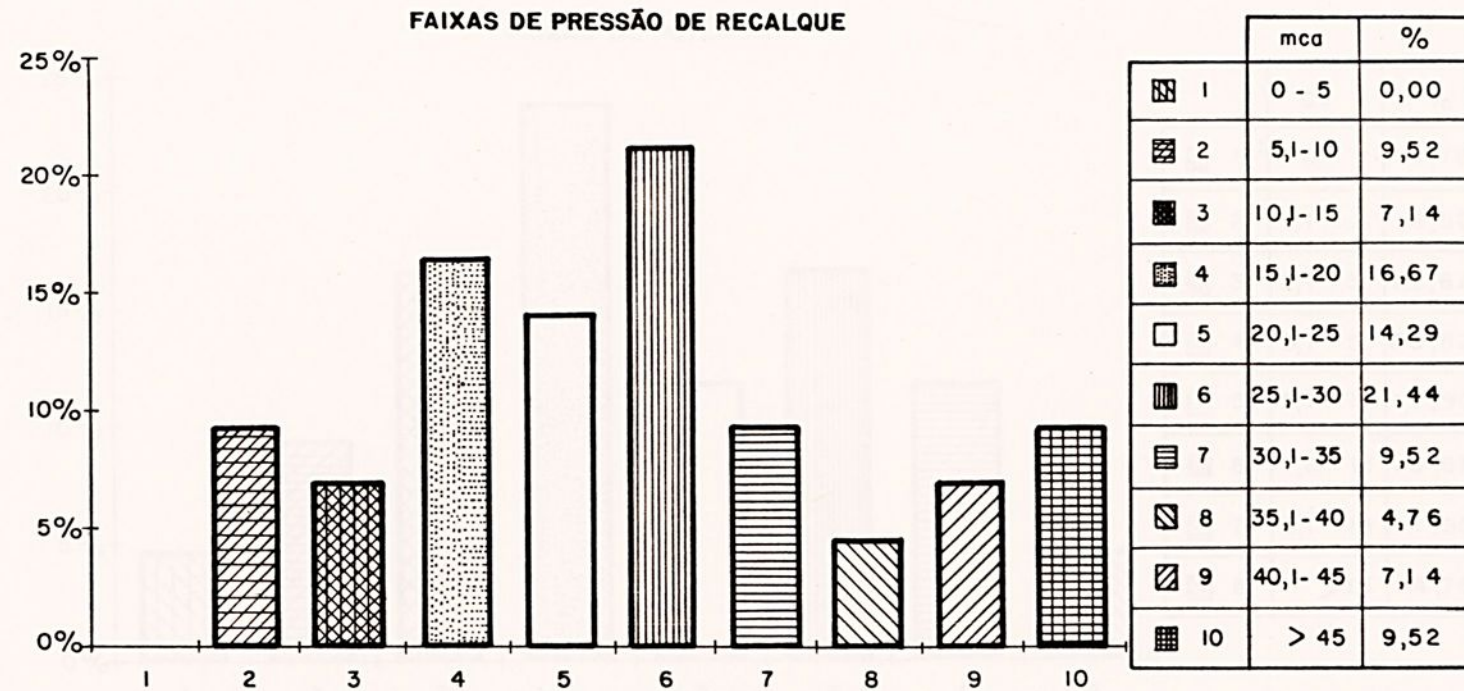


GRÁFICO 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DE PRESSÃO DE RECALQUE



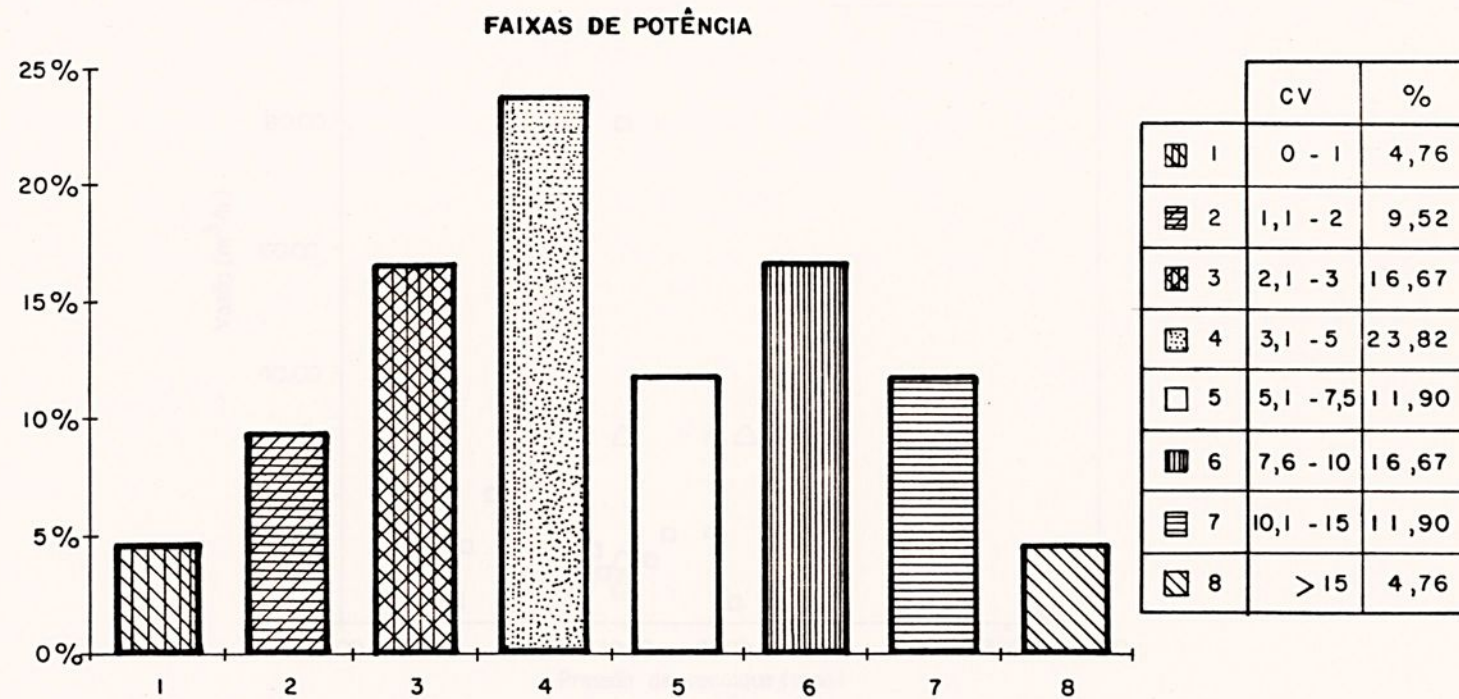


GRÁFICO 3 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DE POTÊNCIA

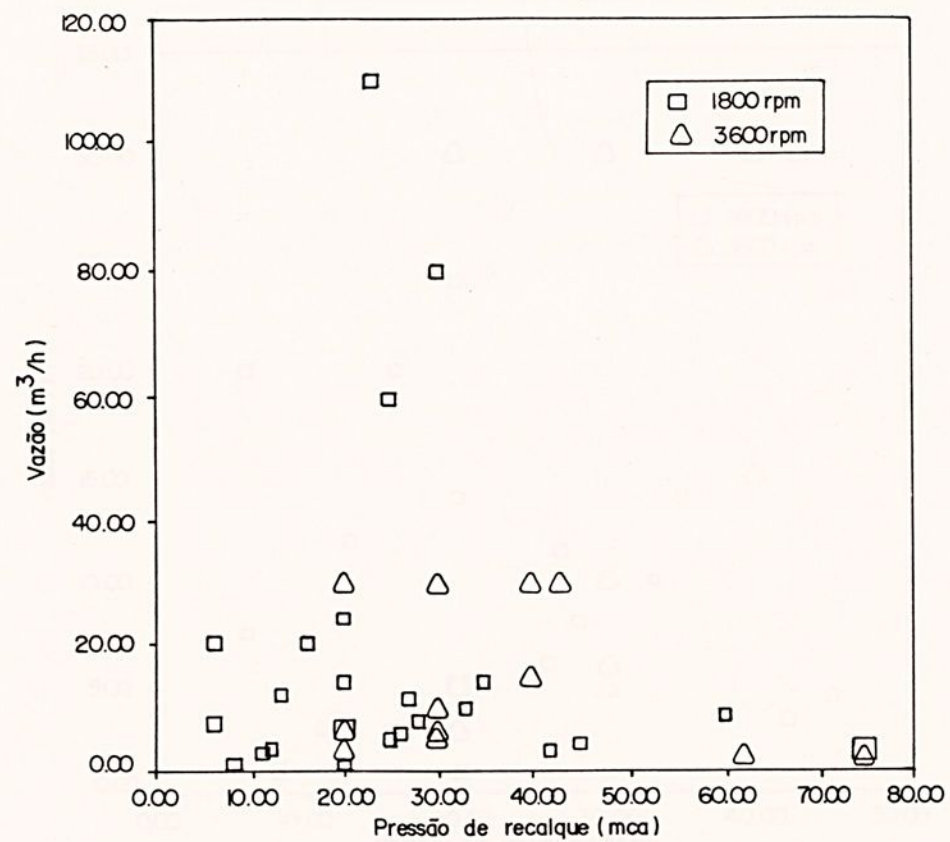


GRÁFICO 4 - PLANO PRESSÃO DE RECALQUE VERSUS VAZÃO - INCIDÊNCIA DE ROTAÇÃO

PANORAMA GERAL



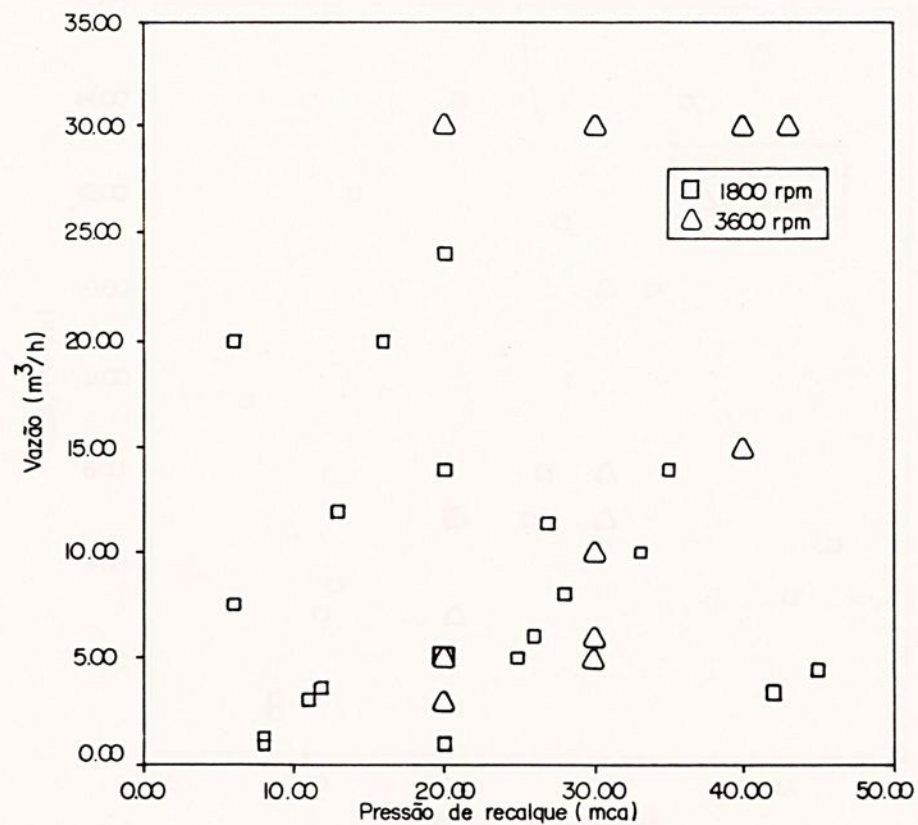


GRÁFICO 5 - PLANO PRESSÃO DE RECALQUE VERSUS VAZÃO PARA LIMITES DE
50 MCA E 35 m³/H



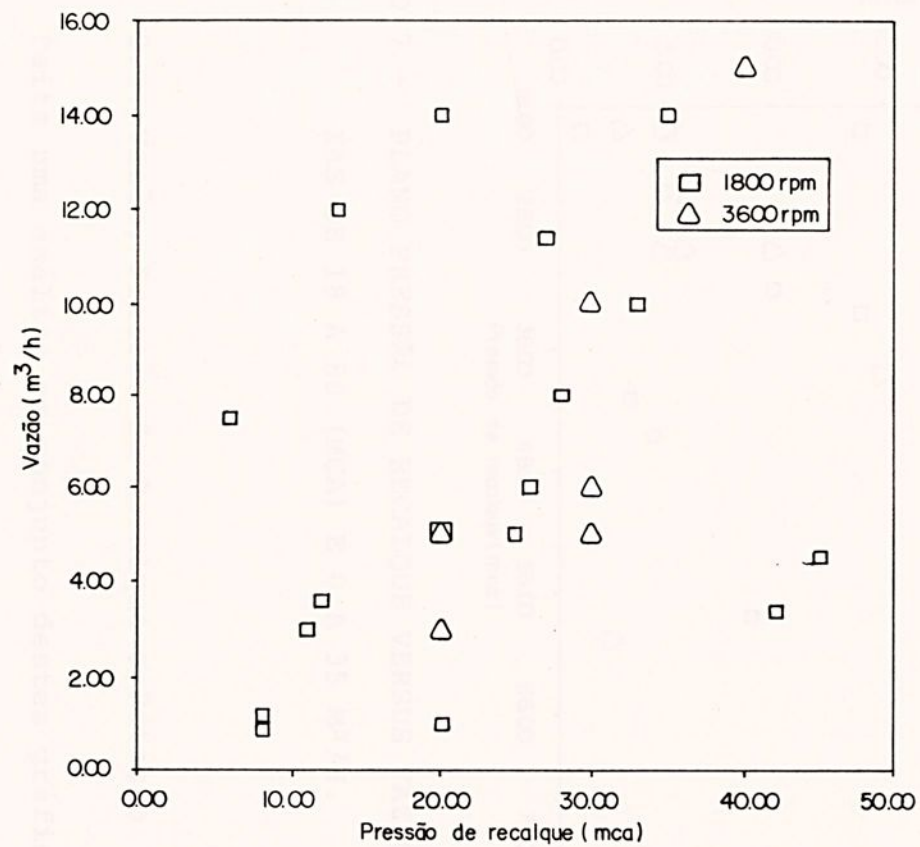


GRÁFICO 6 - PLANO PRESSÃO DE RECALQUE VERSUS VAZÃO PARA LIMITES DE
50 MCA E 16M³/H



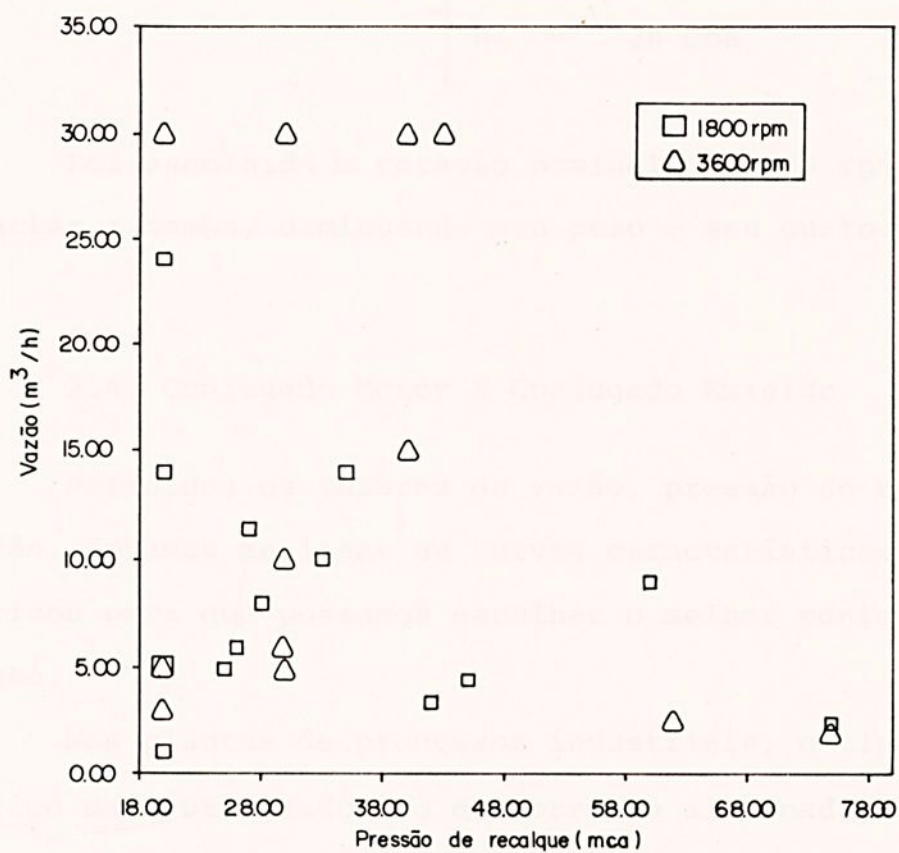


GRÁFICO 7 - PLANO PRESSÃO DE RECALQUE VERSUS VAZÃO PARA FAIXAS DE 18 A 80 (MCA) E 0 A 35 M³/H.

2.3. Vazão, Pressão de Recalque e Rotação

Feita uma análise em conjunto destes gráficos apresentados, escolhemos 3 (três) pontos demarcados pela pressão de recalque e vazão para definirmos os valores nominais de projeto dessas grandezas, sendo eles:

Bomba 1	[Q = 6m ³ /h
		He = 16 mca
Bomba 2	[Q = 10m ³ /h
		He = 23 mca

$$\text{Bomba 3} \quad \left[\begin{array}{l} Q = 14\text{m}^3/\text{h} \\ He = 30 \text{ mca} \end{array} \right.$$

Foi escolhida a rotação nominal de 3600 rpm para se compactar a bomba, diminuindo seu peso e seu custo.

2.4. Conjugado Motor X Conjugado Exigido

Definidos os valores de vazão, pressão de recalque e rotação, devemos analisar as curvas características de motores elétricos para que possamos escolher o melhor ponto de funcionamento.

Nas plantas de processos industriais, o tipo de motor elétrico mais utilizado é o de corrente alternada, assíncrono. Nos motores assíncronos a rotação depende do número de polos e também do "deslizamento" em relação à rotação síncrona, de modo que as rotações com que as bombas irão girar serão menores que aquelas calculadas em função da frequência e do número de polos.

Os mais importantes e mais comuns são os de indução trifásicos, que quando funcionam sem carga, o rotor gira em velocidade quase igual à síncrona, pois o "deslizamento" é pequeno; porém com carga, o rotor se atrasa mais em relação ao campo girante, e são induzidas fortes correntes para produzir o conjugado exigido e necessário. A velocidade a plena carga pode baixar de 5 a 10% do valor da velocidade com o motor sem carga. [REF. 6].

Os motores podem funcionar com certa sobrecarga desde que o regime de operação não seja contínuo. Trabalhando em so

brecarga, o fator de potência ($\cos \phi$) e o rendimento cairão. Para períodos não muito longos de funcionamento, isto é, sem que ocorra um aquecimento incompatível com a classe de isolamento, motores com fator de serviço (FS) maiores do que 1,0 suportam valores de potência nominal cuja grandeza depende do fator de serviço.

É importante conhecer como varia o conjugado de partida da bomba, a fim de compará-lo com o do motor elétrico com o qual se pretende acioná-la.

A Fig. 2 mostra como varia o conjugado nominal de partida de acordo com o tipo de bomba [REF. 7] para registro de saída fechado.

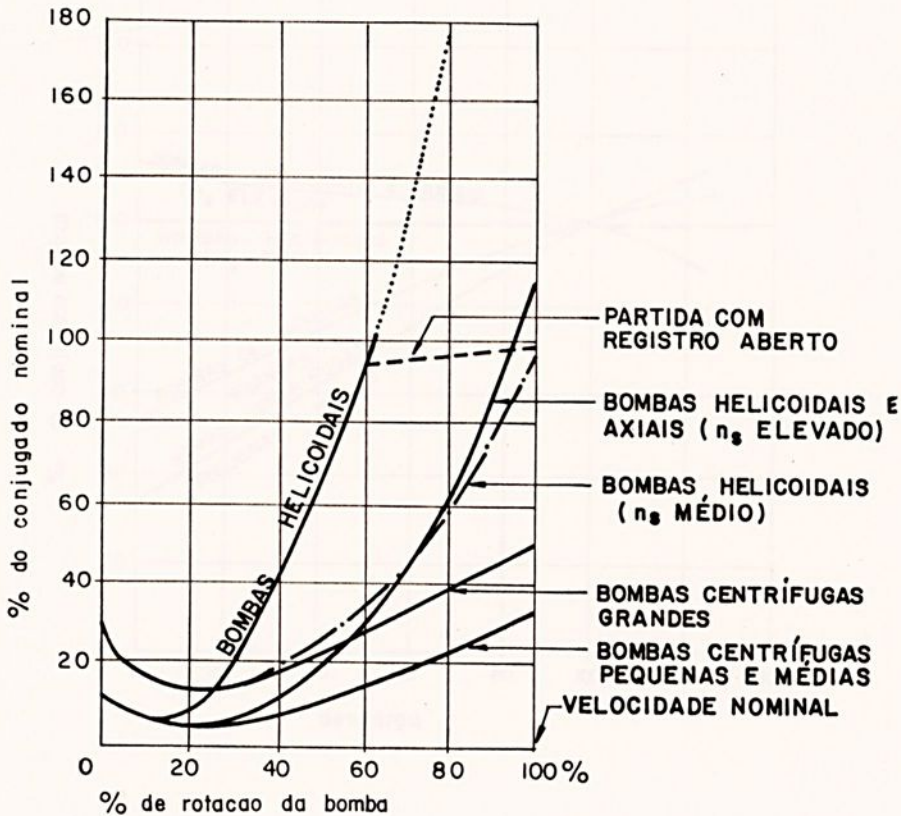


FIG. 2 Variação do conjugado nominal de partida com a rotação. (genérico)

A Fig. 3 mostra como varia o conjugado resistente , oferecido pela bomba e que deve ser atendido pelo motor, em função da vazão de descarga, depois que a bomba atinge a velocidade nominal [REF 7].

A Fig. 4 apresenta a curva característica do conjugado motor em função da rotação para um motor assíncrono.

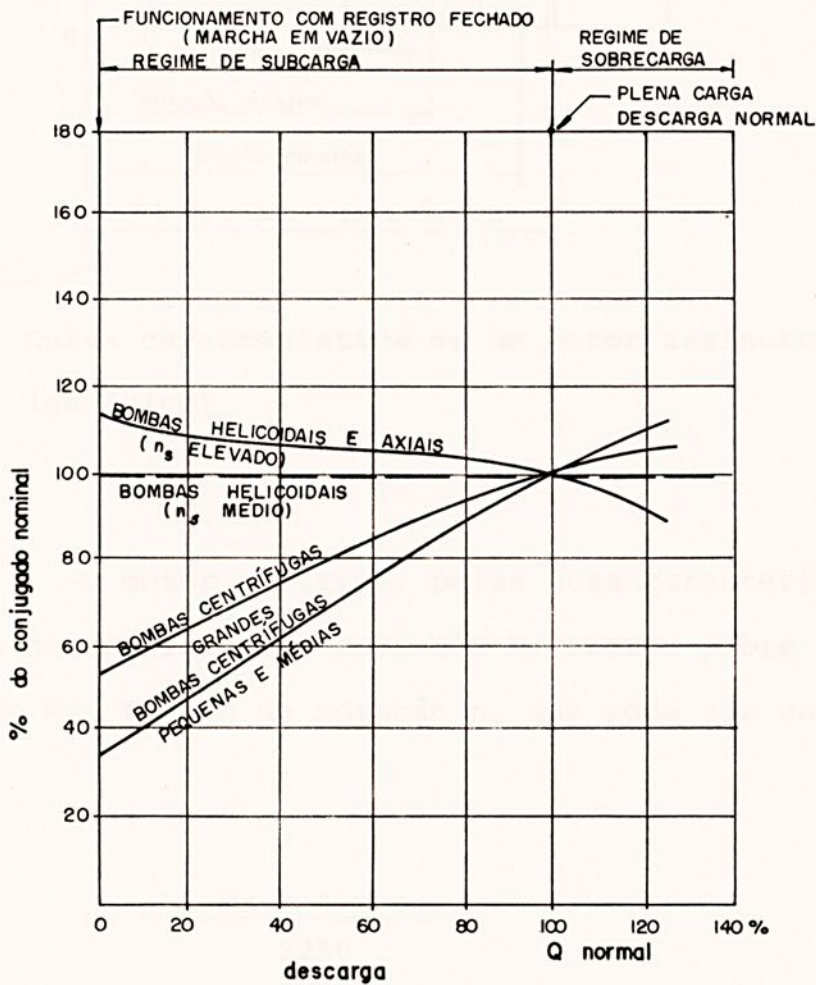


FIG. 3 Variação do conjugado resistente em relação a vazão de descarga. (genérico)

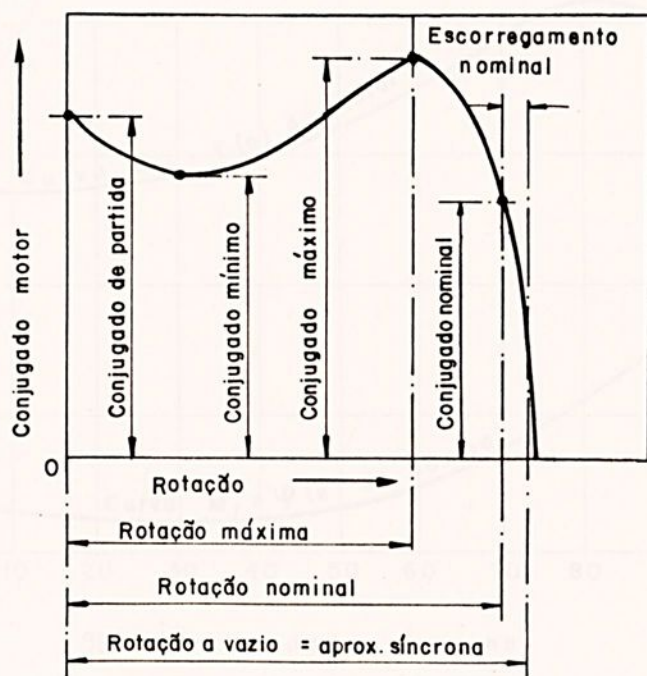


FIG. 4 Curva característica de um motor assíncrono.
(genérico)

O motor elétrico, pelas suas características, sendo capaz de realizar uma potência N , exerce sobre seu eixo um conjugado M_m , função da rotação n , que pode ser calculada pela Eq. 1

$$N = \frac{M_m \times \pi \times n}{2250} \quad (1)$$

O motor elétrico deve ter o conjugado motor (M_m) maior que o conjugado resistente oferecido pela bomba (M_r). As curvas dos conjugados M_m e M_r devem se cruzar no ponto correspondente à velocidade nominal conforme mostrado na Fig. 5.

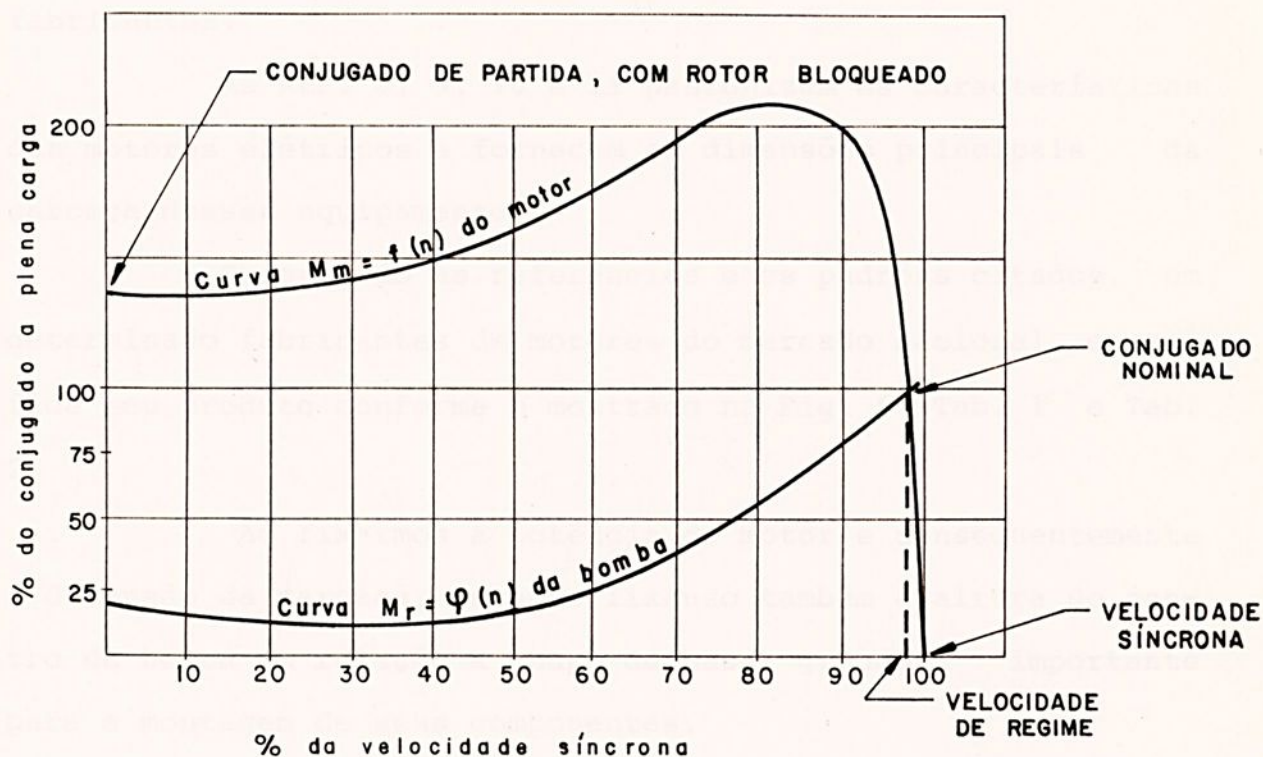


FIG. 5 Curvas dos conjugados do motor e de uma bomba centrífuga em função da velocidade. (genérico)

2.5. Motores Elétricos

Pela análise do Gráf.3, fixamos o limite superior para a potência dos motores que poderiam ser utilizados para acionamento das bombas em 7,5 CV.

O uso de motores de diversas potências para a mesma bomba (Q e H_e fixos) é devido a variação das características do fluido de trabalho, principalmente massa específica e viscosidade, cujas faixas de variação na indústria química são bem amplas.

Outro fator que nos obriga a limitar a potência do motor, é o dimensionamento da chapa de base do conjunto, que

como evidenciado no Cap. 1 não existe acordo entre os diversos fabricantes.

As REF. 8, 9, 10 e 11 padronizam as características dos motores elétricos e fornecem as dimensões principais da carcaça desses equipamentos.

Observando as referências e os padrões citados, um determinado fabricante de motores do mercado nacional, especifica seu produto conforme o mostrado na Fig. 6, Tab. 1 e Tab. 2.

Ao fixarmos a potência do motor e conseqüentemente a dimensão da carcaça, estamos fixando também a altura do centro da bomba em relação a chapa de base, grandeza importante para a montagem de seus componentes.

Podemos ainda evidenciar que a carcaça 132 S foi eleita para orientar o dimensionamento da chapa de base e altura livre do eixo da bomba.



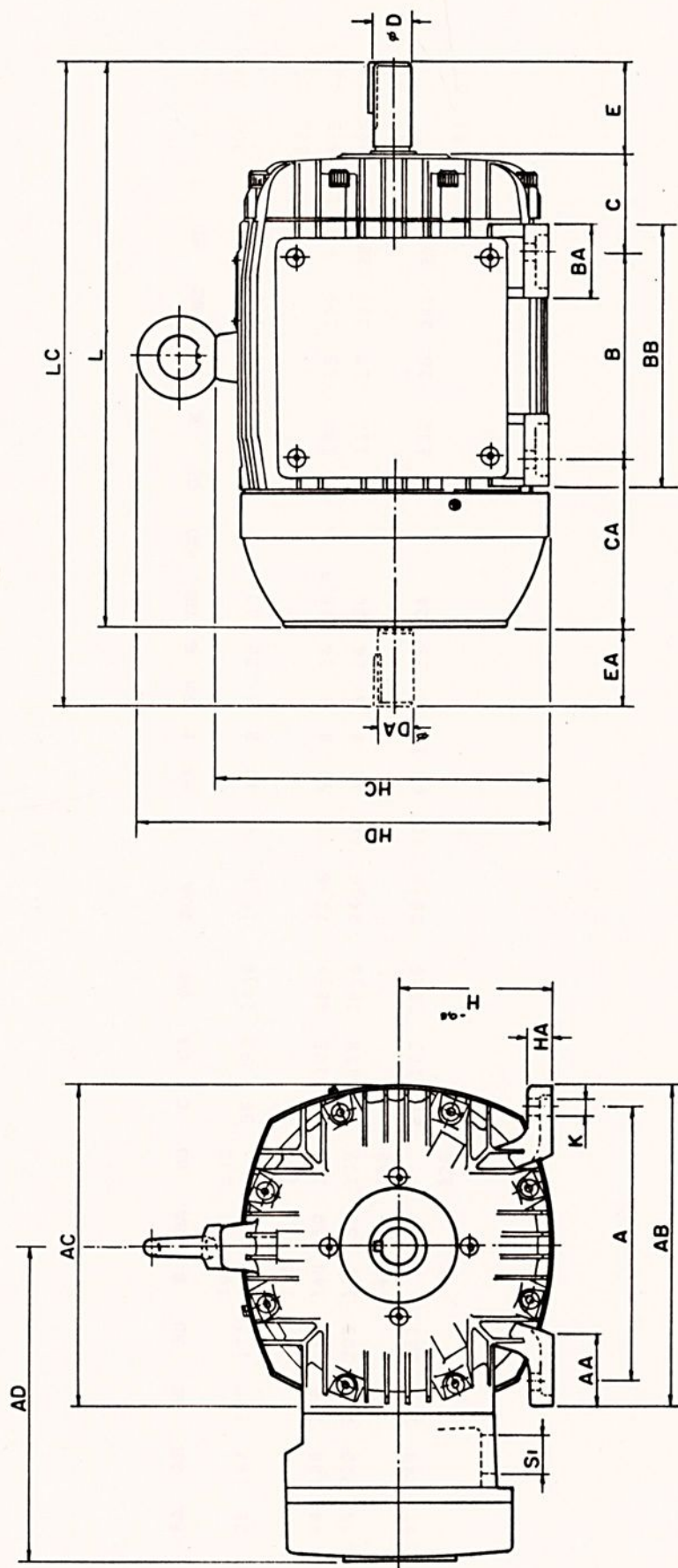


FIG. 6 Carcaça do motor elétrico.

CARCAÇA	A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB	C	CA	ØD	ØDA	E	EA	F	FA	G	GB	GD	GF	H	HA	HC	HD	K	L	LC
90S	140	38	164	177	171	100	42	131	56	92	24j6	16j6	50	40	8	5	20	13	7	5	90	14	179	-	10	306	348
90L						125		156																		331	373
100L	160	44	188	198	181	140	50	173	63	105	28j6	22j6	60	50	8	6	24	18,5	7	6	100	15	198	-	12	375	428
112M	190	48	220	222	205	140	50	177	70	118	28j6	24j6	60	50	8	8	24	20	7	7	112	17	237	284	12	385	438
132S						140		188																		445	511
	216	51	248	270	233		55		89	143	38k6	28j6	80	60	10	8	33	24	8	7	132	20	282	329	12		
132M						178		226																		483	549

TABELA 1 DIMENSÕES EM MILÍMETROS DA CARCAÇA DE MOTORES ELÉTRICOS



Potência		Carcaça ABNT	rpm	Corrente Nominal em 220 V A	Corrente com Rotor Bloqueado Ip/In	Conjugado Nominal Cn kgfm	Conjugado com Rotor Bloqueado Cp/Cn	Conjugado Máximo Cmax/ Cn	Rendimento η %			Fator de Potência cos φ			Fator de Serviço FS	Momento de Inércia J kgm ²	Peso aprox. kg
C	V								k	W	50	75	100	50			
- 1800 RPM - 60 Hz																	
0,50	0,37	90S	1740	1,8	6,4	0,21	2,7	2,6	55,0	60,0	66,0	0,60	0,70	0,79	1,00	0,0033	25
0,75	0,55	90S	1740	2,60	6,6	0,31	2,6	2,9	57,0	65,0	70,0	0,62	0,71	0,79	1,00	0,0033	25
1,00	0,75	90S	1720	3,80	6,2	0,42	2,3	2,6	58,0	64,0	69,0	0,54	0,65	0,74	1,00	0,0033	25
1,50	1,10	90S	1710	5,00	5,6	0,60	2,5	2,7	69,0	72,0	74,0	0,56	0,68	0,78	1,00	0,0033	26
2,00	1,50	90L	1720	6,50	6,3	0,83	3,0	3,0	67,0	71,0	72,0	0,63	0,75	0,83	1,00	0,0045	31
3,00	2,20	100L	1725	9,00	7,7	1,20	2,6	3,0	72,0	77,0	79,0	0,59	0,69	0,78	1,00	0,0074	41
4,00	3,00	100L	1730	12,0	7,4	1,70	2,7	3,2	72,0	77,0	78,0	0,69	0,78	0,83	1,00	0,0085	44
5,00	3,70	112M	1740	15,0	8,0	2,00	2,0	3,0	72,0	76,0	78,0	0,69	0,78	0,83	1,00	0,0146	58
6,00	4,40	112M	1730	17,0	7,9	2,50	2,7	3,0	77,0	80,0	82,0	0,69	0,78	0,83	1,00	0,0146	60
7,50	5,50	132S	1760	22,0	8,5	3,10	2,1	2,6	80,0	83,0	84,0	0,63	0,74	0,80	1,00	0,0349	68
10,0	7,50	132S	1760	28,0	8,0	4,10	2,1	2,5	78,0	82,0	84,0	0,67	0,77	0,82	1,00	0,0407	73
- 3600 rpm - 60 Hz																	
0,50	0,37	90S	3460	2,0	6,0	0,10	2,4	3,8	41,0	50,0	57,0	0,68	0,77	0,82	1,00	0,0016	23
0,75	0,55	90S	3460	2,80	6,0	0,15	2,2	3,3	51,0	58,0	65,0	0,66	0,75	0,81	1,00	0,0016	24
1,00	0,75	90S	3430	3,20	6,0	0,21	2,2	2,5	55,0	65,0	70,0	0,75	0,83	0,85	1,00	0,0018	25
1,50	1,10	90S	3440	4,80	6,0	0,32	2,0	2,0	58,0	68,0	72,0	0,81	0,83	0,84	1,00	0,0018	26
2,00	1,50	90S	3420	6,20	5,7	0,42	1,9	2,1	65,0	70,0	72,0	0,74	0,83	0,87	1,00	0,0018	26
3,00	2,20	90L	3460	9,00	7,0	0,62	2,9	2,7	72,0	76,0	78,0	0,75	0,80	0,82	1,00	0,0021	31
4,00	3,00	100L	3520	11,0	8,7	0,81	2,8	3,0	72,0	76,0	79,0	0,71	0,80	0,84	1,00	0,0055	41
5,00	3,70	100L	3500	14,0	9,0	1,00	2,7	3,1	65,0	71,0	75,0	0,76	0,85	0,91	1,00	0,0055	44
6,00	4,40	112M	3510	16,0	8,6	1,20	2,0	2,9	75,0	81,0	83,0	0,78	0,84	0,87	1,00	0,0082	56
7,50	5,50	132S	3455	20,0	7,0	1,60	1,8	2,6	73,0	78,0	80,0	0,83	0,89	0,91	1,00	0,0173	68
10,0	7,50	132M	3480	28,0	7,2	2,10	1,8	2,6	73,0	76,0	80,0	0,83	0,88	0,89	1,00	0,0199	84

TABELA 2 CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE MOTORES ELÉTRICOS DE UM FABRICANTE NACIONAL



No Apêndice II mostramos as Figs.44,45,46,47,48,49 e 50, que representam as características elétricas típicas dos motores elétricos de um fabricante do mercado nacional. [REF. 12].

Ainda no Apêndice II comparamos na Fig.43, os custos dos motores de 3600 e 1800 rpm de acordo com a potência.



CAPÍTULO 3

FATORES E ELEMENTOS CRÍTICOS NO PROJETO

3.1. Tipo de Rotor e Voluta

Uma grande variedade de tipos e tamanhos de bombas são utilizadas e desenvolvidas para atender as condições especiais que se apresentam em sistemas e plantas químicas. Em geral uma seleção de bomba tem como objetivo atender uma solicitação do processo com o mais alto desempenho possível, portanto, alguns detalhes de construção são exigidos pela engenharia de processo. O mais importante é que o engenheiro de processo esteja familiarizado com a ação que cada bomba possa oferecer.

Uma bomba centrífuga, desenvolve a pressão necessária através da movimentação que o rotor causa no líquido, pelo movimento giratório imposto, daí, a necessidade de se escolher o tipo correto de rotor para cada um dos fluidos a serem bombeados.

Os três tipos mais comuns de rotores de bombas centrífugas são:

1. Completamente fechado:

- utilizados para altas pressões de descarga





FIG. 7 Rotor completamente fechado (genérico)

2. Semi-fechado ou semi-aberto:

- utilizados para uma extensa quantidade de situações onde podem ocorrer entrada de partículas não constantes e prevenir entupimentos.

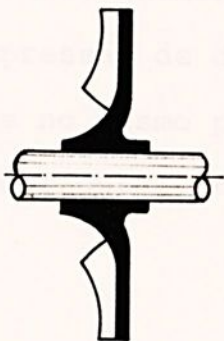


FIG. 8 Rotor semi-fechado ou semi-aberto (genérico)

3. Abertos:

- utilizados para baixa pressão, sólidos em suspensão, fluxos máximos baixos.

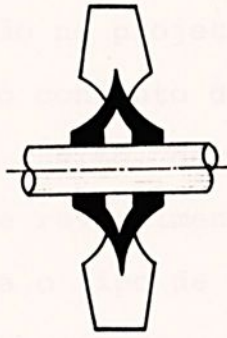


FIG. 9 Rotor aberto (genérico)

Em situações onde o rotor deva receber um revestimento superficial, a escolha, obrigatoriamente recai sobre os tipos semi-aberto e aberto, devido a necessidade de se fazer um controle da espessura da superfície protetora.

Para a definição do número de rotores de uma bomba centrífuga, a [REF. 13] indica valores de vazão máxima em 600 GPM ($\sim 130\text{m}^3/\text{h}$) e pressão de descarga máxima em 225 ft ($\sim 70\text{m}$), não necessariamente no mesmo ponto, para um estágio, simples aspiração e eixo horizontal, tipicamente mostrada na Fig. 10.

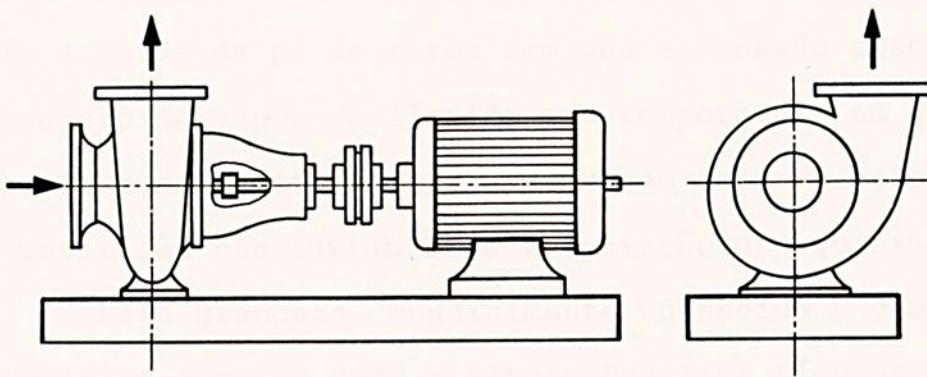


FIG. 10 Bomba centrífuga, um estágio, simples aspiração e eixo horizontal

A infinidade de desenhos de rotores existentes, revela o poder de imaginação no projeto de turbomáquinas, no entanto, para a aplicação no conjunto de bombas, objeto deste trabalho, escolhemos o tipo aberto, devido termos vazão baixa, pressão de descarga média e revestimento superficial do rotor.

A voluta para o tipo de bomba escolhido, pode ser construída do mesmo material do rotor, pois o sistema de revestimento fará a proteção necessária, mas o problema da seleção do material da voluta também depende da classe de pressão reinante. Pressões de operação podem ir até 5.000 psi (34,464MPa) para aço forjado ou fundido, contudo em aplicações usuais na química, a faixa de operação é de 75 a 800 psi (0,517 MPa a 5,514 MPa).

A desmontagem das partes componentes da voluta é necessária para o acesso ao rotor, e para o caso, escolhemos um tipo de desmontagem traseira sem a necessidade de desconectá-la das tubulações de sucção e recalque.

No dimensionamento do rotor e da voluta, o cálculo da disponibilidade de energia com que o líquido penetra no flange de sucção (ou entrada) da bomba e que a ele permitirá atingir a borda da pá do rotor sem que a pressão absoluta atinja a pressão de vapor do líquido na temperatura em que se encontra, deve ser feito para que a erosão causada pelo fenômeno da cavitação não inviabilize a operação do equipamento.

Esta grandeza, mundialmente conhecida como NPSH (Net Positive Suction Head - Altura Positiva Líquida de Sucção) é uma consideração muito importante na seleção de uma bomba quando a finalidade é manuzear líquidos próximos ao seu ponto de evaporação ou líquidos de altas pressões de vapor. Se a consideração do NPSH não é feita, uma bomba poderá ser despen-



diosa para o sistema ou ser o ponto onde ocorrerão os maiores problemas de operação.

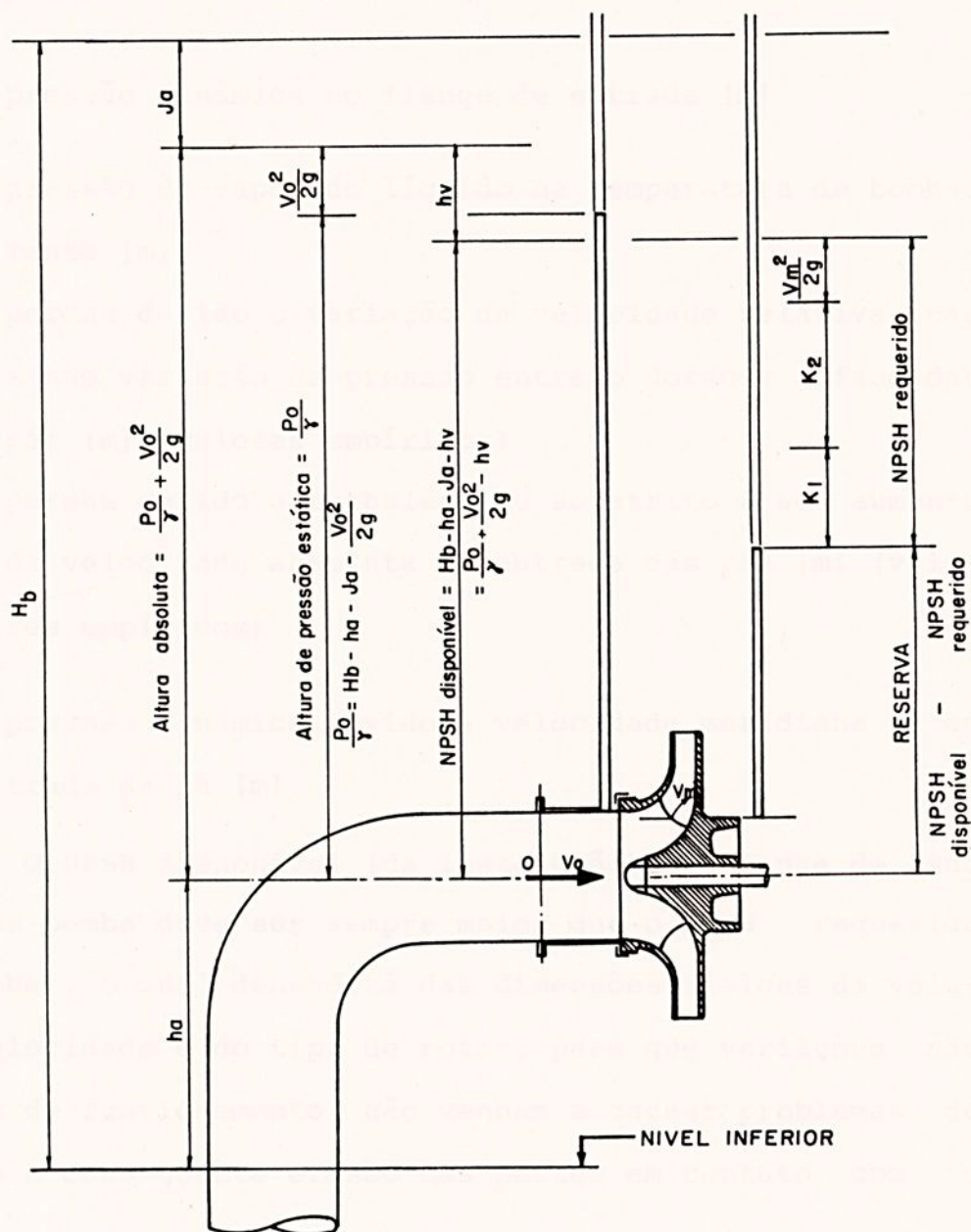


FIG. 11 Representação do NPSH

A Fig. 11 apresenta uma representação genérica de uma instalação de bomba centrífuga não afogada onde pode-se compreender o significado físico do NPSH, onde,

Hb = pressão atmosférica local [m]

ha = altura estática de sucção [m]

Ja = perda de carga no encanamento de aspiração [m]

$\frac{P_o}{\gamma} + \frac{V_o^2}{2g}$ = altura absoluta de aspiração [m]

$\frac{P_o}{\gamma}$ = pressão estática no flange de entrada [m]

$\frac{V_o^2}{2g}$ = pressão dinâmica no flange de entrada [m]

hv = pressão de vapor do líquido na temperatura de bombeamento [m]

k1 = perdas devido a variação da velocidade relativa, causando variação da pressão entre o dorso e a face das pás [m] (valores empíricos)

k2 = perdas devido a turbulência, ao atrito e ao aumento da velocidade absoluta na entrada das pás [m] (valores empíricos)

$\frac{V_m^2}{2g}$ = pressão dinâmica devido a velocidade meridiana na entrada da pá [m]

O NPSH disponível (da instalação) no flange de sucção de uma bomba deve ser sempre maior que o NPSH requerido (pela bomba), o qual dependerá das dimensões físicas da voluta, da velocidade e do tipo de rotor, para que variações nas condições de funcionamento, não venham a causar problemas de cavitação e conseqüente erosão das partes em contato com o fluido.

Devido as observações colocadas, para que uma bomba possa ter aplicações amplas (para diversas condições dos fluidos) o NPSH requerido deverá ser baixo (≤ 3 m) para não exigir que o NPSH disponível seja impossível de se obter na ins-

talação.

No projeto de bombas radiais a [REF. 14] indica algumas precauções a se tomar, para que não ocorra cavitação, durante o projeto do rotor:

- a relação entre os diâmetros de entrada e saída das pás deve ser pequena;
- o número de pás deve ser suficientemente grande;
- pequeno ângulo de entrada das pás;
- valores baixos para a velocidade meridiana nos canais do rotor. (Eq. 2)

$$V_m = \frac{Q}{2 \pi r b f_e} \quad (2)$$

f_e → fator de estrangulamento

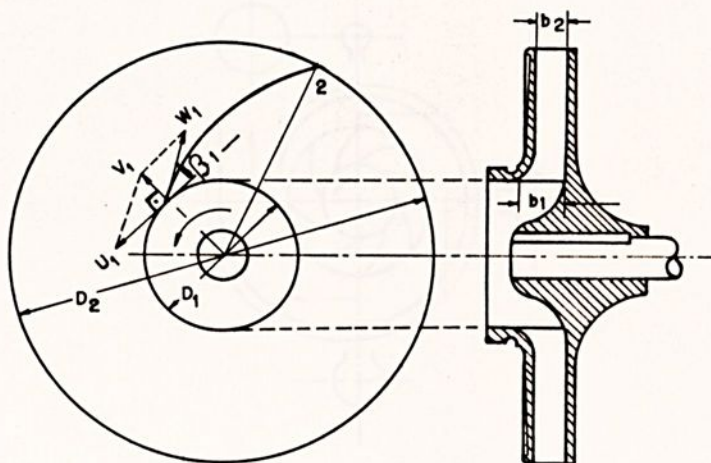


FIG. 12 Rotor típico fechado

No caso de se projetar um conjunto de bombas, o dimensionamento da voluta deve ser tal, que um número de rotores poderá ser substituído, utilizando-se a mesma voluta para satisfazer faixas de vazão e pressão e características de

operação.

A voluta que é um conduto em espiral ao redor do rotor, e que tem a função de recolher o fluido que sai deste e conduzi-lo para o flange de saída, pode ser construída com ou sem pás diretrizes (fixas) e também para velocidade média do fluido passando pelas seções, constante ou decrescente.

Não existe uma forma definida para a voluta e sim um único critério fundamental que é dar ao canal uma seção gradativamente crescente de modo que a velocidade média do fluido em todas as seções transversais do canal seja a mesma ou ligeiramente decrescente em direção ao flange de saída da bomba, com o aumento simultâneo da pressão, ou possuir no final um segmento troncônico que propicie este efeito.

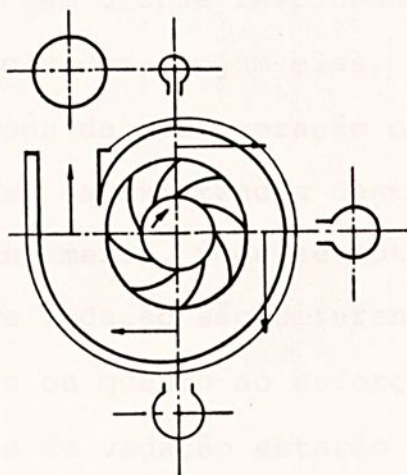


FIG. 13 Voluta de velocidade variável

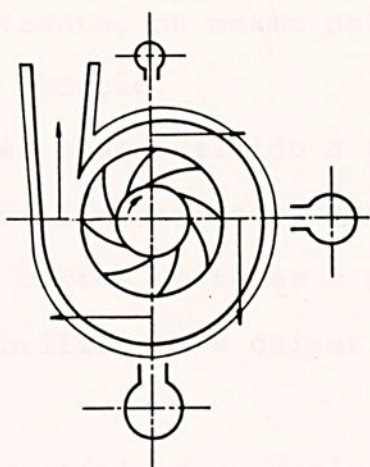


FIG. 14 Voluta de velocidade constante

3.2. Sistema e Elementos de Vedação

Numa bomba centrífuga para produtos químicos, o sistema de vedação tem grande responsabilidade na estanqueidade dos fluidos envolvidos, sejam eles, fluido de trabalho, óleo lubrificante, água de refrigeração ou fluido hidráulico.

No caso da existência destes quatro fluidos acima citados concomitantemente, pode-se notar que as características dos elementos de vedação são diferentes quanto ao ataque a suas superfícies ou quanto ao esforço, estático ou dinâmico, a que os elementos de vedação estarão submetidos.

Para o bom desempenho dos vedadores, é de extrema importância, na especificação de seu material, que o mesmo seja compatível com o fluido a ser vedado e que a temperatura de trabalho não ultrapasse os valores admissíveis.

É importante lembrar que, nos vedadores dinâmicos, o lábio de vedação recebe um acréscimo de temperatura provocado pelo atrito entre o lábio e a superfície deslizante. Ocasionalmente esse atrito atinge valores inaceitáveis, em consequência do mau acabamento ou do excesso de interferência entre as pe-

ças de contato deslizante, ou mesmo pela deficiência de lubrificação no lábio de vedação.

Em sistemas onde o fluido a ser vedado não tem características de lubrificação, recomenda-se projetar uma fonte de lubrificação. Em certos sistemas é preferível que haja uma pequena perda de lubrificante a deixar que o lábio de vedação trabalhe a seco.

A dureza do lábio de vedação também afeta o desempenho dos vedadores, uma vez que materiais com baixa dureza vedam mais facilmente em superfícies ásperas e melhor se amoldam ao sistema, embora sejam sensíveis ao desgaste, à abrasão e à extrusão. Portanto, a dureza tem valor significativo na adaptação do material de vedação ao tipo de vedador ou à determinada aplicação.

3.2.1. Materiais Utilizados e Aplicações

BORRACHA NATURAL - NR

Seu uso em vedadores é limitado, por ter pouca resistência aos óleos minerais. É adaptável em vedações de óleo de mamona ou de álcool.

Sua aplicação real é em peças sujeitas a choques, a compressão e a desgaste, como estão sujeitos os amortecedores, os calços e os coxins.

NEOPRENE - CLOROPRENO - CR

Apresenta excelente desempenho quando utilizada em vedações de fluidos refrigerantes (FREON) em sistemas pneumáticos e água salgada.



POLIURETANO - AU

O poliuretano possui excepcional resistência mecânica ao cisalhamento, à abrasão, à extrusão e aos impactos.

É usado com vantagens em sistemas de baixas ou altas pressões, ou em meio ambiente agressivo e compensa eventuais defeitos de tolerâncias e acabamento de usinagem das peças do sistema.

O poliuretano com molibdênio é um elastômero de poliuretano com uma dosagem de bissulfeto de molibdênio, que proporciona aos sistemas de vedações uma permanente lubrificação e um baixo coeficiente de atrito.

O elastômero apresentado proporciona excelentes resultados quando aplicado em vedações de óleos minerais ou derivados de petróleo, chegando a aumentar a vida útil do vedador de 4 a 8 vezes, quando comparado às vedações convencionais.

S.B.R.

É uma borracha sintética que foi desenvolvida para substituir a borracha natural. Portanto, as propriedades e aplicações se equivalem, com pequena superioridade em algumas propriedades para a borracha natural.

SILICONE - SI - MVQ

Em geral, o silicone apresenta baixa resistência mecânica, exigindo, assim, um certo cuidado antes de empregá-lo em sistemas dinâmicos.

A melhor característica do silicone é manter suas propriedades em uma faixa de temperatura muito grande, possibilitando o seu uso em vedadores expostos a baixas ou altas

temperaturas.

VITON - FLUROELASTÔMERO - FPM

A marcante resistência do Viton ao calor e aos ataques químicos, associada a excelentes propriedades mecânicas, fazem com que seus vedadores apresentem desempenho superior a qualquer outro tipo aplicado às mesmas condições de trabalho. É considerado a borracha mais importante na aplicação de vedadores.

Entre as poucas exceções às quais o viton não resiste estão os ésteres e a acetona.

TEFLON - PTFE - TFE - TETRAFLUROETILENO

O teflon, material semi-rígido, é um dos poucos termoplásticos utilizados em vedadores, devido aos seu baixo coeficiente de atrito, à sua quase insensibilidade ao ataque químico e ao fato de atender a uma grande faixa de temperatura de trabalho.

Para que o teflon seja adaptável aos vedadores, procura-se suprir sua baixa elasticidade com desenhos de perfis especiais.

Adapta-se a jogos de gaxetas e a alguns modelos de retentores. É aplicado em sistemas a cujos fluidos as borrachas não resistam, em sistemas que não tenham modificação ou em meio ambiente abrasivo.

BORRACHA NITRÍLICA - NBR - NITRILO - BUNA N

É uma borracha com excelente adesão a metais e a tecidos, que se adapta a qualquer tipo de vedador. É a mais utilizada, devido à maioria dos sistemas de vedações utilizarem



Óleos minerais ou derivados de petróleo que são significativamente compatíveis com a borracha nitrílica.

ETILENO PROPILENO - EPDM

Sua utilização em vedadores fica restrita por sua baixa resistência aos óleos minerais, derivados de petróleo e solventes.

É adaptável a altas temperaturas e tem sua principal aplicação na vedação de vapor ou água.

HYPALON - CSM

O uso do Hypalon em vedadores é pequeno por ser suplantado pela borracha nitrílica na resistência aos óleos minerais e derivados do petróleo. É uma borracha valiosa quando empregada em sistemas com altas temperaturas e sua melhor aplicação está nos ácidos, especialmente no ácido sulfúrico.

COURO

Os vedadores de couro apresentam excelente desempenho em sistemas cuja superfície de deslizamento seria excessivamente áspera, para permitir uma vedação eficiente por meio de borracha. É de grande valia em sistema com lubrificação deficiente, pela sua capacidade de absorver e reter lubrificantes.

Os perfis usados em vedadores de couro são limitados pela falta de moldabilidade e rigidez. São eles alguns modelos de gaxetas "L", "H", "U" e retentores.

A sua principal aplicação está em vedações de óleo, graxa, água, óleo solúvel ou em meio ambiente abrasivo.



CHEVRON

A palavra CHEVRON determina sempre borracha com lona sendo resultante da necessidade de se fazer vedações para altas pressões, as quais a borracha não suporta.

É usado em jogos de gaxetas ou gaxetas individuais, sempre para altas pressões, nas vedações de óleos minerais, óleo solúvel ou água.

BORRACHA PARA CONTATO COM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

Trata-se de uma formulação especial de borracha nitrílica ou neoprene que, sem prejuízo de suas características, pode entrar em contato com produtos alimentícios ou farmacêuticos sem contaminá-los.

A [REF. 15] faz um resumo das propriedades físicas e químicas dos materiais utilizados em elementos de vedação, e o mostramos através da Tabela 3.

3.2.2. Classificação dos Elementos de Vedação

3.2.2.1. Anéis "O" (O' Ring)

Define-se O'ring como um vedador estático ou dinâmico de borracha com um formato de anel e seção circular, o qual é alojado em uma ranhura pré-dimensionada, que submete a seção do anel a uma pressão, assegurando assim a vedação inicial do sistema.

A pressão do fluido exercida sobre o anel deforma o mesmo, comprimindo-o contra a extremidade oposta à ranhura, transmitindo essa pressão às superfícies a vedar. Portanto, conclui-se que a vedação do sistema é mantida pela pressão inicial.

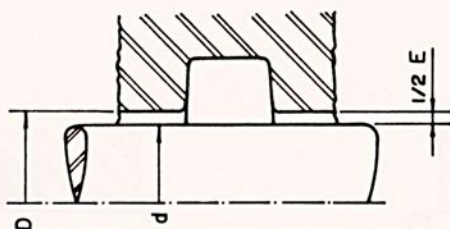


FIG. 15 Vedação com O'ring

A extrusão torna-se uma constante à medida que os anéis são obrigados a suportarem maiores pressões, uma vez que altas pressões provocam deformações exageradas nos anéis.

Os limites de pressões a que estão sujeitos os anéis podem ser controlados através da folga diametral e da

dureza do anel. A folga diametral é o espaço que existe entre o diâmetro interno do cilindro e o diâmetro da haste ou o diâmetro externo do êmbolo.



$E = \text{Folga diametral}$

$$E = D - d$$

FIG. 16 Folga diametral

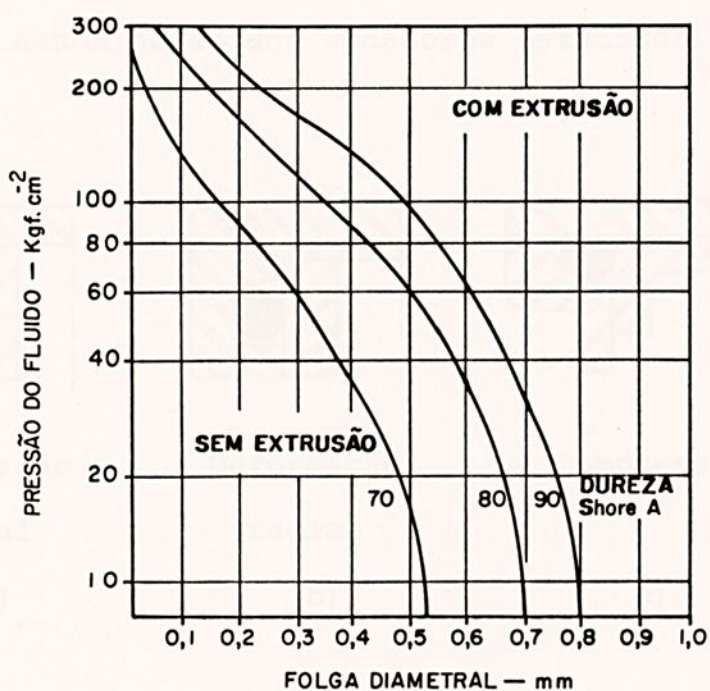
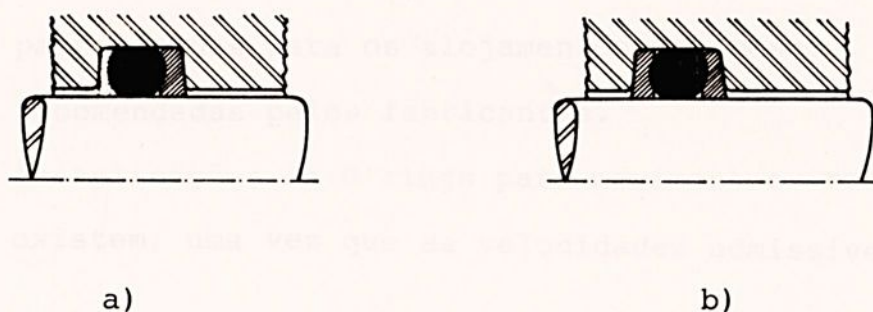


FIG. 17 Limites de extrusão para O-rings

O recurso usado para diminuir a possibilidade de extrusão, aumentando a capacidade do anel para suportar pressões, reside em utilizar anéis antiextrusão, que têm a função de eliminar a folga diametral do sistema. São fabricados em teflon ou "borracha dura".

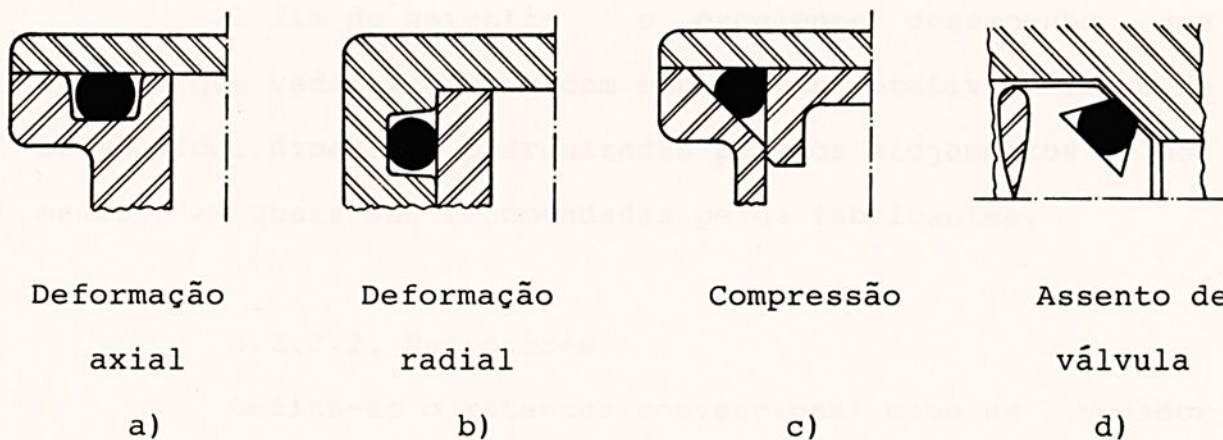


a)

b)

FIG. 18 Vedação com anéis antiextrusão

As vedações estáticas com O'rings são aplicadas em flanges, tampas, assentos e uniões. As Figs. 19 a, b, c, d, mostram a denominação dos vedadores estáticos.



Deformação
axial

a)

Deformação
radial

b)

Compressão

c)

Assento de
válvula

d)

FIG. 19 Denominação dos vedadores O'rings estáticos

A capacidade de suportar pressão de um anel estático aumenta à medida que se fecha o espaço da folga. Se as superfícies que comprimem o anel forem lisas, paralelas e com recursos para fazerem o contato metal com metal, o anel pode suportar pressões além das recomendadas.

A fim de garantir um excelente desempenho dos O'rings que vedam em sistemas estáticos, foram desenvolvidas dimensões padronizadas para os alojamentos dos mesmos, as quais são recomendadas pelos fabricantes.

As aplicações de O'rings para movimentos rotativos quase não existem, uma vez que as velocidades admissíveis são baixas.

Os anéis podem ser utilizados em movimentos rotativos para velocidades $\leq 6,0$ m/s, mas os melhores resultados são obtidos com velocidades inferiores a $\leq 1,0$ m/s e pressões ≤ 50 Kgf . cm⁻².

É importante que o anel fique alojado na parte estacionária do equipamento e que o mesmo não faça a função de bucha do sistema.

A fim de garantir o excelente desempenho dos O'rings que vedam sistemas com movimentos rotativos, foram desenvolvidas dimensões padronizadas para os alojamentos dos mesmos, as quais são recomendadas pelos fabricantes.

3.2.2.2. Retentores

Define-se o retentor convencional como um vedador dinâmico, que possui um anel metálico para dar rigidez ao perfil e uma vedação de borracha acoplada com mola helicoidal.

A função do retentor é assegurar a vedação entre um eixo com movimento rotativo e uma base estacionária, através



de uma carga prévia da borracha do lábio de vedação e da pressão da mola.

As condições do meio ambiente podem influir no bom desempenho de um retentor convencional.

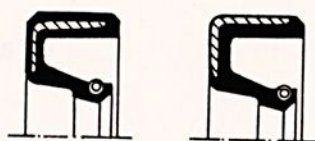


FIG. 20 Tipos de retentores

Quando submetidos a pressões elevadas, o retentor de forma o lábio de vedação, criando uma área maior de contato entre o lábio e o eixo, provocando aumento de atrito e temperatura, e, conseqüentemente, limitando a vida útil do retentor.

A maioria dos retentores retêm óleo ou graxa de sistemas de lubrificação, onde as pressões são menores que $1,0 \text{ kgfcm}^{-2}$, mas existem os sistemas de pressões elevadas, que exigem a colocação de um anel de encosto junto ao retentor convencional, proporcionando a esse suportar pressões de até 20 Kgfc^{-2} , ou a utilização de um retentor com perfil especial que chega a suportar 30 Kgfc^{-2} de pressão. (Fig. 21).

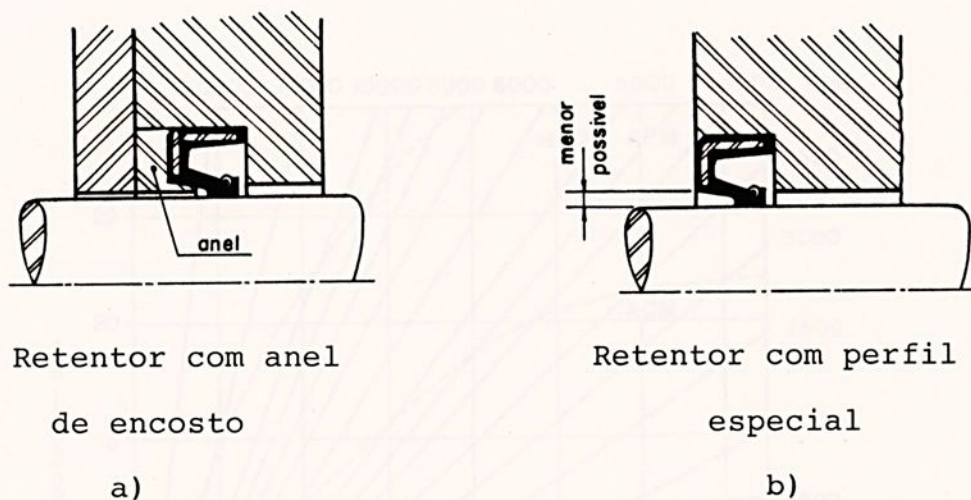


FIG. 21 Fixação do retentor

A Fig. 22 define o material para o lábio de vedação dos retentores convencionais, a partir da velocidade periférica, rotação e diâmetro do eixo a ser vedado. Ela mostra valores básicos, mas existem certos perfis de retentores que apresentam limites de velocidades periféricas e rotações que fogem ao que mostra a Figura.

A velocidade periférica é importante na escolha do material para o lábio de vedação, devido à dissipação de calor gerada pelo atrito entre o eixo e o lábio de vedação.

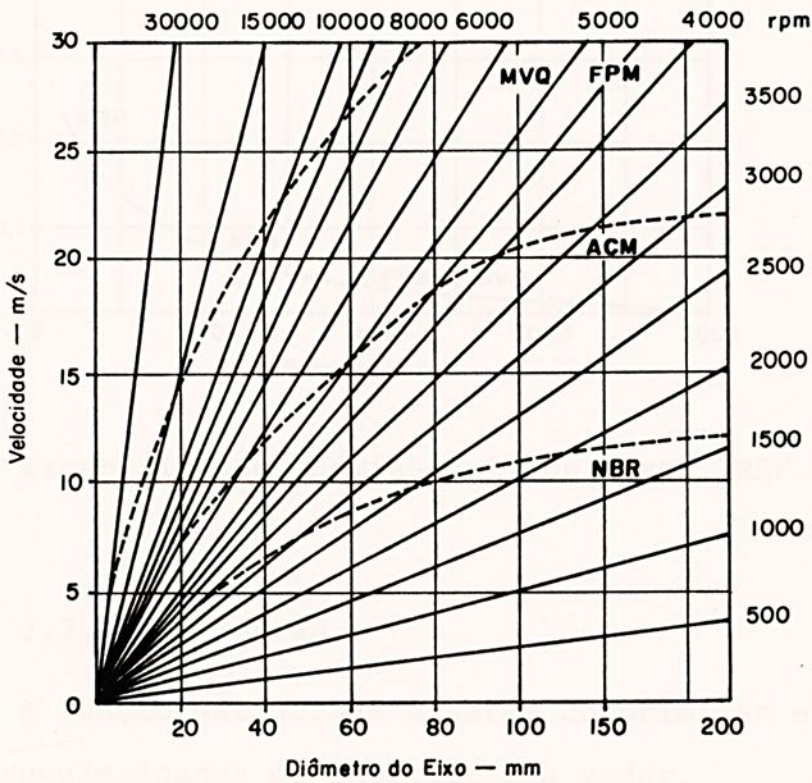


FIG. 22 Velocidade periférica admissível aos retentores
[REF. 15]

NBR	-	Nitrílica
ACM	-	Poliacrílica
FPM	-	Fluorelastômero
MVQ	-	Silicone

A excentricidade permitida ao eixo para um bom desempenho do retentor está limitada pela rotação do eixo, pela capacidade de flexibilidade da borracha e pela robustez do perfil do retentor.

O retentor deve ser projetado para ficar próximo aos mancais, onde a excentricidade é a menor possível.

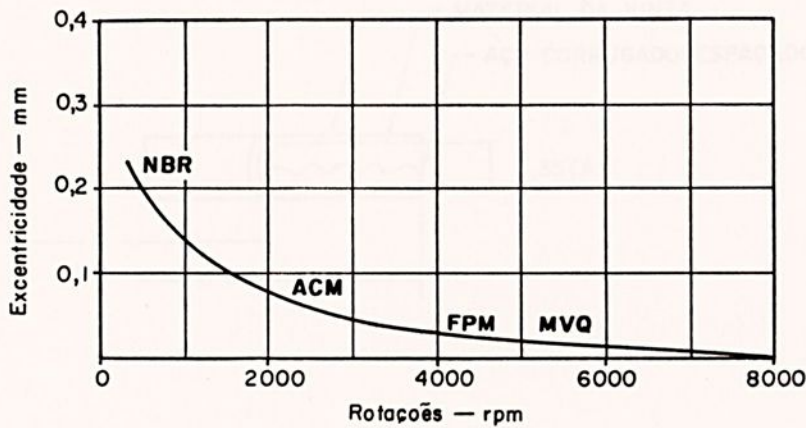


FIG. 23 Excentricidade admissível aos eixos [REF.15]

3.2.2.3. Juntas

A função das juntas é serem comprimidas e suportarem as irregularidades da superfície a vedar.

Quanto mais irregulares são estas superfícies, maior será a compressão necessária. Na escolha do material a ser usado na confecção da junta, é importante considerar o tipo de junta a ser feita e estas irregularidades acima citadas. Maior compressão pode ser aplicada com material mais espesso, sendo porém desaconselhável ultrapassar 20 Kgf cm^{-2} . Para pressões de aperto maiores, é recomendado o uso de materiais mais finos intercalados com um espaçador de metal.

Para o caso das juntas utilizadas nas bombas de produtos químicos, escolhemos um recobrimento com teflon (T. F.E.) para proteção do material de fabricação da junta (Fig. 24 e Tab. 4)

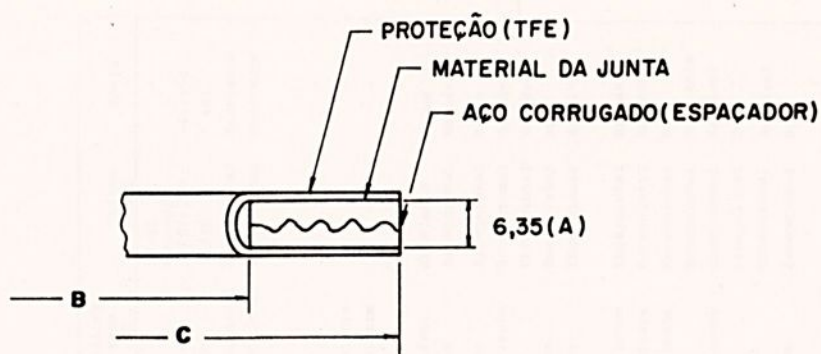


FIG. 24 Junta com recobrimento e espaçador de metal

Como o revestimento escolhido para as superfícies em contato com o fluido a ser bombeado é o vidro, algumas características especiais as juntas devem possuir, ou seja:

- deve ser macia e compressível
- não deve ser porosa
- deve ser livre de sulcos
- deve ser quimicamente inerte com uma resistência a corrosão equivalente ao vitrificado
- deve resistir a temperatura e a pressão
- deve permitir a inserção de calços, caso necessário, para compensar irregularidades no flange.

PROPRIEDADES	Borracha Natural NR	SBR -	Neoprene CR	Nitrílico NBR	Etileno Propileno EPDM	Viton FPM	Silicone SI	Hypalon CSM	Poliuretano AU	Teflon PTFE	Couro -	
Dureza - Shore A	40-90	40-90	40-90	40-90	40-90	70-90	40-80	40-90	95	50-65 shore-D	-	
Temperatura de trabalho - °C	-50/+100	-50/+100	-40/+100	-50/+110	-50/+175	-23/+260	-80/+260	-35/+150	-35/+90	-200/+260	-20/+90	
Resistência à tração - Kgf.cm ⁻²	> 210	> 140	> 210	> 140	> 210	> 140	> 70	> 210	> 350	> 250	> 400	
Resistência ao rasgamento	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Razoável	Fraca	Razoável	Excepcional	Excepcional	Excelente	
Resistência à abrasão	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Fraca	Excelente	Excepcional	Excepcional	Excelente	
Resiliência	Frio	Excelente	Razoável	Boa	Boa	Boa	Excelente	Boa	Boa	-	-	
	Quente	Excelente	Razoável	Boa	Boa	Excelente	Excelente	Boa	Boa	-	-	
Resistência à deformação	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Excelente	Razoável	Boa	Excelente	-	-	
Adesão	Metais	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Boa	Razoável	Excelente	Excelente	-	-	
	Tecidos	Excelente	Boa	Excelente	Excelente	Boa	-	Boa	Boa	-	-	
Permeabilidade dos gases	Razoável	Razoável	Fraca	Razoável	Razoável	Fraca	Razoável	Fraca	Razoável	Excelente	Fraca	
Resistência aos ácidos	Diluídos	Razoável	Razoável	Excelente	Boa	Boa	Excelente	Excelente	Excelente	Fraca	Excepcional	Razoável
	Concentrados	Razoável	Razoável	Boa	Boa	Boa	Excelente	Razoável	Boa	Fraca	Excepcional	Fraca
Resistência aos solventes	Hidrocarbonetos alifáticos	Fraca	Fraca	Boa	Excelente	Fraca	Excelente	Fraca	Boa	Excelente	Excepcional	Razoável
	Hidrocarbonetos aromáticos	Fraca	Fraca	Razoável	Boa	Fraca	Excelente	Fraca	Razoável	Boa	Excepcional	Razoável
	Oxigenados (cetona, etc.)	Boa	Boa	Fraca	Fraca	Boa	Fraca	Razoável	Fraca	Fraca	Excepcional	Boa
	Solventes de lacas	Fraca	Fraca	Fraca	Razoável	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Excepcional	Razoável
Resistência à	Inchamento em óleo lubrificante	Fraca	Fraca	Boa	Excelente	Fraca	Excelente	Razoável	Boa	Excelente	Excepcional	Razoável
	Óleos vegetais e animais	Fraca	Fraca	Boa	Excelente	Fraca	Excelente	Razoável	Boa	Excelente	Excepcional	Razoável
	Petróleo e gasolina	Fraca	Fraca	Boa	Excelente	Fraca	Excelente	Razoável	Boa	Excelente	Excepcional	Boa
	Oxidação	Boa	Boa	Excelente	Boa	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Boa	Excepcional	Excelente
	Ozônio	Razoável	Razoável	Excelente	Razoável	Excepcional	Excepcional	Excelente	Excepcional	Excelente	Excepcional	Razoável
	Calor	Boa	Boa	Boa	Boa	Excelente	Excepcional	Excepcional	Excelente	Boa	Excepcional	Boa
	Frio	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Razoável	Excelente	Razoável	Boa	Excepcional	Razoável
	Água	Boa	Boa	Boa	Boa	Excelente	Razoável	Boa	Boa	Fraca	Excepcional	Boa
	Envelhecimento pelos raios solares	Fraca	Fraca	Excelente	Razoável	Excepcional	Excelente	Excelente	Excepcional	Excelente	Excepcional	Fraca

TABELA 3 Comparação das propriedades dos materiais utilizados em elementos de vedação



BITOLA Ø NOMINAL	ÁREA DE ASSENTO DA JUNTA			
	Ø Interno (B)		Ø Externo (C)	
	Pol.	mm	Pol.	mm
1"	1.3/8"	34,9	2.1/2"	63,5
1.1/2"	2"	50,8	3.1/4"	82,5
2"	2.1/2"	63,5	4"	101,6
3"	3.1/2"	88,9	5.3/8"	136,5
4"	4.1/2"	114,3	6.1/2"	165,1
5"	5.1/2"	139,7	7.1/2"	190,5
6"	6.1/2"	165,1	8.1/2"	215,9
8"	8.1/2"	215,9	10.1/2"	266,7
10"	10.3/4"	273,0	13"	330,2
12"	12.3/4"	323,8	15"	381,0
14"	14.3/4"	374,6	17"	431,8
16"	17"	431,8	19"	482,6
18"	18.1/2"	469,9	21"	533,4
9" x 12"	9" x 12"	228,6 x 304,8	12" x 15"	304,8 x 381,0
12" x 16"	12.1/2" x 16.1/2"	317,5 x 419,1	15" x 19"	381,0 x 482,6
14" x 18"	14.1/2" x 18.1/2"	368,3 x 469,9	17" x 21"	431,8 x 533,4

TABELA 4 Dimensões de juntas

[REF. 16]



3.2.2.4. Selos mecânicos

No item 1.5, comentamos sobre a necessidade de utilizar selo mecânico na vedação dinâmica de bombas para produtos químicos, visto que, fatores imperiosos, tais como, necessidade de manutenção, as possibilidades de desgaste do eixo devido à instalação incorreta e estanqueidade pesarem na especificação deste tipo de elemento da vedação.

Um selo mecânico deve ter movimento axial, compensar desgastes e acomodar as tolerâncias normais de instalação, portanto, um dos componentes deve ser flexível o suficiente para acomodar esses requisitos.

Os fabricantes de selos mecânicos oferecem inúmeros tipos, cada um deles com vantagens e desvantagens, típicas de cada produto, e escolhemos para as bombas deste trabalho, o selo tipo cunha.

A Fig. 25 ilustra um selo desse tipo e seus componentes.

- 1- SEDE CERÂMICA
- 2- TRAVA ELÁSTICA
- 3- FACE VEDANTE PRIMÁRIA
- 4- ANÉL CUNHA
- 5- ESTOJO
- 6- MOLA
- 7- DISCO ESCORA
- 8- PARAFUSO FIXADOR

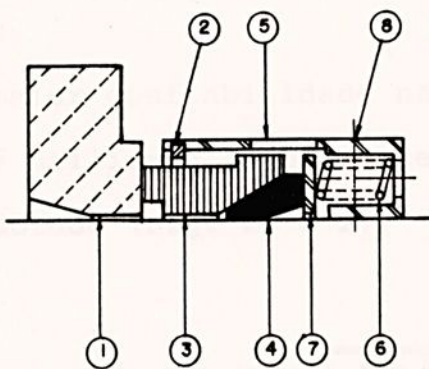


FIG. 25 Selo mecânico tipo cunha

O acionamento positivo e direto é feito através dos parafusos (ou chaveta), e devido a este tipo de acionamento, o selo poderá ser usado em ambos os sentidos de rotação.

O anel cunha é fabricado de T.F.E. com densidade apropriada e veda o eixo e a face vedante primária. O anel cunha desliza sobre o eixo e compensa desgastes da face vedante primária que é fabricada de grafite.

A sede estacionária que terá contato com o fluido de bombeamento deverá ser especificada de material resistente tanto ao calor como ao ataque corrosivo, e neste caso, usaremos cerâmica.

A faixa de trabalho deste tipo de selo está entre -150°C e 650°C . [REF. 17] e sua vida dependerá da lubrificação adequada das faces vedantes. A razão para isto é que o desgaste destas faces é uma função da temperatura interfacial, de tal maneira que, quando a temperatura aumenta, o desgaste das faces também aumentará. Os fatores que influenciam na temperatura interfacial são a carga mecânica, a fricção das faces selantes, a qualidade lubrificante do fluido que está sendo vedado, o fluxo de calor vindo das interfaces e a grandeza da temperatura do fluido vedado.

Para garantir maior confiabilidade na vedação, um arranjo com selo duplo será utilizado, e um sistema de lubrificação comum a ambos será adotado (Fig. 26 e 27)

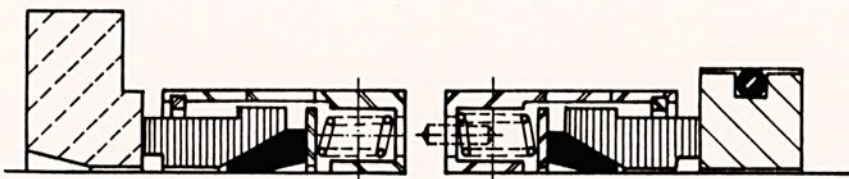


FIG. 26 Selo duplo tipo "back to back"

Na Fig. 27 mostramos a sugestão de montagem do sistema de selagem apresentada por um fabricante do mercado nacional.

Cada fabricante adota uma série de recomendações em suas especificações que devem ser observadas para melhor uso dos selos.

As caixas para alojamento dos selos possuem normalização própria, mas as recomendações ANSI e API, já citadas neste trabalho, indicam as folgas e tolerâncias de fabricação.

Outros fatores como, remoção do calor gerado, espaço para manutenção e coletor de possíveis vazamentos, devem ser objeto de análise durante o projeto da carcaça que aloja o selo, pois as falhas de funcionamento de bombas centrífugas são relatadas em sua grande maioria como sendo a causa principal o projeto do sistema de vedação.

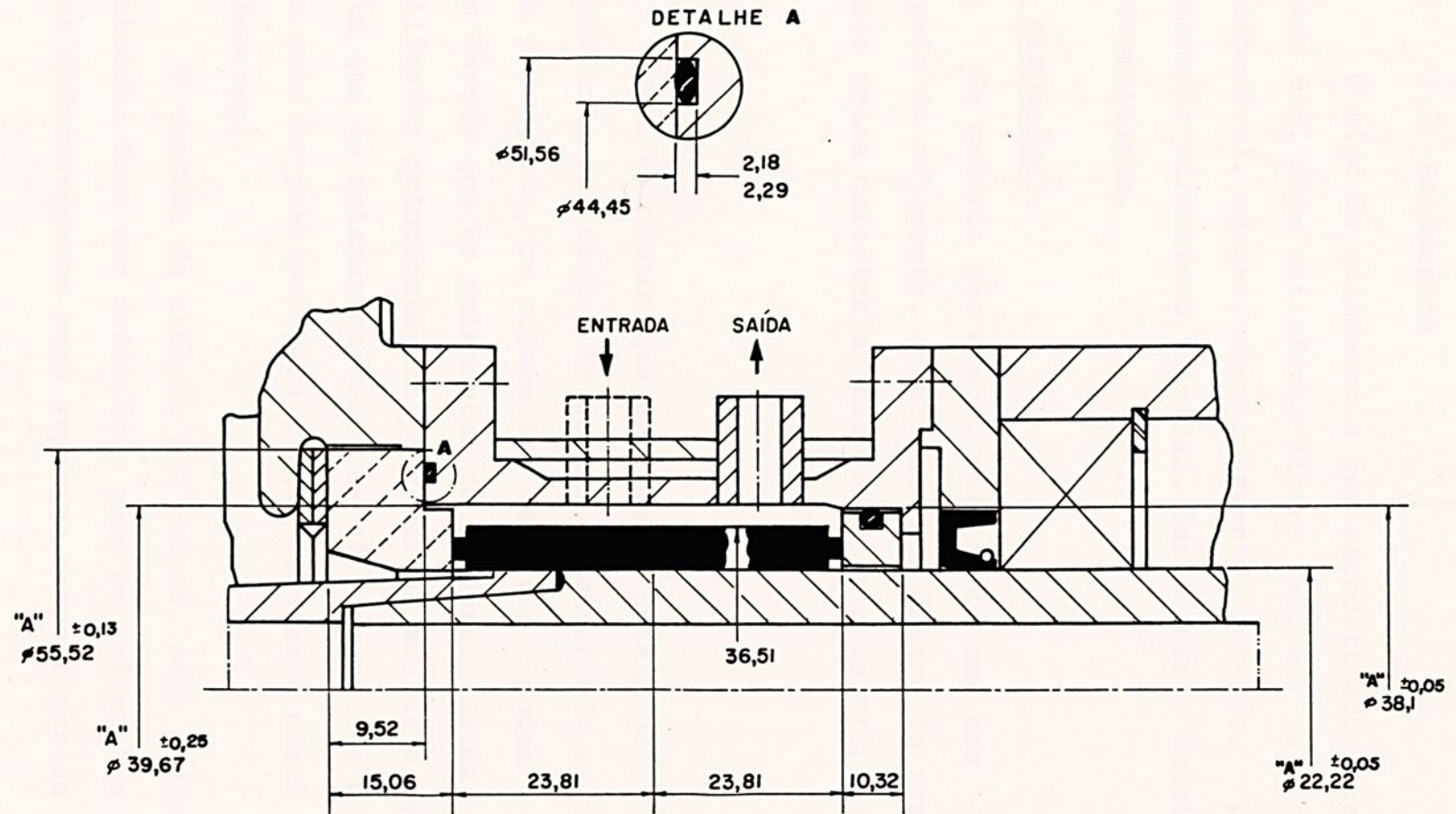


FIG. 27 Disposição do selo mecânico no conjunto vedante. (7/8")

3.3. Rolamentos

O tipo de rolamento a ser especificado para um determinado fim, deve satisfazer alguns fatores, tais como: espaço disponível, cargas, desalinhamento, rotação, precisão, funcionamento silencioso, rigidez, deslocamento axial, montagem e desmontagem.

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.

Cargas:

Este é o fator que geralmente determina o tamanho do rolamento a ser usado. 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 cargas médias e pequenas, enquanto que os rolamentos de rolos são, em muitas ocasiões, a única escolha possível para cargas pesadas e eixos de grandes diâmetros.

O sentido de atuação das cargas, seja radial, axial ou combinado, deve ser definido, pois os rolamentos são fabricados diferentemente para suportar estes tipos de cargas.

Desalinhamento:

Quando existe a possibilidade de desalinhamento do eixo em relação à caixa são necessários rolamentos capazes de absorver tal desalinhamento. O desalinhamento pode ser origi-



nado por flexão do eixo ao ser submetido a 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 valores permissíveis de desalinhamento, para os diversos tipos de rolamentos são fornecidos pelos fabricantes.

Rotação:

A rotação que um rolamento pode atingir é limitada pela temperatura máxima de funcionamento permissível pelo lubrificante utilizado. Os rolamentos de baixo coeficiente de atrito, e portanto com pequena geração interna de calor, são os mais adequados para altas temperaturas.

Precisão:

São necessários rolamentos com maior grau de precisão que o normal para eixos que tenham que funcionar sob rigorosas exigências de giro. (altas rotações).

Funcionamento silencioso:

O ruído produzido durante o giro dos rolamentos é bastante baixo, e os rolamentos rígidos de uma carreira de esferas são os mais silenciosos.

Rigidez:

A deformação elástica de um rolamento carregado deve ser desprezível. Devido a maior superfície de contato entre os corpos rolantes e as pistas, os rolamentos de rolos têm maior rigidez do que os rolamentos de esferas sob a ação de carga.

Deslocamento axial:

A disposição normal dos rolamentos num eixo, ou em outro elemento da máquina, consiste de um rolamento posicionador (fixo ou bloqueado) e um ou mais rolamentos livres.

Montagem e desmontagem:

O projetista deve ter a atenção com estas ações pois são impossíveis de não existirem.

A seleção do tamanho do rolamento e as características de folgas do eixo e caixa, são encontradas nos catálogos dos fabricantes. Neste trabalho os rolamentos foram especificados segundo SKF [REF. 18].

3.4. Revestimentos

Um dos mais sérios problemas da indústria química e de controle de processos é a corrosão. Para que o material em contato com o fluido a ser bombeado não seja atacado, pode-se optar por revestimentos ou utilizar para cada caso um determinado material resistente ao ataque daquele produto.

A escolha de um revestimento de vidro, técnica já utilizada para reatores, tubulações e válvulas, e patenteado pelo Grupo PFAUDLER, foi utilizado nestas bombas visto que este revestimento denominado GLASTEEL PFAUDLER (GP) é altamente resistente ao ataque químico, abrasão, choques térmicos de todos os ácidos orgânicos e inorgânicos (exceto o HF) e soluções alcalinas, dentre outras características.

O material de base a ser revestido com o vidro deve atender aos seguintes requisitos básicos:

- Composição química compatível com o processo



- Coeficiente de expansão térmica compatível com o revestimento
- Ponto de fusão alto.

OBS.: Aços de baixo teor de carbono e ferro fundido cinzento são possíveis de revestimento, enquanto metais como o cobre e o alumínio não são adequados.

Para o projeto de um equipamento a ser revestido com vidro, deve-se levar em conta algumas particularidades, tais como: diferenças de espessura, cantos vivos, juntas soldadas e cavidades estreitas.

Para a fabricação, deve-se: esmerilhar todas as rebarbas e isentar qualquer solda de porosidade.

O processo de preparação da superfície inclui um jateamento com o objetivo de retirar qualquer camada de óxido ou cascas porventura existentes, para a boa aderência do vidro.

O vidro é da linha boro-silicato com adições de materiais para obtenção das características físicas e químicas exigidas (baixo coeficiente de expansão e resistência à corrosão), e aplicado na forma de uma emulsão ou pó sobre as peças, após estas terem recebido um produto que faz o elo de ligação entre o metal e o vidro e posteriormente levadas ao forno para queima e vitrificação.

O controle da espessura deve ser feito para evitar que esta seja desigual, evitando com isso trincas ou bolha no vitrificado.

Há limites definidos de temperatura acima dos quais pode ocorrer dano (-29 a 232°C). Foram determinados diferenciais seguros de temperatura para o aço vitrificado, mas



eles variam com configurações geométricas, condições de operação e outras influências que induzem à fadiga. Quando a superfície do revestimento em contato com o fluido está a 121°C ou menos, o diferencial máximo de temperatura, para a superfície em contato com o aço é de 128°C. Para temperaturas maiores que 121°C deve ser consultada a [REF. 19]

Na Fig. 28 é mostrada a curva, com valores médios, da resistência do GP a ácidos e álcalis para uma corrosão de 0,1 mm/ano

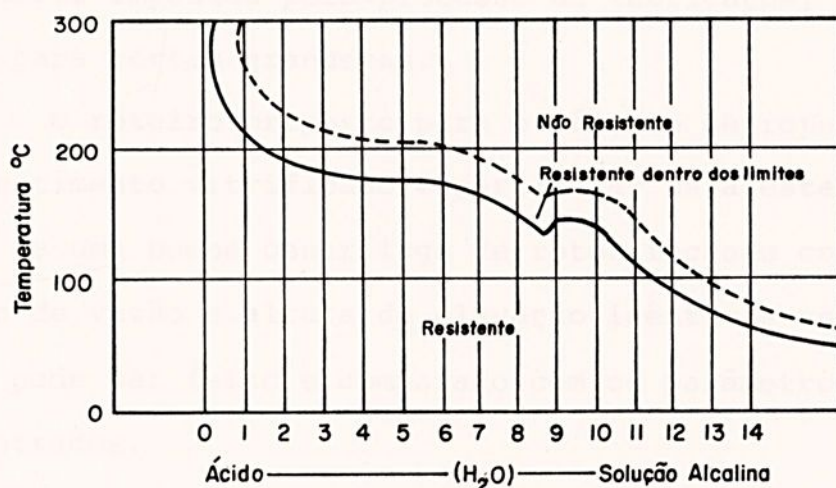


FIG. 28 Resistência do revestimento

ROTEIRO DE CÁLCULO HIDROMECÂNICO

4.1. Cálculos do Rotor e da Voluta

O dimensionamento do rotor e da voluta foi feito se gundo um roteiro elaborado com base nas REF. 7, 20, 21 e 22 , e as grandezas calculadas foram modificadas de acordo com as necessidades impostas pelo processo de fabricação, o qual tem limites para certas grandezas.

O roteiro proposto para o cálculo de rotor aberto com revestimento vitrificado é particular para este caso, e o cálculo de uma bomba centrífuga de rotor fechado com características de vazão e altura de elevação idênticas as do rotor aberto, pode ser feito e comparado com os parâmetros de projeto encontrados.

Apresentamos o roteiro utilizado para o cálculo do rotor aberto vitrificado, os gráficos de recorrência obtidos das referências citadas e duas tabelas com o resumo dos cálcu los da Bomba 1 e Bomba 2, acrescentando uma coluna com os parâ metros encontrados pelo método de cálculo tradicional para bombas de rotor fechado, para as comparações que se fizerem necessárias.

- 1) Considerações sobre a redução da altura de elevaç ão para número finito de pás.

$$Y_{pá_{\infty}} = g H_{pá_{\infty}} \text{ (trabalho específico teórico com número infi- nito de pás)}$$

$$Y_{p\acute{a}} = g H_{p\acute{a}} \quad (\text{trabalho específico disponível})$$

$$Y = g H \quad (\text{trabalho específico requerido})$$

$$\eta_i = \eta_h \cdot \eta_a \cdot \eta_f \quad (\text{rendimento interno})$$

onde:

$$\eta_h = \text{rendimento hidráulico}$$

$$\eta_a = \text{rendimento de atrito}$$

$$\eta_f = \text{rendimento de fugas}$$

$$\eta_i = \frac{Y}{Y_{p\acute{a}_\infty}} \quad \text{e} \quad Y_{p\acute{a}_\infty} = a \cdot Y_{p\acute{a}}$$

a = fator de correção que leva em conta o número de pás, e encontrado na [REF. 22]

Como:

$$\frac{Y}{Y_{p\acute{a}_\infty}} = \frac{\eta_i}{a} = \xi_h \quad \text{e} \quad Z = \text{número de pás}$$

Para a bomba PB1, adotamos $\xi_h = 0,45$ e $Z = 4$

Para a bomba PB2, adotamos $\xi_h = 0,313$ e $Z = 5$

2) Pressão de recalque de projeto

$$H_p = \frac{H_e}{\xi_h} = \frac{Y_{p\acute{a}_\infty}}{g} \quad (3)$$

3) Vazão de projeto

Para atender a recirculação do fluido no rotor, adotamos para este caso, 10% de correção no valor da vazão desejada.

$$\xi_q = 1,1 \quad (\text{para PB1 e PB2})$$

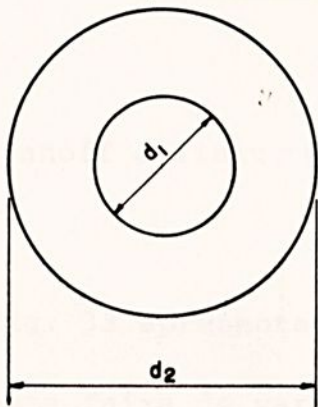
$$Q_p = \xi_h Q_e \quad (4)$$

4) Cálculo da rotação específica

$$\eta_s = 3,65 \quad n \frac{Q_e^{0,5}}{H_e^{0,75}} \quad (5)$$

Tanto para a Bomba 1, como para a Bomba 2, o valor de η_s foi menor que 90, e as referências citadas indicam que o rendimento de bombas centrífugas com velocidades específicas baixas, é inferior em relação as outras, porque as velocidades específicas baixas, levam bombas a terem acentuadas perdas devido ao grande atrito contra os discos laterais.

5) Determinação da relação de diâmetros



$$d_R = \frac{d_1}{d_2} \quad (6)$$

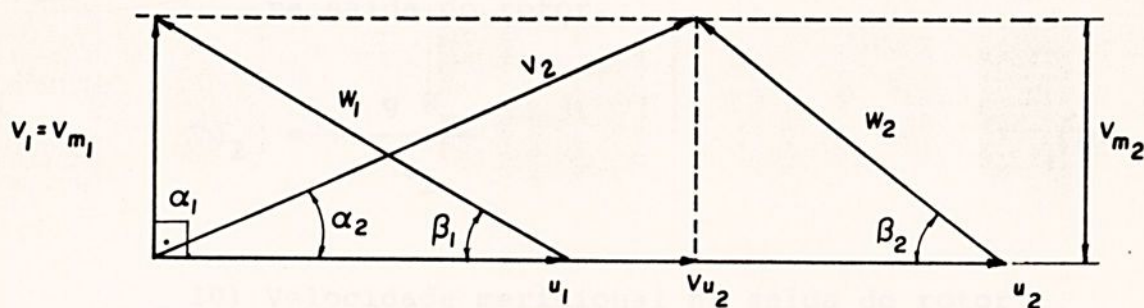
O diâmetro d_1 foi fixado aproximadamente igual ao diâmetro da tubulação de sucção e com o auxílio da Fig. 29, arbitramos os valores desta relação.

6) Coeficiente de pressão

A equação de Euler para bombas centrífugas pode ser escrita da seguinte forma:

$$Y_{p\infty} = g H_p = u_2 Vu_2 - u_1 Vu_1$$

Para se obter um H maior, fazemos com que o fluido entre radialmente no rotor onde $V_1 = V_{m1}$, o que torna $Vu_1 = 0$ (significa entrada meridiana).



então $g H_p = u_2 Vu_2$ ou $\frac{g H_p}{u_2} = \frac{Vu_2 u_2}{u_2}$

Stepanoff definiu $\psi_{ST} = \frac{g H_p}{(u_2)^2} = \frac{Vu_2}{u_2} = \frac{g H_p}{(\pi d_2 n)^2}$ (7)

A Fig. 33 apresenta valores de ψ_{ST} para vários ângulos β_2 e numa faixa de variação da velocidade específica.

7) Coeficiente de velocidade

$$K_u = \frac{1}{(2 \psi_{ST})^{0,5}} = \frac{u_2}{(2 g H_p)^{0,5}} \quad (8)$$

A Fig. 29 apresenta a variação de K_u com a velocidade específica.

8) Velocidade tangencial na entrada e na saída do rotor

$$u = \frac{\pi d n}{60} \quad (9)$$

9) Componente tangencial da velocidade absoluta na saída do rotor.

$$Vu_2 = \frac{g H_p}{u_2} \quad (10)$$

10) Velocidade meridional na saída do rotor

$$Vm_2 = \frac{Q}{\pi d_2 b_2 f_e} \quad (11)$$

f_e = fator de estrangulamento

Para a Bomba 1, $f_e = 0,84$ e

Para a Bomba 2, $f_e = 0,83$

11) Escolha do β_2

Evidenciamos neste ponto que alguns detalhes particulares de construção de um rotor vitrificado tiveram preponderância na determinação de grandezas tais como espesura mínima das pás e larguras de entrada e saída destas.

O processo de fabricação exigiu uma largura mínima das pás na saída do rotor de 17 mm, portanto b_2 foi fixado neste valor.

As [REF. 7 e 20] indicam valores entre 14 e 50°, afirmando que é difícil para bombas centrífugas $\beta_2 > 30^\circ$, escolhemos então, $\beta_2 = 23^\circ$, também por necessidade de ter ângulos pequenos de saída para não ocorrer impacto no vitrificado.

Para que pudessemos conferir os valores adotados, utilizamos a relação que pode ser tirada dos triângulos de velocidades.

$$\beta_2 = \text{arc cotg} \left(\frac{u_2 - Vu_2}{Vm_2} \right) \quad (12)$$

12) Escolha do número de pás

As perdas por atrito entre o líquido e as paredes dos dispositivos por onde ele escoar, acentuam-se quando são pequenas as dimensões dos rotores e quando são elevadas as velocidades relativas nos canais das pás. Como as perdas por atrito crescem naturalmente com o número de pás, essas não devem ser numerosas nos rotores de pequenas dimen -

sões.

Um número pequeno de pás tem a vantagem de reduzir as superfícies de atrito, mas a condução do líquido se faz defeituosamente, pois, nos canais mais largos, a pressão sobre as pás aumenta, elevando as perdas e reduzindo a altura manométrica.

O tipo de revestimento utilizado no rotor, exige espaço para que as rebarbas e as porosidades oriundas da fundição sejam eliminadas, portanto um número excessivo de pás não pode ser utilizado para este caso.

As bibliografias indicam:

$$z \geq \frac{8 t_g \beta_1 H_p}{3 \left[\left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 - 1 \right]} \quad (13)$$

$$z = (5 \text{ a } 6,5) \frac{d_2 + d_1}{d_2 - d_1} \text{ sen } \frac{\beta_2 + \beta_1}{2} \quad (14)$$

Para a Bomba 1 foi escolhido o valor 5,5 e para a Bomba 2 foi escolhido o valor 6,5.

13) Velocidade meridional na entrada do rotor

$$V_{m_1} = \frac{Q}{d_1 b_1 f_e} \quad (15)$$

A largura do rotor na entrada, b_1 , foi imposta pela fabricação do rotor como sendo de 8 mm, devido a necessidade de atender as resistências específicas do processo de vitrifi-

cação e para a bomba 2 foi de 9 mm.

14) Escolha e verificação do ângulo de entrada do rotor

Em equipamentos vitrificados, a velocidade deve se manter em torno de 3m/s, devido ao prolongamento da vida do equipamento.

As referências já citadas neste roteiro indicam que β_1 deva ficar entre 15 e 30°, e para atender estas recomendações escolhemos $\beta_1 = 20^\circ$.

Para entrada meridional, $\alpha_1 = 90^\circ$, a verificação de β_1 é feita da seguinte forma:

$$\beta_1 = \arctg \frac{V_{m1}}{u_1} \quad (16)$$

15) Rendimento global

$$\eta_G = \eta_i \cdot \eta_m \quad (17)$$

16) Potência do motor

$$N = \frac{\gamma Q_e H_e}{75 \eta_G} \quad (18)$$

17) Raios da Caixa espiral

$$R_s = \frac{\phi Q}{C} + \sqrt{2r_3 \frac{\phi Q}{C}} \quad (19)$$

$$\phi \circ = 0 \circ \text{ a } 360 \circ$$

$$r_3 = r_2 + a$$

$$r_e = r_3 + 2R_s$$

$$a = \text{folga}$$

$$C = 720 \frac{K \pi}{Q_e}$$

$$K = \frac{g \text{ He30}}{\pi n}$$

18) Diâmetro mínimo do eixo

$$d_e = 12 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \quad (20)$$

19) Diâmetro do núcleo do rotor

$$d_n = d_e + 2 (\xi_R) \quad (21)$$

Para o dimensionamento do eixo, dos rolamentos, do selo mecânico, parafusos, espessura de voluta e carcaça, foram utilizados os recursos existentes para dimensionamento e projeto de máquinas.

4.2. Verificação do NPSH

O cálculo do NPSH requerido pela bomba foi calculado, utilizando-se o seguinte processo proposto pela [REF.

20] :

$$\text{NPSH}_{\text{req}} = \sigma H_e = \left[\left(\frac{n}{100} \right)^2 \cdot \frac{Q_e}{2,6K_s} \right]^{2/3} \quad (22)$$

$$K_s = 1 - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

4.3. Comentários sobre os cálculos das bombas

A bomba número 1 que denominamos PB1, foi projetada inicialmente com 4 pás e utilizando parâmetros de cálculo oriundos de referências que normalmente são utilizados para dimensionamento de rotores fechados. Construído o protótipo, verificamos as discordâncias entre os valores adotados e os que foram obtidos após os ensaios, e com estes, tomamos novos valores que nortearam o projeto da segunda bomba que denominamos PB2.

A bomba 3, não pode ser montada no mesmo conjunto, pois necessitaríamos optar por componentes mais robustos e de custo mais elevado, para que pudessemos utilizar um só projeto de tais elementos.

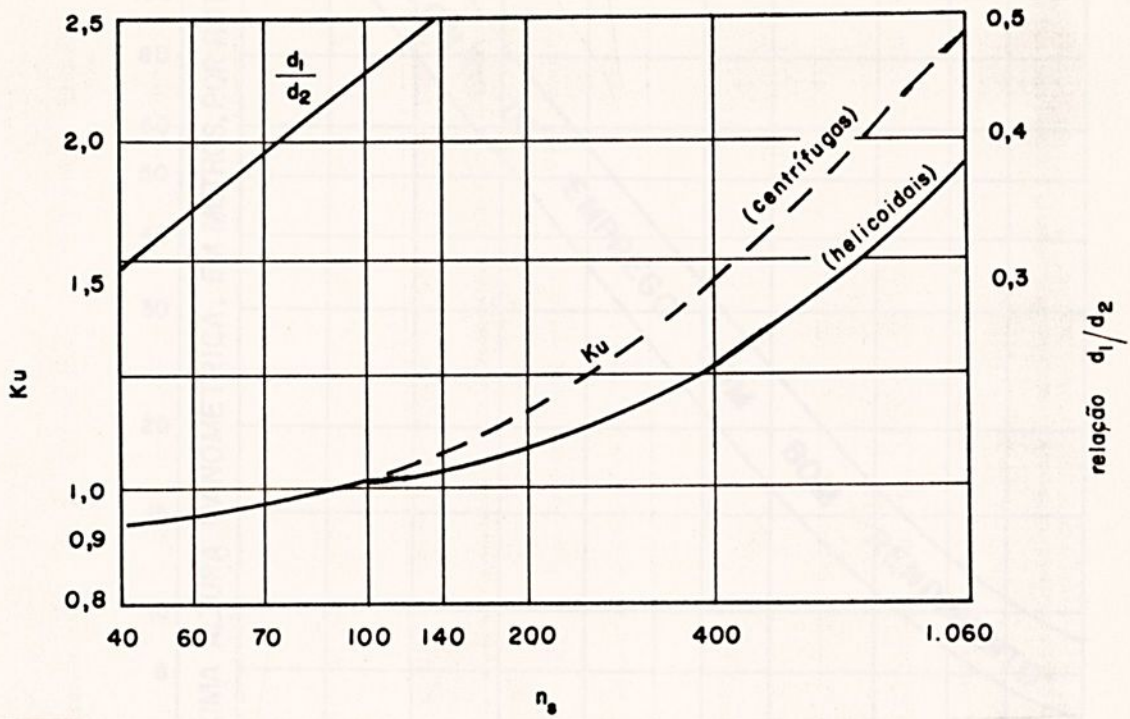


FIG. 29 Relação de diâmetros e coeficientes de velocidade em função da rotação específica [REF. 7]

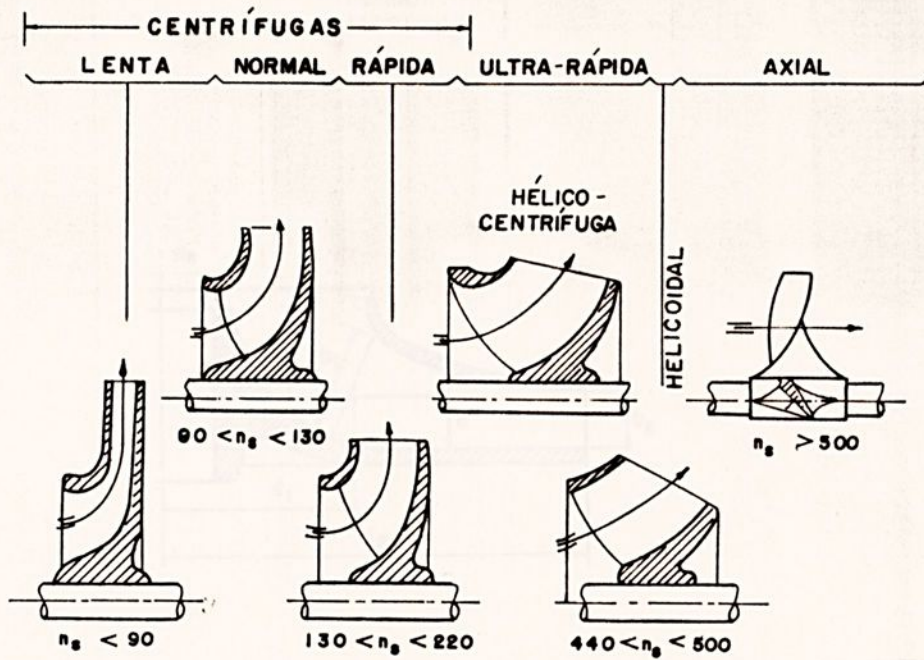
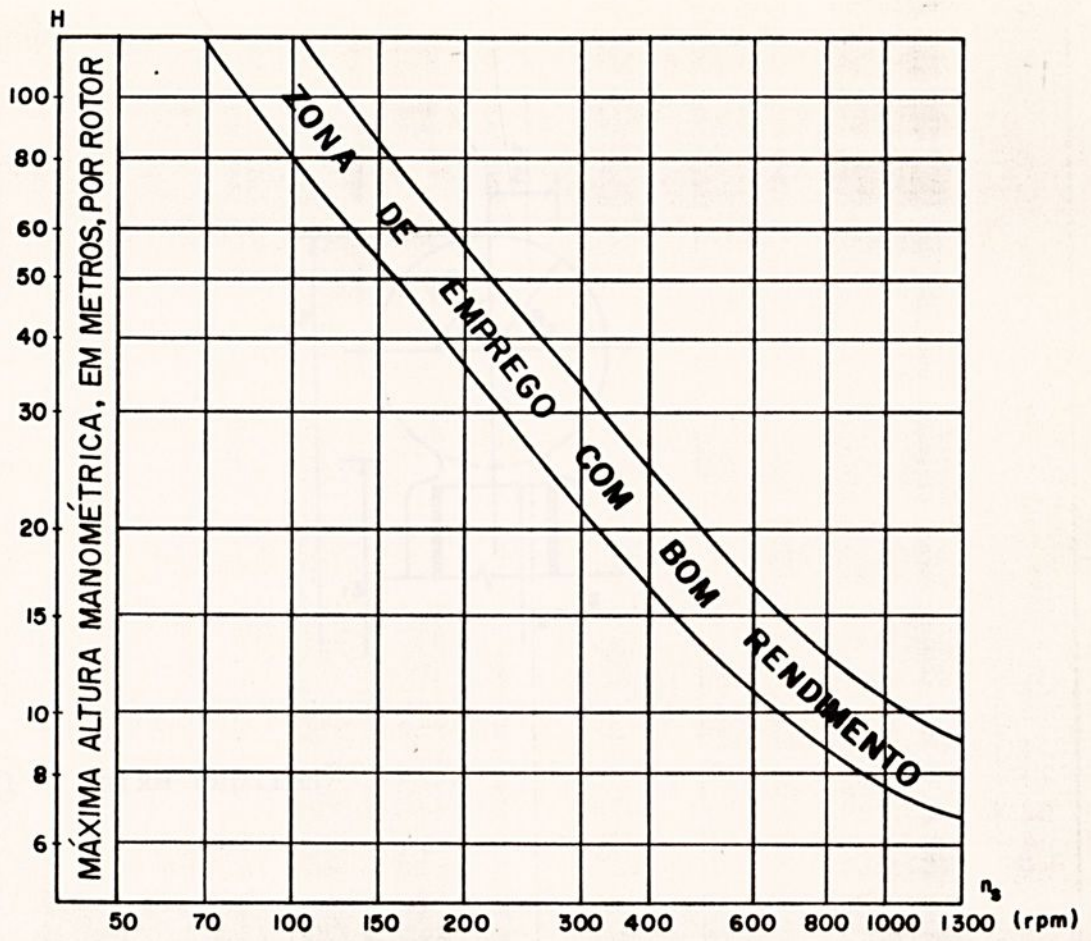


FIG. 30 Tipos de Bombas [REF. 7]

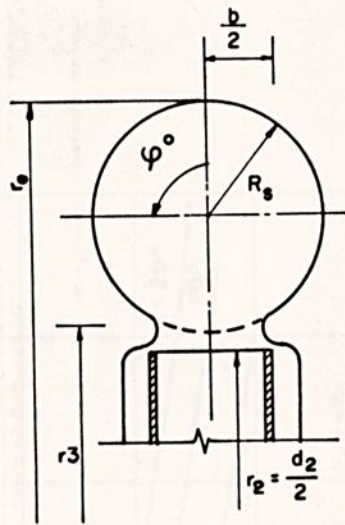


FIG. 31 Caixa Espiral

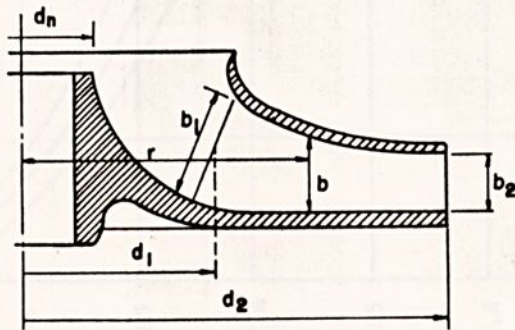


FIG. 32 Rotor Genérico

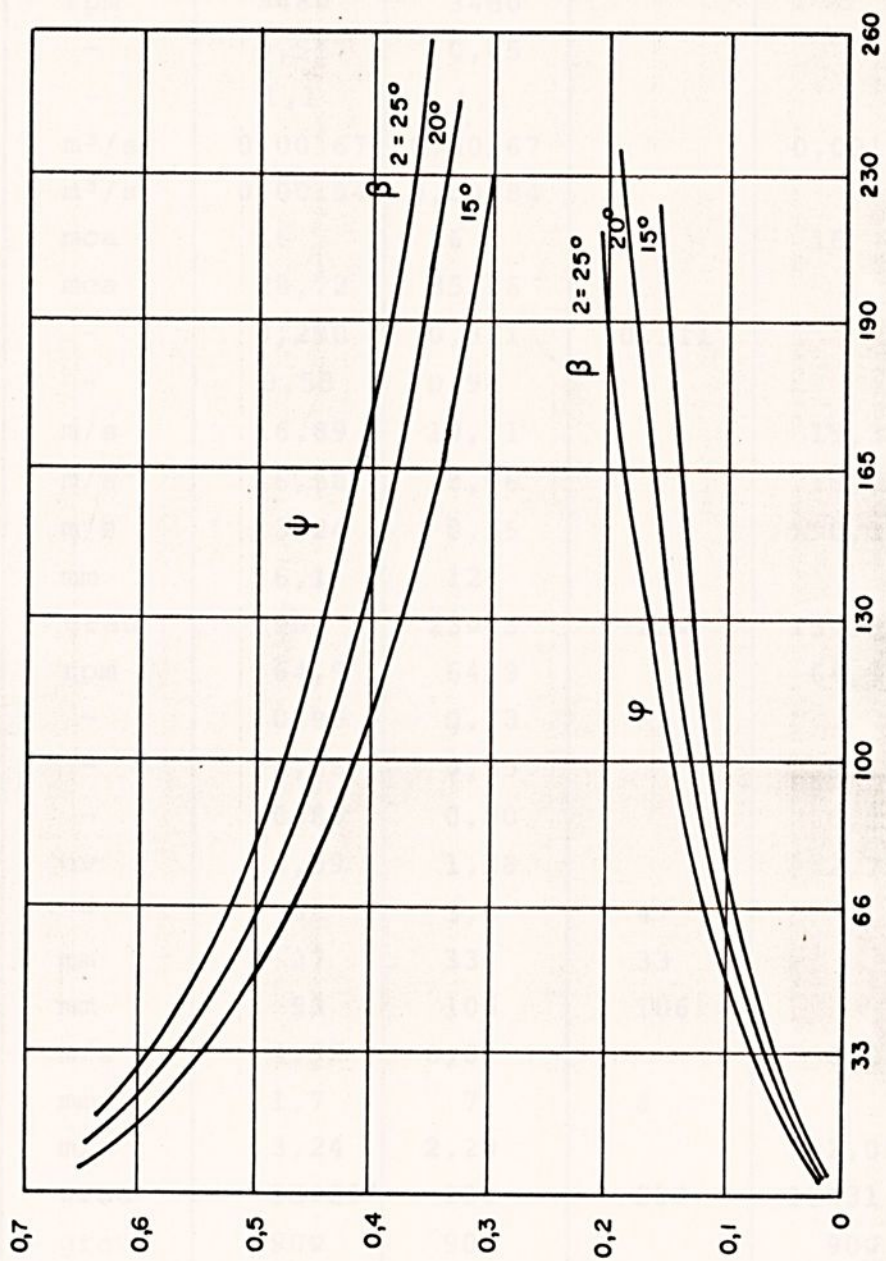


FIG. 33 Valores dos coeficientes de pressão e descarga [REF. 7]

GRANDEZA	UNIDADE	PROJETO ROTOR FECHADO	PROJETO ROTOR ABERTO		
			PROJETO	FABRICA- ÇÃO	CALCULADO APÓS EN - SAIO
n	rpm	3480	3480		
ξ_h	-	0,557	0,45		
ξ_q	-	1,1	1,1		
Q_e	m ³ /s	0,00167	0,00167		0,00167
Q_p	m ³ /s	0,00184	0,00184		
H_e	mca	16	16		16
H_p	mca	28,72	35,56		
d_R	-	0,290	0,311	0,311	
ψ_{ST}	-	0,55	0,94		
u_2	m/s	16,89	19,31		19,31
Vu_2	m/s	16,68	18,06		18,06
Vm_2	m/s	3,24	0,55		0,35
b_2	mm	6,1	12	17	
β_2	grau	90°	23°45'	23°	15°38'
n_s	rpm	64,9	64,9		64,9
K_u	-	0,95	0,73		
η_i	-	0,78	0,35		0,16
η_m	-	0,80	0,80		0,81
N	cv	0,59	1,28		2,75
Z	-	6	3,8	4	
d_1	mm	27	33	33	
d_2	mm	93	106	106	
u_1	m/s	4,92	6,01		6,01
b_1	mm	1,7	7	8	
Vm_1	m/s	3,24	2,20		2,01
β_1	grau	33°21'	20°	20°	18°31'
α_1	grau	90°	90°		90°
d_e	mm	11	11	12	
d_n	mm	20	20	20	

TABELA 5 Grandezas relativas ao dimensionamento do rotor da Bomba 1 - PB 1

GRANDEZA	UNIDADE	PROJETO ROTOR FECHADO	PROJETO ROTOR ABERTO		
			PROJETO	FABRICA - ÇÃO	CALCULADO APÓS EN - SAIO
n	rpm	3480	3480		
ϵ_h	-	0,573	0,45		
ϵ_q	-	1,1	1,1		
Q_e	m ³ /s	0,00278	0,00278		0,00278
Q_p	m ³ /s	0,00306	0,00306		
H_e	mca	23	23		23
H_p	mca	40,14	51,11		
d_R	-	0,280	0,286	0,286	
ψ_{ST}	-	0,56	0,95		
u_2	m/s	20,09	22,96		22,96
Vu_2	m/s	19,61	21,84		21,84
Vm_2	m/s	4,09	0,54		0,49
b_2	mm	7	17	17	
β_2	grau	90°	25°44'	23°	23°37'
n_s	-	63,8	63,8		63,8
K_u	-	0,94	0,73		
η_i	-	0,78	0,35		0,35
η_m	-	0,80	0,70		0,62
N	cv	1,42	3,48		3,93
Z	-	7	4,4	5	
d_1	mm	31	36	36	
d_2	mm	110	126	126	
u_1	m/s	5,65	6,56		6,56
b_1	mm	2	11	9	
Vm_1	m/s	4,09	2,46		2,73
β_1	grau	35°54'	20°	20°	22°35'
α_1	grau	90°	90°		90°
d_e	mm	12	12	12	
d_n	mm	20	20	20	

TABELA 5 a Grandezas relativas ao dimensionamento do rotor da Bomba 2 - PB 2.

		E S T A Ç Õ E S								
GRANDEZA	UNID	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ϕ°	Grau	0	45	90	135	180	225	270	315	360
R_s	$\times 10^3$ m	0	2,35	3,35	4,12	4,78	5,36	5,89	6,38	6,85
r_e	$\times 10^3$ m	70	74,70	76,69	78,25	79,56	80,73	81,79	82,76	83,70
a	$\times 10^3$ m	17	17	17	17	17	17	17	17	17

TABELA 6 Dimensões para o traçado da voluta



CAPÍTULO 5

RESULTADOS COMPARATIVOS

5.1. Curvas de funcionamento

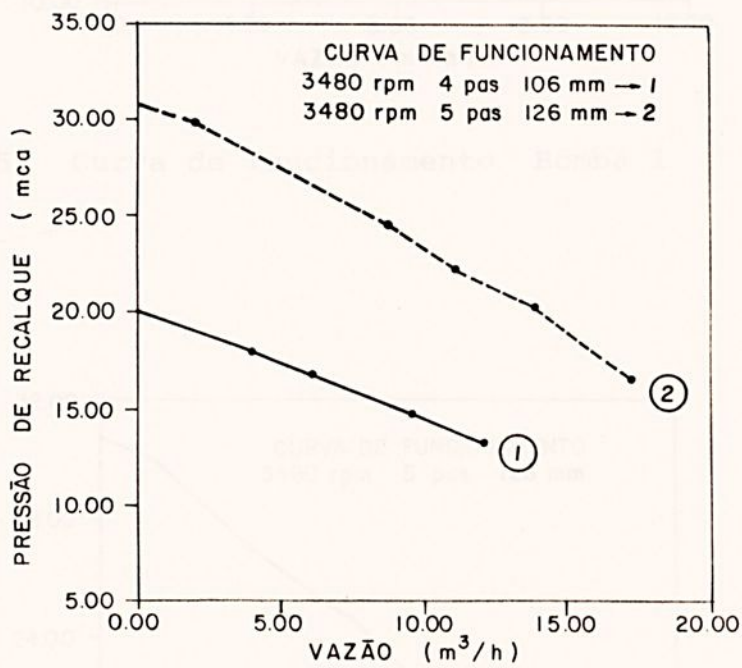


FIG. 34 Curvas de funcionamento da Bomba 1 (4 pás)
e Bomba 2 (5 pás)

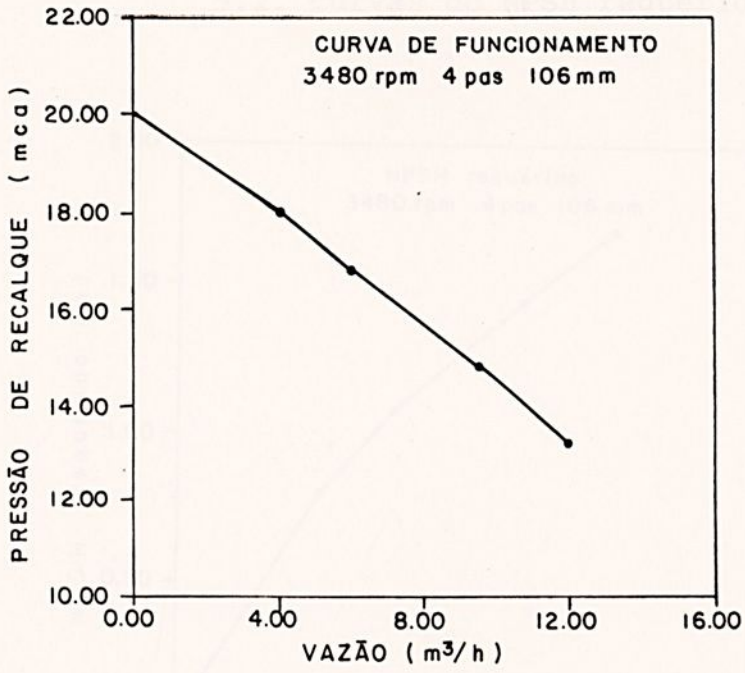


FIG. 35 Curva de funcionamento Bomba 1

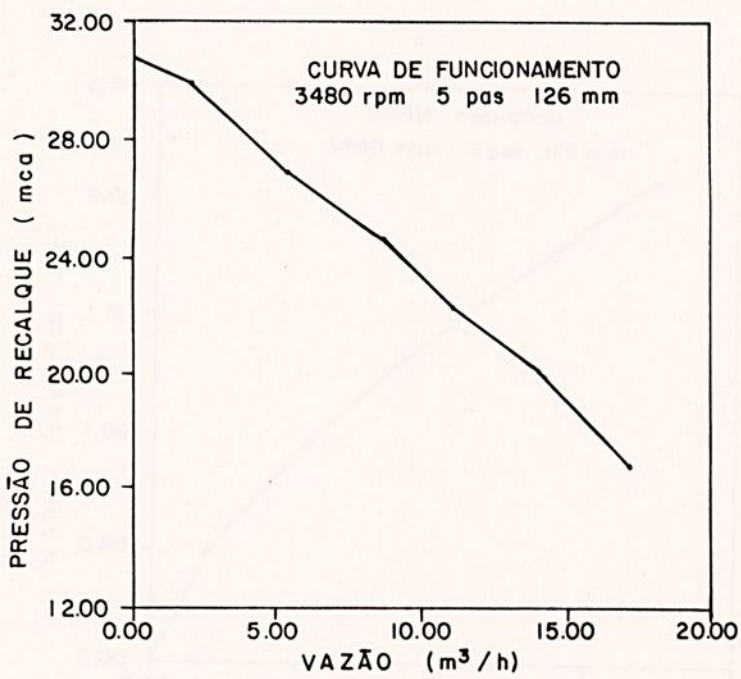


FIG. 36 Curva de funcionamento Bomba 2

5.2. Curvas do NPSH requerido

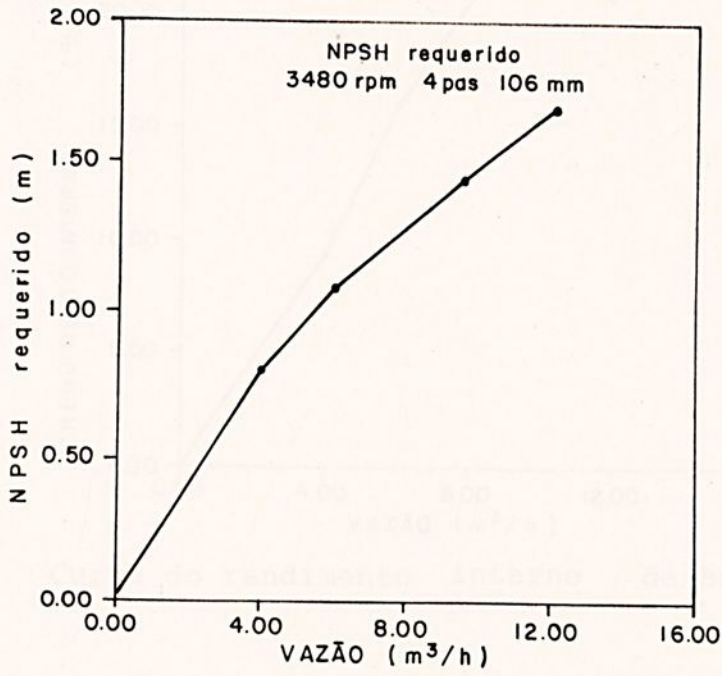


FIG. 37 Curva do NPSH requerido da Bomba 1

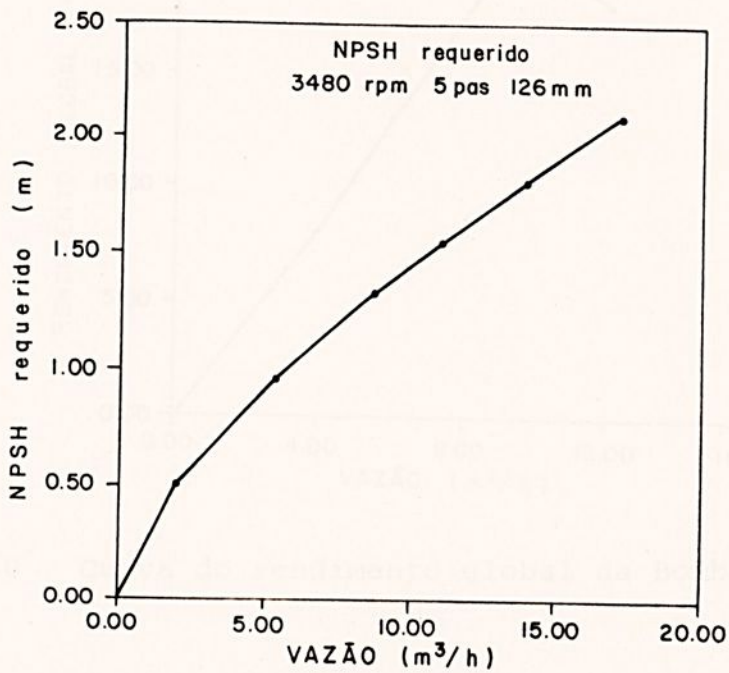


FIG. 38 Curva do NPSH requerido da Bomba 2

5.3. Curvas dos rendimentos

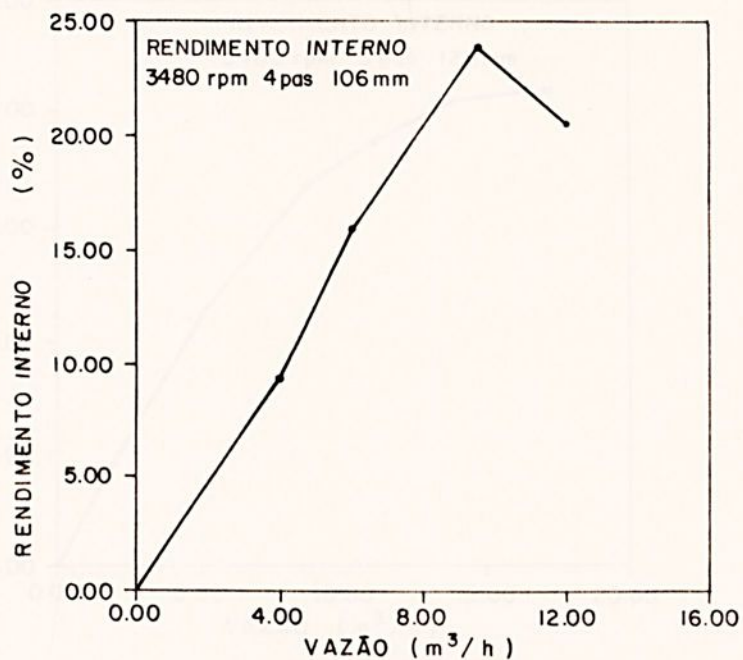


FIG. 39 Curva do rendimento interno da Bomba 1

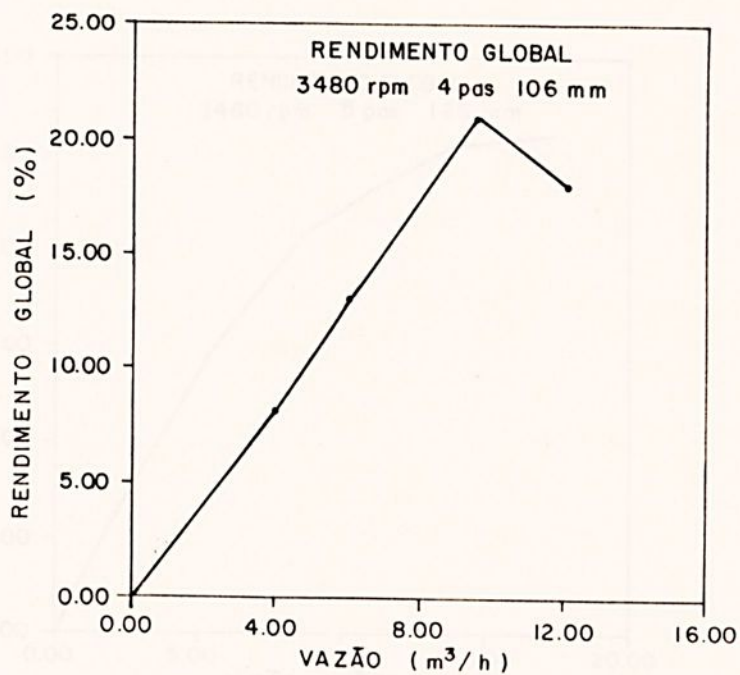


FIG. 40 Curva do rendimento global da Bomba 1

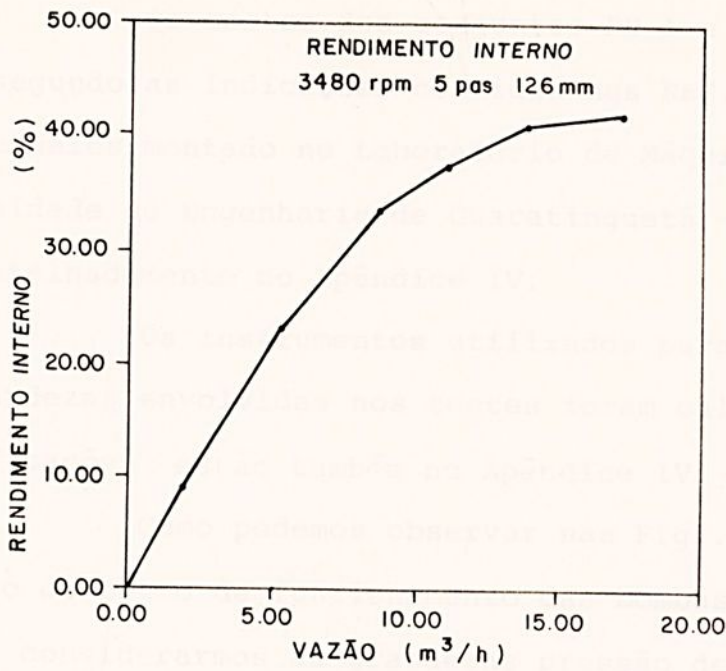


FIG. 41 Curva do rendimento interno da Bomba 2

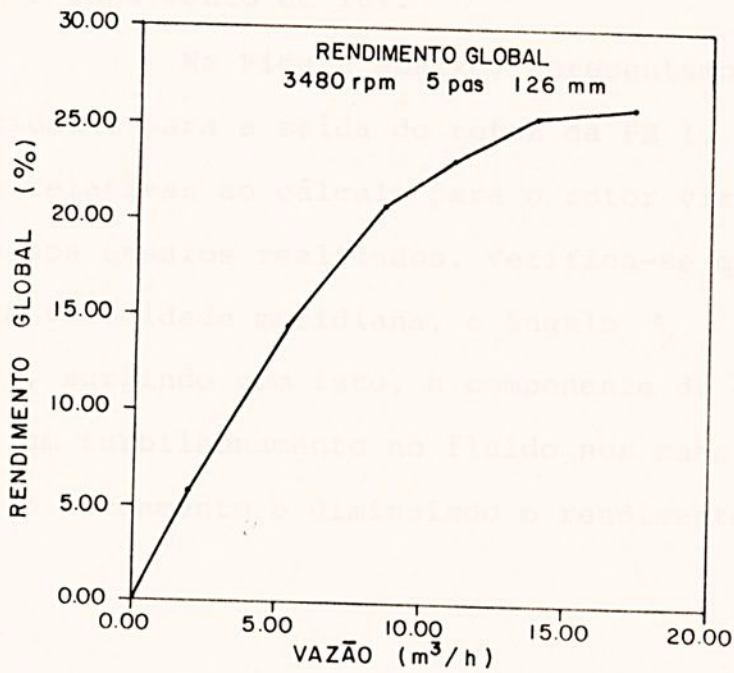


FIG. 42 Curva do rendimento global da Bomba 2

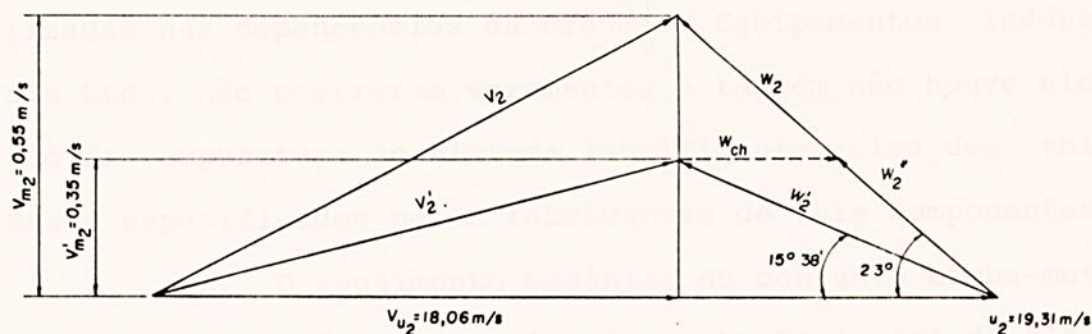
5.4. Comentário sobre os resultados

Os testes dos conjuntos PB 1 e PB 2 foram realizados segundo as indicações contidas nas REF. 23 e 24, no banco de ensaios montado no Laboratório de Máquinas Hidráulicas da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP, apresentado detalhadamente no Apêndice IV.

Os instrumentos utilizados para a determinação das grandezas envolvidas nos testes foram calibrados e suas especificações estão também no Apêndice IV.

Como podemos observar nas Figs. 34, 35 e 36, a previsão do ponto de funcionamento das bombas 1 e 2 foi atingida se considerarmos as grandezas pressão de recalque e vazão, no entanto, a Fig. 39, que apresenta o rendimento interno da PB 1 em relação a variação da vazão, mostra que a previsão de 35% para o ponto de vazão de $6\text{m}^3/\text{h}$ não foi atingida, sendo o rendimento de 16%.

Na Figura abaixo, apresentamos o triângulo de velocidades para a saída do rotor da PB 1, colocando as grandezas relativas ao cálculo para o rotor vitrificado e as relativas aos ensaios realizados. Verifica-se que, com a diminuição da velocidade meridiana, o ângulo β_2 passa a ser de $15^\circ 38'$, surgindo com isto, a componente de choque (W_{ch}) que causa um turbilhonamento no fluido nos canais do rotor, atrasando o escoamento e diminuindo o rendimento interno.



Observando as Figs. 37 e 38, que apresenta o NPSH requerido, verifica-se que os valores máximos atingidos para PB 1 e PB 2 foram respectivamente para os pontos de projetos 1,1 m ($6 \text{ m}^3/\text{h}$) e 1,4 m ($10 \text{ m}^3/\text{h}$). Comparando estes resultados com os que poderiam ser calculado, para os mesmos pontos respectivos, pela equação (22), ou seja, 1,7 m para a PB 1 e 3,4 m para a PB 2, verificamos que o NPSH requerido pelas bombas ficou abaixo do valor previsto no cálculo, indicando que estas bombas poderão exigir menor NPSH disponível, o que representa maior flexibilidade para os usuários.

As curvas apresentadas neste capítulo foram escolhidas dentre as feitas para seis ensaios de cada bomba, estando dentro da faixa dos valores obtidos nos testes, e a união dos pontos do ensaio foi feita por um algoritmo computacional existente para este fim, e estas curvas representam a tendência do comportamento das grandezas mostradas. A faixa de valores de vazão versus altura estão dentro de $\pm 3\%$, sendo inferior às recomendadas pelos usuários de bombas para produtos químicos.

O dimensionamento das partes e componentes do

sistema de vedação foi correto, pois, durante todos os testes e durante as 120 horas de funcionamento contínuo, realizadas nas dependências da Pfaudler Equipamentos Industriais Ltda, não ocorreram vazamentos e também não houve elevação da temperatura do sistema lubrificante acima dos tolerados e especificados pelos fabricantes de tais componentes.

O rendimento mecânico do conjunto bomba-motor, quando determinado nos ensaios da bomba PB 1, foi de 81%, valor compatível com o esperado (80% previsto no cálculo), no entanto, como a PB 2 foi testada utilizando o mesmo sistema de selagem, cuja pressão de óleo sobre o selo mecânico teve que ser aumentada, este valor caiu para 62%, valor abaixo do de projeto que era de 70%. Este resultado mostra, que deve ser feita uma nova caixa de selo, com o objetivo de adequar esta nova situação de 23 m de pressão de recalque da PB 2, no ponto nominal de funcionamento.

As tabelas 5 e 5a do capítulo 4 apresentam o resumo do cálculo hidromecânico dos rotores vitrificados das bombas PB 1 e PB 2 e também as grandezas relativas ao cálculo de rotor fechado para ambas, segundo o roteiro de cálculo proposto na REF. 22, para que considerações possam ser feitas neste ponto.

Face as comparações originárias das tabelas referidas no parágrafo anterior, constata-se claramente pela discrepância de valores entre o dimensionamento convencional para bombas de rotor fechado e aquele proposto pelo autor para rotores abertos vitrificados, que as bombas PB 1 e PB 2 são especiais e atendem às necessidades requeridas pelas indústrias químicas, que podem, a partir do presente trabalho, ter um parâmetro de referência para o dimensionamento

em suas plantas de processo, de bombas deste gênero, com tecnologia nacional. Vale ressaltar, que a PB 2 é a bomba recomendada para a utilização industrial em processos químicos, tendo em vista o desempenho por ela apresentado (graças ao emprego de 5 pás), e a PB 1 que, (construída com 4 pás) comparativamente a PB 2 não teve a performance esperada, serviu como protótipo para que parâmetros de projeto mais adequados fossem encontrados, apresentados neste trabalho e atendendo ao objetivo original proposto.

Ainda da análise das tabelas 5 e 5a, faz-se interessante comentar sobre o ângulo de saída, β_2 , encontrado para o projeto de bomba de rotor fechado. Em ambos os casos encontrou-se $\beta_2 = 90^\circ$ (pás com saída radial), indicando que, para estes pontos de projeto, não teríamos rotores fechados com valores de β_2 normalmente encontrados dentro das famílias de bombas disponíveis no mercado, evidenciando ainda mais a característica de rotores especiais.

Considerações adicionais poderiam ser feitas em relação a vantagem de um tipo de rotor sobre outro, como por exemplo, o fato de que um rotor fechado construído com as dimensões encontradas pelo método tradicional de cálculo, poderia causar um bloqueio do escoamento de fluidos dentro do rotor com a variação da viscosidade com a temperatura, situação comumente encontrada em processos químicos industriais.

Consciente da validade do procedimento adotado para o projeto, e tendo a bomba PB 2 como referência, trabalhos futuros, neste campo de bombeamento de fluidos químicos, deverão ser desenvolvidos, de forma que, um roteiro de cálculo abrangente possa ser encontrado, a exemplo do que ocorre para as bombas centrífugas de rotor fechado para água fria.



CAPÍTULO 6

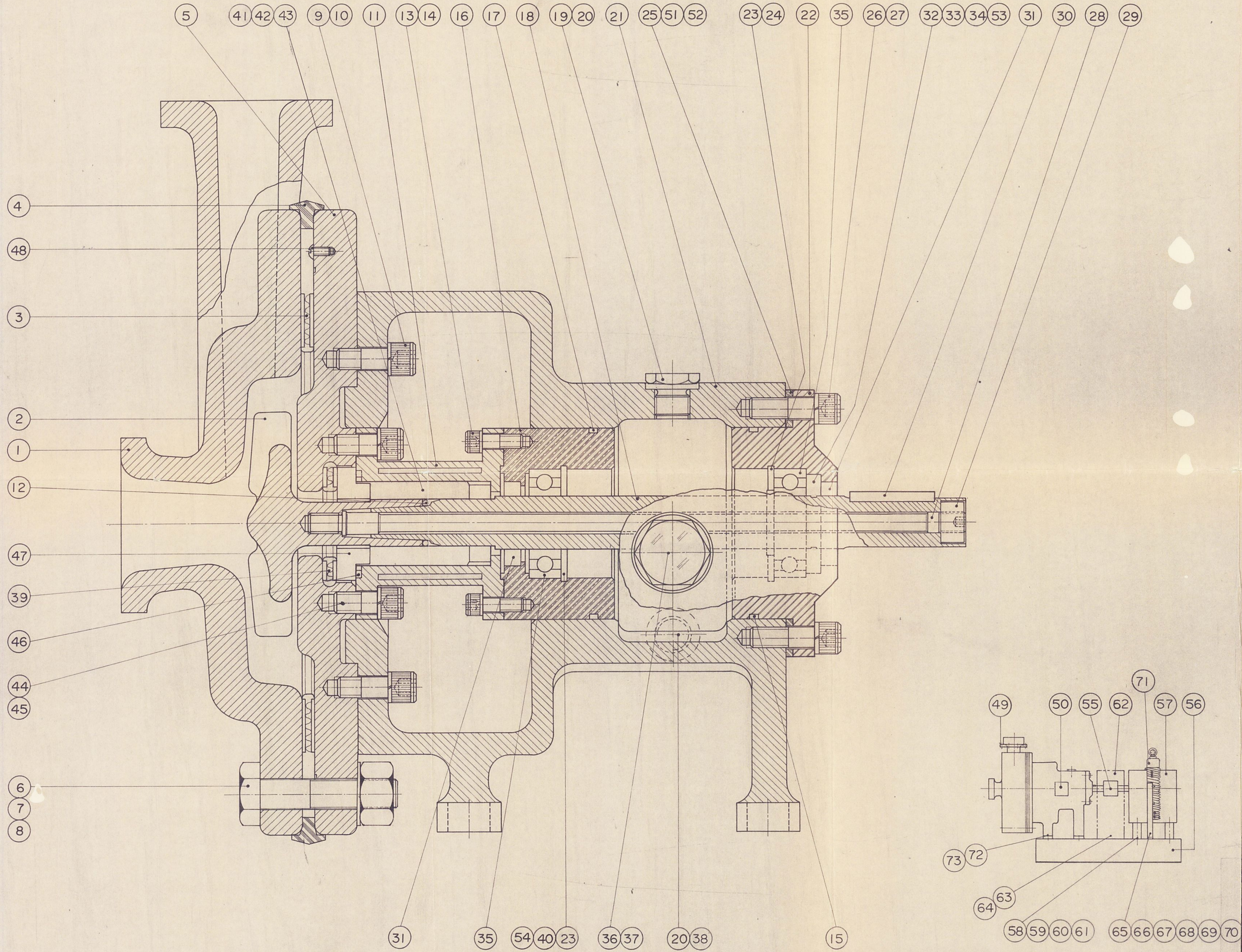
DESENHOS PARA FABRICAÇÃO

- 6.1. Desenho do conjunto
- 6.2. Desenhos dos rotores
- 6.3. Desenhos da voluta
- 6.4. Desenho da carcaça
- 6.5. Desenho dos componentes
- 6.6. Listas de material



6.1. DESENHO DO CONJUNTO



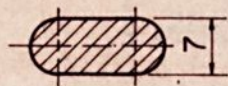
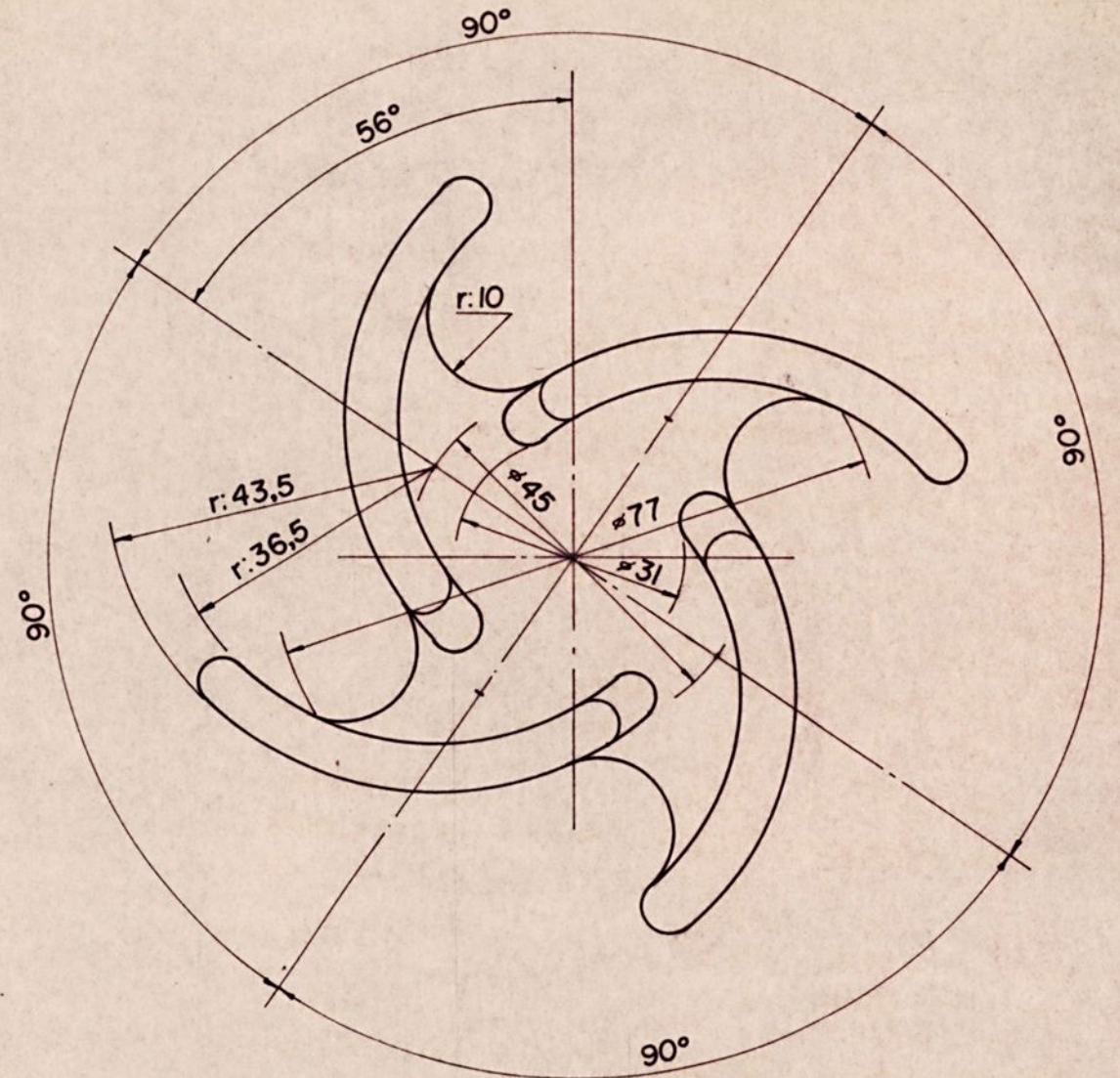
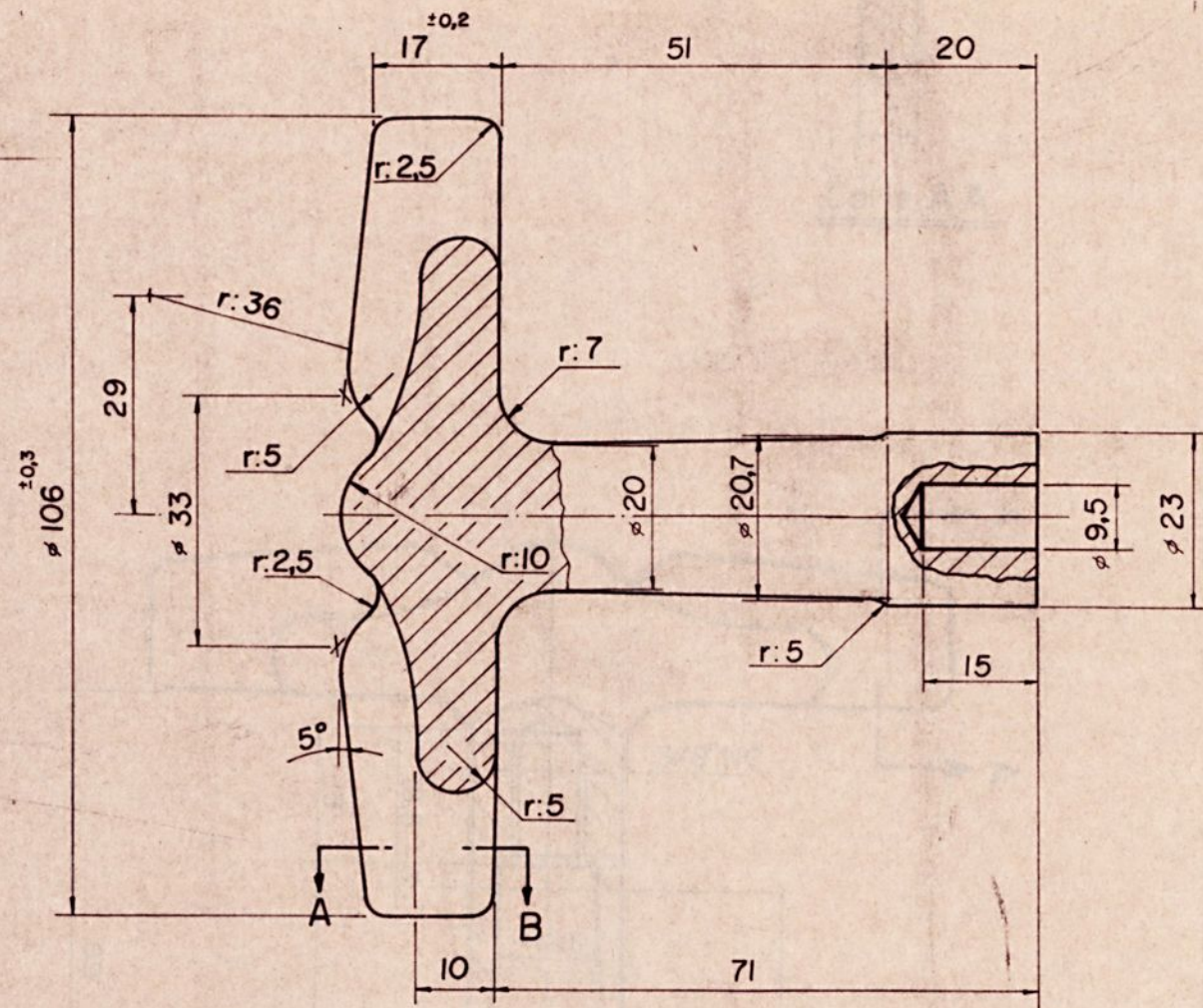


POS.	QTD.	DESCRIÇÃO	MATERIAL	CODIFIC.	PESO
73	4	ARRUELA DE PRESSÃO ϕ 1/2"	A.C. GALV.	04.31.003-9	
72	4	PARAFUSO SEXT. ϕ 1/2"x1" 3/4"	A.C. GALV.	04.01.009-4	
71	1	CONJUNTO LUBRIFICADOR PRESSURIZADO P/BOMBA			
70	2	ARRUELA LISA ϕ 3/8"	A.C. GALV.	04.30.003-3	
69	2	PORCA ϕ 3/8"	A.C. GALV.	04.20.003-9	
68	2	PARAFUSO SEXT. ϕ 3/8"x1"	A.C. GALV.	04.02.001-4	
67	2	ARRUELA LISA ϕ 3/8"	A.C. GALV.	04.30.003-3	
66	2	PARAFUSO SEXT. ϕ 3/8"x1"	A.C. GALV.	04.02.001-4	
65	1	SUPORTE DO LUBRIFICADOR	A.C.	37.01.203-3	
64	2	ARRUELA LISA ϕ 1/4"	A.C. GALV.	04.30.008-4	
63	2	PARAFUSO SEXT. ϕ 1/4"x3/4"	A.C. GALV.	04.04.011-2	
62	1	PROTEÇÃO DO ACOPLAMENTO	A.C.	37.01.202-5	
61	4	PARAFUSO ALLEN ϕ 1/2"x2"	A.C. GALV.	04.05.003-7	
60	2	CALÇO P/MOTOR	A.C.		
59	4	ARRUELA DE PRESSÃO ϕ 3/8"	A.C. GALV.	04.31.002-0	
58	4	PARAFUSO SEXT P/FIXAÇÃO DO MOTOR ϕ 3/8"x1/2"	A.C. GALV.	04.01.035-3	
57	1	MOTOR			
56	1	CHAPA BASE		37.01.201-7	
55	1	ACOPLAMENTO RÍGIDO		22.04.153-3	
54	1	ARRUELA DE ENCOSTO	A.C.	22.04.131-2	
53	1	ARRUELA DE ENCOSTO	A.C.	22.04.132-0	
52	1	CALÇO	LATÃO	37.01.199-1	
51	1	CALÇO	LATÃO	37.01.200-9	
50	1	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO	INOX 304	97.01.310-1	
49	1	SPLIT FLANGE ϕ 1" 1/2"	A.C. FORJ.	41.13.003-2	
48	1	PARAFUSO FENDA CABECA RED. ϕ 1/8"x5/16" UNC	A.C.	04.04.017-1	
47	1	SEDE INFERIOR SELO ϕ 7/8"	CERÂMICA	05.10.038-0	
46	1	ANEL O'RING	CHEMLON	17.03.026-4	
45	8	ARRUELA DE PRESSÃO ϕ 3/8"	A.C.	04.31.002-0	
44	8	PARAFUSOS ALLEN ϕ 3/8"x7/8" UNC	A.C. GALV.	04.06.009-1	
43	2	CABECAS ROTATIVAS TIPO ϕ 7/8"		05.10.037-2	
42	1	ANEL O'RING	BUNA-N	17.03.028-0	
41	1	SEDE SUPERIOR SELO ϕ 7/8"	NI-RESIST	05.10.036-4	
40	1	ARRUELA DE AJUSTE	A.C.	22.04.135-5	
39	1	JUNTA CRT "U" ϕ 1"	PTFE/KEY INOX	41.14.067-4	
38	1	PLUG ϕ 3/8" NPT	A.C.	03.07.014-0	
37	1	ANEL DE VEDAÇÃO DO VISOR	CORTICA	22.04.137-1	
36	1	VISOR DE ÓLEO SEXT. ϕ 1" NPT	ACRILICO	41.10.010-9	
35	2	ROLAMENTO SKF 6205		22.04.139-8	
34	1	ARRUELA DE ENCOSTO	A.C.	22.04.140-1	
33	1	ARRUELA DE ENCOSTO	A.C.	22.04.141-0	
32	1	ANEL ELÁSTICO SEGER-RENO Nº 516025	A.M.	22.04.142-8	
31	2	RETENTOR SABO 1556/BR/L/NBR	NITRILICA	22.04.143-6	
30	1	CHAVETA 5x8x40	SAE 1050	22.04.130-4	
29	1	PORCA TRAVA ESPECIAL	A.C.	37.01.198-3	
28	1	EIXO DRAW - BAR	SA 193-B7	57.01.018-5	
27	6	ARRUELAS DE PRESSÃO ϕ 3/8"	A.C. GALV.	04.31.002-0	
26	6	PARAFUSO ALLEN ϕ 3/8"x1/4"	A.C. GALV.	04.06.018-0	
25	1	CALÇO	LATÃO	37.01.197-5	
24	1	ARRUELA DE AJUSTE ϕ 52x0,75	A.C.	37.01.196-7	
23	1	ANEL ELÁSTICO SEGER-RENO Nº 517052	A.M.	17.02.019-6	
22	1	TAMPA (manca) TRASEIRA	SA285-C/SAE1010	22.01.152-9	
21	1	CARCAÇA DA BOMBA	FoFo GG-25	22.01.151-0	
20	1	ARRUELA DE VEDAÇÃO ϕ 16,5x25,4	COBRE	22.01.153-7	
19	1	PLUG DE RESPIRO ϕ 3/8" NPT	A.C. GALV.	03.07.014-0	
18	1	EIXO PRINCIPAL ϕ 7/8"	SAE 1045	44.04.002-6	
17	1	ANEL O'RING PARKER Nº 2237	BUNA-N	17.03.025-6	
16	1	CAIXA DE ROLAMENTO	BRONZE SAE-40	44.04.001-8	
15	1	ANEL O'RING PARKER Nº 2238	BUNA-N	17.03.029-9	
14	6	ARRUELA DE PRESSÃO ϕ 1/4"	A.C. GALV.	04.31.005-5	
13	6	PARAFUSO ALLEN ϕ 1/4"x3/4" UNC	A.C. GALV.	04.06.017-2	
12	1	ANEL O'RING PARKER Nº 2017	BUNA-N	17.03.027-2	
11	1	CAIXA DE SELO MEC. ϕ 7/8"	A.C.	44.03.013-6	
10	6	ARRUELAS DE PRESSÃO ϕ 1/2"	A.C. GALV.	04.31.003-9	
9	6	PARAFUSO ALLEN ϕ 1/2"x1" UNC	A.C. GALV.	04.06.016-4	
8	8	ARRUELA LISA ϕ 1/2"	A.C. GALV.	04.30.002-5	
7	8	PORCA SEXT. ϕ 1/2" UNC	A.C. GALV.	04.20.002-0	
6	8	PARAFUSO SEXT. ϕ 1/2"x21/2" UNC	A.C. GALV.	04.01.037-0	
5	1	FLANGE ϕ 6"	SA285-C/VITR.	41.56.001-0	
4	1	ANEL PROTETOR EXT. ϕ	SILICONE	57.01.017-7	
3	1	JUNTA CRT "U" ϕ 6"	PTFE/KEY INOX	41.14.066-6	
2	1	ROTOR ϕ 106mm	ACO ESPEC.	42.47.002-3	
1	1	VOLUTA ϕ 6"	SA-216 WCA	22.01.149-9	

REV.	DESCRIÇÃO	DES. DRAWN	DATA DATE	APR. APPR	DATA DATE	A.I.	DATA DATE
0	DESENHO INICIAL		18/07/90		18/07/90		
REFER.	CLIENTE						
	CUSTOMER						
TÍTULO	BOMBA CENTRÍFUGA PBI						
TITLE							
ESC.	DES. DWG.						
1:1	64.01.002-6						

6.2. DESENHOS DOS ROTORES



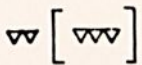
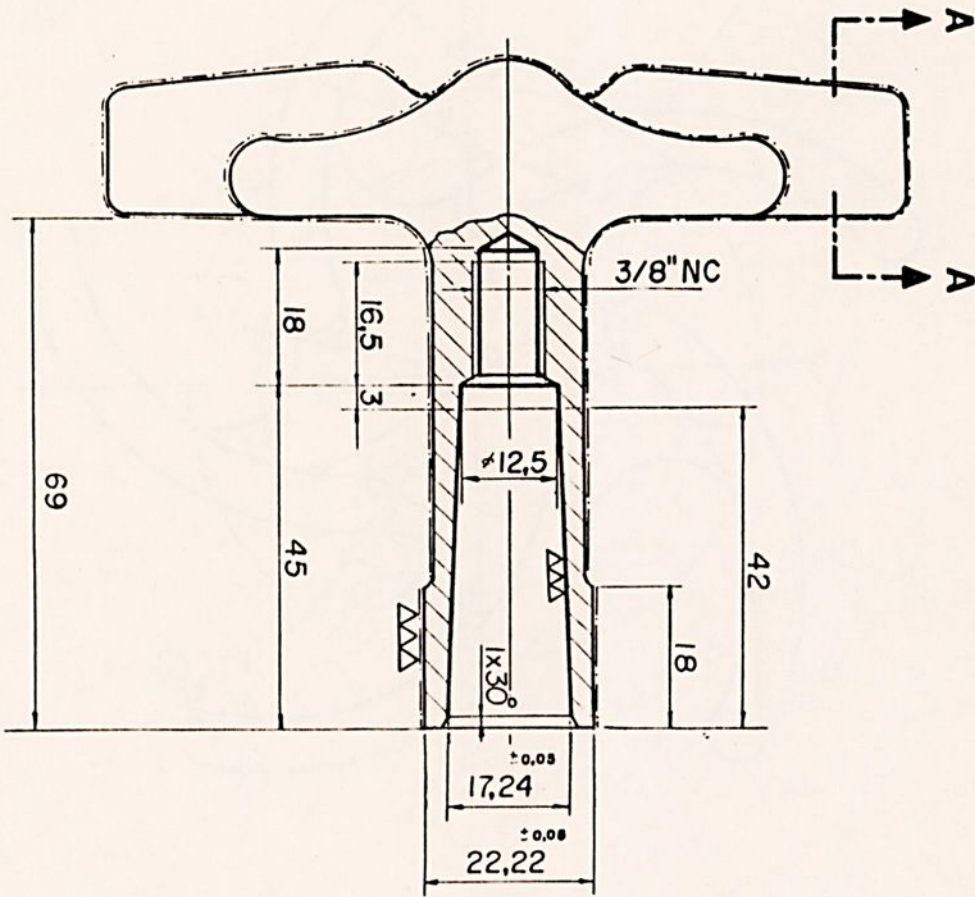


Corte A-B

2	1	ROTOR PRÉ-USINADO			AOÇ ESPEC.		
POS.	QTD.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION			MATERIAL	CODIFIC.	PESO WEIGHT
					CLIENTE CUSTOMER		
					REFER.	TITULO TITLE	
						ROTOR	
0	Des. inicial	MURRAY	PIAGALE				ESC. DES. DWG.
REV.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	DES DRAWN	APROV. APPR.	A.I.			1/1 22.01.150-2

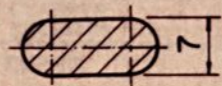
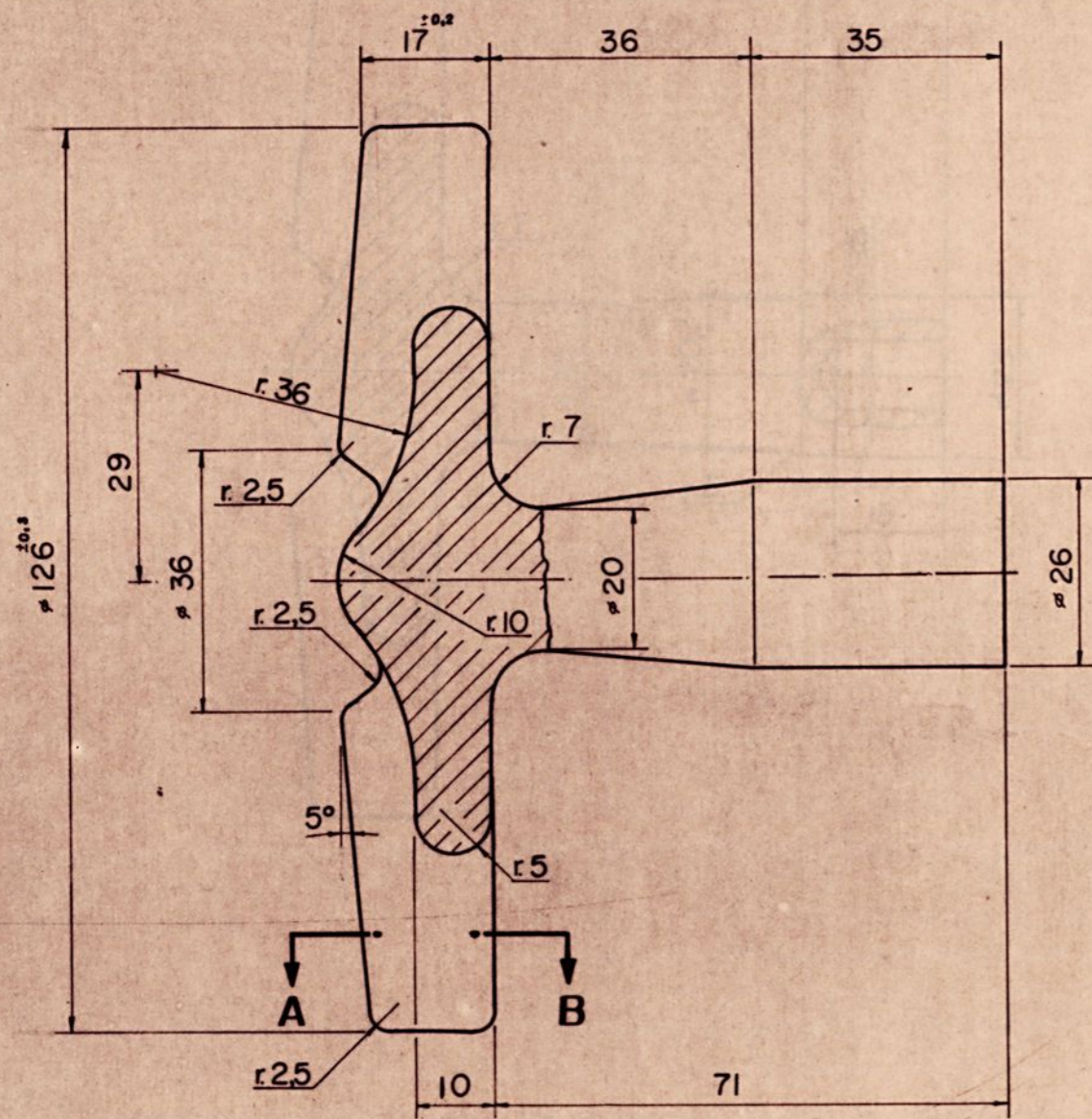


Corte A A

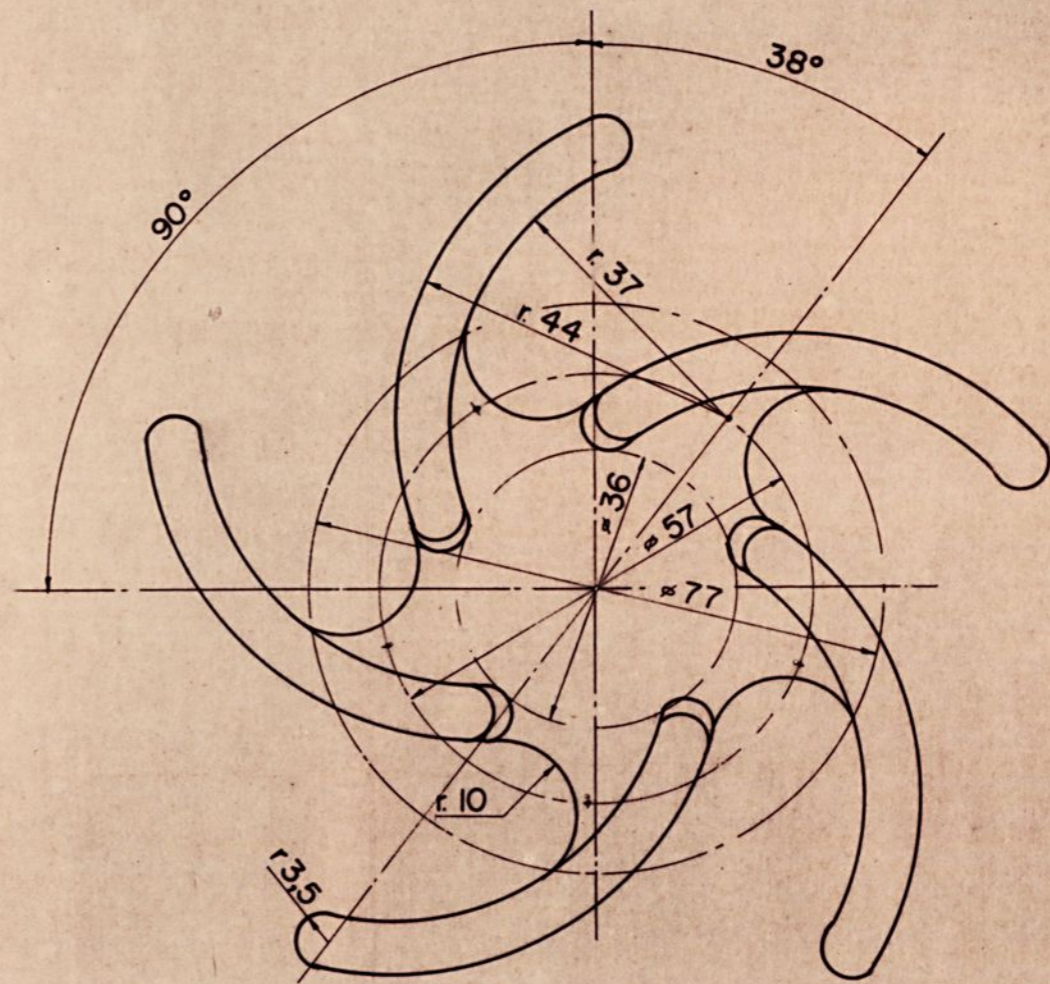


2	1	ROTOR VITRIFICADO						
POS.	QTD.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION			MATERIAL	CODIFIC.	PESO WEIGHT	
					CLIENTE CUSTOMER			
					REFER.	TITULO TITLE	ROTOR	
0	Des. inicial	M. DODIFF	R. MARAL F.		ESC.	DES. DWS.	42.47.002-3	
REV.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	DES DRAWN	APROV APPR	A. I.	 Paudler Equipamentos Industriais Ltda			

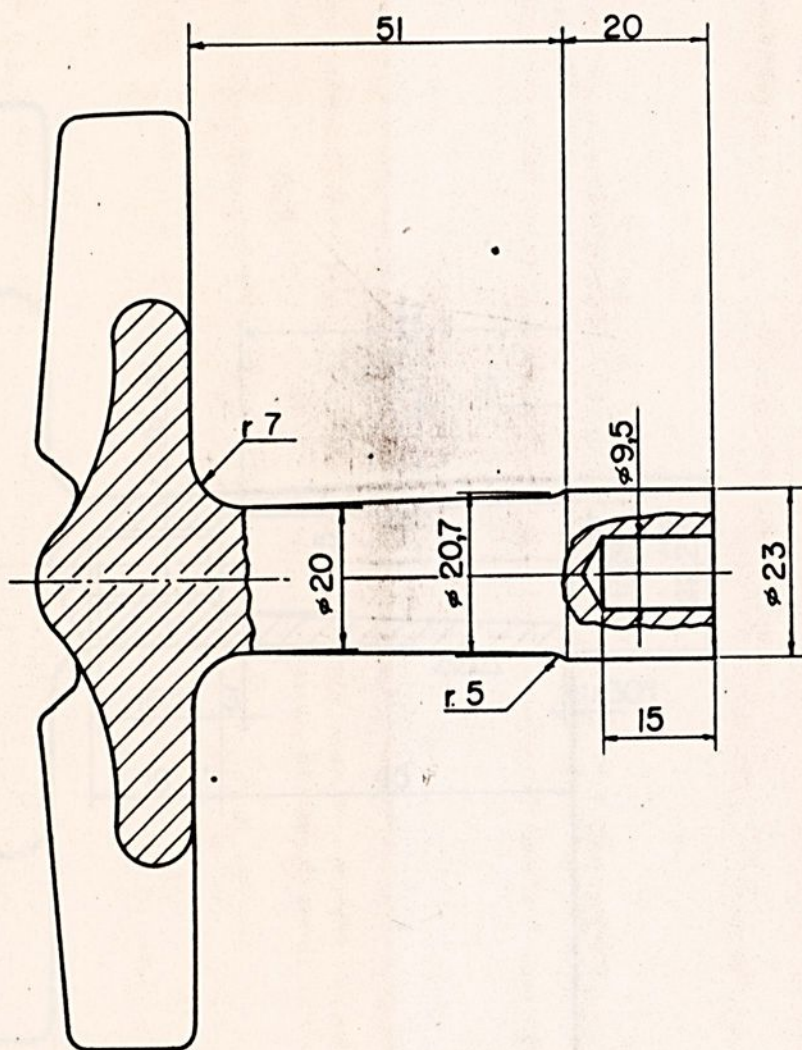




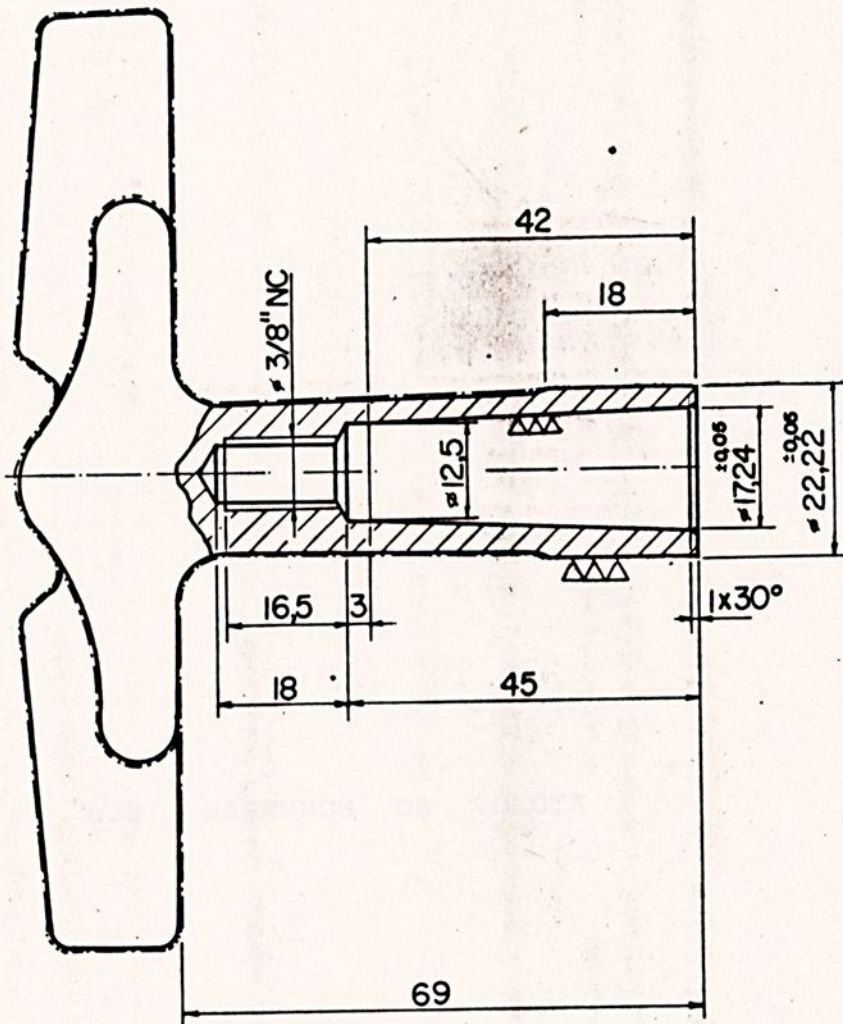
Corte A-B



POS.	QTD.	ROTOR FUNDIDO BRUTO			ACO ESP		
		DESCRIÇÃO DESCRIPTION			MATERIAL	CODIFIC.	PESO WEIGHT
					CLIENTE CUSTOMER		
					REFER.	TITULO TITLE	
						ROTOR - PB 2	
O	DES INICIAL	MAGNY	P. MAGAL			ESC.	DES. DWG.
REV.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	DES DRAWN	APROV APPR.	A.I.	Pfaudler Pfaudler Equipamentos Industriais Ltda.	1:1	02.03.100-0



ROTOR PRÉ-USINADO				ACO ESR			
POS.	QTD.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION		MATERIAL	CODIFIC.	PESO WEIGHT	
				CLIENTE CUSTOMER			
				REFER.	TÍTULO TITLE	ROTOR - PB2	
0	DES. INICIAL	<i>M. Soares</i>	<i>P. A. A. A. L.</i>		ESC.	DES. DWG.	22.01.154-5
REV.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	DES DRAWN	APROV APPR.	A.I.	1:1		
				Praudler Praudler Equipamentos Industriais Ltda.			

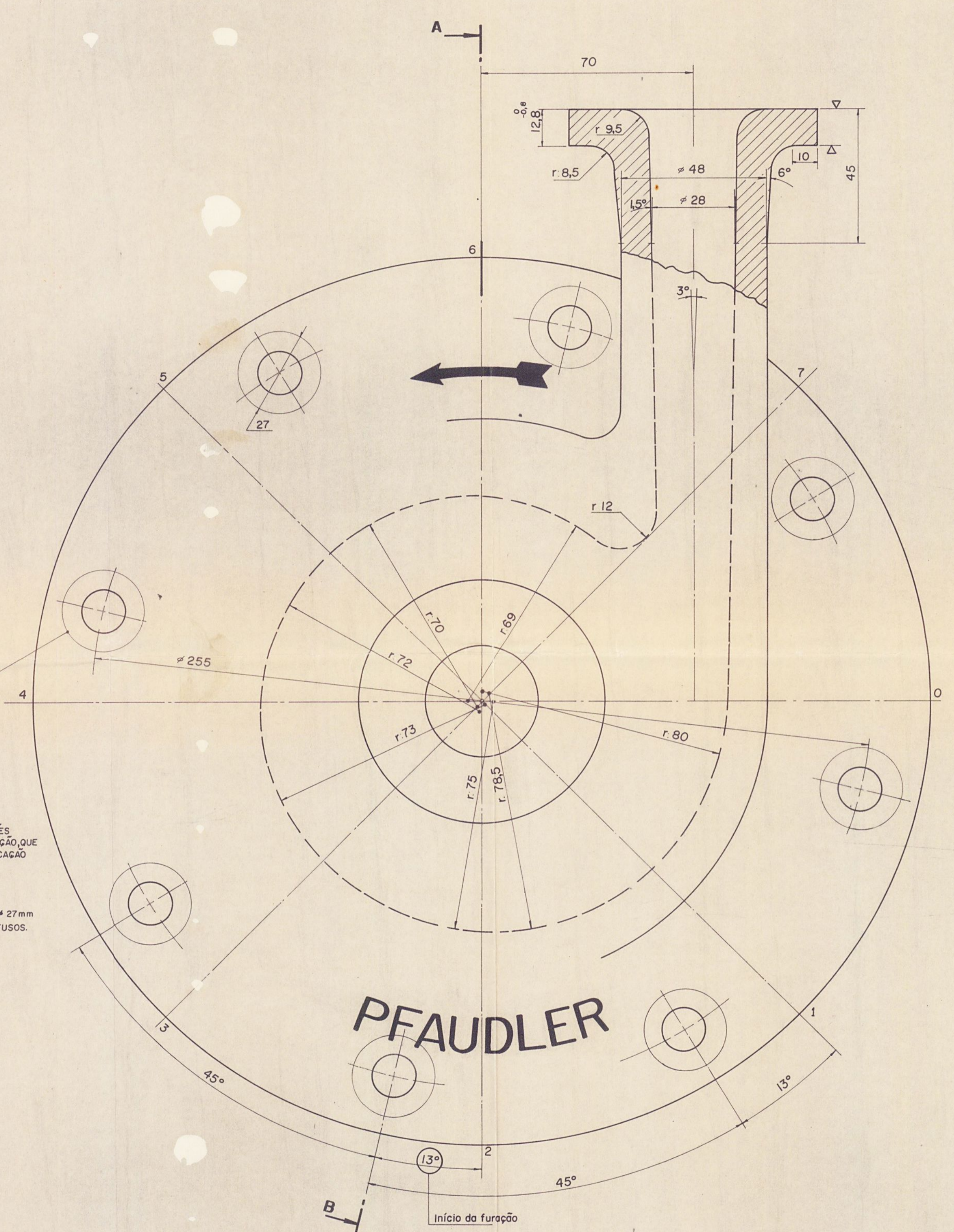


▽ [▽▽]

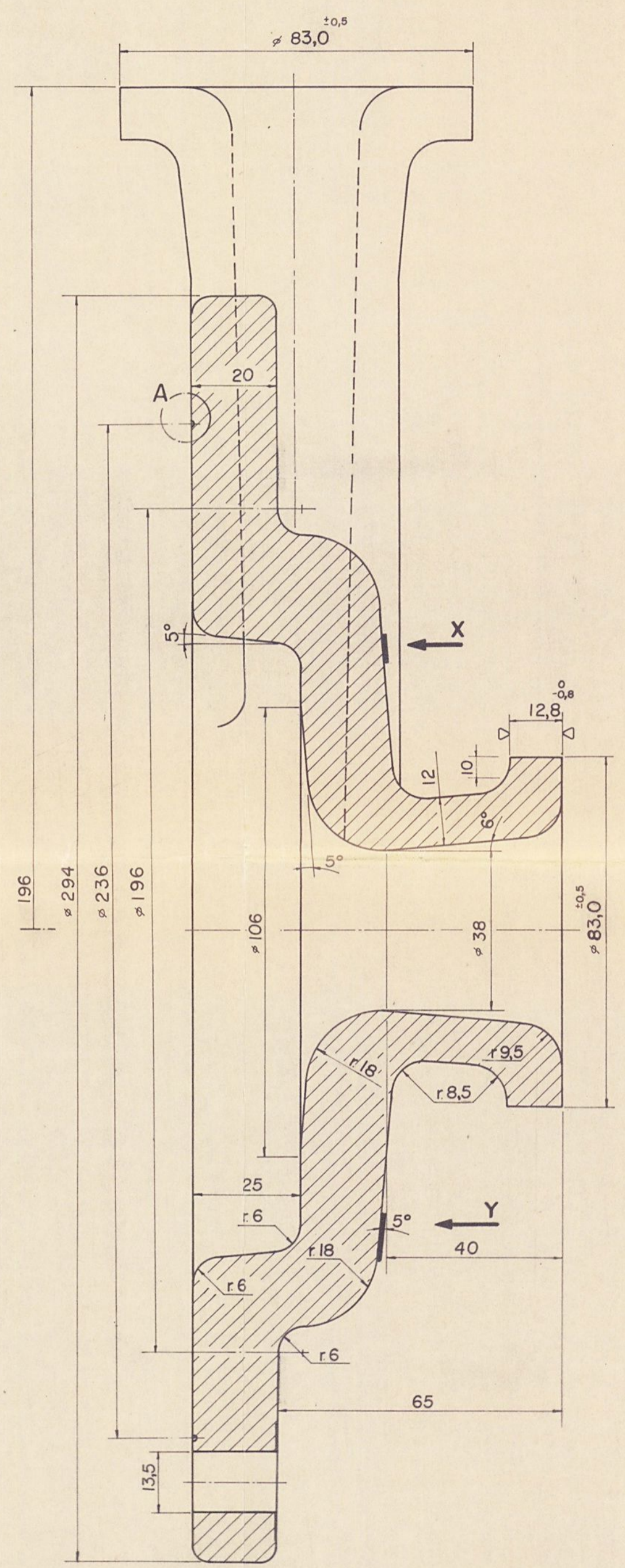
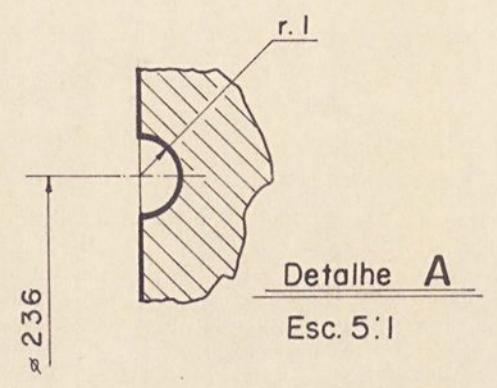
POS.		QTD.		ROTOR VITRIFICADO			ACO ESP.				PESO	
				DESCRIÇÃO			MATERIAL		CODIFIC.		WEIGHT	
				CLIENTE			REFER.		TITULO			
				CUSTOMER					ROTOR - PB2			
0		DES. INICIAL		DES. APPROV.		A.I.		ESC.		DES. DWG		
REV.		DESCRIÇÃO		DRAWN		APPR.		1:1		42.47.003-1		
								Pfaudler		Pfaudler Equipamentos Industriais, Ltda.		

6.3. DESENHOS DA VOLUTA

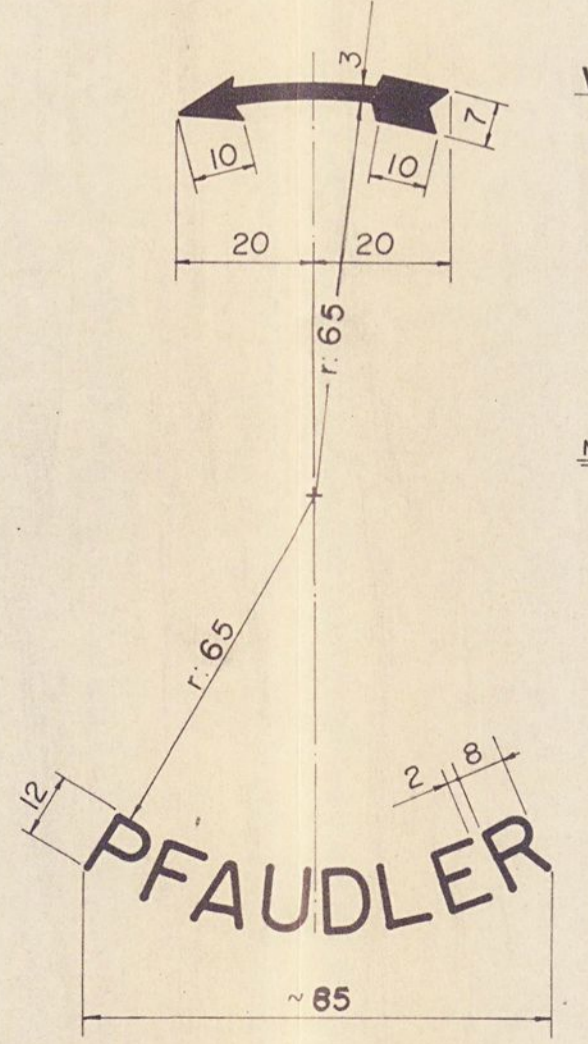




NOTA 1:
 -PRÉ-USINAGEM-
 TRACAR E PUNÇONAR 8 INDICAÇÕES EQUIDISTANTES A 45°, PARA FURAÇÃO, QUE DEVERÁ SER FEITA APOS VITRIFICAÇÃO
 -APÓS VITRIFICAÇÃO-
 FAZER A FURAÇÃO: ϕ 13,5mm
 EXECUTAR FACEAMENTO PLANO ϕ 27mm PARA ASSENTAMENTO DOS PARAFUSOS.



VISTA X
 SETA INDICATIVA DO SENTIDO DE FLUXO



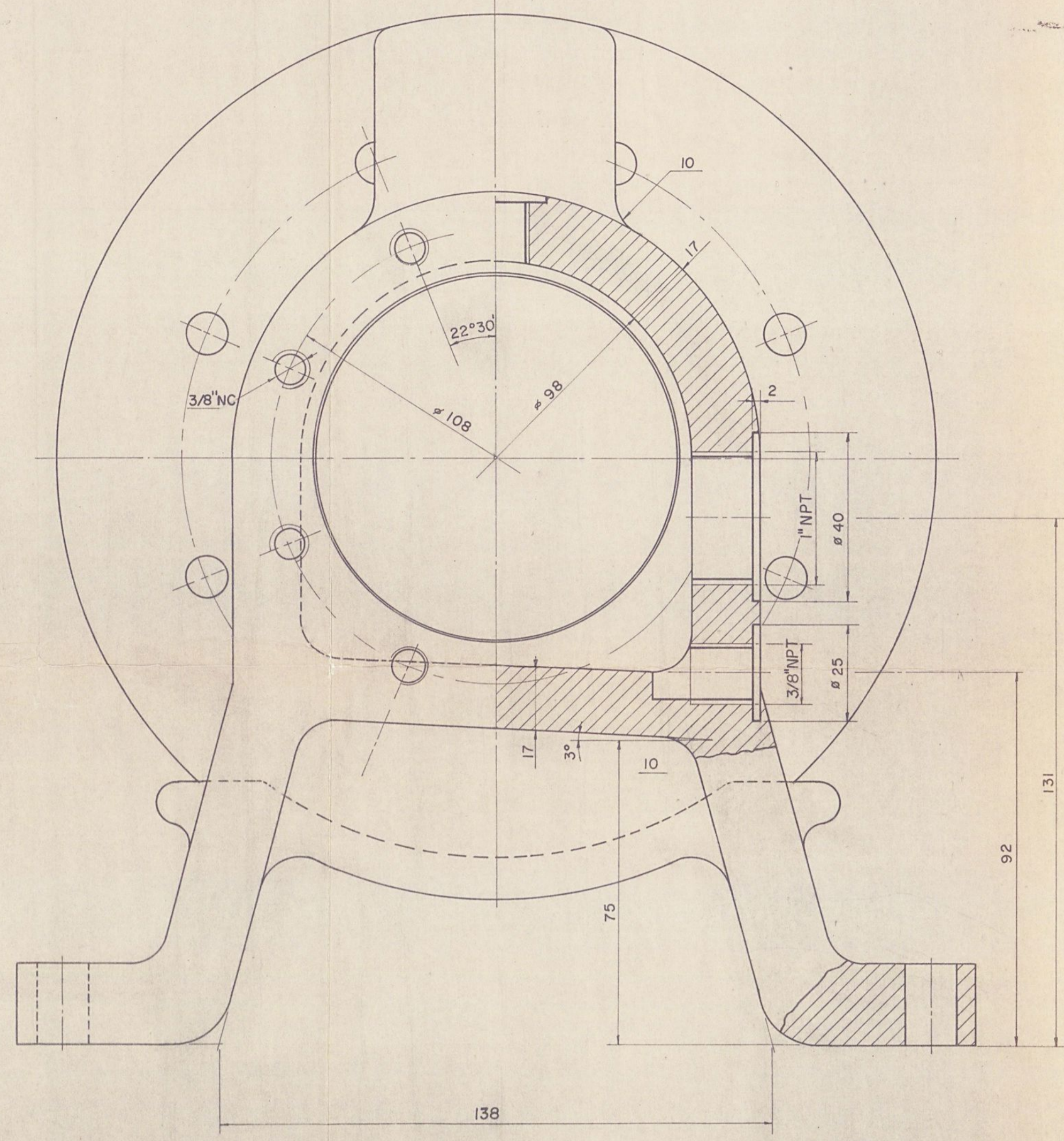
NOTA AS LETRAS PFAUDLER E A SETA INDICATIVA DO SENTIDO DE FLUXO DEVERAO SER GRAVADAS EM ALTO RELEVO COM ALTURA DE 1,5 A 2,0 mm

Corte A B

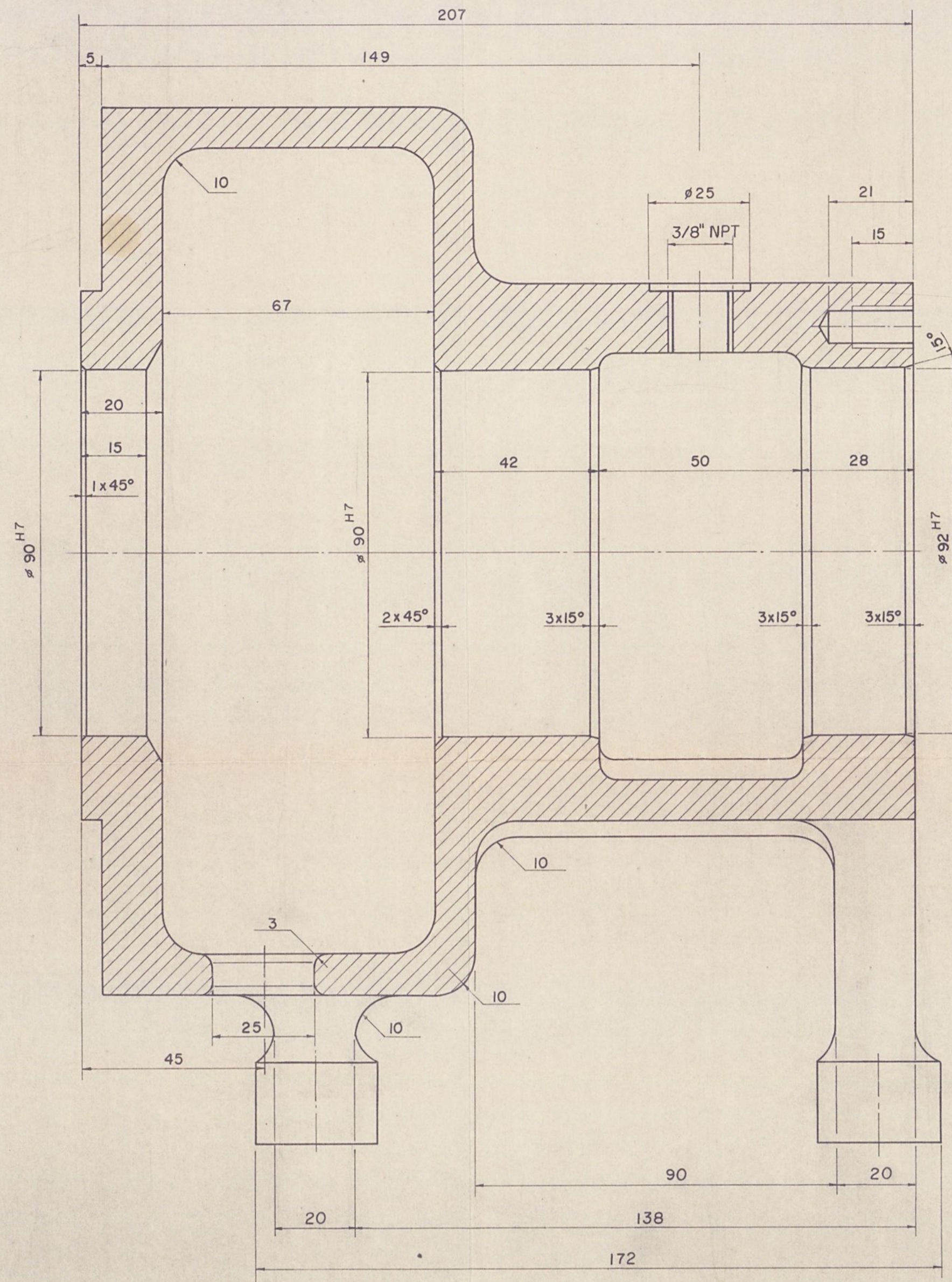
POS.	QTD.	DESCRICAÇÃO	MATERIAL	CODIFIC.	PESO
		VOLUTA VITRIFICADA	SA-216WCA		
		CLIENTE			
		REFER.		TITULO	
				VOLUTA	
0	DES. INICIAL	DES. APPROV.	DES. DWG.	ESC.	DES. DWG.
REV.	DESCRICAÇÃO	DES. APPROV.	DES. DWG.	ESC.	DES. DWG.
				Pfaudler	22.01.149-9
				Pfaudler Equipamentos Industriais Ltda	

6.4. DESENHO DA CARÇAÇA

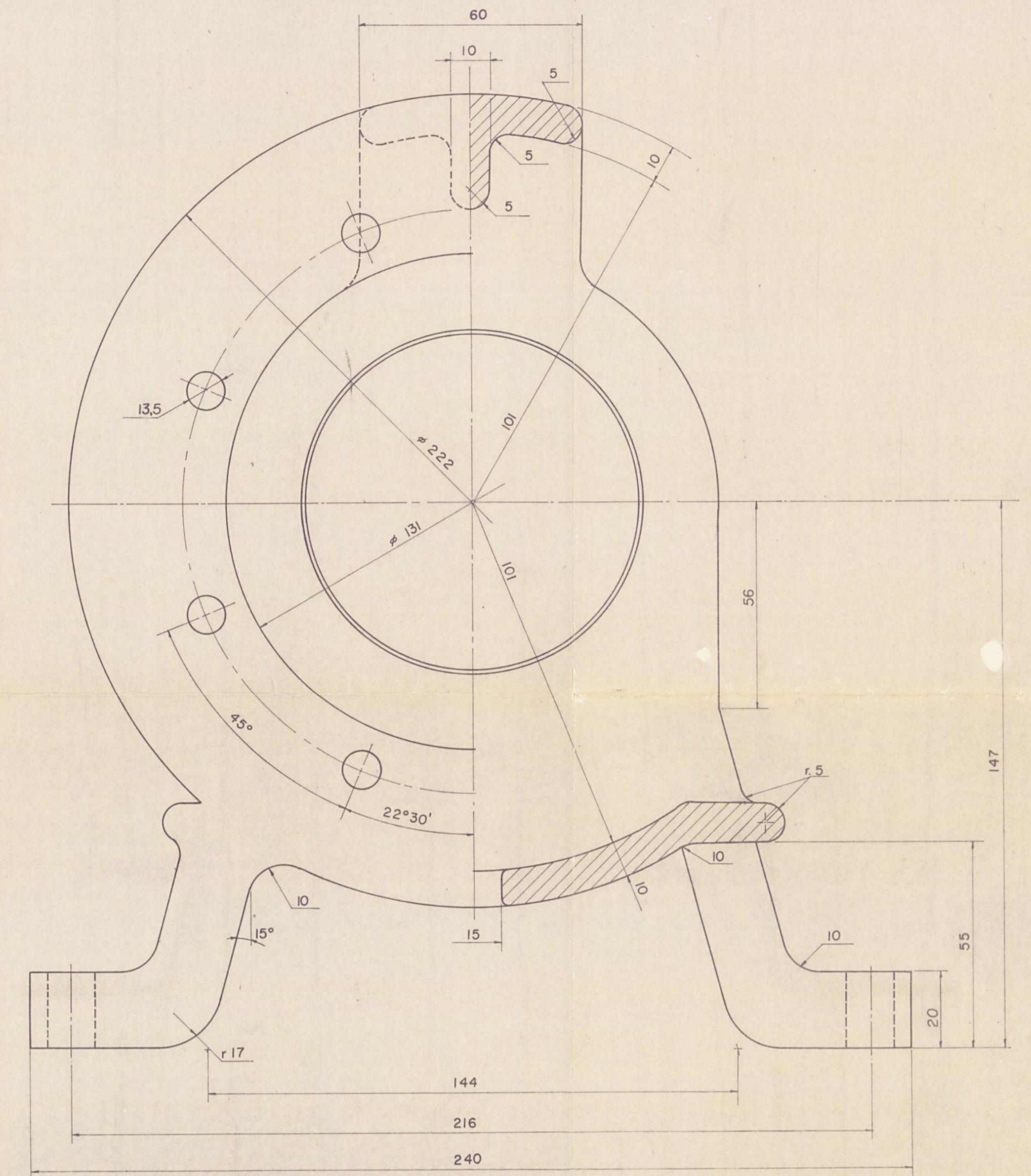




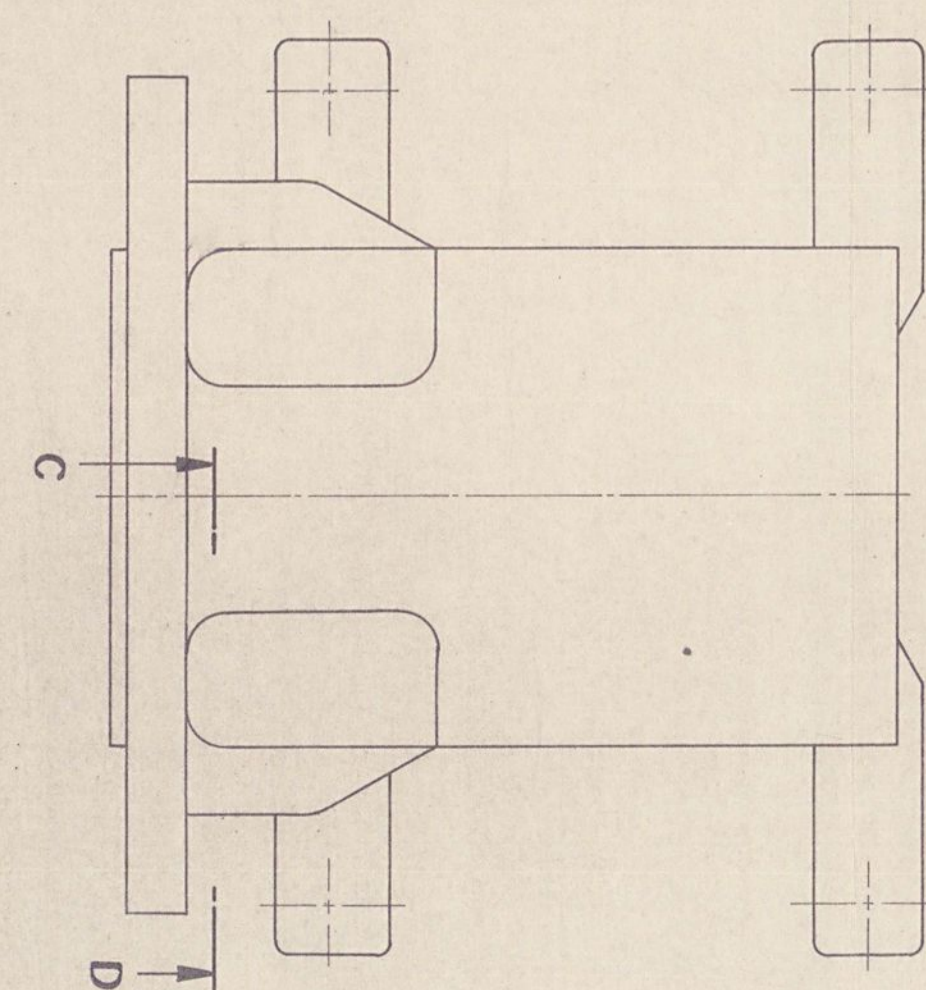
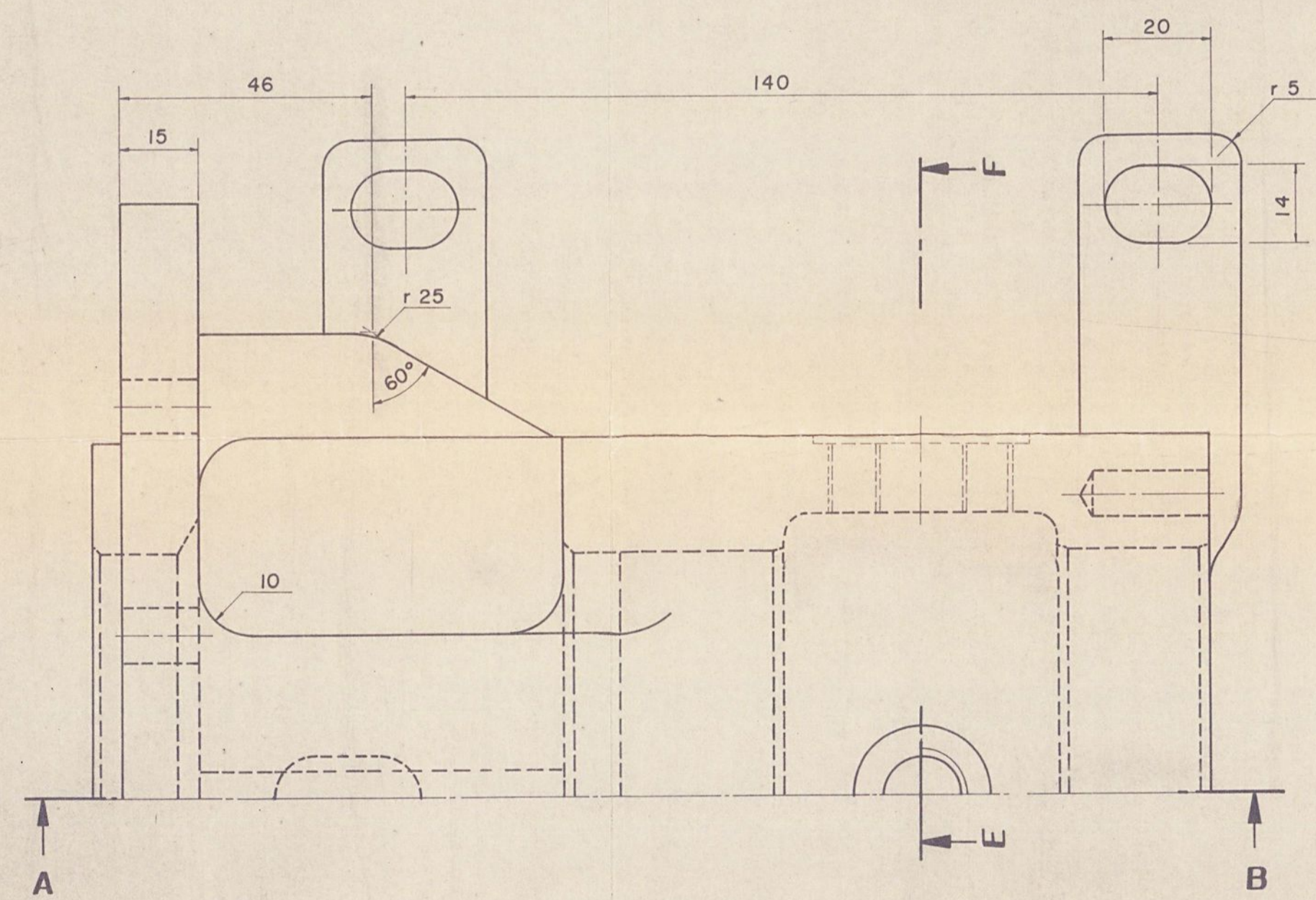
CORTE E-F



CORTE A-B



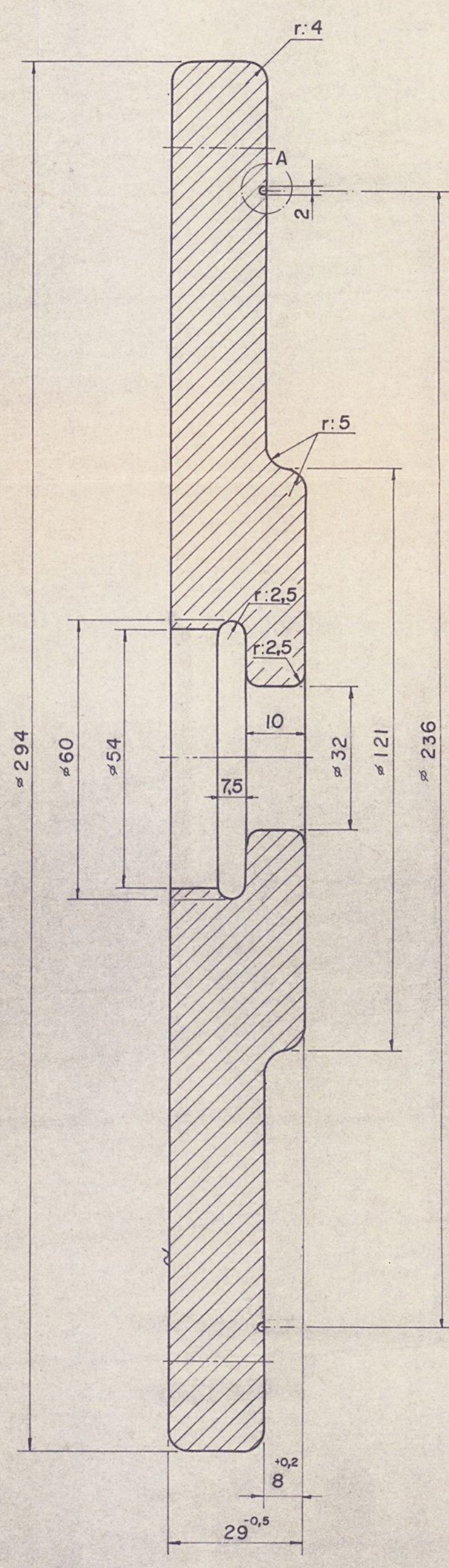
CORTE C-D



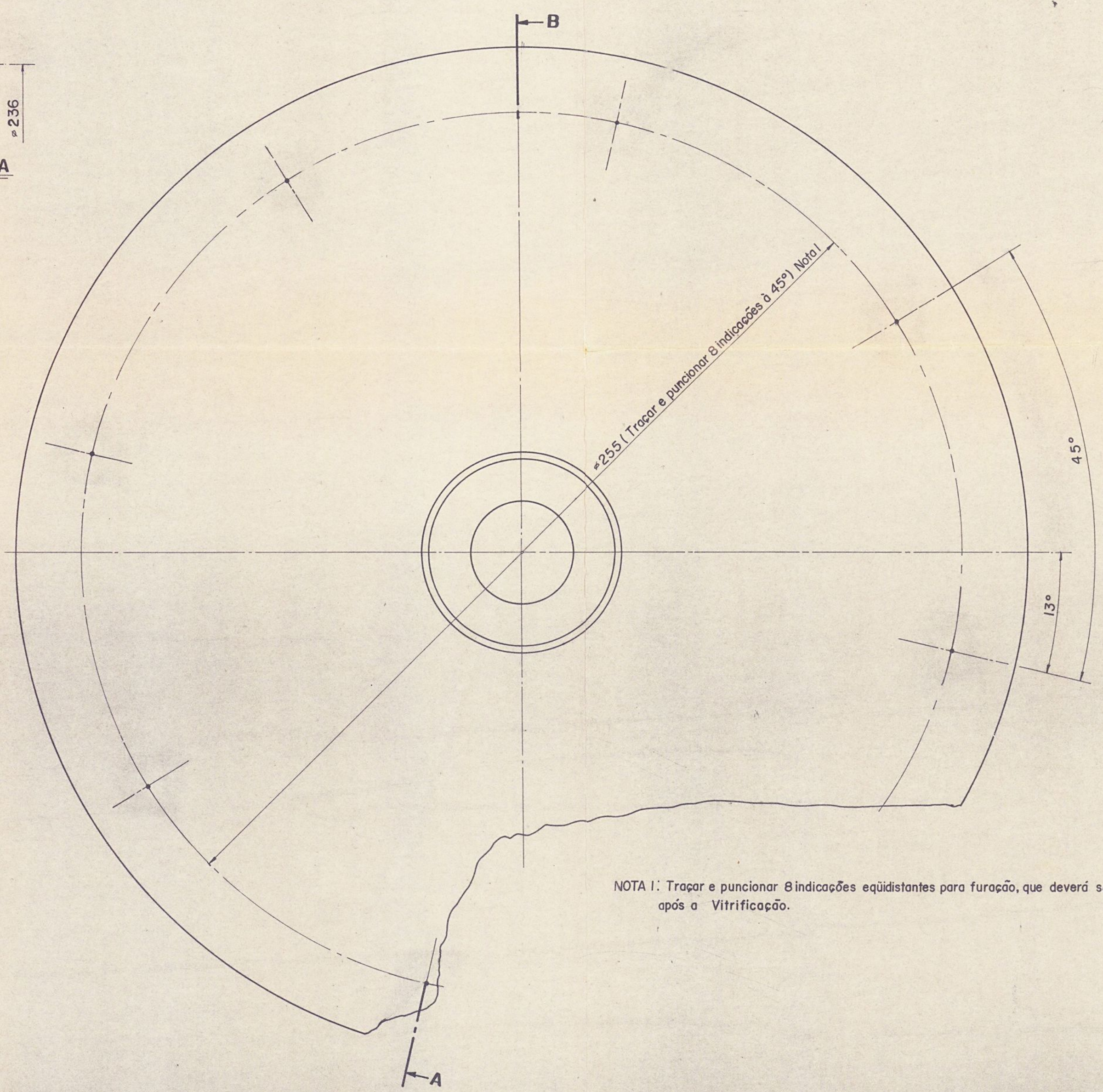
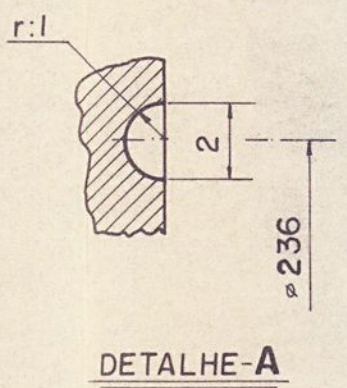
POS/OTO	DESCRIÇÃO	MATERIAL	CODIFIC.	PESO
21	1	CARÇAÇA DA BOMBA	FoFo GG-25	
0	DESENHO INICIAL			
REV	DESCRIÇÃO	DES. DATA	APP. DATA	A.I. DATA
REFER.	CLIENTE			
	CUSTOMER			
	TITULO			
	CARÇAÇA DA BOMBA	PBI		
			ESC. DES.	
			DWG.	22.01.151-0

6.5. DESENHO DOS COMPONENTES





CORTE A B

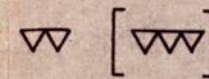
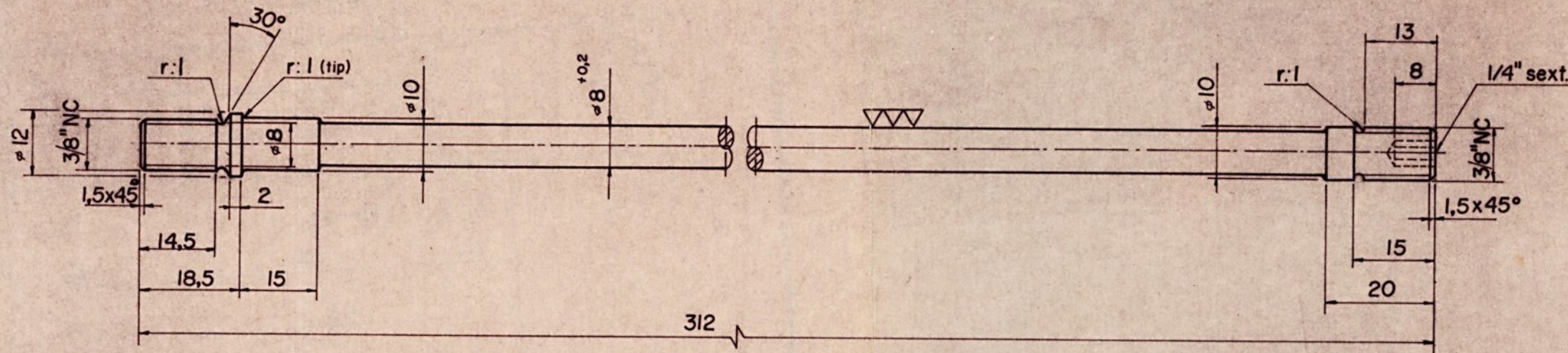


NOTA I: Traçar e puncionar 8 indicações eqüidistantes para furação, que deverá ser feita após a Vitrificação.

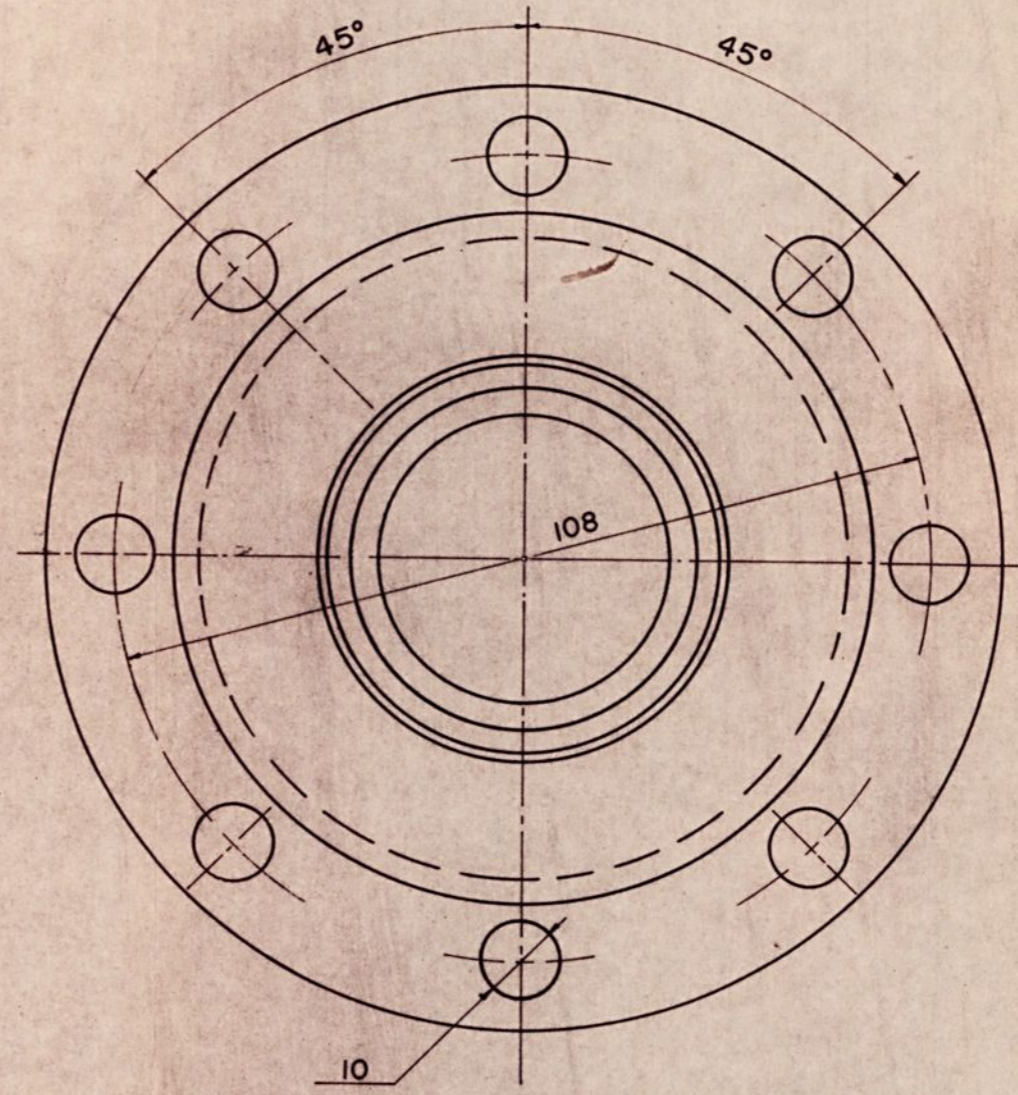
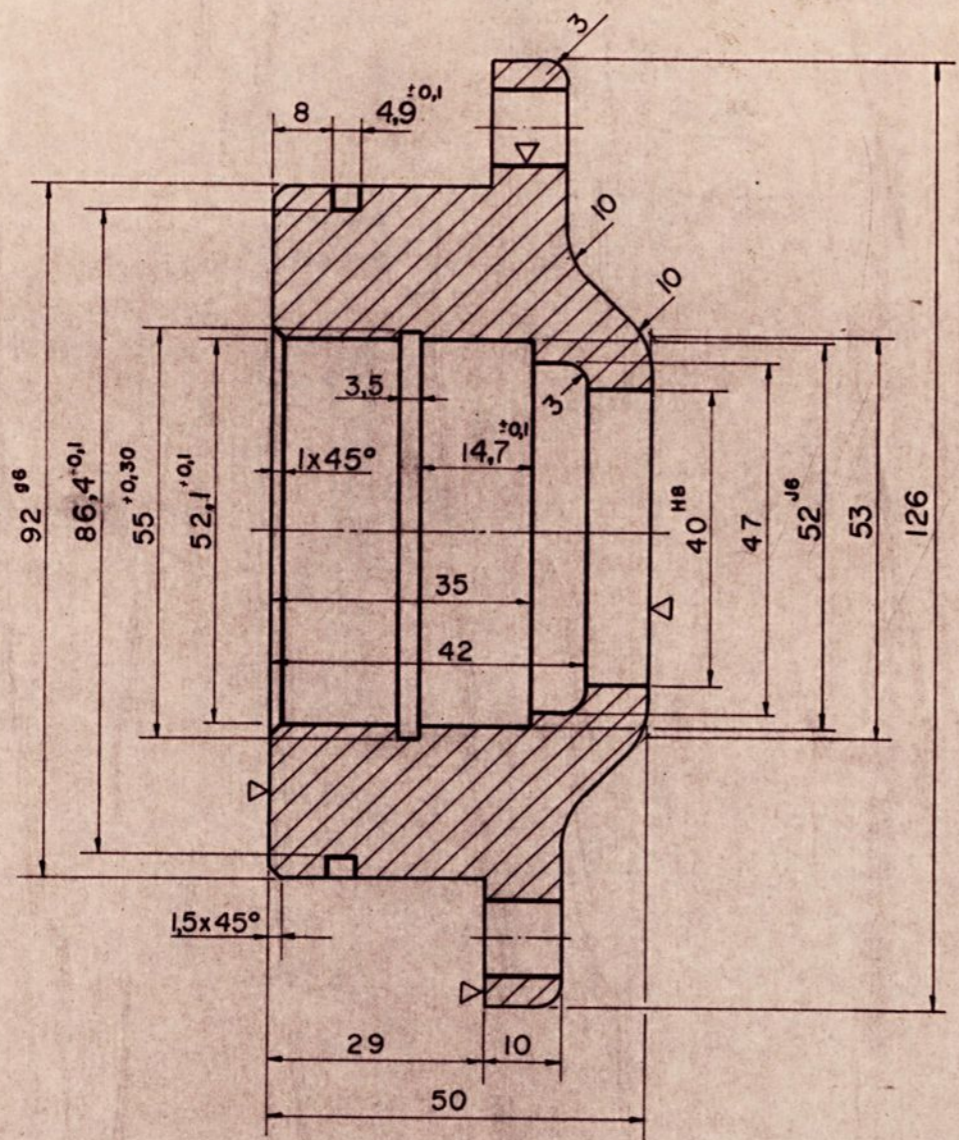
▽ [~]

5	1	FLANGE TRASEIRA USINADA	SA 285-C		
POS.	QTD.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	MATERIAL	CODIFIC.	PESO WEIGHT
				CLIENTE CUSTOMER	
				REFER.	TITULO BOMBA PBI TITLE
					FLANGE
0	Des. inicial				ESC. DES. DWG.
REV.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	DES DRAWN	APROV. APPR.	A.I.	1:1 21.04.030-4



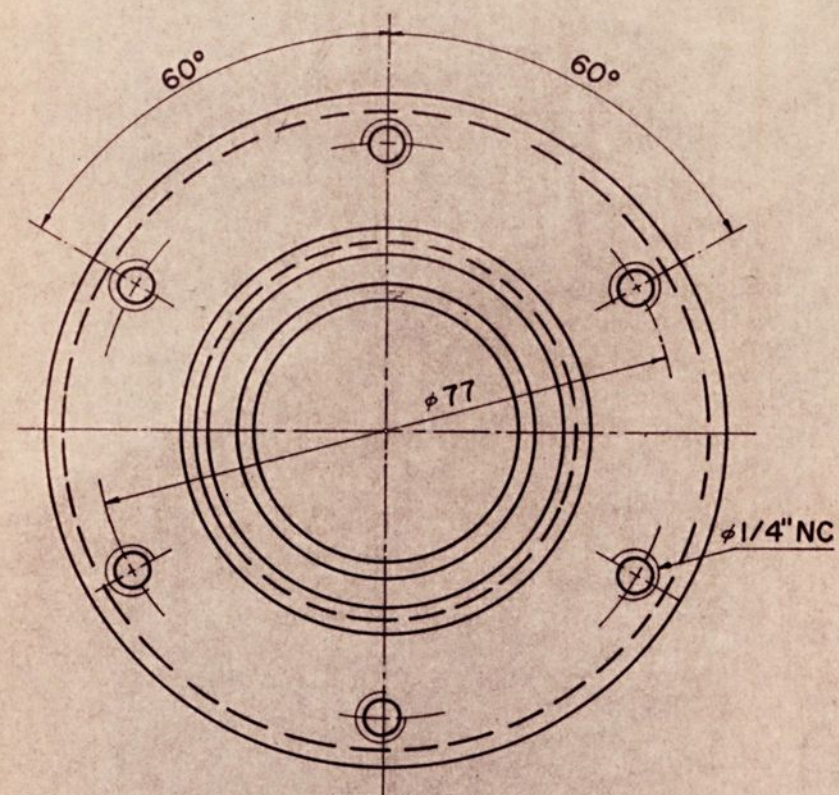
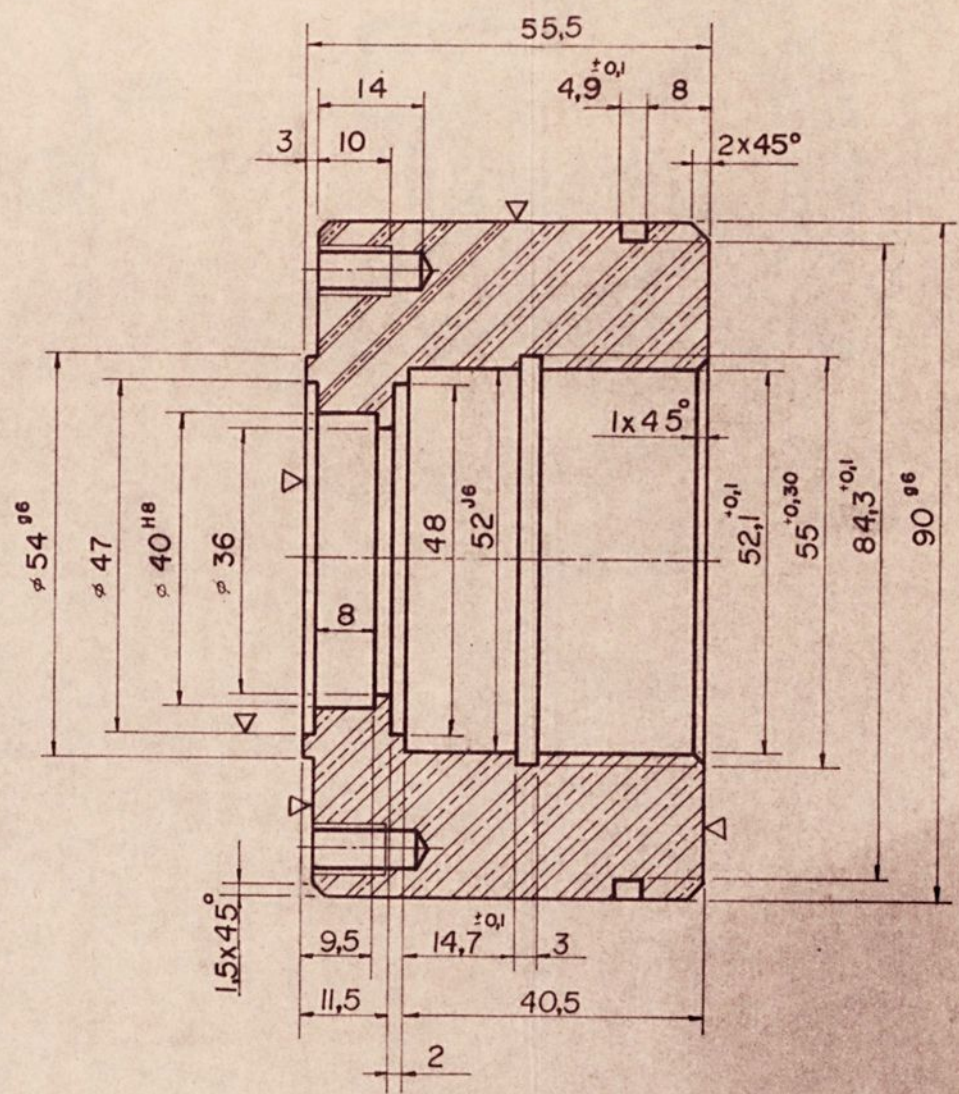


28	1	EIXO DRAW - BAR			SA 193-B7		
POS.	QTD.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION			MATERIAL	CODIFIC.	PESO WEIGHT
					CLIENTE CUSTOMER		
					REFER.	TITULO TITLE	BOMBA PB I
							EIXO DRAW - BAR
0	Des. inicial	DES DRAWN	APROV. APPR.	A.I.	Pfaudler		ESC. OWG.
REV.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	DES DRAWN	APROV. APPR.	A.I.	Pfaudler Equipamentos Industriais Ltda		1:1 57.01.018-5



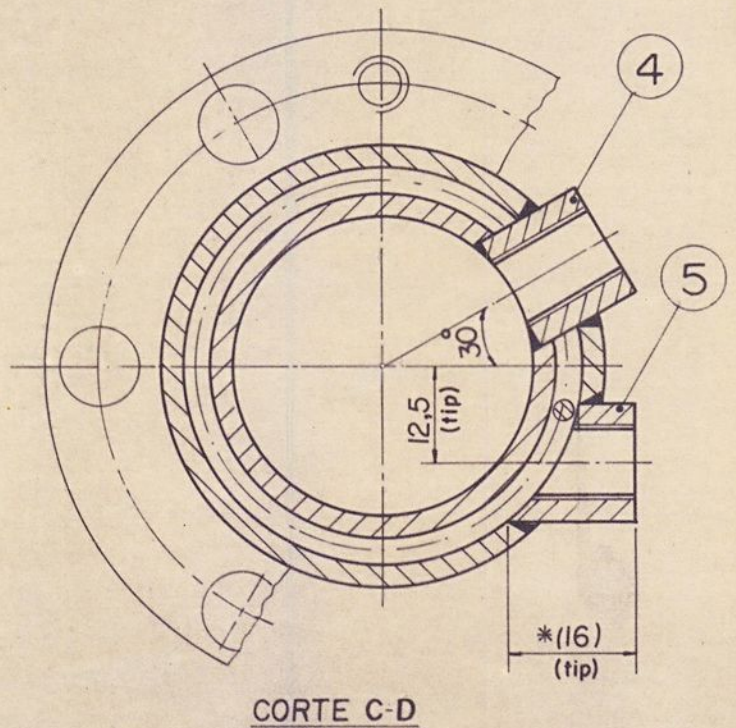
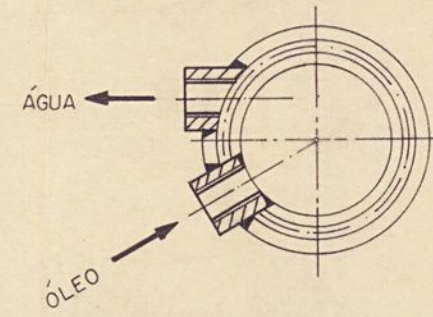
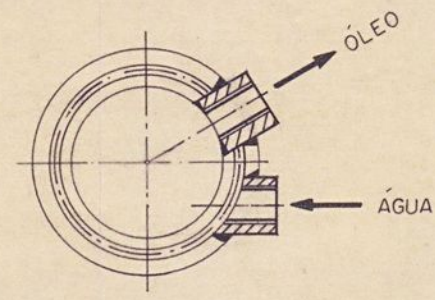
▽ [▽]

22	1	TAMPA(mancal) TRASEIRA	SA 285-C SAE 1010		
POS.	QTD.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	MATERIAL	CODIFIC.	PESO WEIGHT
				CLIENTE CUSTOMER	
				REFER.	
				TITULO TITLE	BOMBA PBI
					TAMPA(mancal) TRASEIRA
0	Des. inicial	<i>Mendes</i>	<i>PRAGALE</i>	ESC.	DES. DWG.
REV.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	DES DRAWN	APROV. APPR.	A.I.	
				Prudler Prudler Equipamentos Industriais Ltda	1:1 22.01.152-9

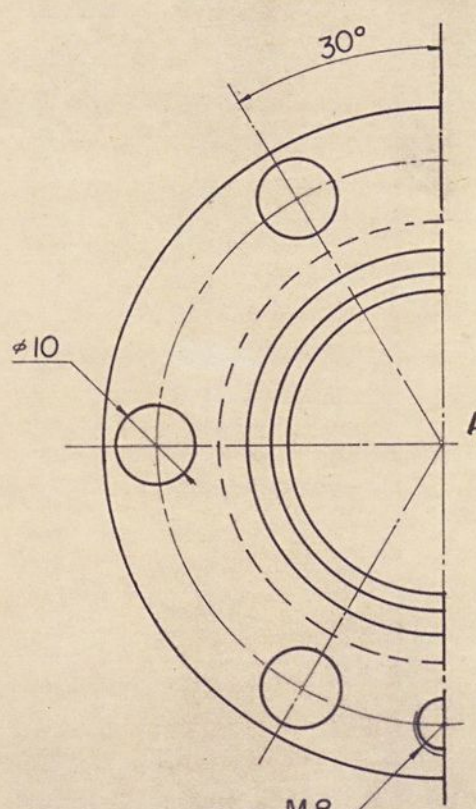


▽ [▽]

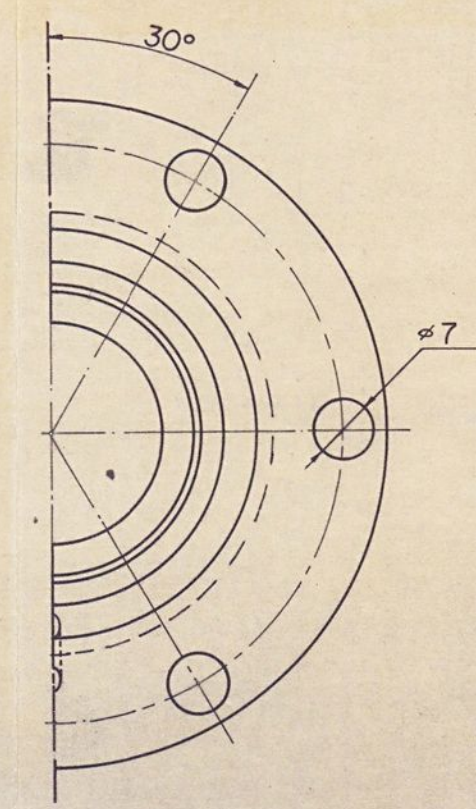
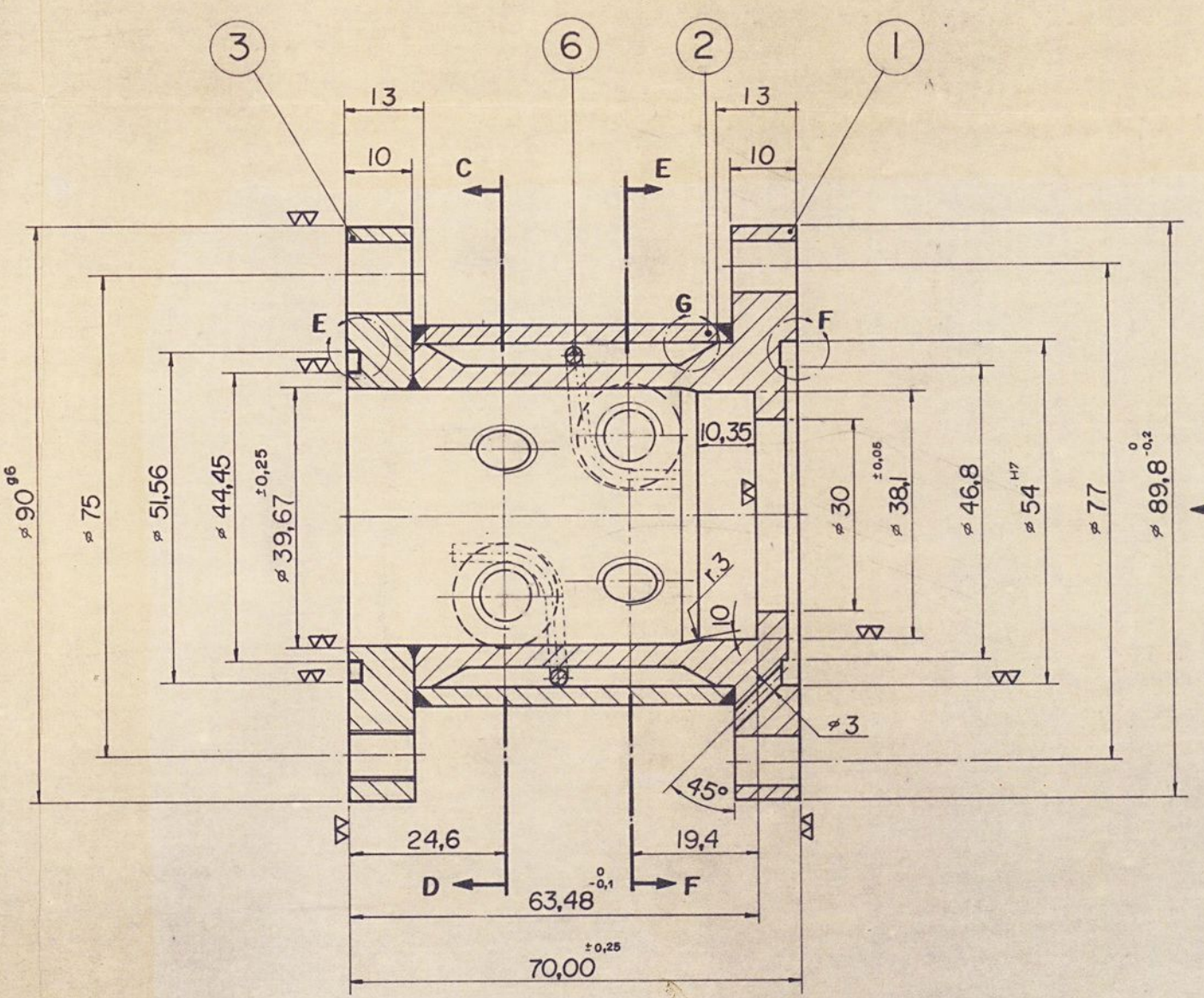
16	1	CAIXA DE ROLAMENTOS - ACABADA	BRONZE SAE-40 (RG-5)		
POS.	QTD.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	MATERIAL	CODIFIC.	PESO WEIGHT
					CLIENTE CUSTOMER
					REFER.
				TITULO TITLE BOMBA PBI	
				CAIXA DE ROLAMENTOS	
0	Des. inicial				
REV.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	DES DRAWN	APROV. APPR.	A.I.	ESC. DWG.
					Pfaudler Pfaudler Equipamentos Industriais Ltda.
					1:1 44.04.001-8



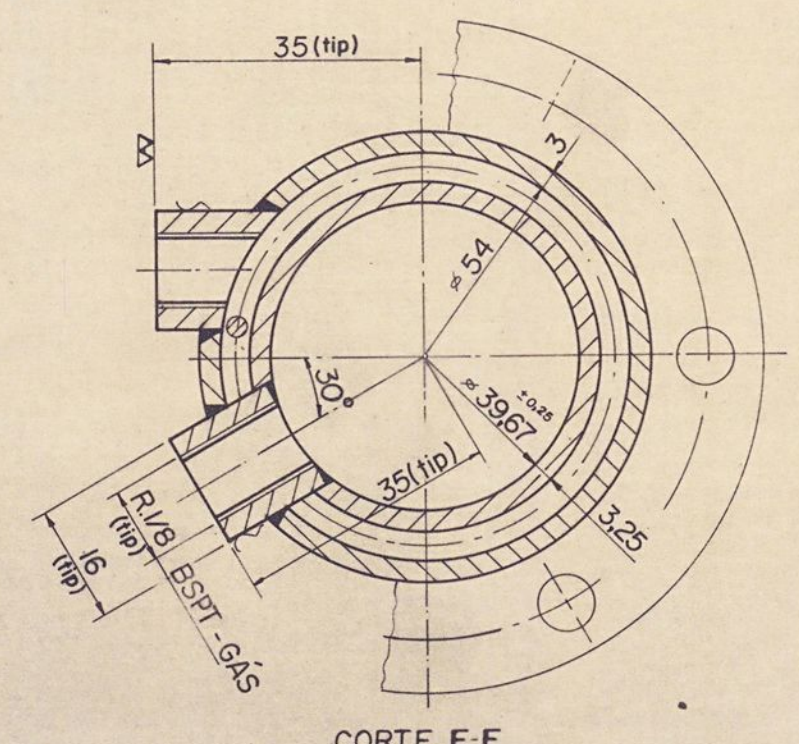
CORTE C-D



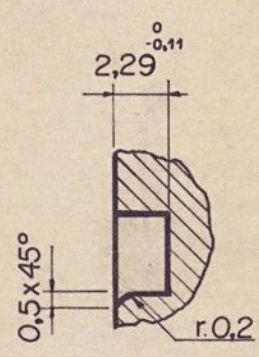
Visto de A



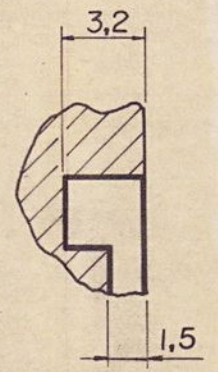
Visto de B



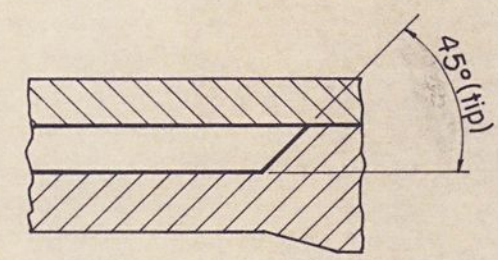
CORTE E-F



DETALHE E
ESC. 3:1



DETALHE F
ESC. 3:1



DETALHE G
ESC. 2:1

∇ (∇, ~)

Observações:

I- Cota assinalada com *, somente para referência.

POS.	QTD.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	MATERIAL	CODIFIC.	PESO WEIGHT
		CLIENTE CUSTOMER			
		REFER.		TITULO TITLE	
				CAIXA DE SELO MEC. 7/8"	
0	DES. INICIAL	DES. FINAL	APROV. A.I.	ESC. 1:1	DES. DWG. 44.03.013-6
REV.	DESCRIÇÃO DESCRIPTION	DES. DRAWN	APROV. APPR.	A.I.	



6.6. LISTAS DE MATERIAL



BOMBA CENTRÍFUGA PB-1 (64.01.002-6)

POS.	Q.	DESCRIÇÃO	MATERIAL	CÓDIGO
1	1	Voluta Ø 6" - Bruta	SA-216 WCA	03.06.023-3
1	1	Voluta Ø 6" - Vitrificada	SA-216 WCA/vit.	22.01.149-9
2	1	Rotor Ø 106 mm - Bruto	Aço Espec.	02.03.090-2
2	1	Rotor Ø 106 mm - Prê-Usin.	Aço Espec.	22.01.150-2
2	1	Rotor Ø 106 mm - Vitrif.	Aço Esp/vit.	42.47.002-3
3	1	Junta CRT "U" Ø 6"	PTFE/Kev./inox	41.14.066-6
4	1	Anel Protetor Ext. Ø	Silicone	57.01.017-7
5	1	Flange Ø 6" - Usinada	SA 285-C	21.04.030-4
5	1	Flange Ø 6" - Acabada	SA 285-C/vit.	41.56.001-0
6	8	Paraf. sex. Ø 1/2"x 2 ^{1/2} " UNC	A.C.Galv.	04.01.037-0
7	8	Porca sex. Ø 1/2" UNC	A.C.Galv.	04.20.002-0
8	8	Arruela Lisa Ø 1/2"	A.C.Galv.	04.30.002-5
9	6	Paraf. Allen Ø 1/2" x 1" UNC	A.C.Galv.	04.06.016-4
10	6	Arruelas de Pressão Ø 1/2"	A.C.Galv.	04.31.003-9
11	1	Caixa de Selo Mec. Ø 7/8"	A.C.	44.03.013-6
12	1	Anel O'ring PARKER nº 2017	Buna-N	17.03.027-2
13	6	Paraf. Allen Ø 1/4"x3/4" UNC	A.C.Galv.	04.06.017-2
14	6	Arruela de Pressão Ø 1/4"	A.C.Galv.	04.31.005-5
15	1	Anel O'ring PARKER Nº 2238	Buna-N	17.03.029-9
16	1	Caixa de Rolamento - Acabada	Bronze SAE-40 (RG-5)	44.04.001-8
17	1	Anel O'ring PARKER Nº 2237	Buna-N	17.03.025-6
18	1	Eixo Principal Ø 7/8"	SAE-1045	44.04.002-6
19	1	Plug de respiro Ø 3/8"-NPT	A.C.Galv.	03.07.014-0
20	2	Arruela de Vedação Ø 16.5 x Ø 25.4 mm	Cobre	22.01.153-7
21	1	Carcaça da Bomba - Bruta	Fofó GG-25	03.06.024-1
21	1	Carcaça da Bomba-Acabada	Fofó GG-25	22.01.151-0
22	1	Tampa (mancal) Traseira	SA285-C/SAE1010	22.01.152-9

23	1	Anel Elástico SEEGER-RENO Nº 517052	A.M.	17.02.019-6
24	1	Arruela de Ajuste	A.C.	37.01.196-7
25	1	Calço \emptyset x \emptyset x	Latão	37.01.197-5
26	6	Paraf. Allen \emptyset 3/8"x1 1/4" UNC	A.C.Galv.	04.06.018-0
27	6	Arruelas de Pressão \emptyset 3/8"	A.C.Galv.	04.31.002-0
28	1	Eixo Drawn-bar	SA 193-B7	57.01.018-5
29	1	Porca Trava Espec.	A.C.	37.01.198-3
30	1	Chaveta 5x8x40 mm	SAE 1050	22.04.130-4
31	2	Retentor SABO \emptyset 1556/BR/L/NBR	Nitrílica	22.04.143-6
32		Anel Elástico SEEGER-RENO Nº 516025	A.M.	22.04.142-8
33		Arruela de Encosto \emptyset	A.C.	22.04.141-0
34		Arruela de Encosto \emptyset	A.C.	22.04.140-1
35	2	Rolamento SKF 6205	---	22.04.139-8
36	1	Visor de Óleo sext. \emptyset 1" NPT	Acrílico	41.10.010-9
37	1	Anel de vedação do visor	Cortiça	22.04.137-1
38	1	Plug \emptyset 3/8" NPT	A.C.	03.07.014-0
39	1	Junta CRT "U" \emptyset 1"	PTFE/KEV./inox	41.14.067-4
40		Arruela de Ajuste	A.C.	22.04.135-5
41	1	Sede Superior Selo \emptyset 7/8"	Ni-Resist.	05.10.036-4
42	1	Anel O'ring \emptyset	Buna-N	17.02.028-0
43	2	Cabeça Rotat. Tipo 9 \emptyset 7/8"		05.10.037-2
44	8	Paraf. Allen \emptyset 3/8"x7/8" UNC	A.C.Galv.	04.06.009-1
45	8	Arruela de Pressão \emptyset 3/8"	A.C.	04.31.002-0
46	1	Anel O'ring \emptyset	Chemlon	17.03.026-4
47	1	Sede Inferior Selo \emptyset 7/8"	Cerâmica	05.10.038-0
48	1	Paraf. Fenda Cabeça Red. \emptyset 1/8" x 5/16" UNC	A.C.	04.04.017-1
49	2	Split-Flange \emptyset 1 1/2"	A.C.Forj.	41.13.003-2
50	1	Placa de Identificação	Inox 304	97.01.310-1
51		Calço \emptyset x \emptyset x	Latão	37.01.200-9

52		Calço \emptyset x \emptyset x	Latão	37.01.199-1
53	1	Arruela de Encosto \emptyset	A.C.	22.04.132-0
54	1	Arruela de Encosto \emptyset	A.C.	22.04.131-2
55	1	Acoplamento Rígido Teteflex-D3		22.04.153-3
56	1	Chapa Base		37.01.201-7
57	1	Motor		(*)
58	4	Paraf. Sex. p/fixação do Motor \emptyset 3/8" x 1 ¹ / ₂ "	A.C.Galv.	04.01.035-3
59	4	Arruela de Pressão \emptyset 3/8"	A.C.Galv.	04.31.002-0
60	2	Calço p/ motor	A.C.	(**)
61	4	Paraf. Allen p/ fixação do Calço do Motor \emptyset 1/2" x 2"	A.C.Galv.	04.05.003-7
62	1	Proteção do Acoplamento	A.C.	37.01.202-5
63	2	Paraf. sext. p/ fixação da Prot. Acoplamento \emptyset 1/4"x3/4"	A.C.Galv.	04.04.011-2
64	2	Arruela Lisa \emptyset 1/4"	A.C.	04.30.008-4
65	1	Suporte do Lubrificador	A.C.	37.01.203-3
66	2	Parafuso sex. p/ fixação do Suporte do Lubrif. \emptyset 3/8" x 1"	A.C.Galv.	04.02.001-4
67	2	Arruela Lisa \emptyset 3/8"	A.C.Galv.	04.30.003-3
68	2	Parafuso sex. p/ fixação do Lubrificador \emptyset 3/8" x 1"	A.C.Galv.	04.02.001-4
69	2	Porca \emptyset 3/8"	A.C.Galv.	04.20.003-9
70	2	Arruela Lisa \emptyset 3/8"	A.C.Galv.	04.30.003-3
71	1	Conjunto Lubrificador Pressurizado p/ Bomba	Diversos	
72	4	Paraf. sex. p/ fixação da Carcaça da Bomba \emptyset 1/2"x 1 ³ / ₄ "	A.C.Galv.	04.01.009-4
73	4	Arruela de Pressão \emptyset 1/2"	A.C.Galv.	04.31.003-9

(*) Motor será definido para cada cliente, de acordo com as condições de trabalho da bomba.

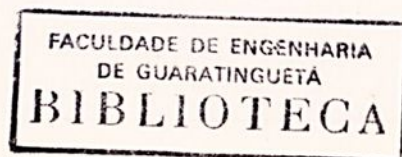
(**) Calço será definido de acordo com o motor utilizado.



BOMBA CENTRÍFUGA PB-2 (64.01.003-4)

POS.	Q.	DESCRIÇÃO	MATERIAL	CÓDIGO
1	1	Voluta Ø 6" - Bruta	SA-216 WCA	03.06.023-3
1	1	Voluta Ø 6" - Vitrificada	SA-216 WCA/vit.	22.01.149-9
2	1	Rotor Ø 126 mm - Bruto	Aço Espec.	02.03.100-0
2	1	Rotor Ø 126 mm - Pré-Usinado	Aço Espec.	22.01.154-5
2	1	Rotor Ø 126 mm - Vitificado	Aço Esp./vit.	42.47.003-1
3	1	Junta CRT "U" Ø 6"	PTFE/Kev./inox	41.14.066-6
4	1	Anel Protetor Ext. Ø	Silicone	57.01.017-7
5	1	Flange Ø 6" - Usinada	SA 285-C	21.04.030-4
5	1	Flange Ø 6" - Acabada	SA 285-C/vit.	41.56.001-0
6	8	Parafuso sex. Ø 1/2"x 2 1/2" UNC	A.C.Galv.	04.01.037-0
7	8	Porca sex. Ø 1/2" UNC	A.C.Galv.	04.20.002-0
8	8	Arruela Lisa Ø 1/2"	A.C.Galv.	04.30.002-5
9	6	Paraf. Allen Ø 1/2" x 1" UNC	A.C.Galv.	04.06.016-4
10	6	Arruela de Pressão Ø 1/2"	A.C.Galv.	04.31.003-9
11	1	Caixa de Selo Mec. Ø 7/8"	A.C.	44.03.013-6
12	1	Anel O'ring PARKER Nº 2017	Buna-N	17.03.027-2
13	6	Paraf. Allen Ø 1/4" x 3/4" UNC	A.C.Galv.	04.06.017-2
14	6	Arruela de Pressão Ø 1/4"	A.C.Galv.	04.31.005-5
15	1	Anel O'ring PARKER Nº 2238	Buna-N	17.03.029-9
16	1	Caixa de Rolamento-Acabada	Bronze SAE-40 (RG-5)	44.04.001-8
17	1	Anel O'ring PARKER Nº 2237	Buna-N	17.03.025-6
18	1	Eixo Principal Ø 7/8"	SAE- 1045	44.04.002-6
19	1	Plug de respiro Ø 3/8"-NPT	A.C.Galv.	03.07.014-0
20	2	Arruela de Vedação Ø 16.5 x Ø 25.4 mm	Cobre	22.01.153-7
21	1	Carcaça da Bomba-Bruta	Fofo GG-25	03.06.024-1

000291



21	1	Carcaça da Bomba - Acabada	Fofo GG-25	22.01.151-0
22	1	Tampa (mancal) Traseira	SA285-C/SAE1010	22.01.152-9
23	1	Anel Elástico SEEGER-RENO Nº 517052	A.M.	17.02.019-6
24	1	Arruela de Ajuste	A.C.	37.01.196-7
25	1	Calço \emptyset x \emptyset x	Latão	37.01.197-5
26	6	Paraf. Allen \emptyset 3/8" x 1 ^{1/4} "UNC	A.C.Galv.	04.06.018-0
27	6	Arruelas de Pressão \emptyset 3/8"	A.C.Galv.	04.31.002-0
28	1	Eixo Drawn-bar	SA 193-B7	57.01.018-5
29	1	Porca Trava Espec.	A.C.	37.01.198-3
30	1	Chaveta 5x8x40 mm	SAE 1050	22.04.130-4
31	2	Retentor SABO \emptyset 1556/BR/L/NBR	Nitrilica	22.04.143-6
32		Anel Elástico SEEGER-RENO Nº 516025	A.M.	22.04.142-8
33		Arruela de Encosto \emptyset	A.C.	22.04.141-0
34		Arruela de Encosto \emptyset	A.C.	22.04.140-1
35	2	Rolamento SKF 6205	---	22.04.139-8
36	1	Visor de Óleo sext. \emptyset 1" NPT	Acrílico	41.10.010-9
37	1	Anel de vedação do visor	Cortiça	22.04.137-1
38	1	Plug \emptyset 3/8" NPT	A.C.	03.07.014-0
39	1	Junta CRT "U" \emptyset 1"	PTFE/KEV./inox	41.14.067-4
40		Arruela de Ajuste	A.C.	22.04.135-5
41	1	Sede Superior Selo \emptyset 7/8"	Ni-Resist.	05.10.036-4
42	1	Anel O'ring \emptyset	Buna-N	17.03.028-0
43	2	Cabeça Rotat. Tipo 9 \emptyset 7/8"		05.10.037-2
44	8	Paraf. Allen \emptyset 3/8" x 7/8" UNC	A.C.Galv.	04.06.009-1
45	8	Arruela de Pressão \emptyset 3/8"	A.C.	04.31.002-0
46	1	Anel O'ring \emptyset	Chemlon	17.03.026-4
47	1	Sede Inferior Selo \emptyset 7/8"	Cerâmica	05.10.038-0
48	1	Parafuso Fenda Cabeça Red. \emptyset 1/8" x 5/16" UNC	A.C.	04.04.017-1



49	2	Split - Flange \emptyset 1 1/2"	A.C. Forj	41.13.003-2
50	1	Placa de Identificação	Inox 304	97.01.310-1
51		Calço \emptyset x \emptyset x	Latão	37.01.200-9
52		Calço \emptyset x \emptyset x	Latão	37.01.199-1
53	1	Arruela de Encosto \emptyset	A.C.	22.04.132-0
54	1	Arruela de Encosto \emptyset	A.C.	22.04.131-2
55	1	Acoplamento Rígido Teteflex-D3		22.04.153-3
56	1	Chapa Base		37.01.201-7
57	1	Motor		(*)
58	4	Paraf. sex. p/ fixação do Motor \emptyset 3/8" x 1 1/2"	A.C.Galv.	04.01.035-3
59	4	Arruela de Pressão \emptyset 3/8"	A.C.Galv.	04.31.002-0
60	2	Calço p/ motor	A.C.	(**)
61	4	Paraf. Allen p/ fixação do Calço do motor \emptyset 1/2" x 2"	A.C.Galv.	04.05.003-7
62	1	Proteção do Acoplamento	A.C.	37.01.202-5
63	2	Paraf. Sex. p/ fixação da Prot. Acoplamento \emptyset 1/4"x3/4"	A.C.Galv.	04.04.011-2
64	2	Arruela Lisa \emptyset 1/4"	A.C.	04.30.008-4
65	1	Suporte do Lubrificador	A.C.	37.01.203-3
66	2	Paraf. sex. p/ fixação do Suporte do Lubrif. \emptyset 3/8" x 1"	A.C.Galv.	04.02.001-4
67	2	Arruela Lisa \emptyset 3/8"	A.C.Galv.	04.30.003-3
68	2	Paraf. sex. p/ fixação do Lubrificador \emptyset 3/8" x 1"	A.C.Galv.	04.02.001-4
69	2	Porca \emptyset 3/8"	A.C.Galv.	04.20.003-9
70	2	Arruela Lisa \emptyset 3/8"	A.C.Galv.	04.30.003-3
71	1	Conjunto Lubrificador Pressurizado para Bomba	Diversos	
72	4	Paraf. sex. p/ fixação da carcaça da Bomba \emptyset 1/2"x 1 3/4"	A.C.Galv.	04.01.009-4

73 4 Arruela de Pressão Ø 1/2" A.C.Galv. 04.31.003-9

(*) Motor será definido para cada cliente, de acordo com as condições de trabalho da bomba.

(**) Calço será definido de acordo com o motor utilizado.

PLANTÃO DA CONSULTA



VIII APÊNDICE I

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PSOMANA - PBO - PAPER

TITULO DO PROJETO: "ANÁLISE DE PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VIBRANÇO E REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA"

NOME DA EMPRESA: []

CARACTERÍSTICAS DA BOMBA

TIPO	UNIDADE	VALOR
TIPO DE BOMBA		
TIPO DE MOTOR		
TIPO DE FLUIDO		
TIPO DE MATERIAL		
TIPO DE VÁLVULA		
TIPO DE ENROLAMENTO		
TIPO DE MANEIO		
TIPO DE MONTAGEM		
TIPO DE BOMBA		
TIPO DE MOTOR		
TIPO DE FLUIDO		
TIPO DE MATERIAL		
TIPO DE VÁLVULA		
TIPO DE ENROLAMENTO		
TIPO DE MANEIO		
TIPO DE MONTAGEM		

PLANILHAS DA CONSULTA

CARACTERÍSTICAS DO MOTOR

TIPO	UNIDADE	VALOR
TIPO DE MOTOR		
TIPO DE FLUIDO		
TIPO DE MATERIAL		
TIPO DE VÁLVULA		
TIPO DE ENROLAMENTO		
TIPO DE MANEIO		
TIPO DE MONTAGEM		

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 06 . / . 06 . / 1990.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

ACESITA - USINA SIDERÚRGICA

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		H NO 3
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		70 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	60
DENSIDADE		-
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		INOX
VAZÃO	[m ³ /h]	60
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	10
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	2,5
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	4
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	3
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	10
CARÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .06. / .06. / 1990.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		HE
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		54 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	60
DENSIDADE		-
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		TEFLON / GRAFITE
VAZÃO	[m ³ /h]	60
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	10
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	2,5
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	4
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	3
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	10
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 15 . / . 07 . / 1989 .

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

AJINOMOTO

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		LICOR
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		20 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	18
DENSIDADE		1,18
FABRICANTE		OMEL
MATERIAL (PROTEÇÃO)		INOX 316
VAZÃO	[m ³ /h]	80
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	30
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	4
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	3
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FLEXIBOX
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	80 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	380
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	30
CARGAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .15. / .07. / 1980.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA"

NOME DA EMPRESA

AJINOMOTO

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		LICOR
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		60 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	25
DENSIDADE		1,1
FABRICANTE		KSB
MATERIAL (PROTEÇÃO)		INOX 304
VAZÃO	[m ³ /h]	24
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	20
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1 1/2
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FLEXIBOX
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	380
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	6
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 15 / . 07 . / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA"

NOME DA EMPRESA

AJINOMOTO

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		DRENO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		0,1 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	30
DENSIDADE		1,01
FABRICANTE		OMEL
MATERIAL (PROTEÇÃO)		INOX 316
VAZÃO	[m ³ /h]	60
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	25
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	3
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	2 1/2
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FLEXIBOX
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	380
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	15
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
 Faculdade de Engenharia
 PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .18./05./1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
 VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

BASF

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		TOLUOL
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	120 a 180
DENSIDADE		1,0
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		-
VAZÃO	[m ³ /h]	7,5
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	6
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		-
VOLTAGEM	[V]	-
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	2
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 30 . / . 05 . / 1980 .

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

BAYER DO BRASIL S/A

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		ÁCIDO CLORÍDRICO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		5 a 31 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	- 5 a 30
DENSIDADE		1,2
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		-
VAZÃO	[m ³ /h]	10
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	30
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	0,2
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	2 1/2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	2
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO DUPLA
ACOPLAMENTO		ELÁSTICO
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	220
ROTAÇÃO	[RPM]	3480
GRAU DE PROTEÇÃO		A PROVA DE EXPLOÇÃO
POTÊNCIA	[CV]	5
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .30./...05./1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA"

NOME DA EMPRESA BAYER DO BRASIL S/A

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		HIPOCLORITO DE SÓDIO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		5 a 15 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	AMBIENTE
DENSIDADE		1,18
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		-
VAZÃO	[m ³ /h]	6
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	30
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	0,2
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	2 1/2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	2
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO DUPLA
ACOPLAMENTO		ELÁSTICO
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	220
ROTAÇÃO	[RPM]	3480
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	3
CARÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .20. / .05. / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

C B E

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		ÁCIDO CLORÍDRICO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		20 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	110
DENSIDADE		1,08
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		-
VAZÃO	[m ³ /h]	6
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	26
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	AFOGADA
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	3,0
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	2,0
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	1,38 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	3
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .05. / .04. / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA"

NOME DA EMPRESA

CIA NITRO QUÍMICA BRASILEIRA

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		ÁCIDO SULFÚRICO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		69 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	50
DENSIDADE		- 1,6
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		POLIPROPILENO
VAZÃO	[m ³ /h]	30
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	35
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	0,7
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	4,0
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1 1/2
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		HIDRODINÂMICO
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	4,8 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	3500
GRAU DE PROTEÇÃO		IP 55
POTÊNCIA	[CV]	15
CARCAÇA TIPO		122 M
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 14 . / . 06 . . / 1988 .

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

COLGATE / PALMOLIVE

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		H ₂ SO ₄
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		70 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	110
DENSIDADE		-
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		-
VAZÃO	[m ³ /h]	12
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	13
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		-
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		-
VOLTAGEM	[V]	-
ROTAÇÃO	[RPM]	1800
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	5
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 15 . / . 05 . / 1980.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

DOW QUÍMICA - POLO PETROQUÍMICO - ARATU

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		HIDROCARBONETOS CLORADOS
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	-
DENSIDADE		40
FABRICANTE		1,14
MATERIAL (PROTEÇÃO)		O MEL
VAZÃO	[m ³ /h]	MONEL
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	2,5
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	43
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	0,28
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	6,2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1 1/2
NPSH DISPONÍVEL	[m]	1
VEDAÇÃO DO EIXO		4,0
ACOPLAMENTO		SELO MECÂNICO
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	FALK
		0,9 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	3490
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	7,5
CARCAÇA TIPO		55 - TIPO QUÍMICO
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .15. / .05. / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

DOW QUÍMICA - POLO PETROQUÍMICO - ARATU

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		ÁCIDO ORGÂNICO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	150
DENSIDADE		1,35
FABRICANTE		DWRGO
MATERIAL (PROTEÇÃO)		HASTELLOY - C
VAZÃO	[m ³ /h]	11,37
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	15,0
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	0,8
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	2,73
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1
NPSH DISPONÍVEL	[m]	0,31
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		WOODS
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	1,7 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	3
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .15. / .05. / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

DOW QUÍMICA - POLO PETROQUÍMICO - ARATU

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		ÁCIDO ORGÂNICO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		SOLUÇÃO
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	120
DENSIDADE		1,33
FABRICANTE		DURCO
MATERIAL (PROTEÇÃO)		MONEL
VAZÃO	[m ³ /h]	3,4
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	13,7
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	2,52
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	4,21
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	3"
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	2"
NPSH DISPONÍVEL	[m]	1,22
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		WOODS
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	2,0 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	5
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA 15 / 05 / 1999.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

DOW QUÍMICA - POLO PETROQUÍMICO - ARATU

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		LÍQUIDO DE PROCESSO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	45
DENSIDADE		1,7
FABRICANTE		GOULDS
MATERIAL (PROTEÇÃO)		INOX - 316
VAZÃO	[m ³ /h]	4,5
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	16,9
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	1,75
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	4,51
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	2"
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1"
NPSH DISPONÍVEL	[m]	0,55
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		METASTREAM
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	0,6 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		GE
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	3
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .30../.05./1980.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

DU PONT

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		H NO 3
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		54
TEMP. DE OPERAÇÃO [°C]		40
DENSIDADE		1,34
FABRICANTE		AFLON
MATERIAL (PROTEÇÃO)		P.P.
VAZÃO [m ³ /h]		1,2
ALT. MANOMÉTRICA [mca]		8
PRESSÃO SUÇÃO [ATM]		-
PRESSÃO DESCARGA [ATM]		-
DIAM. BOCAL SUÇÃO [pol]		1 1/2
DIAM. BOCAL DESCARGA [pol]		1
NPSH DISPONÍVEL [m]		-
VEDAÇÃO DO EIXO		MAGNÉTICA
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA [kg/ms]		-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM [V]		220
ROTAÇÃO [RPM]		1750
GRAU DE PROTEÇÃO		IP-54
POTÊNCIA [CV]		2
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 30 / . 05 . / 1999 .

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

DU PONT

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		H ₂ SO ₄
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		98
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	40
DENSIDADE		1,83
FABRICANTE		AFLON
MATERIAL (PROTEÇÃO)		P.P.
VAZÃO	[m ³ /h]	0,9
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	8
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	1 1/2"
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1"
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		MAGNÉTICA
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	220
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		IP-54
POTÊNCIA	[CV]	2
GARÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
 Faculdade de Engenharia
 PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . . 30 / . . 06 / 1980.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
 VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

DU PONT

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		ÓLEO MINERAL
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		20 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	30
DENSIDADE		1,915
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		ALLOY 20
VAZÃO	[m ³ /h]	20
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	16
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	3,9 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	4
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
 Faculdade de Engenharia
 PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 30. / . 06. / 1980.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
 VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

DU PONT

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		H ₂ SO ₄
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		98 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	30
DENSIDADE		1,84
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		HASTELLOY C
VAZÃO	[m ³ /h]	20
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	6
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONIVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	2,5 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	4
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA 30. / . 05. / 1980.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

EMCA

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		H ₂ SO ₄
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		88 a 90 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	AMBIENTE
DENSIDADE		1,78
FABRICANTE		WORTHINGTON
MATERIAL (PROTEÇÃO)		-
VAZÃO	[m ³ /h]	30
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	30
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	2 1/2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	2
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		GE
VOLTAGEM	[V]	220
ROTAÇÃO	[RPM]	3500
GRAU DE PROTEÇÃO		TFVE
POTÊNCIA	[CV]	15,0
CARGAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 30 / . 05 . / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

EMCA

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		Al. Cl. 3
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		38 a 42 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	51
DENSIDADE		1,15 a 1,30
FABRICANTE		WORTHINGTON
MATERIAL (PROTEÇÃO)		HASTELLOY B
VAZÃO	[m ³ /h]	3,0
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	43
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	1 1/2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1
NPSH DISPONÍVEL	[m]	1,5
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		GE
VOLTAGEM	[V]	380
ROTAÇÃO	[RPM]	3500
GRAU DE PROTEÇÃO		TFVE
POTÊNCIA	[CV]	7,5
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 05 . / . 04 . / 1980 .

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

HOECHST

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		ÁCIDO CLORÍDRICO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		32 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	35
DENSIDADE		1,17
FABRICANTE		SCHOTT
MATERIAL (PROTEÇÃO)		VIDRO/TEFLON
VAZÃO	[m ³ /h]	1,0
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	15
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	1,0
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	2,0
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	1"
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1"
NPSH DISPONÍVEL	[m]	0,5
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		RÍGIDO
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		-
VOLTAGEM	[V]	220
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		IP-54
POTÊNCIA	[CV]	1,0
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .Q5. / . . . Q4. / 1980.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

HOECHST

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		HIPOCLORITO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	AMBIENTE
DENSIDADE		1,24
FABRICANTE		KLAUS - UNION
MATERIAL (PROTEÇÃO)		TITÂNIO
VAZÃO	[m ³ /h]	30
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	2,5
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	1,0
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	2,0
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	3
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	2
NPSH DISPONÍVEL	[m]	3,0
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		ELÁSTICO
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	3600
GRAU DE PROTEÇÃO		IP-54
POTÊNCIA	[CV]	10
CARGA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 05 / . 04 / 1999.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

HOECHST

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		CLORAL
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		97,5
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	100
DENSIDADE		1,5
FABRICANTE		SIGRI
MATERIAL (PROTEÇÃO)		GRAFITE
VAZÃO	[m ³ /h]	5
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	20
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	1,0
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	2,5
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	2 1/2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	2
NPSH DISPONÍVEL	[m]	2,0
VEDAÇÃO DO EIXO		GAXETA
ACOPLAMENTO		ELÁSTICO
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		IP-54
POTÊNCIA	[CV]	3
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .08. / .04. / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA"

NOME DA EMPRESA

IMBRA S/A

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		H ₂ SO ₄
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		60 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	70
DENSIDADE		1,6
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		-
VAZÃO	[m ³ /h]	5
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	20
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	1
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	3/4
NPSH DISPONÍVEL	[m]	2,0
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WFG
VOLTAGEM	[V]	220
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		IP-54
POTÊNCIA	[CV]	1
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		4

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA 15. / 06. / 1980.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA"

NOME DA EMPRESA INDUSTRIA QUÍMICA RESENDE - IQR

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		TOLUOL - XILOL
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	10 a 150
DENSIDADE		1,3
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		TEFLON
VAZÃO	[m ³ /h]	14
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	35
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		EALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1800
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	10
CARÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . . 15 / . . 06 . . / 1989 . .

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA INDÚSTRIA QUÍMICA RESENDE - IQR

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		SOLVENTES
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	40
DENSIDADE		0,94
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		TEFLON
VAZÃO	[m ³ /h]	14
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	35
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	2,1 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1800
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	10
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 15 . / . 06 . / 1989 .

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

INDÚSTRIA QUÍMICA RESENDE - IQR

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		SOLVENTES
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	40
DENSIDADE		0,94
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		TEFLON
VAZÃO	[m ³ /h]	8
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	28
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	2,1 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1800
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	7,5
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .15. / .06. / 1980.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA"

NOME DA EMPRESA

INDÚSTRIA QUÍMICA RESENDE - IQR

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		SOLVENTES
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	40
DENSIDADE		0,94
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		TEFLON
VAZÃO	[m ³ /h]	14
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	20
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	2,1 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1800
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	7,5
CARÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 05 . / . 04 . / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

NITROCOLOR

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		SUSPENSÃO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		32 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	40
DENSIDADE		1,5
FABRICANTE		OMEL
MATERIAL (PROTEÇÃO)		HASTELLOY B
VAZÃO	[m ³ /h]	30
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	40
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	7,0
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO DUPLO
ACOPLAMENTO		FLEXÍVEL
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	3500
GRAU DE PROTEÇÃO		EX-E
POTÊNCIA	[CV]	20
CARÇAÇA TIPO		TEVE
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 05 . / . 04 . / 1989 .

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

NITROCOLOR

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		HCL + ORGÂNICOS
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	40 a 60
DENSIDADE		1,1
FABRICANTE		OMEL
MATERIAL (PROTEÇÃO)		HASTELLOY B
VAZÃO	[m ³ /h]	5
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	20
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	7,0
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FLEXÍVEL
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	3500
GRAU DE PROTEÇÃO		EX-E
POTÊNCIA	[CV]	5
CARCAÇA TIPO		TFVE
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 05 . / . 04 . . / 1980 .

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

NITROCOLOR

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		HCL + ORGÂNICOS
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	40 a 60
DENSIDADE		1,1
FABRICANTE		KSB
MATERIAL (PROTEÇÃO)		HASTELLOY B
VAZÃO	[m ³ /h]	15
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	40
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	2,0
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		FLEXÍVEL
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	3500
GRAU DE PROTEÇÃO		EX-E
POTÊNCIA	[CV]	10
CARÇAÇA TIPO		TFVE
CLASSE DE ISOLAMENTO		B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA 08. / . 04. / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

NORTEC - NORDESTE QUÍMICA DESENV. TEC. LTDA.

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		ACETONA
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		50 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	- 5 a 55
DENSIDADE		0,9
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		AISI 316
VAZÃO	[m³/h]	5
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	30
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	1 1/2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1 1/2
NPSH DISPONÍVEL	[m]	1,0
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	1 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	380
ROTAÇÃO	[RPM]	3500
GRAU DE PROTEÇÃO		IP-54
POTÊNCIA	[CV]	5
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		A PROVA DE EXPLOÇÃO

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 08. / . 04. . / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA"

NOME DA EMPRESA NORTEC. NORDESTE QUÍMICA DESENV; TEC. LTDA.

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		HCl
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		33 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	AMBIENTE
DENSIDADE		1,19
FABRICANTE		AFLON
MATERIAL (PROTEÇÃO)		PTFE
VAZÃO	[m ³ /h]	5
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	30
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	1 1/2"
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1 1/2"
NPSH DISPONÍVEL	[m]	2,0
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	1 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	380 V
ROTAÇÃO	[RPM]	3600
GRAU DE PROTEÇÃO		IP-54
POTÊNCIA	[CV]	5
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		A PROVA DE EXPLOÇÃO

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .08. / .04. / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

NORTEC - NORDESTE QUÍMICA DESENV. TEC. LTDA.

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		CLORETOS
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		100 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	AMBIENTE
DENSIDADE		1,5
FABRICANTE		OMEL
MATERIAL (PROTEÇÃO)		HASTELLOY C
VAZÃO	[m ³ /h]	3
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	20
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	1 1/2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1 1/2
NPSH DISPONÍVEL	[m]	1,0
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	1 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	380
ROTAÇÃO	[RPM]	3500
GRAU DE PROTEÇÃO		IP-54
POTÊNCIA	[CV]	3
CARÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		A PROVA DE EXPLOÇÃO

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA .14. / .06. / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA"

NOME DA EMPRESA

PETROFLEX

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		HC2
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	51
DENSIDADE		0,938
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		INOX
VAZÃO	[m ³ /h]	9
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	60
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	7,0
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	0,98 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		-
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	15
GARÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
 Faculdade de Engenharia
 PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 30. / . 07. . / 1989.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
 VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

RHODIA

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		HC& + H ₂ O + FENOL
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	45
DENSIDADE		1,112
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		-
VAZÃO	[m ³ /h]	2,0
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	34,0
PRESSÃO SUÇÇÃO	[ATM]	-
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	7,5
DIAM. BOCAL SUÇÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	-
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		-
VOLTAGEM	[V]	-
ROTAÇÃO	[RPM]	3500
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	10
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
 Faculdade de Engenharia
 PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 30. / . 07. / 1990.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
 VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

RHODIA

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		HCl + H ₂ O + FENOL
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		-
TEMP. DE OPERAÇÃO [°C]		45
DENSIDADE		1,112
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		-
VAZÃO [m ³ /h]		2,4
ALT. MANOMÉTRICA [mca]		36
PRESSÃO SUGÇÃO [ATM]		-
PRESSÃO DESCARGA [ATM]		7,5
DIAM. BOCAL SUGÇÃO [pol]		-
DIAM. BOCAL DESCARGA [pol]		-
NPSH DISPONÍVEL [m]		9,1
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA [kg/ms]		-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		-
VOLTAGEM [V]		-
ROTAÇÃO [RPM]		1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA [CV]		5
CARÇAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 30 / . 08 . / 1980.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

RHODIA - AGRO

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		ÁCIDO NÍTRICO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		99 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	30
DENSIDADE		1,5
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		-
VAZÃO	[m ³ /h]	10
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	20
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	1,0
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	3,3
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	1 1/2
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1
NPSH DISPONÍVEL	[m]	5,5
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO
ACÓPLAMENTO		FALK
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	1,18 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		WEG
VOLTAGEM	[V]	380
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	3
CARGAÇA TIPO		100 J
GLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 25 . / . . . 08 . / 1989 .

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

ROCHE - PRODUTOS QUÍMICOS E FARMACEUTICOS

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		ÁCIDO CLORÍDRICO
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		35 a 37 %
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	AMBIENTE
DENSIDADE		1,17
FABRICANTE		NGK
MATERIAL (PROTEÇÃO)		-
VAZÃO	[m ³ /h]	-
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	3,6
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	12
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	-
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	1
NPSH DISPONÍVEL	[m]	1
VEDAÇÃO DO EIXO		-
ACOPLAMENTO		SELO MECÂNICO
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	-

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		ARNO
VOLTAGEM	[V]	220
ROTAÇÃO	[RPM]	1730
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	4
CARCAÇA TIPO		112 LX
CLASSE DE ISOLAMENTO		E. CAT. B

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETA
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 02. / . 05. / 1980.

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

SETAL - ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES LTDA.

C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		HCl + Ar Cl ₄
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		SOLUÇÃO
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	55
DENSIDADE		0,992
FABRICANTE		WUBION CO.
MATERIAL (PROTEÇÃO)		REVEST. COM TEFLON
VAZÃO	[m ³ /h]	110
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	15,1
PRESSÃO SUCÇÃO	[ATM]	0,96
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	2,30
DIAM. BOCAL SUCÇÃO	[pol]	4
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	3
NPSH DISPONÍVEL	[m]	16
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO DUPLA - CERAM + CARVÃO
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	1,2 x 10 ⁻³

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		-
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	15
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

UNESP - CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
Faculdade de Engenharia
PROGRAMA FEG - FAPESP

DATA . 02 . / . 05 . . / 1980 .

FINALIDADE : " OTIMIZAÇÃO EM PROJETO DE BOMBAS HIDRÁULICAS
VISANDO A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA "

NOME DA EMPRESA

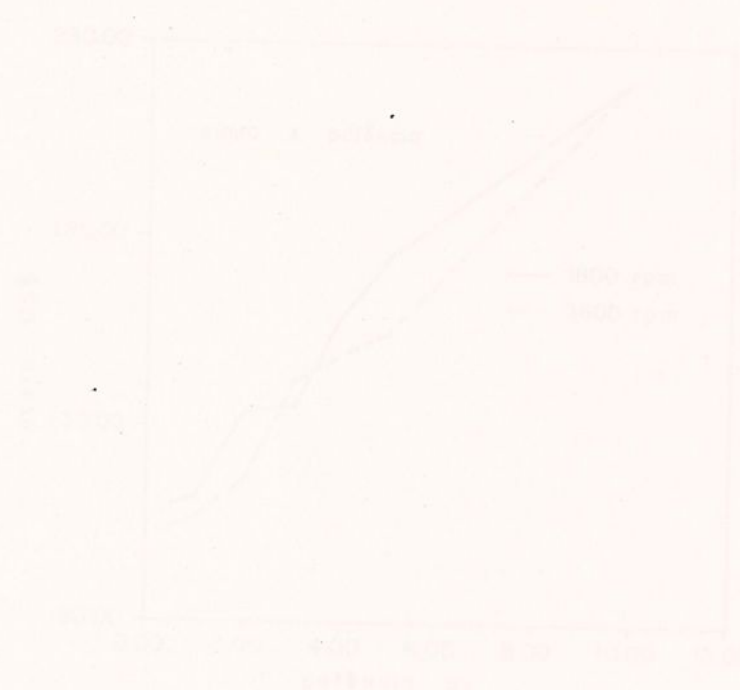
C A R A C T E R Í S T I C A S D A B O M B A

TIPO		CENTRÍFUGA - 1 ESTÁGIO
PRODUTO BOMBEADO		SOLUÇÃO DE HCl
CONCENTRAÇÃO DO PRODUTO		32%
TEMP. DE OPERAÇÃO	[*C]	65
DENSIDADE		1,15
FABRICANTE		-
MATERIAL (PROTEÇÃO)		GRAFITE
VAZÃO	[m ³ /h]	3,0
ALT. MANOMÉTRICA	[mca]	7,8
PRESSÃO SUÇÃO	[ATM]	0,2
PRESSÃO DESCARGA	[ATM]	1,1
DIAM. BOCAL SUÇÃO	[pol]	-
DIAM. BOCAL DESCARGA	[pol]	-
NPSH DISPONÍVEL	[m]	9,6
VEDAÇÃO DO EIXO		SELO MECÂNICO SIMPLES
ACOPLAMENTO		-
VISCOSIDADE DINÂMICA	[kg/ms]	$1,6 \times 10^{-3}$

C A R A C T E R Í S T I C A S D O M O T O R

MARCA		
VOLTAGEM	[V]	440
ROTAÇÃO	[RPM]	1750
GRAU DE PROTEÇÃO		-
POTÊNCIA	[CV]	2
CARCAÇA TIPO		-
CLASSE DE ISOLAMENTO		-

IX APÊNDICE II



GRÁFICOS DAS CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES ELÉTRICOS

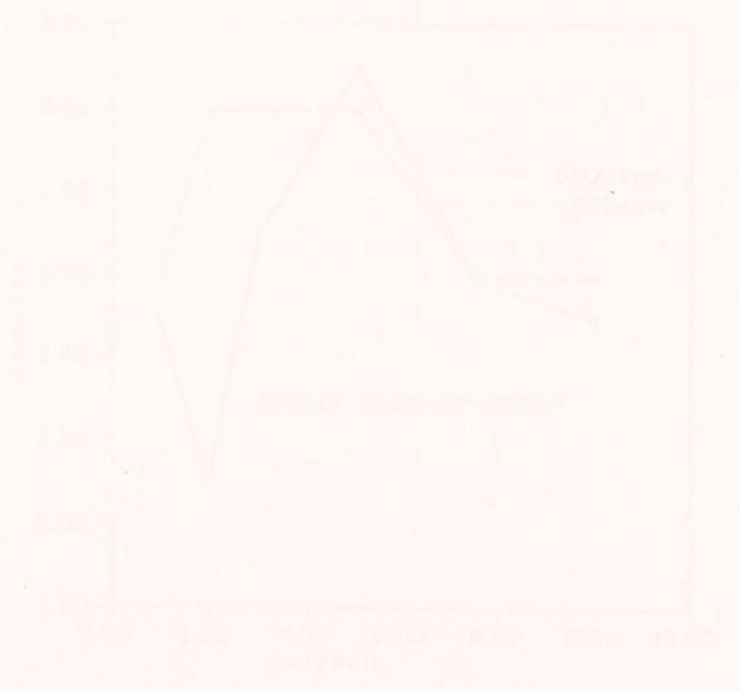


FIG. 44 Torque nominal versus velocidade

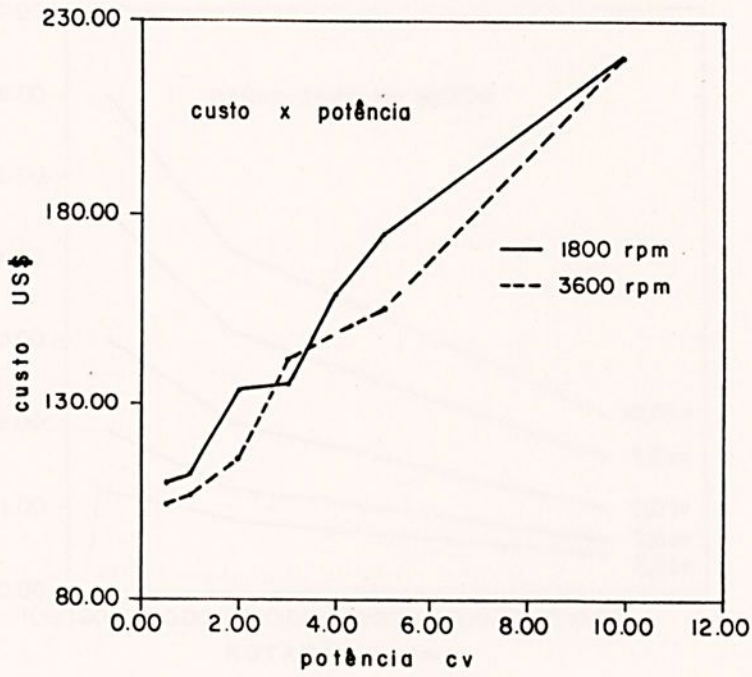


FIG. 43 Custo versus Potência

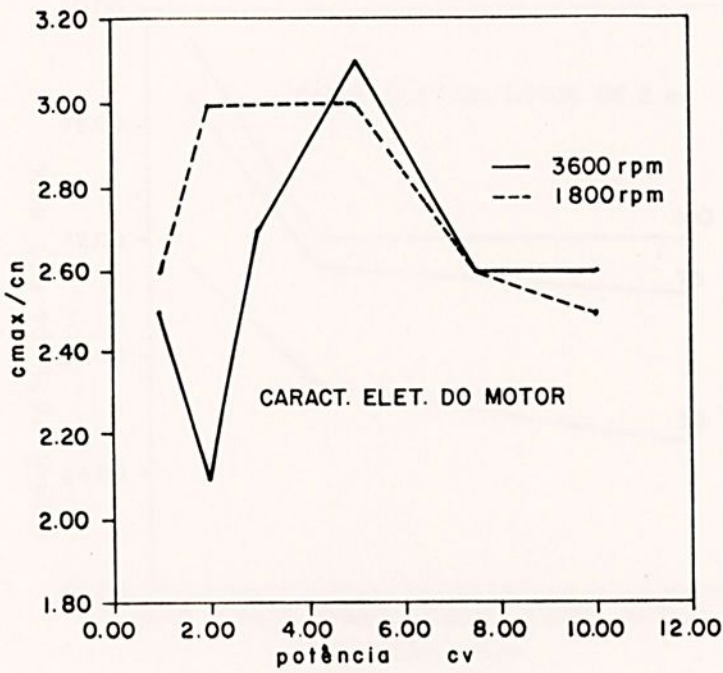


FIG. 44 Conj.max / Conj. nominal versus Potência

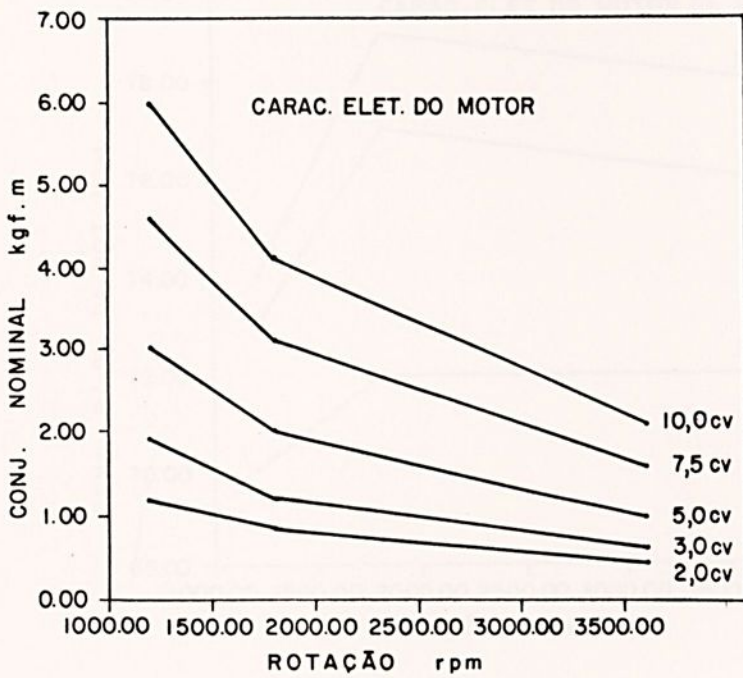


FIG. 45 Conjugado nominal versus rotação

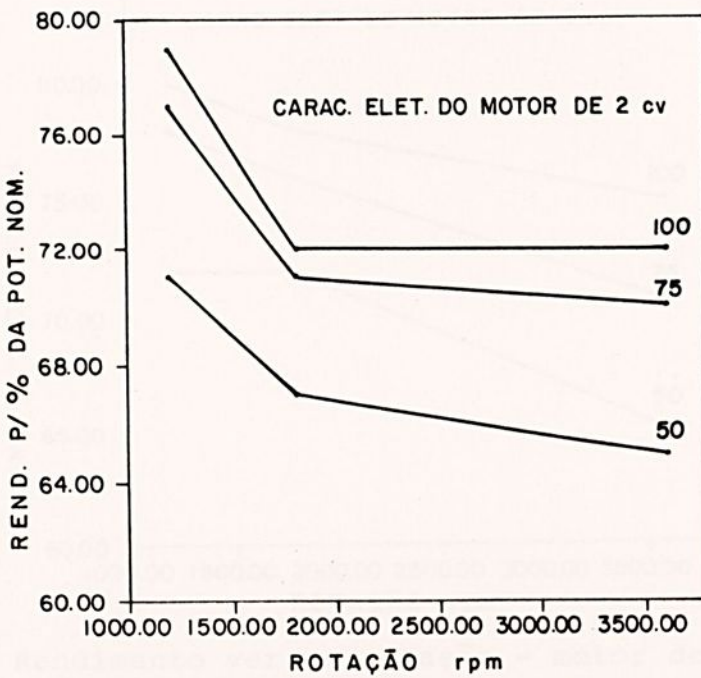


FIG. 46 Rendimento versus rotação - motor de 2 CV

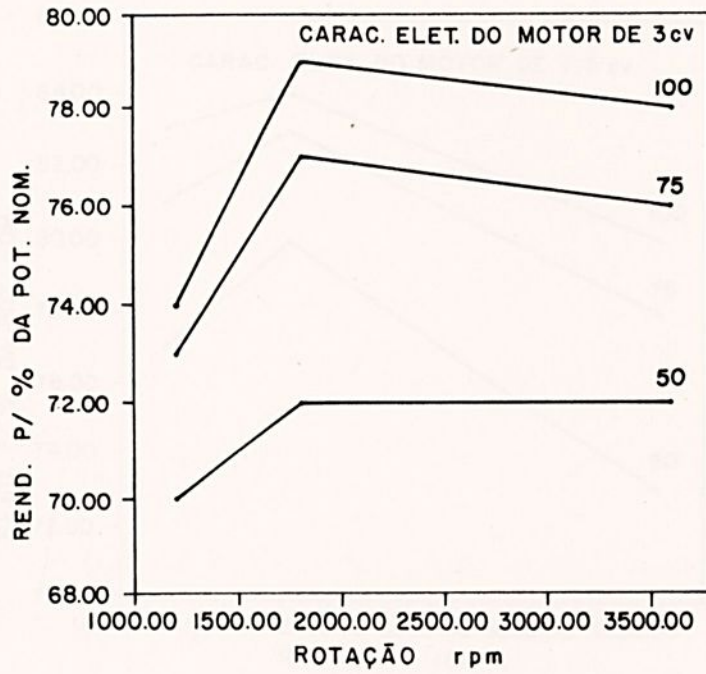


FIG. 47 Rendimento versus rotação - motor de 3 CV

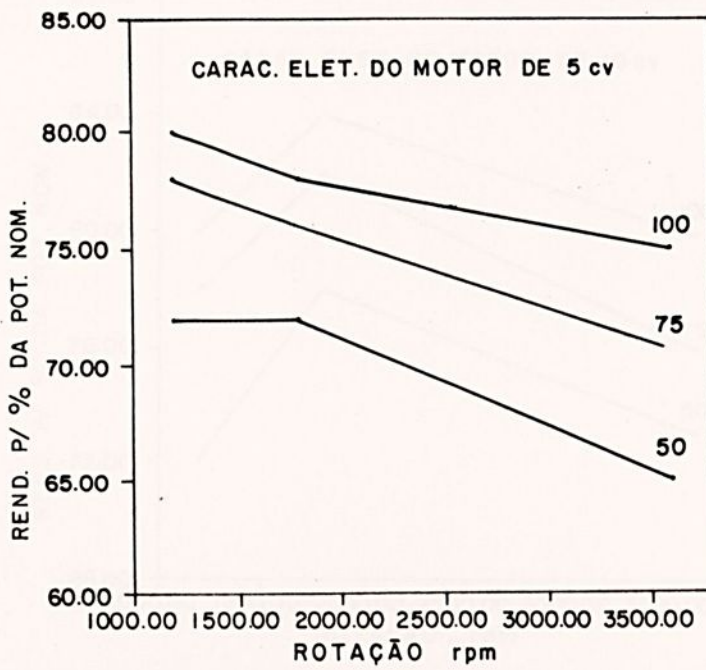


FIG. 48 Rendimento versus rotação - motor de 5 CV

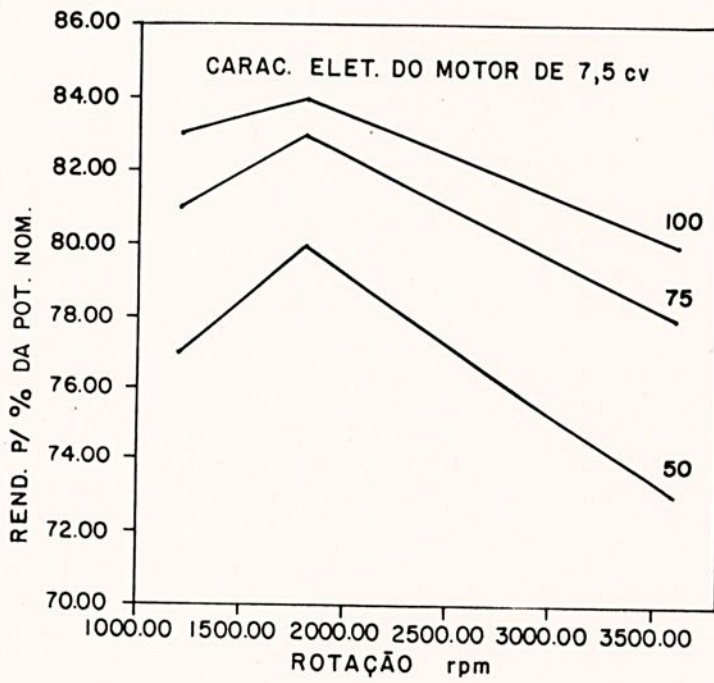


FIG. 49 Rendimento versus rotação - motor de 7,5 CV

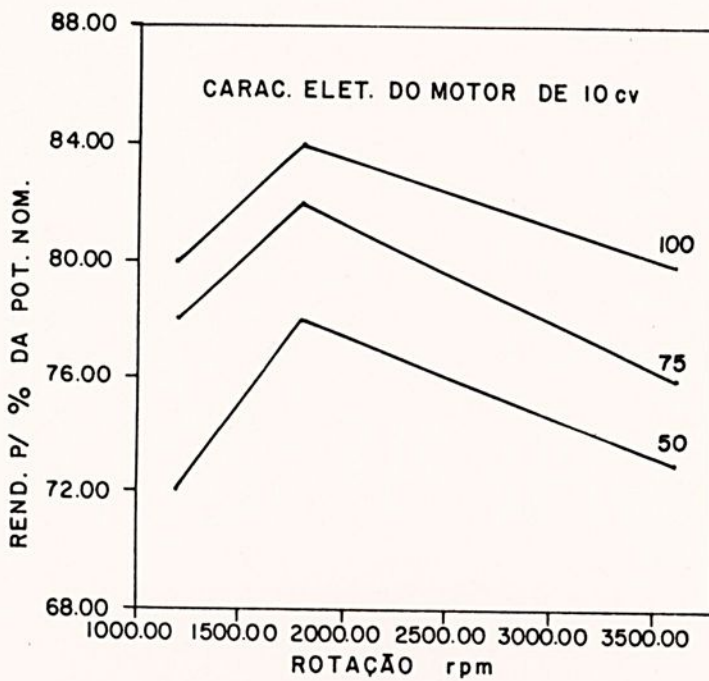


FIG. 50 Rendimento versus rotação - motor de 10 CV

X - APÊNDICE III

Equipamentos Industriais

Seleção de Bombas Centrífugas

Classe -

Proposta -

Outra -

tipo de motor	potência hidrául. (cv)	potência do motor (cv)	NPSH disponível (m)	NPSH requerido (m)	rend. (%)	
100 cv	1480	2.22	2.55	1.50	1.40	11.7

Características do Processo

SELEÇÃO DE BOMBAS

Densidade	- 1000.00 kg/m ³
Temperatura de Operação	- 25.00 °C
Viscosidade Dinâmica	- 100.00 mPa.s
Aceleração Gravitacional	- 9.81 m/s ²
Altura de Recalque	- 14.51 m
Altura Estática	- 8.00 m
Vazão	- 10.00 m ³ /h
Torque	- 16.42 N.m

P F A U D L E R - Equipamentos Industriais

Seleção de Bombas Centrífugas

Cliente -

Proposta -

Data -

tipo de rotor	rotação (rpm)	potência hidrául. (cv)	potência do motor (cv)	NPSH dispon. (m)	NPSH reque. (m)	rend. (%)
106 mm	3480	2.22	2.53	1.50	1.49	21.27

CARACTERÍSTICAS DO BOMBEAMENTO

Densidade	- 1000.00 kg/m ³
Temperatura de Operação	- 25.00 °C
Viscosidade Dinâmica	- 200.00 kg/ms
Aceleração Gravitacional	- 9.81 m/s ²
Altura de Recalque	- 14.51 m
Altura Efetiva	- 8.00 m
Vazão	- 10.00 m ³ /h
Torque	- 16.42 N m

P F A U D L E R - Equipamentos Industriais

Seleção de Bombas Centrífugas

Cliente -

Proposta -

Data -

tipo de rotor	rotação (rpm)	potência hidrául. (cv)	potência do motor (cv)	NPSH dispon. (m)	NPSH reque. (m)	rend. (%)
106 mm	3480	2.45	2.77	2.00	1.08	13.46

CARACTERÍSTICAS DO BOMBEAMENTO

Densidade	- 1000.00 kg/m ³
Temperatura de Operação	- 30.00 *c
Viscosidade Dinâmica	- 200.00 kg/ms
Aceleração Gravitacional	- 9.81 m/s ²
Altura de Recalque	- 16.80 m
Altura Efetiva	- 16.00 m
Vazão	- 6.00 m ³ /h
Torque	- 16.42 N m

P F A U D L E R - Equipamentos Industriais

Seleção de Bombas Centrífugas

Cliente -

Proposta -

Data -

tipo de rotor	rotação (rpm)	potência hidrául. (cv)	potência do motor (cv)	NPSH dispon. (m)	NPSH reque. (m)	rend. (%)
106 mm	3480	2.66	3.00	1.80	0.95	10.75

CARACTERÍSTICAS DO BOMBEAMENTO

Densidade	- 1000.00 kg/m ³
Temperatura de Operação	- 30.00 *c
Viscosidade Dinâmica	- 200.00 kg/ms
Aceleração Gravitacional	- 9.81 m/s ²
Altura de Recalque	- 17.40 m
Altura Efetiva	- 12.00 m
Vazão	- 5.00 m ³ /h
Torque	- 16.42 N m



P F A U D L E R - Equipamentos Industriais

Seleção de Bombas Centrífugas

Cliente -

Proposta -

Data -

tipo de rotor	rotação (rpm)	potência hidral. (cv)	potência do motor (cv)	NPSH dispon. (m)	NPSH reque. (m)	rend. (%)
126 mm	3840	2.49	4.11	4.00	2.08	25.94

CARACTERÍSTICAS DO BOMBEAMENTO

Densidade	- 1000.00 kg/m ³
Temperatura de Operação	- 30.00 *c
Viscosidade Dinâmica	- 200.00 kg/ms
Aceleração Gravitacional	- 9.81 m/s ²
Altura de Recalque	- 16.91 m
Altura Efetiva	- 15.00 m
Vazão	- 17.00 m ³ /h
Torque	- 30.38 N m



P F A U D L E R - Equipamentos Industriais

Seleção de Bombas Centrífugas

Cliente -

Proposta -

Data -

tipo de rotor	rotação (rpm)	potência hidrául. (cv)	potência do motor (cv)	NPSH dispon. (m)	NPSH reque. (m)	rend. (%)
106 mm	3480	2.22	2.53	1.00	1.49	21.27

CARACTERÍSTICAS DO BOMBEAMENTO

Densidade	- 1000.00 kg/m ³
Temperatura de Operação	- 26.00 *c
Viscosidade Dinâmica	- 200.00 kg/ms
Aceleração Gravitacional	- 9.81 m/s ²
Altura de Recalque	- 14.51 m
Altura Efetiva	- 9.00 m
Vazão	- 10.00 m ³ /h
Torque	- 16.42 N m

* R I S C O D E C A V I T A Ç Ã O *

P F A U D L E R - Equipamentos Industriais

Seleção de Bombas Centrífugas

Cliente -

Proposta -

Data -

tipo de rotor	rotação (rpm)	potência hidral. (cv)	potência do motor (cv)	NPSH dispon. (m)	NPSH reque. (m)	rend. (%)
126 mm	3840	2.49	4.11	1.00	2.08	25.94

CARACTERÍSTICAS DO BOMBEAMENTO

Densidade	- 1000.00 kg/m ³
Temperatura de Operação	- 28.00 *c
Viscosidade Dinâmica	- 200.00 kg/ms
Aceleração Gravitacional	- 9.81 m/s ²
Altura de Recalque	- 16.91 m
Altura Efetiva	- 15.00 m
Vazão	- 17.00 m ³ /h
Torque	- 30.38 N m

* R I S C O D E C A V I T A Ç Ã O *

XI APÊNDICE IV

O BANCO DE ENSAIOS

O banco de ensaios foi montado no Laboratório de Hidráulica da Faculdade de Engenharia de São Carlos, sob a orientação do professor Dr. Roberto de Sá, tendo sido executado pelo aluno de graduação Sr. Roberto de Sá.

A construção do banco de ensaios foi feita com tubos de aço inoxidável e acessórios comerciais de 1 1/2".

Os conjuntos bomba-motor foram instalados obedecendo-se ao que se refere ao capítulo de Ref. 13 e as operações de abertura e fechamento de válvulas foram manuais.

As vazões dos ensaios foram determinadas através de um reservatório com capacidade de 1 m³, sendo o nível externo.

O BANCO DE ENSAIOS

Para a realização dos ensaios foi utilizado um sistema de medição de vazão de líquido para o tratamento de água.

O sistema utilizado para a medição de vazão de líquidos em ensaios de hidráulica, tem a finalidade de determinar a vazão de líquidos em ensaios de hidráulica.

Para a realização dos ensaios foi utilizado um sistema de medição de vazão de líquido para o tratamento de água, sendo o nível externo.

Os ensaios foram realizados com o auxílio de um sistema de medição de vazão de líquido para o tratamento de água, sendo o nível externo.

Os ensaios foram realizados com o auxílio de um sistema de medição de vazão de líquido para o tratamento de água, sendo o nível externo.

Os ensaios foram realizados com o auxílio de um sistema de medição de vazão de líquido para o tratamento de água, sendo o nível externo.



O BANCO DE ENSAIOS

O banco de ensaios foi montado no Laboratório de Máquinas Hidráulicas da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, nas dimensões mostradas no esquema que colocamos neste apêndice.

A construção do banco de ensaios foi feita com tubos e conexões galvanizadas de bitola comercial de 1 1/2".

Os conjuntos bomba-motor foram ensaiados observando-se as recomendações contidas na Ref. 23 e as operações de abertura e fechamento de válvulas foram manuais.

As vazões dos ensaios foram determinadas através de um reservatório com capacidade de 1m^3 , tendo do lado externo deste, um nível que fornece a quantidade de líquido para o instante da leitura.

O cronômetro utilizado para a leitura do tempo de enchimento do reservatório, tem a precisão de centésimos de segundo.

Para a medida da rotação do conjunto foi utilizado um tacômetro estroboscópico marca SUGAWARA, tipo MS-200 PA, precisão 20 rpm, chapa UNESP-5683.

Na determinação das grandezas elétricas foi utilizado um multímetro analógico marca ENGRO, tipo AV-10, precisão 0,25 A-5V, chapa UNESP-5004.

Os medidores de pressão foram respectivamente: manômetro tipo Bourdon de 100 mm de diâmetro de mostrador, marca SALCAS, precisão de $0,05\text{ Kgf/cm}^2$, chapa UNESP-8849 e vacuômetro tipo Bourdon de 150 mm de diâmetro de mostrador, marca HAENNI, precisão de 0,5 cm Hg, chapa UNESP-7091.



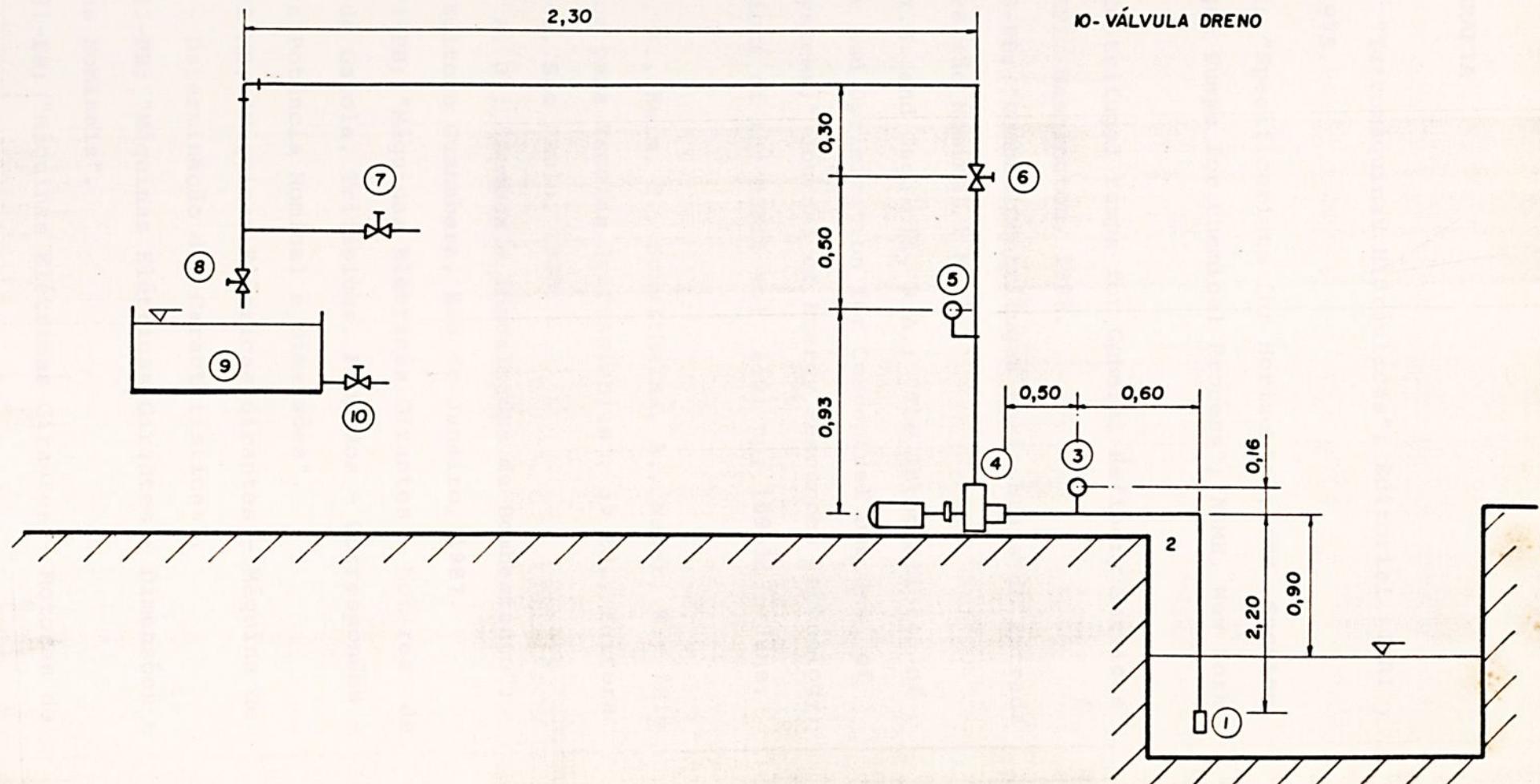
As dimensões lineares foram determinadas através de trena metálica, marca STANLEY, tipo 30-186 com precisão de 0,5 mm.

A pressão barométrica foi lida num barômetro de coluna de mercúrio com precisão de 0,5 mm Hg, chapa UNESP-7773.

Para o teste das bombas na linha de fabricação foi proposto um banco semelhante ao apresentado neste apêndice, tendo no entanto, um medidor de vazão do tipo placa de orifício conectado à um manômetro diferencial de coluna, com a respectiva curva de calibração. Este banco terá como finalidade testar todas as unidades na rotação de trabalho, verificando-se o ponto de funcionamento na curva vazão versus altura manométrica.



- 1- VÁLVULA DE RETENÇÃO
- 2- CURVA DE RAIOS LONGO
- 3- VACUÔMETRO
- 4- CONJUNTO MOTOR BOMBA
- 5- MANÔMETRO
- 6- VÁLVULA REGULADORA DE VAZÃO
- 7- VÁLVULA DE DESVIO
- 8- VÁLVULA DE MANOBRA
- 9- RESERVATÓRIO CALIBRADO
- 10- VÁLVULA DRENO



XII- BIBLIOGRAFIA

- 1) Mataix, C.; "Turbomáquinas Hidráulicas"; Editorial ICAI , Madrid, 1975.
- 2) ANSI-B73, 1; "Specifications for Horizontal, end Suction Centrifugal Pumps for Chemical Process"; ASME, New York, 1974.
- 3) API-610; "Centrifugal Pumps for General Refinery Services"; 7ª Ed., API, Washington, 1989.
- 4) NBR-7878/83-PB; "Bombas Centrífugas Horizontais de Entrada Axial, Pressão Nominal 1 MPa".
- 5) El-Sayed, Y.M. and Gaggioli, R.A.; "The Integrations of Synthesis and Optimization for Conceptual Designs of Energy Systems;" Journal of Energy Resources Technology; Transactions of the ASME; vol. 110; pp. 109-113; June, 1988.
- 6) Anzenhofer, K., Heim, T., Schultheiss, A., Weber, W.; "Eletrônica para Escolas Profissionais"; 3ª Ed., Editora Mestre Jou, São Paulo, 1980.
- 7) Macintyre, A. J.; "Bombas e Instalações de Bombeamento"; 2ª Ed., Editora Guanabara, Rio de Janeiro, 1987.
- 8) NBR-8441/84-PB; "Máquinas Elétricas Girantes - Motores de Indução de Gaiola, Trifásicos, Fechados - Correspondência entre Potência Nominal e Dimensões".
- 9) NBR-5383/82-MB; "Máquinas Elétricas Girantes - Máquina de Indução - Determinação das Características".
- 10) NBR-5432/83-PB; "Máquinas Elétricas Girantes - Dimensões e Potências Nominais".
- 11) NBR-7094/81-EB; "Máquinas Elétricas Girantes - Motores de

Indução".

- 12) Catálogo; "Motores Assíncronos de Indução Trifásicos, a Prova de Explosão"; Weg Motores S.A.; Jaraguá do Sul - S.C., 1989.
- 13) Ludwing, E.E.; "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants"; vol. I; Gulf Publishing Company; Houston, Texas, 1964.
- 14) Wislicenus, G.F.; "Critical Considerations on Cavitation Limits of Centrifugal and Axial Flow Pumps"; Transactions of the ASME, vol. 78, 1956.
- 15) Catálogo; "Retentores"; Sabó Indústria e Comércio Ltda; São Paulo, 1986,
- 16) Catálogo; "Juntas CRT"; Pfaudler Equipamentos Industriais Ltda; São Paulo, 1989.
- 17) Catálogo; "PTFE Wedge Seals"; John Crane - Houdaille, Inc; Illinois, USA, 1987.
- 18) Catálogo; "Rolamentos"; SKF; São Paulo; 1982.
- 19) Catálogo; "Glasteel 3300 - Technical Data"; Pfaudler Equipamentos Industriais Ltda; São Paulo.
- 20) Pfleiderer, C.; "Bombas Centrífugas y Turbocompressores"; 4ª Ed., Editorial Labor S.A., Barcelona, 1960.
- 21) Pfleiderer, C.; Petermann, H.; "Máquinas de Fluxo"; 4ª Ed., Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 1979.
- 22) Bran, R.; Souza, Z.; "Máquinas de Fluxo"; 2ª Ed., Ao Livro Técnico S.A., Rio de Janeiro, 1980.
- 23) NBR-6397/80-MB - Ensaio de Bombas Hidráulicas de Fluxo.
- 24) NBR-6400/80-MB - Ensaio de Cavitação para Bombas Hidráulicas de Fluxo.

XIII-

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMENTOS	ii
DEDICATÓRIA	iii
SUMÁRIO	iv
SINOPSE	v
ABSTRACT	vi
SIMBOLOGIA	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE GRÁFICOS	xv
LISTA DE DESENHOS	xvi
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	
1.1 - Considerações Gerais	1
1.2 - Tipos de Bombas	3
1.3 - Proteção contra Vazamentos	4
1.4 - Padrões Internacionais de Projeto	5
1.5 - Discussão de Novos Padrões	7
1.6 - Diretrizes do Projeto	8
CAPÍTULO 2 - DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO	
2.1 - A Necessidade de Definições	10
2.2 - O Método Utilizado	11
2.3 - Vazão, Pressão de Recalque e Rotação	19
2.4 - Conjugado Motor x Conjugado Exigido	20
2.5 - Motores Elétricos	24

CAPÍTULO 3 - FATORES E ELEMENTOS CRÍTICOS NO PROJETO

3.1 - Tipo de Rotor e Voluta	30
3.2 - Sistema e Elementos de Vedação	38
3.3 - Rolamentos	59
3.4 - Revestimento	61

CAPÍTULO 4 - ROTEIRO DE CÁLCULO HIDROMECÂNICO

4.1 - Cálculos do Rotor e da Voluta	64
4.2 - Verificação do NPSH	72
4.3 - Comentário sobre os Cálculos das Bombas	73

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS COMPARATIVOS

5.1 - Curvas de Funcionamento	81
5.2 - Curvas de NPSH requerido	83
5.3 - Curvas dos Rendimentos	84
5.4 - Comentário sobre os Resultados	86

CAPÍTULO 6 - DESENHOS PARA FABRICAÇÃO

6.1 - Desenho do Conjunto	91
6.2 - Desenho dos Rotores	92
6.3 - Desenho da Voluta	93
6.4 - Desenho da Carcaça	94
6.5 - Desenho dos Componentes	95
6.6 - Listas de Material	96

APÊNDICE I	- Planilhas da Consulta	104
APÊNDICE II	- Gráficos das Características dos Motores Elétricos	147
APÊNDICE III	- Seleção de Bombas	152
APÊNDICE IV	- O Banco de Ensaio	159
BIBLIOGRAFIA	-	163



