

2299597

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TRABALHO DE FORMATURA

Nota 8.5 (oitava e meio)
[Signature]

VÁLVULA

DISSIPADORA DE ENERGIA

Autores: Francisco Kazuo Kobata
Kiyotaka Miyashiro
Shindi Kiyota

Orientador: Prof. Dr. Edmundo Kœlle

AGRADECIMENTOS

Desejamos expressar os nossos agradecimentos a todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, em especial ao nosso orientador Prof. Dr. Edmundo Korte pela oportunidade de podermos estudar e apresentar a Válvula Dissipadora de Energia, assim como o paciente trabalho de datilografia da Sita. Marili Bardes.

SUMÁRIO

O objetivo principal deste trabalho é o de apresentar uma válvula (Válvula Dissipadora de Energia) com características e concepções construtivas completamente diferentes das válvulas comerciais existentes no mercado brasileiro.

Para possibilitar a apresentação desta válvula, com todas as suas particularidades, como variação da área de escoamento, meio de acionamento da válvula, entre outros; este trabalho tinha por objetivos iniciais:

1. Projeto geométrico-mecânico da válvula
2. Construção de protótipo e ensaio em laboratório para verificação das suas curvas adimensionais e determinação das curvas características da válvula
3. Ensaio dinâmico da Válvula Dissipadora de Energia, com um circuito de comando hidráulico ou pneumático acoplado à válvula

Entretanto, problemas alheios à nossa vontade impediram a realização dos dois últimos itens. A falta de verba para a construção do protótipo e o desinteresse demonstrado pelo Departamento de Mecânica foram os principais problemas enfrentados pelo nosso orientador que procurava dar condições para a realização íntegra deste trabalho.

O nosso estudo restringe-se ao primeiro objetivo, que consiste de uma descrição de seu funcionamento em diversos circuitos de comando hidráulico onde a válvula opera com diferentes funções. A seguir é feita uma análise das características geométricas da válvula, estudando-se a lei de variação da área de escoamento em função da posição do elemento de vedação da válvula, cujo interesse está ligado ao estudo de transientes hidráulicos.

Em outra parte do trabalho, propomos um critério para o dimensionamento mecânico do corpo da válvula, analisando aspectos como efeito de concentrações de tensões e, também, apresentamos os desenhos mecânicos de uma determinada válvula. Por fim são feitos alguns comentários e conclusões sobre o desenvolvimento do trabalho.

ÍNDICE

	Pág.
Sumário	II
CAP. 1 - VÁLVULAS INDUSTRIAIS	01
CAP. 2 - VÁLVULA DISSIPADORA DE ENERGIA - Introdução	03
CAP. 3 - CURVAS ADIMENSIONAIS DA GEOMETRIA DA VÁLVULA.....	13
3.1 - Preliminar	13
3.2 - 1º Método - Programa de Computador (Fortran IV) para Obtenção das Curvas Adimensionais Geométricas	15
3.3 - Curvas Adimensionais Geométricas	17
3.4 - 2º Método - Determinação das Características Geométricas da Válvula a Partir da Curva Adimensional Geométrica	23
3.5 - Diagramas de Blocos e Listagem dos Programas para Computador	26
CAP. 4 - DIMENSIONAMENTO MECÂNICO DA VÁLVULA	36
4.1 - Considerações sobre o Efeito de Concentrações de Tensões	36
4.2 - Dimensionamento	38
4.3 - Dimensionamento da Válvula a ser Construída e Ensaída	41
4.4 - Escolha dos Anéis de Vedação	43
CAP. 5 - COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES	45
CAP. 6 - DESENHOS MECÂNICOS	47
Bibliografia	48
Anexos	49

1. VÁLVULAS INDUSTRIAIS

As válvulas são dispositivos destinados a estabelecer, controlar e interromper o fluxo em um SISTEMA HIDRÁULICO.

Existe uma grande variedade de tipos de válvulas, algumas para uso geral, e outras para finalidades específicas.

São os seguintes os tipos mais importantes de válvulas:

1 - Válvulas que controlam o fluxo em qualquer direção:

- 1.1 - válvulas de bloqueio ou de fechamento (block valves)
 - válvulas de gaveta (gate valves)
 - válvulas de macho (plug, cock valves)
 - válvulas de comporta (slide, blast valves)

São válvulas que se destinam primordialmente a apenas estabelecer ou interromper o fluxo, isto é, que são de-
vidas para serem completamente abertas ou completamente fe-
chadas.

- 1.2 - válvulas de controle (throttling valves)
 - válvulas de globo (globe valves)
 - válvulas de agulha (needle valves)
 - válvulas de controle (control valves)
 - válvulas de borboleta (butterfly valves)
 - válvulas de diafragma (diaphragm valves)

São destinadas especificamente para controlar o fluxo, podendo por isso trabalhar em qualquer posição de fecha-
mento parcial.

2 - Válvulas que permitem o fluxo em uma só direção

- válvulas de retenção (check valves)
- válvulas de retenção e fechamento (shop-check valves)
- válvulas de pé (foot valves)

- 3 - Válvulas que controlam a pressão a jusante
 - válvulas redutoras e reguladoras de pressão
- 4 - Válvulas que controlam a pressão a montante
 - válvulas de segurança e de alívio (safety, relief valves)
 - válvulas de contrapressão (back-pressure valves)

Meios de Operação das Válvulas

Há uma variedade muito grande de sistemas usados para a operação das válvulas; os principais são os seguintes:

- 1 - Operação Manual
 - por meio de volante
 - por meio de alavanca
 - por meio de engrenagem, parafusos, sem-fim, etc.
- 2 - Operação Motorizada
 - hidráulica
 - pneumática
 - elétrica
- 3 - Operação Automática
 - pelo próprio fluido (por diferença de pressões gerada pelo escoamento)
 - por meio de molas ou contrapesos

O anexo do capítulo I mostra as peculiaridades de cada tipo.

2. VÁLVULA DISSIPADORA DE ENERGIA - INTRODUÇÃO

Válvulas são elementos de um sistema hidráulico que exercem funções como:

- regular a vazão/velocidade de fluxo
- regular a pressão, ou seja, limitar ou determinar a pressão do sistema para obtenção de uma resposta adequada do equipamento acionado.
- garantir a segurança da instalação

No presente trabalho é apresentado uma válvula hidráulica com uma nova concepção em termos de geometria, funcionamento e forma de acionamento. Trata-se de uma válvula de múltiplas funções, tendo sua principal aplicação nos circuitos hidráulicos onde se deseja dissipar energia sem cavitação ou com cavitação controlada, isso sem mencionar sua utilização nos controles de transientes hidráulicos, de vazão e de pressão.

A Válvula Dissipadora de Energia (daqui em diante abreviada de V.D.E.) consiste de um êmbolo que percorre internamente um corpo cilíndrico perfurado com vários furos e rasgos dispostos de tal maneira que possa variar a área de escoamento do fluido em função do curso do êmbolo (ver fig. 2.1)

É uma válvula de fluxo radial e pode ser montado na posição horizontal, vertical ou inclinada. O fluxo radial se efetua por meio de jatos através de furos e rasgos que são "colhidas" na câmara de expansão para posterior distribuição aos ramais principal ou secundária. O acionamento do êmbolo da válvula, nos casos de controle automático, é feito por um cilindro, hidráulico ou pneumático, acoplado a válvula e este por sua vez é comandado pelo circuito de controle de diversos tipos conforme a função que a V.D.E. deve realizar.

A fim de facilitar o estudo geométrico-mecânico da V.D.E. estabeleceram-se as seguintes terminologias caracterizando as dimensões da válvula:

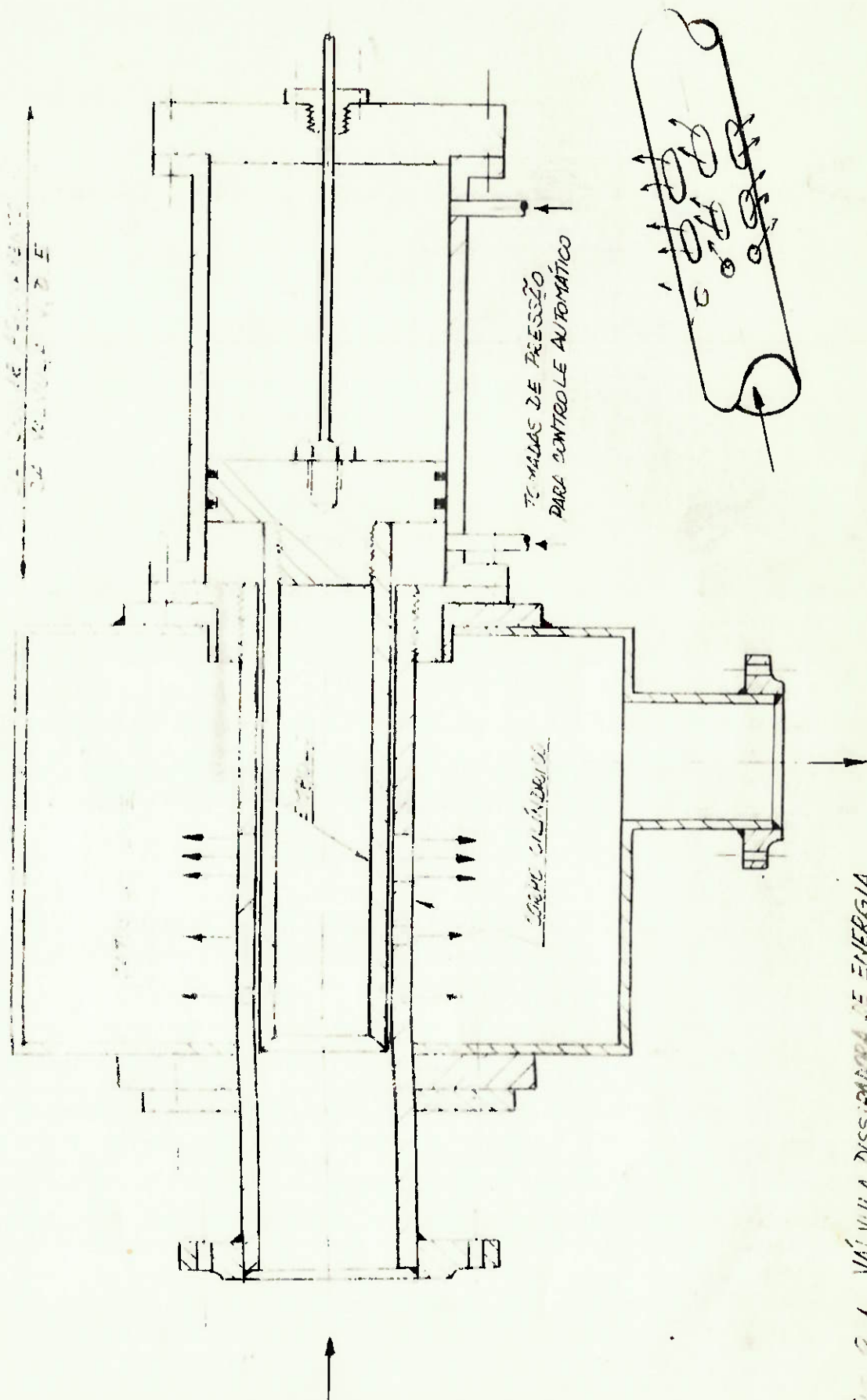


FIG. 2.1 VÁLVULA DISSIPADORA DE ENERGIA

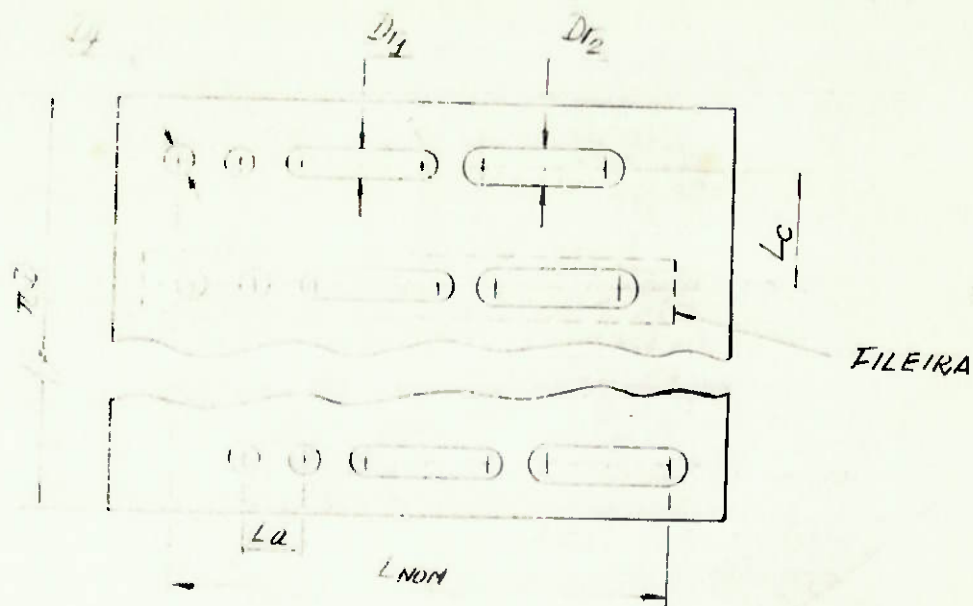


Fig. 2.2 - Características geométricas da V.D.E.

- D_f = diâmetro do furo
- D_{r1} = diâmetro do rasgo 1
- L = comprimento da válvula
- e = espessura da parede do cilindro
- L_{nom} = comprimento nominal da válvula

Fileira: é o conjunto de furos e rasgos na mesma geratriz do cilindro perfurado da válvula conforme indicado na fig. 2.2.

Passo axial (L_a): é a distância entre os centros dos furos na direção axial da válvula.

Passo circunferencial (L_c): é a distância entre linhas de centros das FILEIRAS medida sobre a circunferência do corpo da válvula.

Para ilustrar as funções que a VDE pode exercer num sistema hidráulico são dadas, a seguir, quatro exemplos de aplicação dessa válvula:

- a) A VDE utilizada para dissipar energia e controle da posição do êmbolo relativa ao corpo perfurado.

O circuito da fig. 2.3 tem a função de dissipação de energia e controle da posição do êmbolo em relação ao corpo perfurado da válvula. Para efetuar essa fixação do êmbolo numa dada posição é utilizada uma válvula de controle direcional de 3 vias e 4 posições com acionamento por solenóides.

Para o avanço do pistão do cilindro (F) (fechamento da válvula VDE), a válvula redutora de pressão (E) é colocada na posição (1) que liga a linha 1 com 4 e 3 com 2' sendo a linha 2' de descarga de ar para atmosfera.

A abertura da válvula VDE é feito ligando a linha 1 à 3 e 4 à 2' (posição (11), da fig. 2.3).

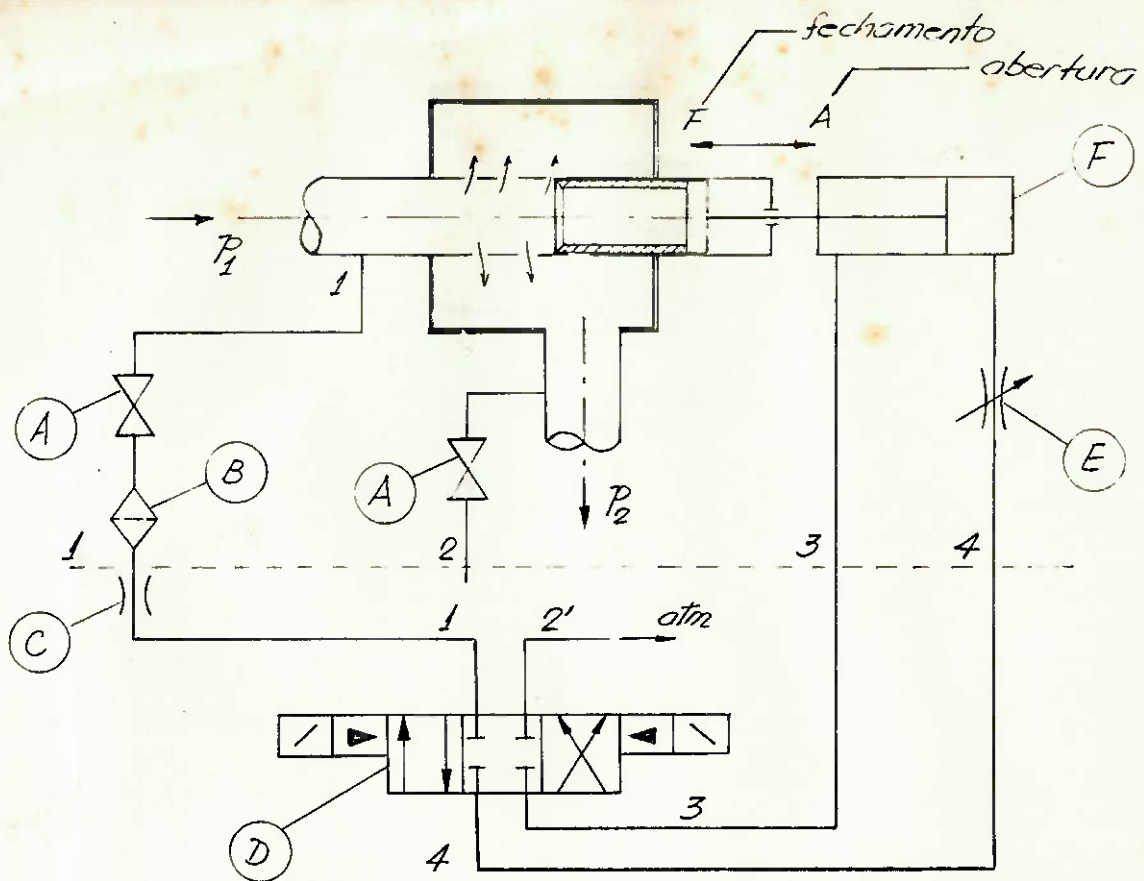
Deste modo regulando o tempo de permanência na posição de fechamento ou na posição de abertura da válvula (E) é possível obter uma posição desejada do pistão.

- b) Válvula com função de manter a pressão de jusante p_2 constante.

A fig. 2.4 mostra um circuito onde é utilizado a VDE para manter a pressão de jusante (p_2) constante.

O circuito utiliza como elemento principal de controle uma válvula redutora de pressão (E) dotada de um parafuso de ajuste, que controla a tensão da mola, por meio do qual é fixada a pressão de jusante (p_2) desejada.

Se por qualquer causa p_2 cresce, a válvula (E) tende a abrir devida a pressão p_2 que atua sobre o diafragma, comprimindo



(A) VÁLVULA DE BLOQUEIO (ON/OFF)

(B) FILTRO

(C) ORIFÍCIO (RESTRITOR FIXO)

(D) VÁLVULA DE CONTROLE DIRECIONAL COM 3 POSIÇÕES E 4 VIAS (*)

(E) VÁLVULA CONTROLADORA DE FLUXO

(F) CILINDRO ACIONADOR DA V.D.E.

(*) COMANDADO POR SOLENÓIDE E PILOTO

POSIÇÕES DA VÁLVULA (D)

(I) POSIÇÃO BLOQUEADA

(II) POSIÇÃO DE FECHAMENTO DA V.D.E.

(III) POSIÇÃO DE ABERTURA DA V.D.E.

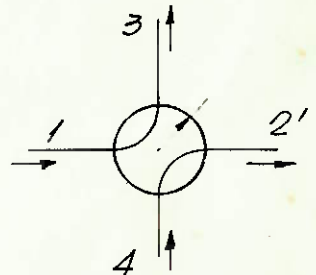
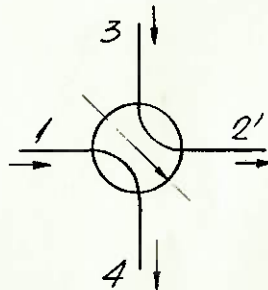
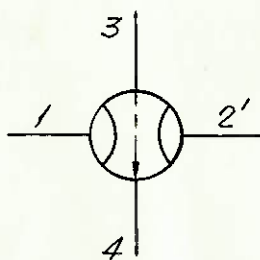
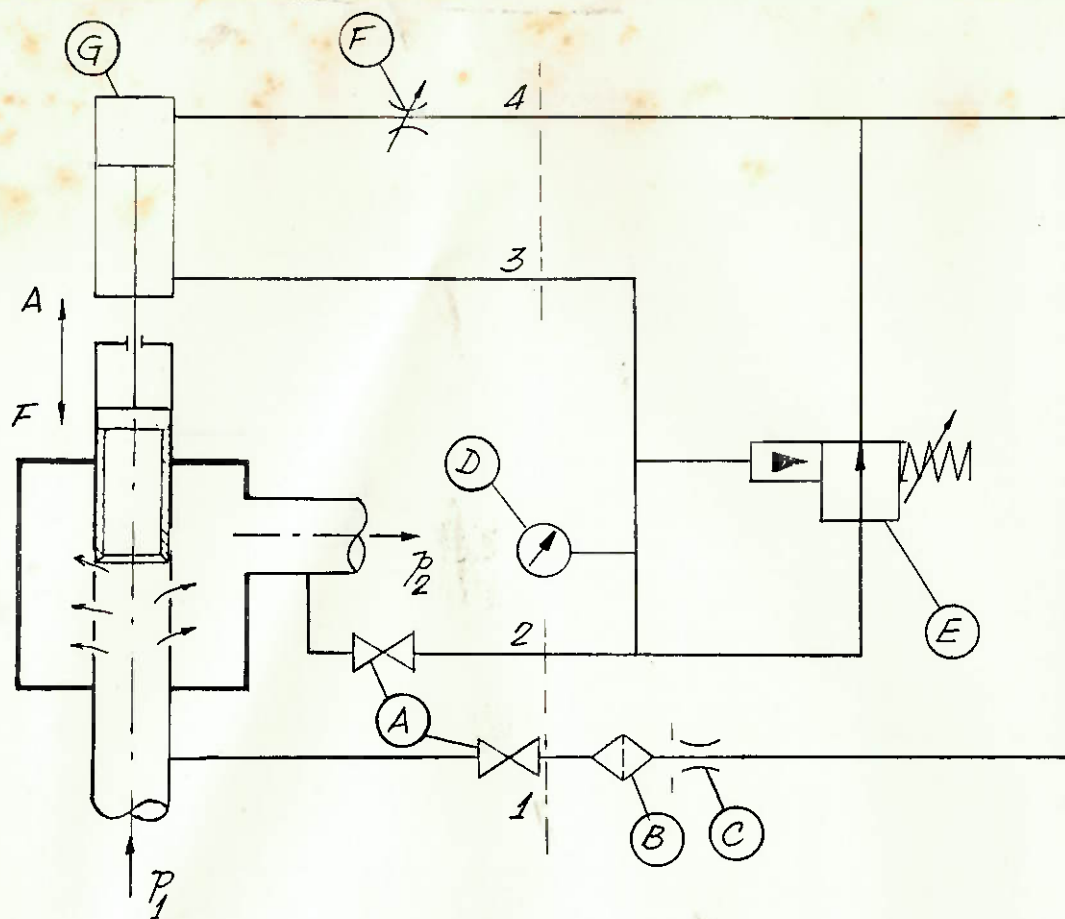
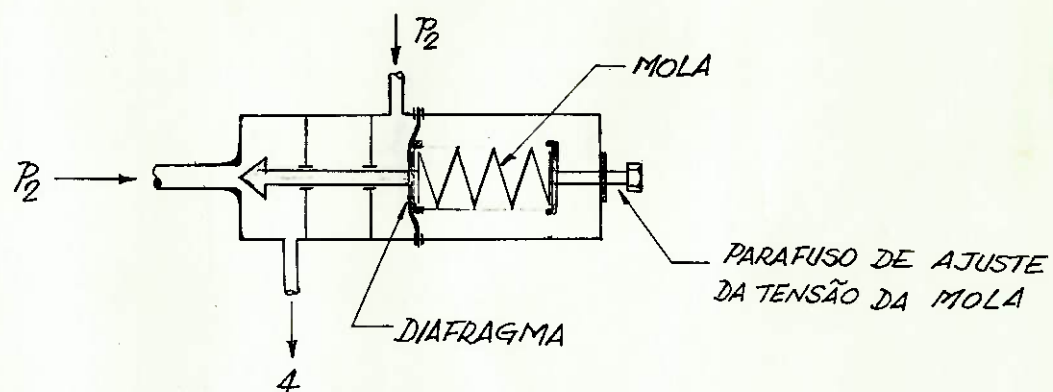


FIG. 2.3 VÁLVULA V.D.E COM FUNÇÃO DE DISSIPAR ENERGIA E CONTROLE DE POSIÇÃO FIXA

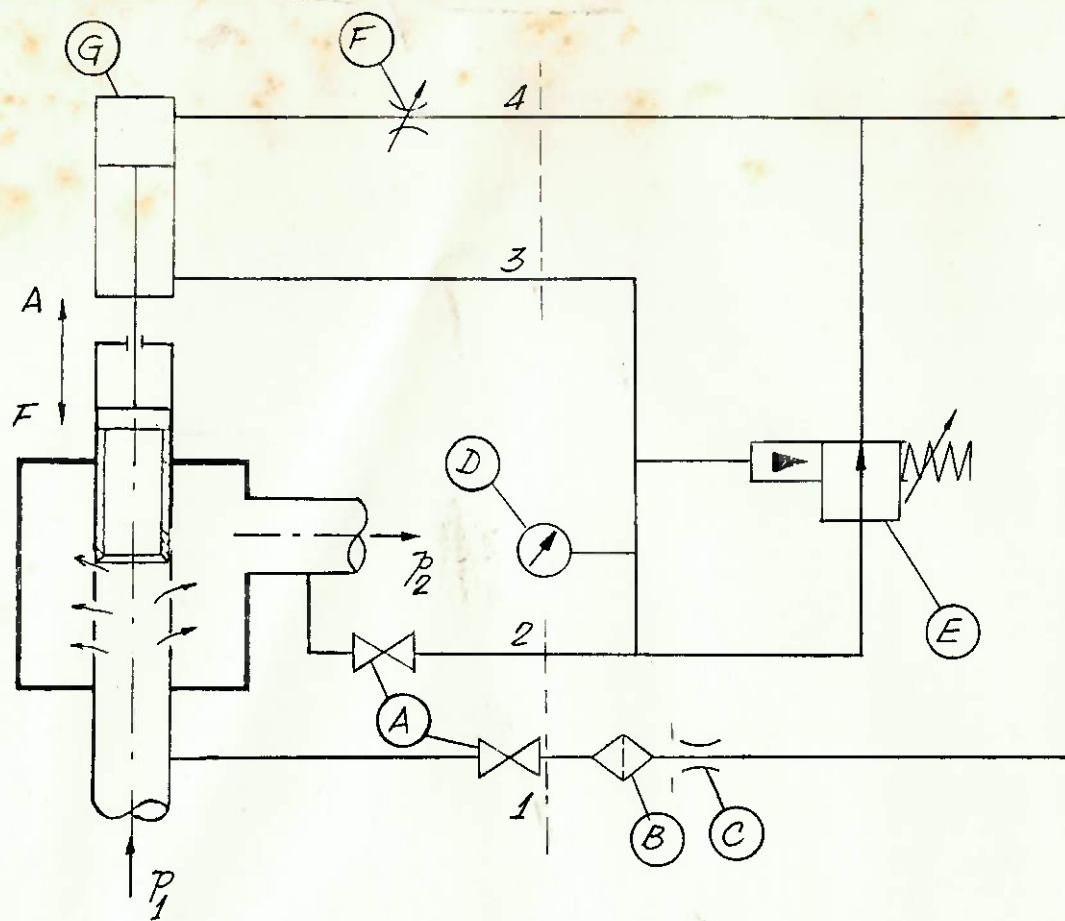


VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO (E)

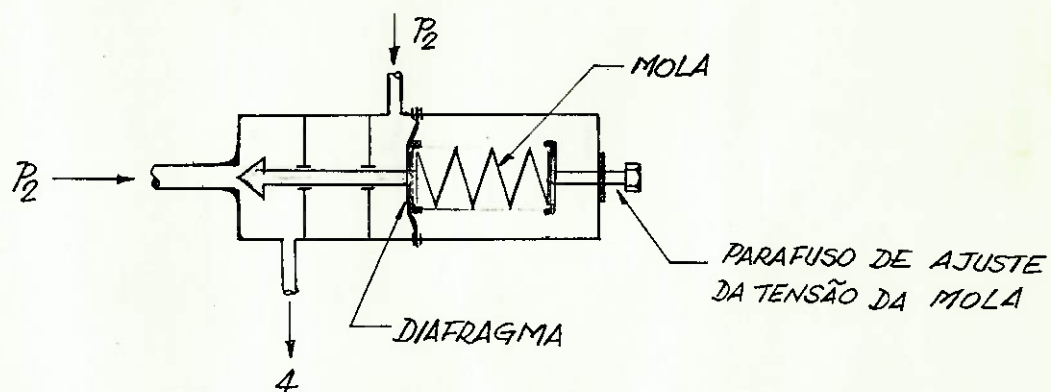


- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| (A) VÁLVULA DE BLOQUEIO (ON/OFF) | (E) VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO |
| (B) FILTRO | (F) VÁLVULA CONTROLADORA DE FLUXO |
| (C) ORIFÍCIO (RESTRITOR FIXO) | (G) CILINDRO ACIONADOR DA V.D.E. |
| (D) MANÔMETRO | |

FIG. 2.4 VÁLVULA V.D.E COM FUNÇÃO DE MANTER A PRESSÃO DE JUSANTE P_2 CONSTANTE



VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO (E)



- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| (A) VÁLVULA DE BLOQUEIO (ON/OFF) | (E) VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO |
| (B) FILTRO | (F) VÁLVULA CONTROLADORA DE FLUXO |
| (C) ORIFÍCIO (RESTRITOR FIXO) | (G) CILINDRO ACIONADOR DA V.D.E. |
| (D) MANÔMETRO | |

FIG. 2.4 VÁLVULA V.D.E COM FUNÇÃO DE MANTER A PRESSÃO DE JUSANTE P_2 CONSTANTE

a mola. Esse deslocamento do diafragma faz com que a válvula redutora de pressão (E) diminua a restrição, aumentando a pressão em 4 e esta atuando sobre o cilindro (G) tende a fechar a válvula VDE.

Caso ocorra uma diminuição de p_2 , a válvula (E) tende a fechar e assim a pressão p_4 decresce e a pressão p_3 produz uma resultante sobre o pistão (G) no sentido de abrir a VDE.

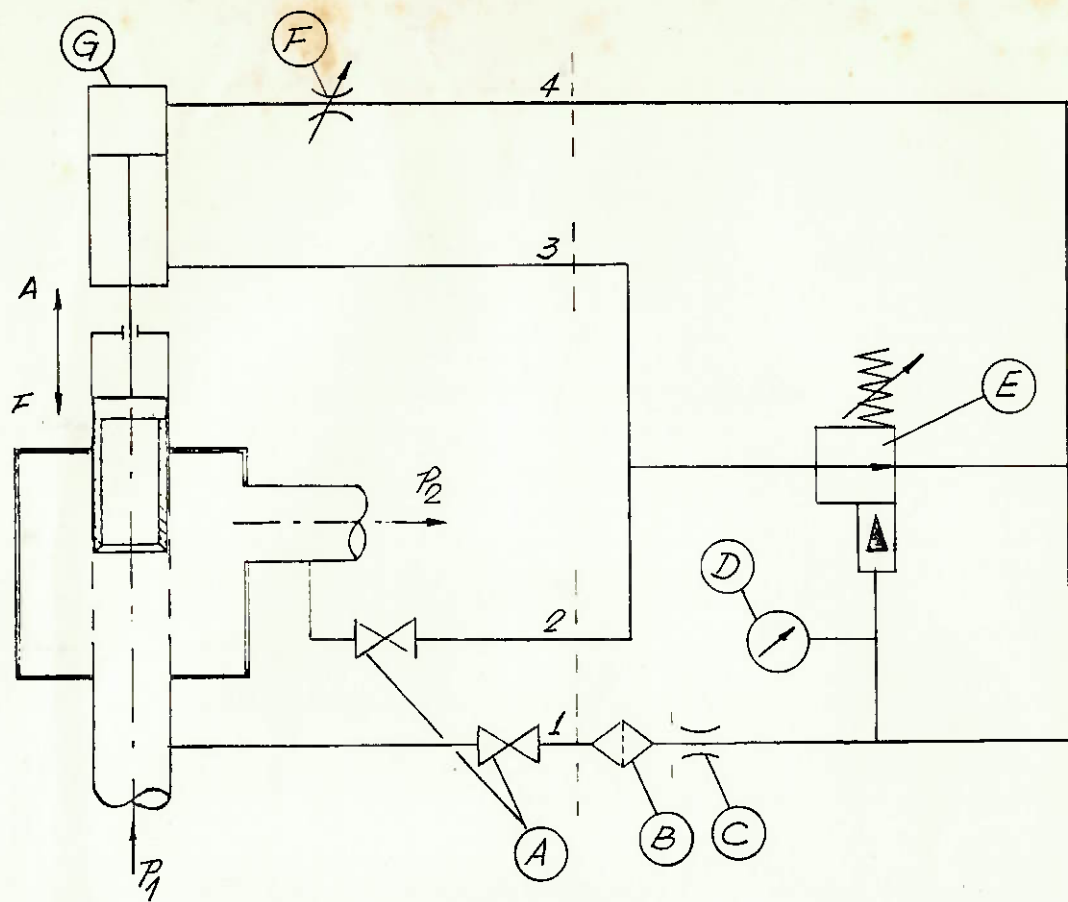
- c) Válvula (E) tem função de manter a pressão de montante p_1 constante (Fig. 2.5.10).

Analogamente ao circuito de controle anterior que mantinha constante a pressão de jusante p_2 , este circuito ilustrado na Fig. 2.5, controla a pressão de montante p_1 , mantendo-a num determinado valor fixado pelo ajuste do parafuso regulador (aumentando ou diminuindo a mola) no piloto da válvula (E).

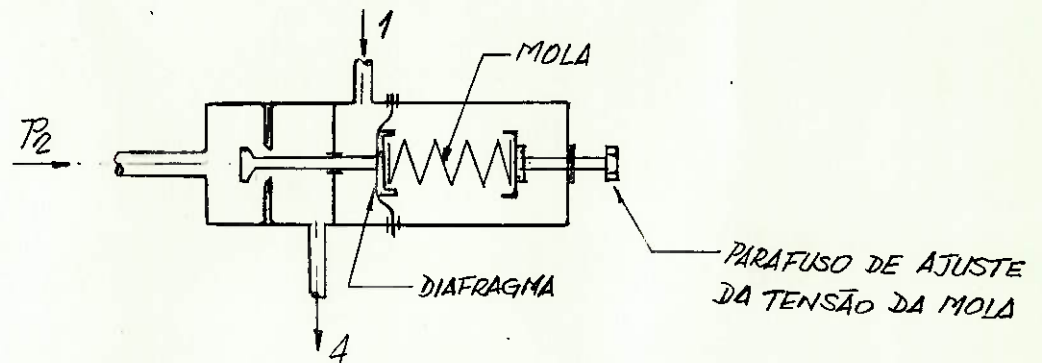
Em caso de falha de utilização da válvula dissipadora de energia, a pressão de montante (p_1) constante é quando a válvula funciona como uma válvula de alívio, onde o fluxo que se cria é descomprimado para a atmosfera e a pressão que se cria no parafuso da válvula (E) é a chamada pressão de alívio.

Se a pressão p_1 a válvula redutora de pressão (E) tende a fechar, provocando assim o decréscimo de p_4 e assim p_3 atuando sobre o cilindro (G) tende a abrir a válvula VDE a fim de manter p_1 constante.

Se a pressão p_4 tende a aumentar, pois a válvula (G) tende a fechar, esta pressão p_4 atuando sobre o cilindro (G) tende a fechar a VDE, estabelecendo o equilíbrio de p_2 .



VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO (E)



- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| (A) VÁLVULA DE BLOQUEIO (ON/OFF) | (E) VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO |
| (B) FILTRO | (F) VÁLVULA CONTROLADORA DE FLUXO |
| (C) ORIFÍCIO (RESTRITOR FIXO) | (G) CILINDRO ACIONADOR, DA V.D.E. |
| (D) MANÔMETRO | |

FIG. 2.5 VÁLVULA V.D.E COM FUNÇÃO DE MANTER A PRESSÃO DE MONTANTE P_1 CONSTANTE.

- d) Válvula VDE com função de manter a vazão de montante Q_1 constante.

Na fig. 2.6, é apresentado um circuito cuja função é manter a vazão à montante Q constante. A aplicação da equação de Bernoulli entre as seções E - E e S - S no medidor de vazão à montante da VDE resulta em (supondo $\Delta Z = 0$)

$$\frac{V_E^2}{2g} + \frac{p_E}{\gamma} = \frac{V_S^2}{2g} + \frac{p_S}{\gamma} \quad = \quad \frac{V_E^2 - V_S^2}{2} = \frac{p_S - p_E}{\rho}$$

$$\therefore \Delta p = p_S - p_E = \frac{\rho}{2} (V_E^2 - V_S^2)$$

A equação acima mostra-nos que ao fixar o valor da vazão, a diferença de pressão $\Delta p = (p_S - p_E)$ é uma constante.

Portanto, para uma vazão nominal Q_n , que se deseja controlar corresponderá uma diferença de pressão Δp_n que atuando sobre o diafragma da válvula redutora de pressão (D) provocará uma força no sentido de estender a mola até o equilíbrio, quando a vazão será mantida constante. A regulação da vazão é feita regulando-se a pré-tensão na mola através do parafuso de regulação da válvula (D).

- Se $Q > Q_n$ (ou $\Delta p > \Delta p_n$), a válvula redutora de pressão (D) tende a abrir, aumentando a pressão p_4 e esta atuando sobre o cilindro de acionamento (F) que fechará a válvula VDE.
- Se $Q < Q_n$ ($\Delta p < \Delta p_n$), a válvula VDE é aberta pela ação da pressão p_3 sobre o pistão (F), pois com a diminuição de Δp , o diafragma terá um deslocamento descendente que levará a válvula (D) a se fechar, onde este fechamento implicará no decréscimo de p_4 .

3. CURVAS ADIMENSIONAIS DA GEOMETRIA DA VÁLVULA

3.1. Preliminar

Conhecidas as funções da VDE em um sistema hidráulico é necessário conhecer para seu projeto geométrico-mecânico um conjunto de parâmetros (diâmetro do cilindro, diâmetro do furo, largura do rasgo, número de fileiras, passos, etc.) que produzam o efeito requerido pelo projeto, ou seja, produzir a resposta desejada pela manobra no sistema hidráulico.

A curva adimensional da geometria da VDE pode ser expressa pela equação:

$$\phi = \phi (D, Df, Dr_1, Dr_2, La, A, x, \dots)$$

que relaciona todas as características geométricas da válvula, e que será definida como sendo a área de escoamento da válvula em função da posição do êmbolo.

A justificativa da escolha da curva adimensional dada por Área de Passagem Geométrica em função do curso do pistão se deve ao fato dela ser importante para o estudo da curva característica da válvula:

$$Q = Q (\text{geometria}, \rho, \mu, Ap, t, \dots)$$

e para o controle operacional nos sistemas hidráulicos, pelas operações de manobras, i.é., dado $t(t)$ encontrar a área de passagem em função do curso do êmbolo

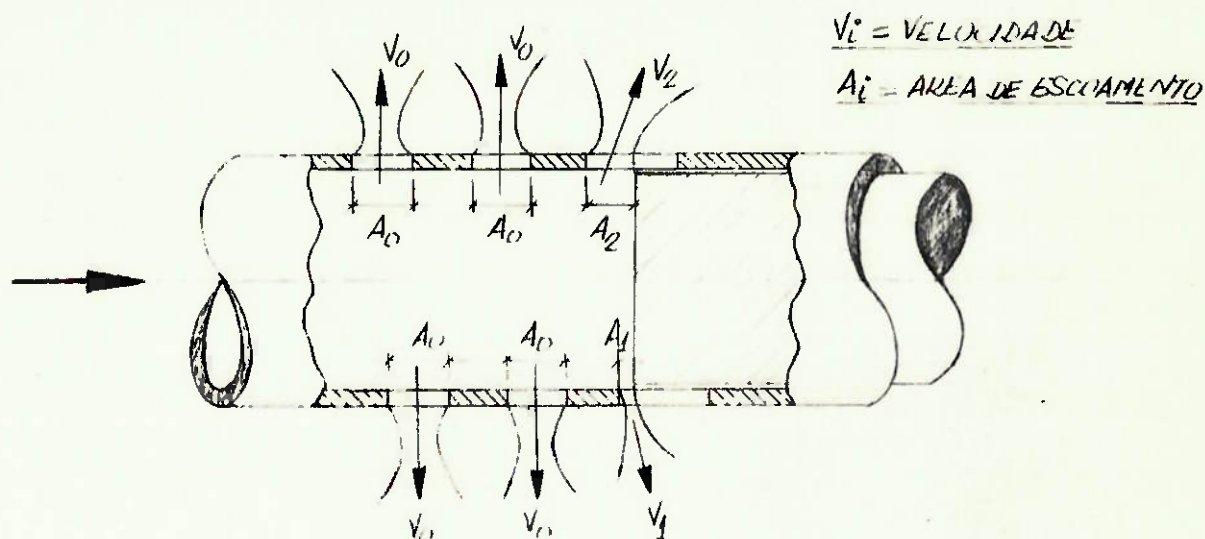


Fig. 3.1 - Esquema do escoamento na V.D.E

A vazão Q conforme a fig. 3.1 é dada por

$$Q = \sum_i A_i V_i$$

o valor de i compreende toda área perfurada da válvula descoberta pelo pistão

A seguir apresentaremos o programa de computador para o cálculo da área de passagem geométrica para cada posição do êmbolo.

A segunda parte do capítulo é reservada para resolução dos problemas de determinação dos parâmetros definidores da válvula a partir de uma curva imposta por projeto ou por um sistema hidráulico. Adiantaremos que existem dois processos para relacionar a geometria da válvula com as curvas dimensionais.

O primeiro método baseia-se na geração e construção de diversas "famílias" de curvas características com os parâmetros que definem a válvula na forma adimensional. Estas curvas parametrizadas em função do diâmetro característico da válvula (diâmetro interno do corpo da válvula), agrupadas em várias classes, seriam utilizadas para a obtenção dos parâmetros da válvula desejada por meio de interpolação ou extrapolação das mesmas.

O segundo consiste em produzir um programa de computador que a partir de uma curva com uma lei de variação da área em função do curso determinado por projeto, fornecessem aqueles parâmetros considerados críticos, com a fixação dos demais, que definem a geometria da válvula para aquela condição de projeto.

3.2. 1º Método - Programa de Computador (Fortran IV) para Obtenção das Curvas Adimensionais Geométricas

De acordo com o apresentado no item anterior deste capítulo, o objetivo deste programa para computador é a obtenção de dados que definam toda a geometria da válvula que garanta uma determinada lei de variação da área de escoamento em função do curso do pistão.

Na elaboração deste programa as dimensões características da válvula (D_f , D_{r1} , D_{r2} , L_a , L_c) foram adimensionalizadas em função do seu diâmetro característico D , definindo assim os seguintes coeficientes:

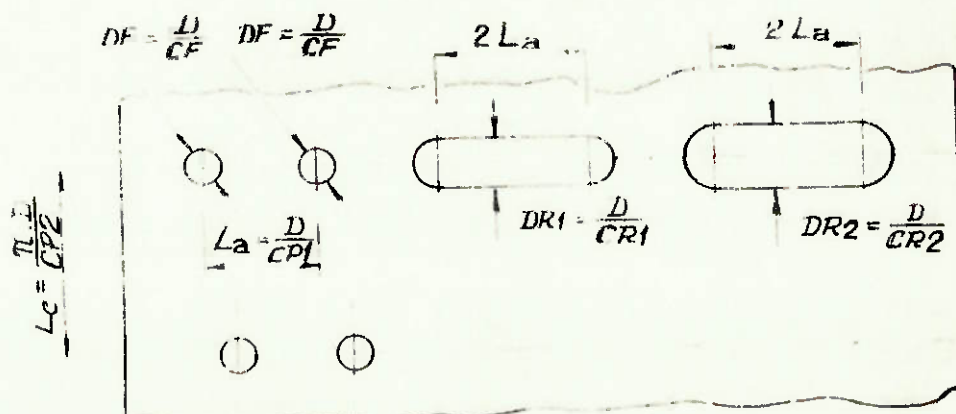


Fig. 3.2 - Dimensões características da V.D.E.

1. Coeficiente do Furo: $CF = D/D_f$
2. Coeficiente do Rasgo1: $CR_1 = D/DR_1$
3. Coeficiente do Rasgo2: $CR_2 = D/DR_2$
4. Coeficiente do Passo Axial: $CP_1 = D/L_a$
5. Coeficiente do Passo Circunferencial: $CP_2 = \pi D/L_c$

Como podemos ver na fig. 3.2, foram feitas algumas restrições na geometria da válvula:

1. O passo no sentido axial (L_a) é constante ao longo do comprimento da válvula
2. Todos os furos possuem o mesmo diâmetro
3. O comprimento dos rasgos é dado por:

$$2L_{ri} = DR_i, \quad \begin{matrix} i = 1 \text{ (Rasgo 1)} \\ i = 2 \text{ (Rasgo 2)} \end{matrix}$$

Os detalhes do desenvolvimento do programa poderão ser vistos no DIAGRAMA DE BLOCOS em anexo.

DADOS DE ENTRADA: Através de cartões, sendo um cartão para um tipo de válvula cujos dados deverão ser fornecidos na seguinte ordem

POSIÇÃO	VARIÁVEL	OBSERVAÇÃO
1 - 10	D	Diâmetro característico em mm (F10.3)
11 - 20	CF	Coeficiente do furo (F10.3)
21 - 30	CR1	Coeficiente do rasgo 1 (F10.3)
31 - 40	CR2	Coeficiente do rasgo 2 (F10.3)
41 - 50	CP1	Coeficiente do passo axial (F10.3)

POSIÇÃO	VARIÁVEL	OBSERVAÇÃO
51 - 60	CP2	Coefficiente do passo circunferencial (F10.3)
61 - 70	DIVPAS	Fator de refinamento do curso pode assumir valores 1. ou 2. ou ainda 3. geralmente DIVPAS = 1.

DADOS DE SAÍDA

Fornecemos os dados de entrada D, CF, CR1, CR2, CP1 e CP2 e também os valores de:

DFURO = diâmetro do furo (mm)
 DRASGO1 = diâmetro do rasgo 1 (mm)
 DRASGO2 = diâmetro do rasgo 2 (mm)
 PASSO1 = passo axial (mm)
 PASSO2 = passo circunferencial (mm)

Logo em seguida imprime os valores de área de passagem (ÁREA em mm²) x posição da extremidade do pistão (CURSO em mm) e fornece também os valores percentuais desses valores

3.3. Curvas Adimensionais Geométricas

Neste segmento do trabalho sobre Válvula Dissipadora de Energia, a nossa preocupação está voltada à obtenção de um determinado número de curvas adimensionais capaz de cobrir uma grande gama de diferentes tipos de lei de variação de área em função do curso. A fim de que a partir de uma curva determinada por projeto e por meio de interpolação ou extrapolação dessas curvas, o leitor possa determinar as dimensões necessárias da válvula de projeto.

O critério para obtenção e posterior análise das curvas adimensionais consiste em tomar uma dada geometria de válvula como nossa GEOMETRIA-PADRÃO e a partir daí, variar um parâmetro de cada vez com a fixação dos demais (ver Tabela 3.1)

DIÂMETRO-PADRÃO

D = 200 mm

TABELA 3.1

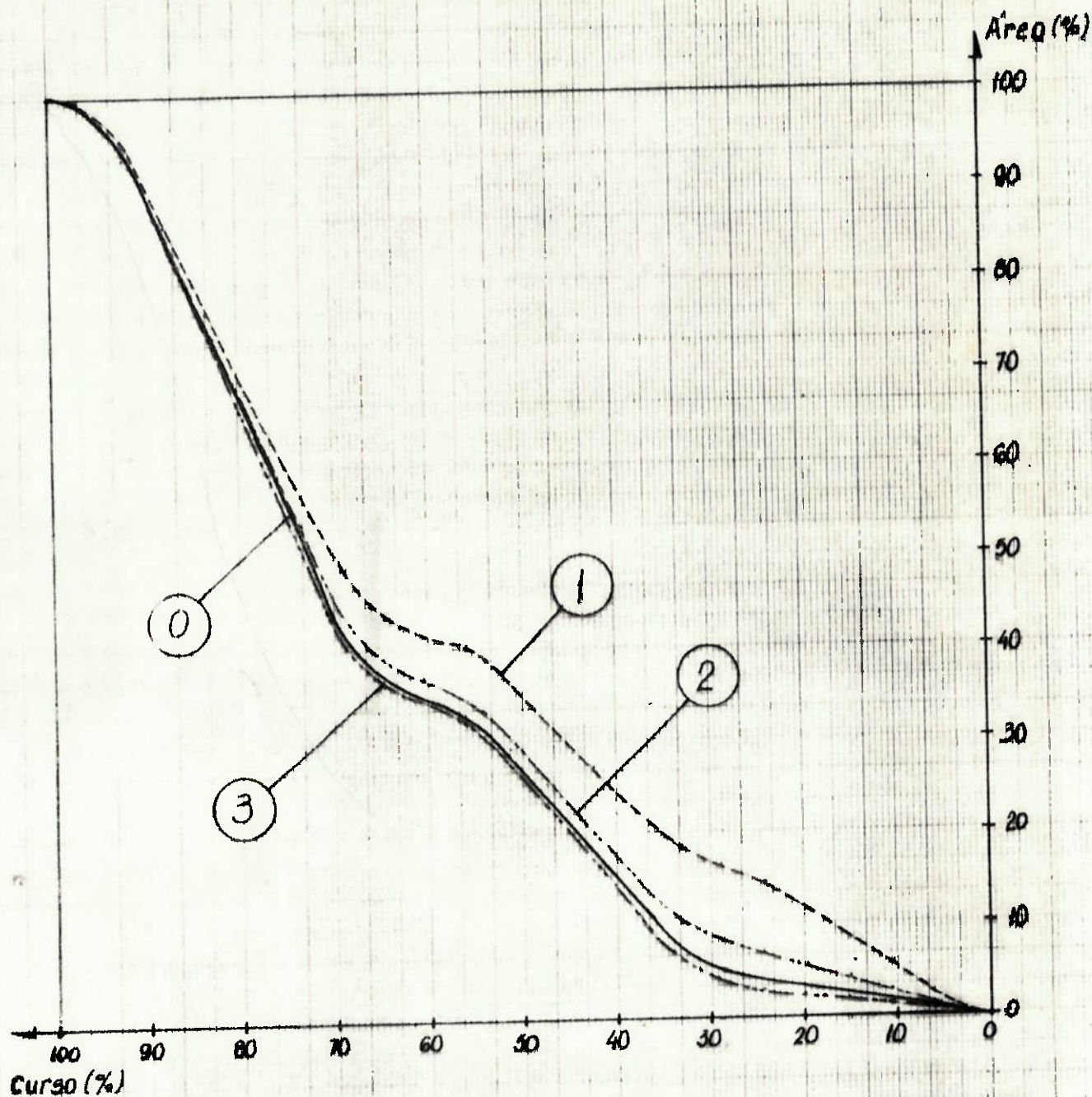
curva	CF	CR1	CR2	CP1	CP2
0 (*)	20	20	10	4	8
1	10	20	10	4	8
2	15	20	10	4	8
3	25	20	10	4	8
4	20	10	10	4	8
5	20	15	10	4	8
6	20	25	10	4	8
7	20	20	15	4	8
8	20	20	20	4	8
9	20	20	25	4	8
10	20	20	10	3.8	8
11	20	20	10	4.2	8
12	20	20	10	4.4	8

(*) Geometria Padrão

O anexo 3.1 apresenta os dados de saída do programa para o computador referente ao 1º método (curvas adimensionais), utilizando-se dos dados de entrada apresentadas na Tabela 3.1. Estes dados de saída foram utilizados para a construção das curvas dos gráficos 3.1, 3.2, 3.3, e 3.4 que apresentam os deslocamentos sofridos pelas curvas adimensionais geométricas da válvula em função das variações dos coeficientes CF, CR1, CR2, CP1 e CP2, respectivamente.

GRÁFICO 3.1

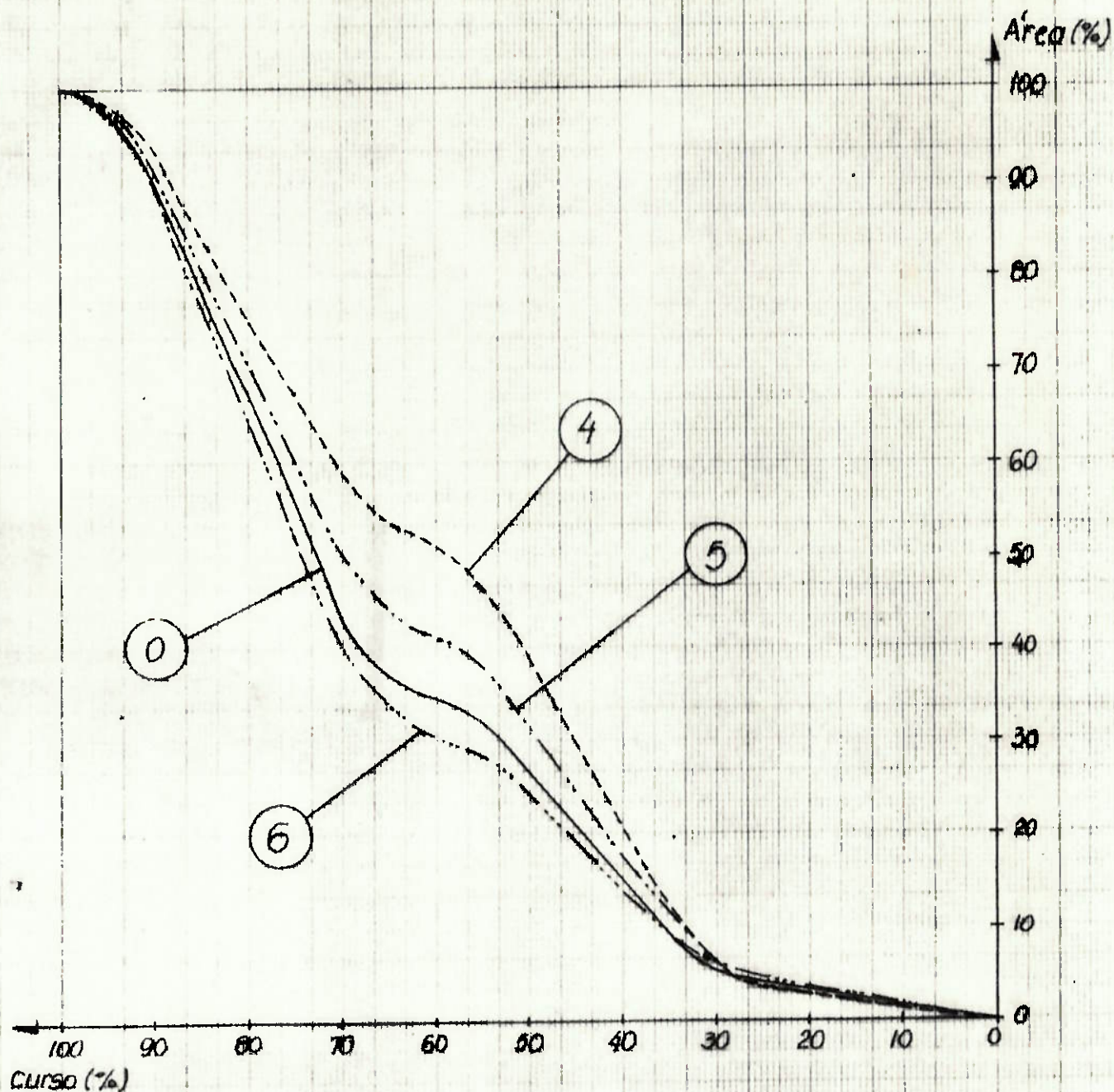
CURVAS ADIMENSIONAIS GEOMÉTRICAS
DA VÁLVULA DISSIPADORA DE ENERGIA



Curva	CF	CR1	CR2	CP1	CP2
0	20	20	10	4	8
1	10	20	10	4	8
2	15	20	10	4	8
3	25	20	10	4	8

GRÁFICO 3.2

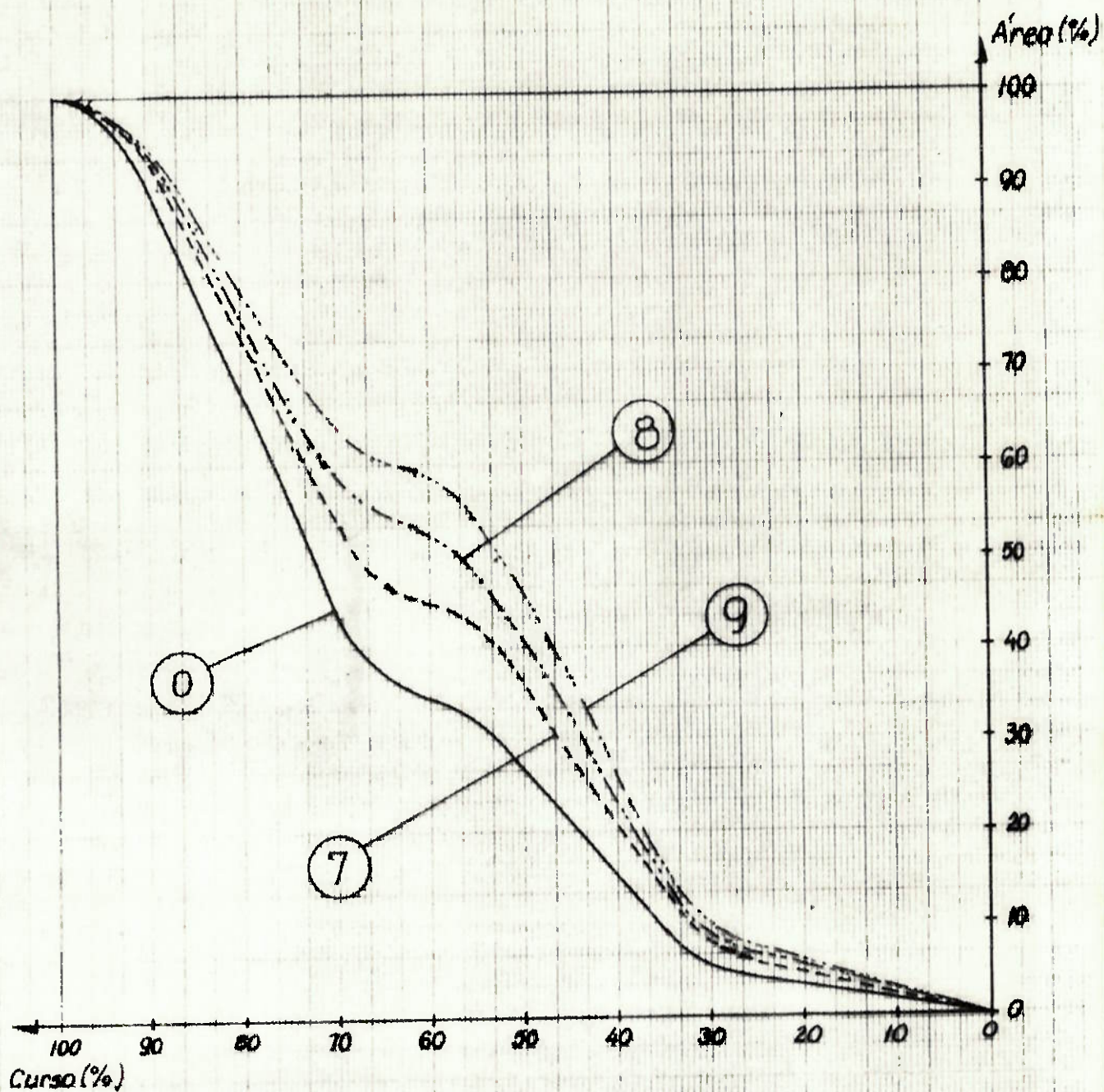
CURVAS ADIMENSIONAIS GEOMÉTRICAS
DA VÁLVULA DISSIPADORA DE ENERGIA



Curva	CF	CR1	CR2	CP1	CP2
0	20	20	10	4	8
4	20	10	10	4	8
5	20	15	10	4	8
6	20	25	10	4	8

GRÁFICO 3.3

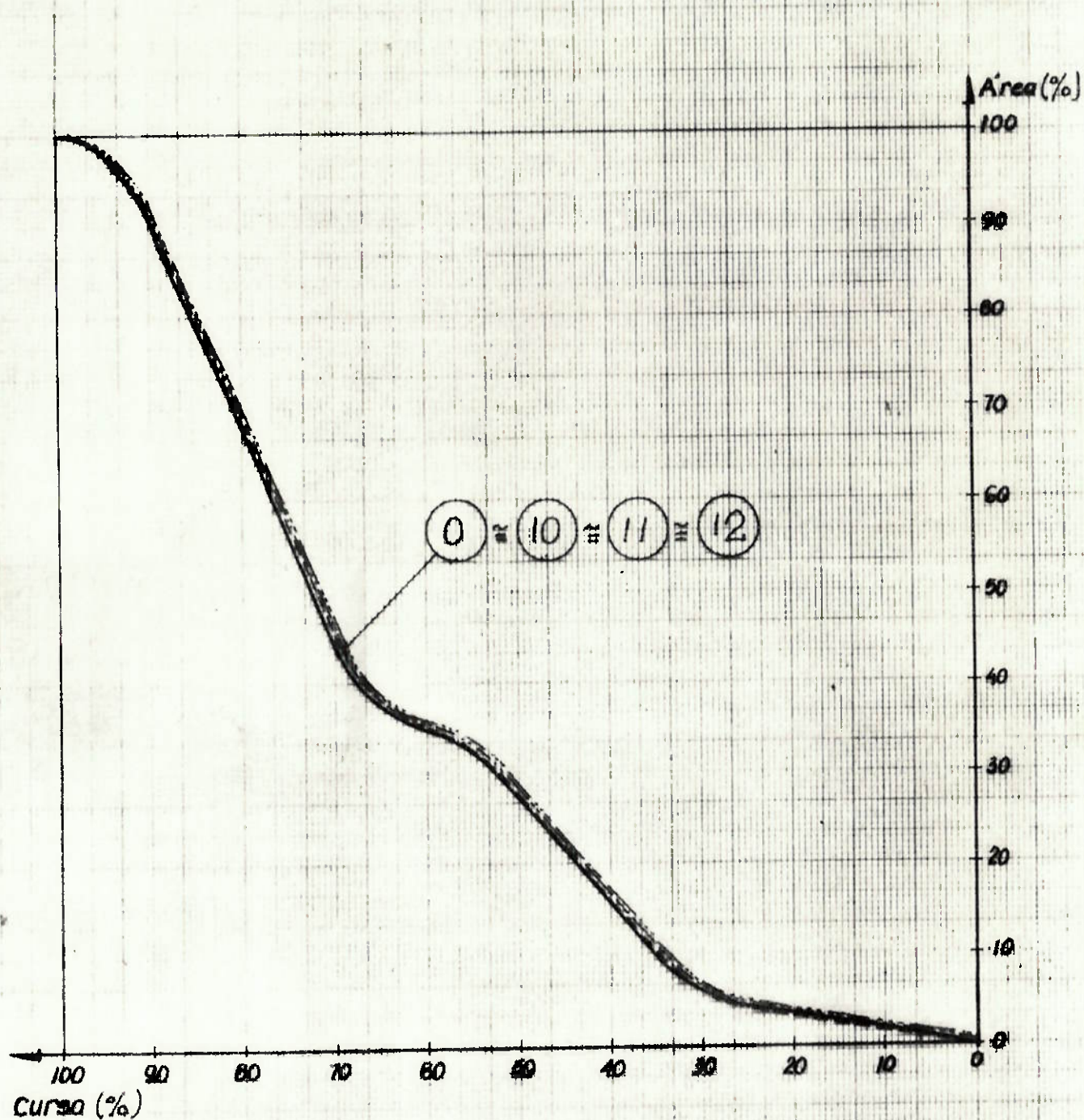
CURVAS ADIMENSIONAIS GEOMÉTRICAS
DA VÁLVULA DISSIPADORA DE ENERGIA



Curva	CF	CR1	CR2	CP1	CP2
0	20	20	10	4	8
7	20	20	15	4	8
8	20	20	20	4	8
9	20	20	25	4	8

GRÁFICO 3.4

CURVAS ADIMENSIONAIS GEOMÉTRICAS
DA VÁLVULA DISSIPADORA DE ENERGIA



Curva	CF	CR1	CR2	CP1	CP2
0	20	20	10	4	8
10	20	20	10	38	8
11	20	20	10	42	8
12	20	20	10	44	8

3.4 2º Método - Determinação das Características Geométricas da Válvula a Partir da Curva Área x Curso

O 2º método consiste em determinar as características geométricas da V.D.E. a partir de uma lei de variação da área de escoamento em função da posição do êmbolo. Dessa maneira é possível encontrar a Válvula Dissipadora de Energia mais adequada para o tipo de manobra que se pretende realizar no sistema hidráulico em que a V. D. E. será instalada.

O programa para computador que levará à determinação das características geométricas a partir da curva Área X Curso será elaborada com algumas restrições apresentadas a seguir:

- A válvula terá como área de escoamento somente furos cujos diâmetros manter-se-ão constantes para cada passo da hélice (passo axial).
- O passo da hélice ao longo da qual se localizam os centros dos furos será mantido constante em todo comprimento da válvula.
- A curva Área X Curso poderá ser fornecida ao programa por pares ordenados ou por meio de uma função.
- A análise da curva Área X Curso será feita dividindo o Curso total em n trechos iguais, nos quais será feita uma aproximação linear da curva

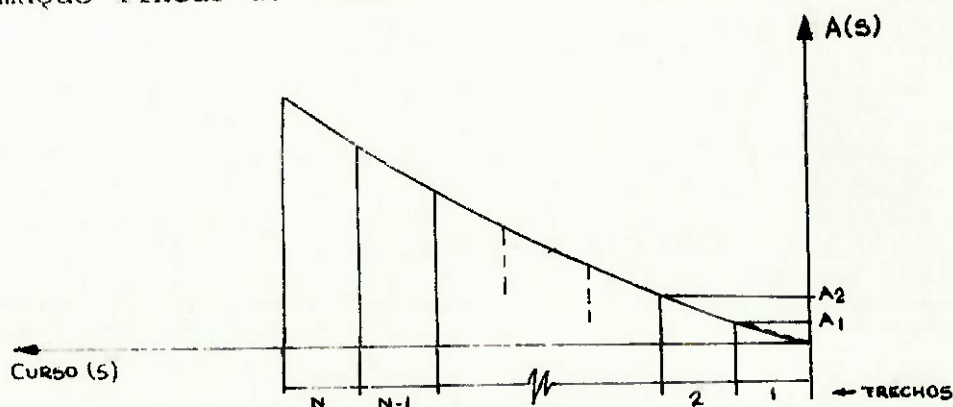


Fig. 3.3 - Aproximação linear da curva $A \times S$

A característica geométrica da válvula a ser determinada pelo programa será os diâmetros dos furos $DF(I)$ de cada trecho (entende-se por trecho, o passo axial) que fornecerá aquela variação de área imposta pela curva $\text{ÁREA} \times \text{CURSO}$.

Após os cálculos de $DF(I)$ o programa elaborado efetuará um cálculo da curva $\text{ÁREA} \times \text{CURSO}$ utilizando os diâmetros $DF(I)$ já obtidos para cada trecho. Este procedimento visa comparar o resultado obtido pela aproximação linear por trechos com a lei de variação inicial.

O diagrama de blocos e o programa deste método encontrar-se-ão no final do capítulo.

A seguir faremos uma breve descrição sobre a maneira de utilizar o programa:

- a - Dada a função $\text{ÁREA} \times \text{CURSO}$ (pela imposição do projeto) procurar expressá-la por pares ordenados ou por uma função.
- b - Dividir a curva dada em n trechos convenientes e portanto definindo o passo axial da VDE.
- c - Adotar um diâmetro característico D e também o número de fileiras $CP2$.
- d - Dados de Entrada

POSIÇÃO	VARIÁVEL	OBSERVAÇÃO
1 - 10	D	Diâmetro característico em <u>mm</u> (F10.2)
11 - 20	$CTOT$	Comprimento (ou curso) nominal total da VDE em mm - (F10.2)
21 - 25	NUM	Nº de trechos ou coeficiente do passo axial (I5)
26 - 30	$CP2$	Nº de fileiras ou coeficiente do passo circunferencial (F5.0)

31 - 32	CASO	Nº indicativo do tipo de entrada que se deseja para a curva AREA X CURSO CASO=0 : entrada por pares ordenados CASO=1 : entrada por uma função (I2)
33 - 34	DIVPAS	Fator de refinamento do curso. Pode assumir valores 1, 2 ou 3. Geralmente, DIVPAS=1 (I2)

e - A entrada por pares ordenados da função A x S. Entra-se com 10 dados em cada cartão sendo valores de $A=A(S_i)$ dado em ordem crescente de S_i onde

$$S_i = i \times \frac{CTOT}{NUM}, \quad i=0,1,\dots,NUM$$

f - A entrada por uma função de A x S.

Explicitar por uma FUNCTION denominada de AF(X)=função de x tomando-se X=S.

q - DADOS DE SAÍDA

O programa fornece a impressão dos resultados de cálculo dos DF(1), além da listagem da área em função do curso, também em valores percentuais $A(\%) \times S(\%)$.

Os exemplos de aplicação deste método encontram-se no anexo 3.2. Onde foi utilizada uma função quadrática

$$AF(X) = .112x^2 \rightarrow Am_{\max} = AF(500) = 28000 \text{ mm}^2$$

como lei de variação da área, com

$$CTOT = 500 \text{ mm}$$

$$D = 200 \text{ mm}$$

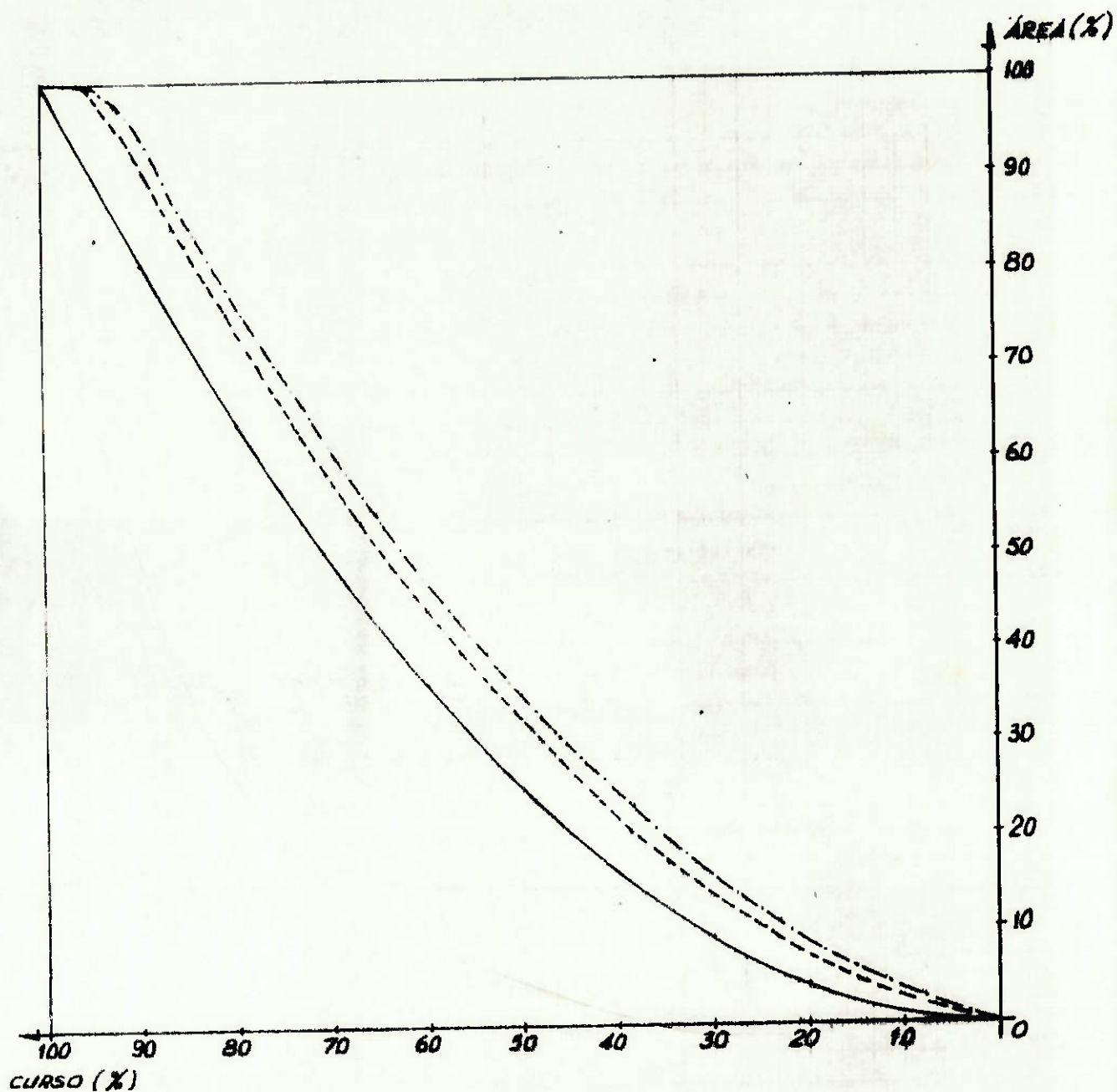
$$NUM = 6 \text{ e } num = 10 (2^\circ \text{ exemplo})$$

$$CP2 = 8$$

$$CASO = 1$$

$$DIVPAS = 1$$

GRÁFICO 3.5

CURVA ADIMENSIONAL GEOMÉTRICA
DO 2º MÉTODO

LEGENDA:

- Curva Teórica, obtida da função $AF(x) = .112 \cdot x^2$
- - - Curva Obtida pelo programa com 6 trechos.
- - - Curva Obtida pelo programa com 10 trechos.

Os dados de saída desses exemplos, segundo listagens em anexo fornece-nos seguintes resultados:

* Área máxima obtida pela aproximação linear com divisão em 6 trechos:

$$Am_{\max 1} = 37333,33 \text{ mm}^2$$

Diferença percentual F:

$$F = \frac{Am_{\max 1} - Am_{\max}}{Am_{\max}} = \frac{37333,33 - 28000}{28000}$$

$$F = 0,33$$

* Divisão em 10 trechos:

$$Am_{\max 2} = 33600,00 \text{ mm}^2$$

$$F = \frac{33600 - 28000}{28000}$$

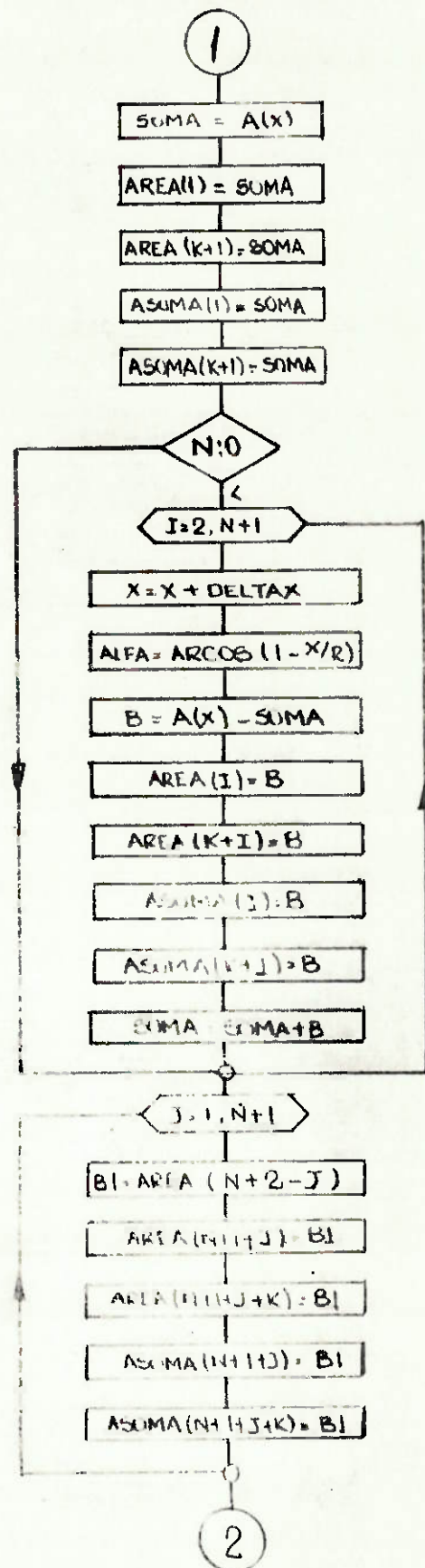
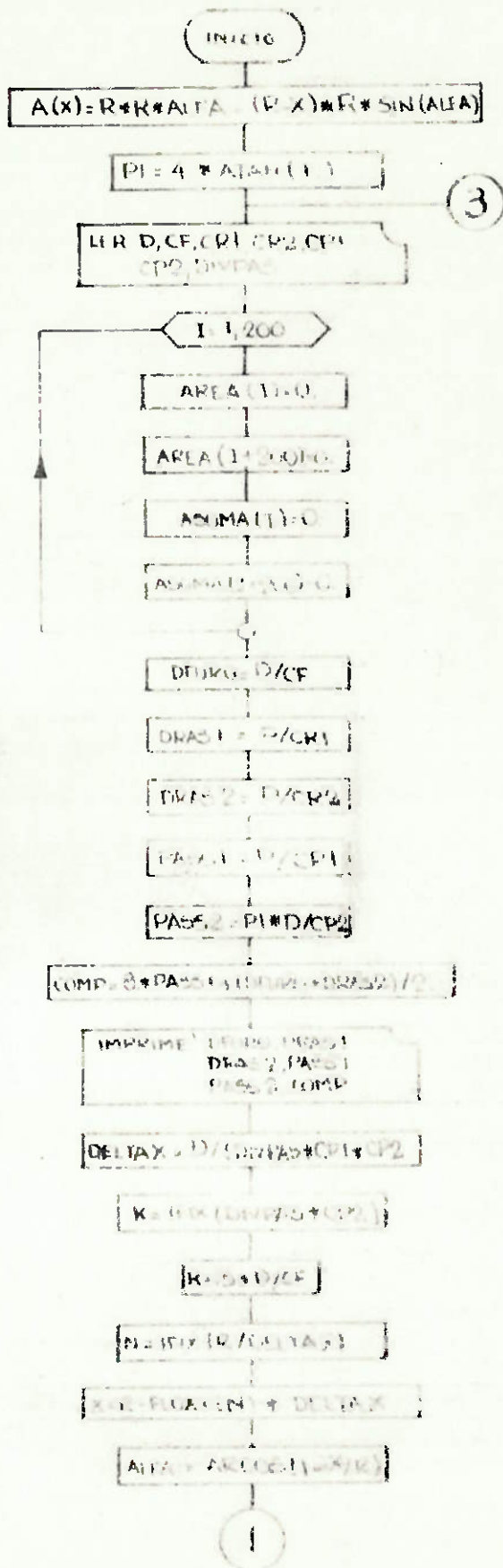
$$F = 0,20$$

O gráfico 3.5 mostra-nos os comportamentos das curvas obtidas pela aproximação linear desse método.

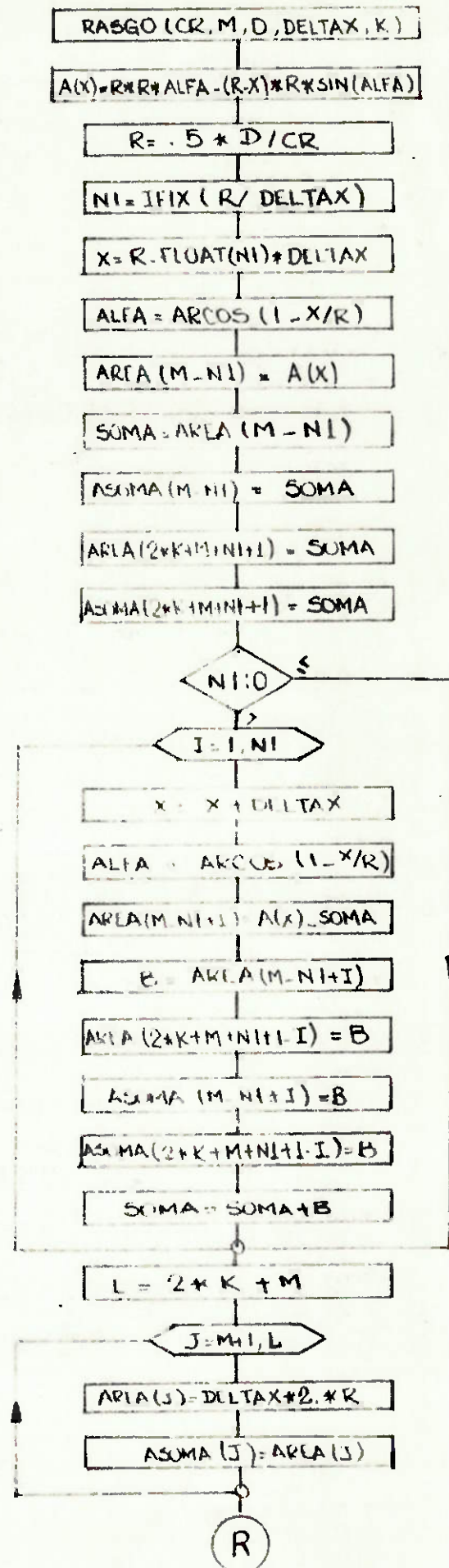
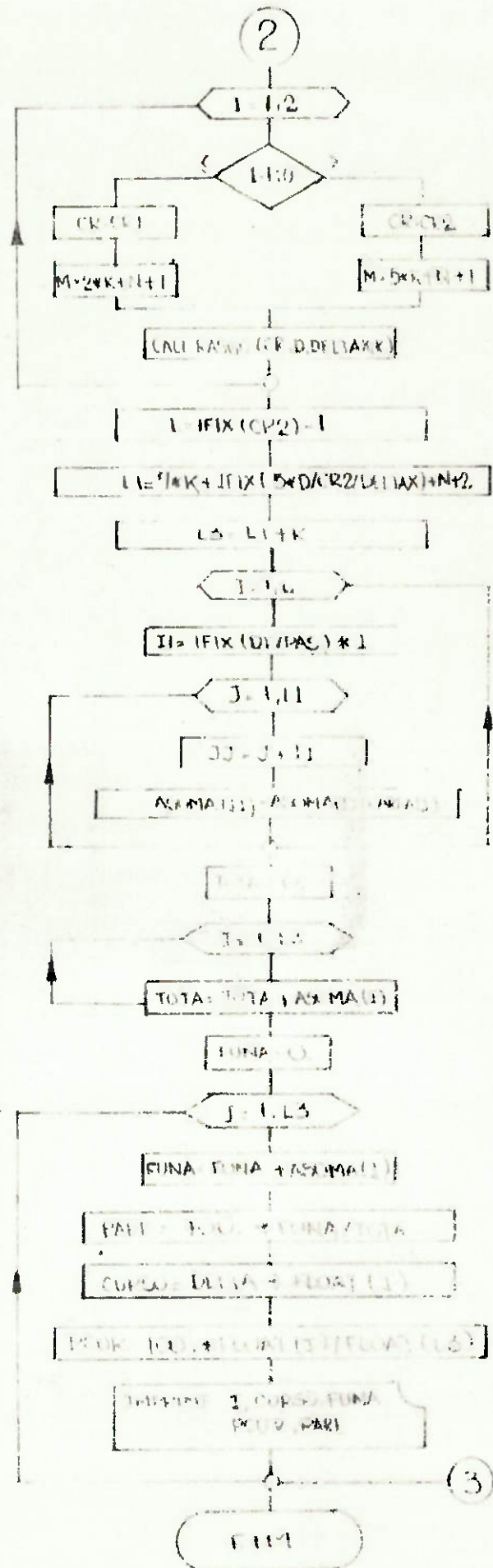
3.5 Diagramas de Blocos e Listagem dos Programas para Computador

Nas páginas seguintes encontramos os diagramas de blocos e listagens para computador (FORTRAN IV) dos dois métodos citados anteriormente.

PROGRAMA PRINCIPAL



SUBROTINA



LISTAGEM PARA COMPUTADOR DO PRIMEIRO MÉTODO

```

COMMON AREA(400), ASDMA(400)
A(X)=R*R*ALFA*(R-X)*R*SIN(ALFA)
F1=4.*ATAN(1.)
6 READ(5,49,FND=999) D,CF,CR1,CR2,CP1,CP2,DIVPAS

C****ZERAR OS VETORES AREA E ASDMA
DO 99 I=1,200
  AREA(I)=0.
  AREA(I+200)=0.
  ASDMA(I)=0.
  ASDMA(I+200)=0.
99 CONTINUE

C****IMPRESSAO DOS DADOS LIDOS
DFURO=D/CF
DRAS1=D/CR1
DRAS2=D/CR2
PASS1=D/CP1
PASS2=D/CP2
COMP=B, PASS1+(DFURO+DRAS2)/2.
WRITE(A,50) D,CF,CR1,CR2,CP1,CP2

WRITE(A,51) DFURO,DRAS1,DRAS2,PASS1,PASS2,COMP

C****CALCULO DA AREA DOS FUROS
DELTAX=D/(DIVPAS*CP1*CP2)
N=FIX(DIVPAS*CP2)
K=.5*D/CF
N=FIX(R/DELTAX)
X=R-FLOAT(N)*DELTAX
ALFA=ARCOS(1-X/R)
SOMA=A(X)
AREA(1)=SOMA
AREA(K+1)=SOMA
ASDMA(1)=SOMA
ASDMA(K+1)=SOMA
IF (N) 2,2,1
1 DO 100 I=2,K+1
  X=X+DELTAX
  ALFA=ARCOS(1-X/R)
  B=A(X)-SOMA
  AREA(I)=B
  AREA(K+I)=B
  ASDMA(K+I)=B
  SOMA=SOMA+B
100 CONTINUE
2 DO 100 J=1,N+1
  B1=AREA(N+J)
  AREA(N+1+J)=B1
  ASDMA(N+1+J)=B1
200 ASDMA(N+1+J+K)=B1
C****CALCULO DA AREA DOS RASGOS
DO 300 I=1,2
  IF (I-1) 3,3,4
  3 CP=CR1
  M=2*PI*N+1
  GO TO 4
  4 CP=CR2
  M=PI*N+1
  5 CALL RASGO(CP,M,D,DELTAX,K)
300 CONTINUE

C****IMPLACAO E SOMATORIA DO VETOR AREA
L=FIX(CP2)-1
L1=7+L+FIX(.5*D/CP2/DELTAX)*N+2
L3=L+K
DO 400 I=1,L
  I1=FIX(DIVPAS)*I
  DO 500 J=1,L1
    JJ=J+I1
  500 ASDMA(JJ)=ASDMA(JJ)+AREA(J)
400 CONTINUE

C****CALCULO DA AREA TOTAL
TOTA=0.
DO 700 I=1,L3
  700 TOTA=TOTA+ASDMA(I)
WRITE(A,52)

C****CALC. AREA E AREA PERC. EM FUNCAO DO CURSO
FINA=0.
DO 800 I=1,L3
  FINA=FINA+ASDMA(I)
PARE=100.*FINA/TOTA
CURSO=DELTAX*FLOAT(I)
PCUR=100.*FLOAT(I)/FLOAT(L3)
WRITE(A,53) I,CURSO,FINA,PCUR,PARE
800 CONTINUE

```

```

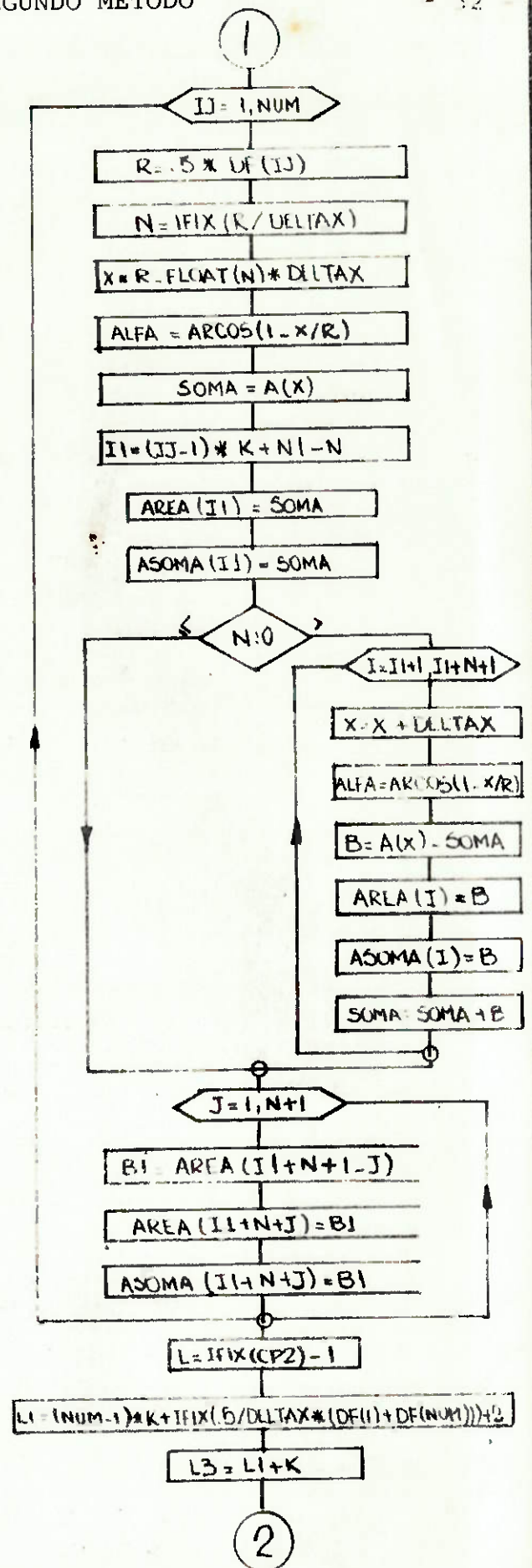
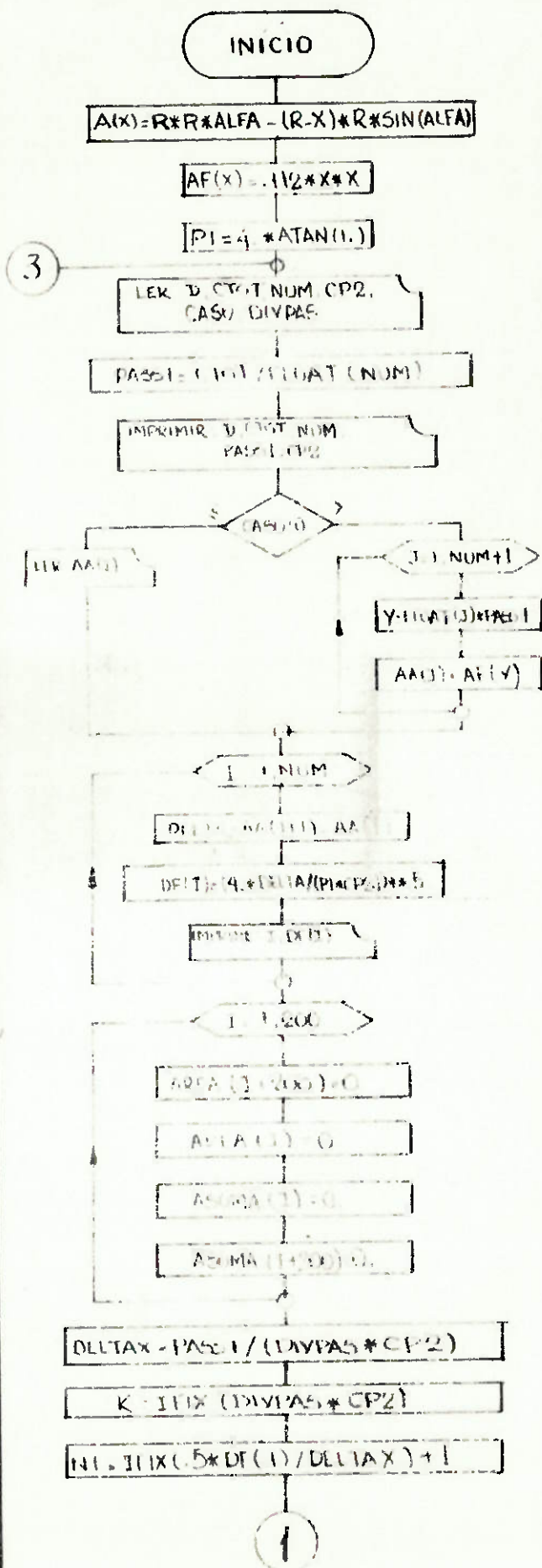
WRITE(K,54)
GO TO K
999 STOP
49 FORMAT(8F10.3)
50 FORMAT(6X,"DIAMETRO D = ",F10.2," MM",///,6X,"CF = ",F5.2,
*13X,"CR1 = ",F5.2,12X,"CR2 = ",F5.2,12X,"CP1 = ",F5.2,12X,
*13X,"CP2 = ",F5.2,12X,///)
51 FORMAT(6X,"CFURD = ",F7.2,XX,"DRASGO 1 = ",F7.2,5X,"DRASGO 2 = ",
*F7.2,5X,"PASSO 1 = ",F7.2,5X,"PASSO 2 = ",F7.2,///,XX,
*13X,"COMPRIMENTO NOMINAL = ",F8.2,///)
52 FORMAT(6X," I",8X,"CURSO(MM)",8X,"AREA(MM2)",8X,"CURSO PERC(%)",
*8X,"AREA PERC(%)",///)
53 FORMAT(6X,13,10X,F7.2,7X,F10.2,15X,F6.2,14X,F6.2)
54 FORMAT(1H1)
END

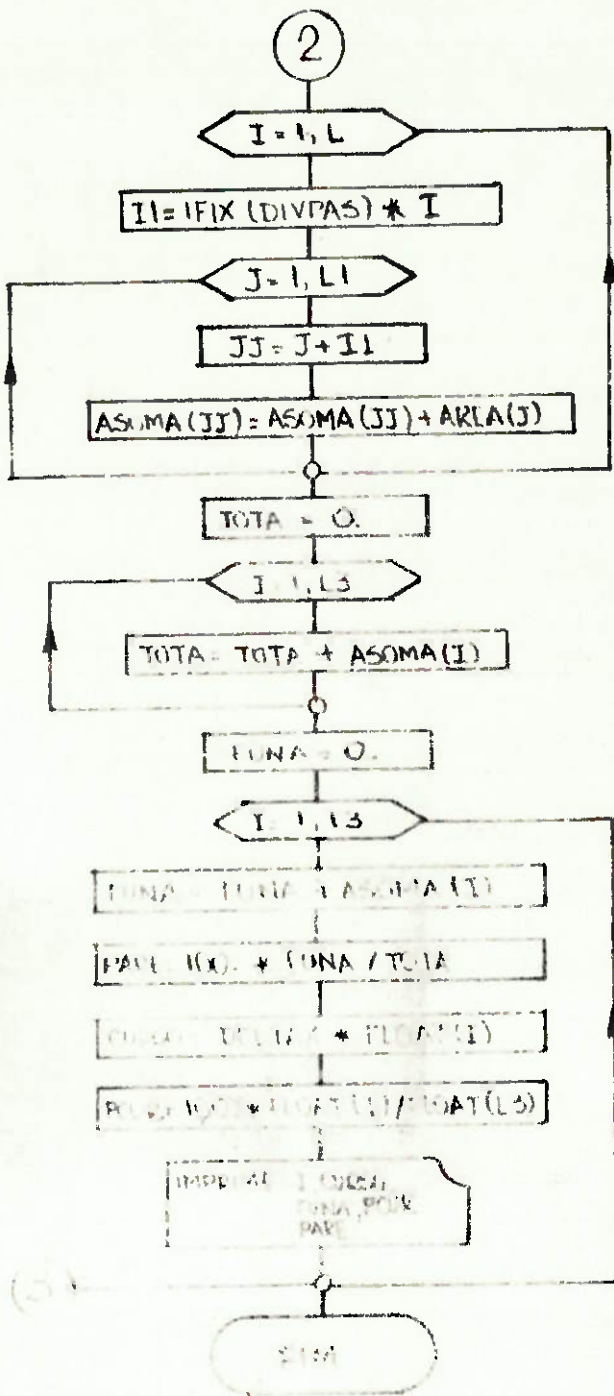
```

```

SUBROUTINE RASGO(CR,M,D,DELTA,K)
COMMON AREA(400),ASOMA(400)
A(X)=R*R*ALFA-(R-X)*R*SIN(ALFA)
R=.5*D/CR
N1=1+IY(R/DELTA)
X=R-FLDAT(N1)*DELTA
ALFA=ACOS(1-X/R)
AREA(M-N1)=A(X)
SOMA=AREA(M-N1)
ASOMA(M-N1)=SOMA
AREA(2+X+M+N1+1)=SOMA
ASOMA(2+X+M+N1+1)=SOMA
IF (N1) 12,12,11
11 DO 10 I=1,N1
X=X+DELTA
ALFA=ACOS(1-X/R)
AREA(M-N1+I)=A(X)-SOMA
B=AREA(M-N1+1)
AREA(2+X+M+N1+1-I)=B
ASOMA(M-N1+1)=B
ASOMA(2+X+M+N1+1-I)=B
101 SOMA=AREA(M-N1)
12 L=2+X+M
DO 201 J=M+1,L
AREA(J)=DELTA*2*R
201 ASOMA(J)=AREA(J)
RETURN
END

```





LISTAGEM PARA COMPUTADOR DO SEGUNDO MÉTODO

C****CALCULO DE DIAMETRO A PARTIR DA LEI DE VARIACAO DE AREA
C (APROXIMACAO POR SEGMENTO DE RETA)

```

DIMENSION AA(20),DF(20)
COMMON AREA(400),ASOMA(400)
A(X)=R-R*ALFA-(R-X)*R*SIN(ALFA)
AF(X)=.112*X*X
PI=4.*ATAN(1.)
8 READ(5,100,END=1000) D,CTOT,NUM,CP2,CASO,DIVPAS

PASS1=CTOT/FLOAT(NUM)
WRITE(A,200) D,CTOT,NUM,PASS1,CP2

IF(CASO) 1,1,2
1 READ(5,101)(AA(I),I=1,NUM+1)
GO TO 1
2 DO 10 J=1,NUM+1
Y=FLOAT(J)*PASS1
AA(J)=AF(Y)
10 CONTINUE
WRITE(A,201)
3 DO 20 I=1,NUM
DELTA=AA(I+1)-AA(I)
DF(I)=(4.*DELTA/(PI*CP2))**.5
WRITE(A,202) I,DF(I)
20 CONTINUE
C****2 GRAF DOS VETORES AREA E ASOMA
DO 49 I=1,200
AREA(I+200)=0.
AREA(I)=0.
ASOMA(I)=0.
ASOMA(I+200)=0.
99 CONTINUE
C****CALCULO DA AREA DOS FUROS
DELTAX=PASS1/(DIVPAS*CP2)
K=IFIX(DIVPAS*CP2)
N1=IFIX(.5*DF(1)/DELTAX)+1
DO 30 IJ=1,NUM
R=.5*DF(IJ)
N=IFIX(R/DELTAX)
X=R-FLOAT(N)*DELTAX
ALFA=ARCOS(1-X/R)
SOMA=A(X)
I1=(IJ-1)*K+N1+N
AREA(I1)=SOMA
ASOMA(I1)=SOMA
IF(N) 5,5,4
4 DO 1100 I=I1+1,I1+N+1
X=X+DELTAX
ALFA=ARCOS(1-X/R)
B=A(X)-SOMA
AREA(I)=B
ASOMA(I)=B
SOMA=SOMA+B
1100 CONTINUE

```

```

5 DO 1200 J=1,N+1
  U1=AREA(I1+N+1-J)
  AREA(I1+N+J)=B1
  ASOMA(J1+N+J)=B1
1200 CONTINUE
30 CONTINUE
C**** TRANSACAO E SOMATORIA DO VETOR AREA
  L=IFIX(CP2)-1
  L1=(NUM-1)*K+IFIX(.5/DELTA*(DF(1)+DF(NUM)))+2
  L3=L1+K
  DO 400 I=1,L
    I1=IFIX(DIVPAS)*I
    DO 500 J=1,L1
      JJ=J+I1
    500 ASOMA(JJ)=ASOMA(JJ)+AREA(J)
  400 CONTINUE
C**** CALCULO DA AREA TOTAL
  TOTA=0.
  DO 700 I=1,L3
    700 TOTA=TOTA+ASOMA(I)
  WRITE(A,52)
C**** CALC. AREA E AREA PERC. EM FUNCAO DO CURSO
  FUNA=0.
  DO 800 I=1,L3
    FUNA=FUNA+ASOMA(I)
  PARE=100.*FUNA/TOTA
  CURS=(DELTA*FLJAT(I)
  PCUR=100.*FLOAT(I)/FLOAT(L3)
  WRITE(A,53) I,CURS,FUNA,PCUR,PARE
  800 CONTINUE
  WRITE(A,54)
  DO 900 I=1,L3
1000 STOP
52 FORMAT(6X," I",8X,"CURSO(MM)",8X,"AREA(MM2)",8X,"CURSO PERC(X)",
  8X,"AREA PERC(X)",//)
53 FORMAT(6X,I3,10X,F7.2,7X,F10.2,15X,F6.2,14X,F6.2)
54 FORMAT(1H1)
100 FORMAT(2F10.2,15,F5.0,2I2)
101 FORMAT(10F10.2)
200 FORMAT(6X,"DIAMETRO D = ",F10.2," MM",///,6X,"CURSO TOTAL = ",F10.
  2,2X,"MM",5X,"NUMERO DE TRFCHO = ",I5,///,6X,"PASSO 1 = ",F8.2,2X,"
  MM",6X,"CP2 = ",F5.0,//)
201 FORMAT(6X," I",8X," DF(F)")
202 FORMAT(6X,I3,10X,F7.2)
  END

```

4. DIMENSIONAMENTO MECÂNICO DA VÁLVULA

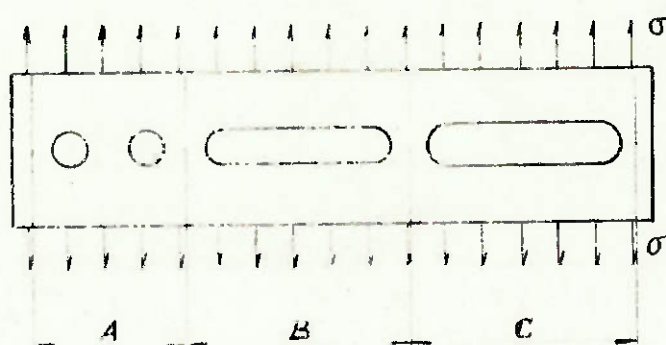
4.1. Considerações sobre o Efeito de Concentração de Tensões

O dimensionamento mecânico desta válvula, deverá levar em conta o efeito de concentração de tensões provocado pelas descontinuidades existentes no corpo da válvula (cilindro perfurado).

Os estudos básicos para o equacionamento de efeitos dos concentradores de tensões foram desenvolvidos por vários pesquisadores e, somente em alguns casos mais simples a solução foi estabelecida. Casos como de placas (finitas ou infinitas) com um único furo circular submetidas à tração, placa finita com um rasgo sendo tracionada, uma placa com vários furos sofrendo tração em uma ou duas direções, entre outros, são os estudos já efetuados, dentro da área de interesse deste trabalho, que utilizaremos para efetuar o projeto mecânico da válvula, devendo para tanto, fazer determinadas hipóteses.

- No dimensionamento do cilindro será admitida tração apenas na direção circunferencial, desprezando o tracionamento da válvula no sentido axial, pois verifica-se na prática que as tensões circunferenciais são mais críticas que as axiais.
- O diferencial de pressão na válvula (pressão de montante menos pressão de jusante) será considerado como sendo o máximo, isto é, pressão de jusante igual à pressão atmosférica.
- Na região dos concentradores de tensão aproximar a parede do cilindro como sendo uma placa plana.
- Os efeitos de concentração de tensões dos furos e dos rasgos serão considerados independentemente ou isolada-

mente. O tratamento a ser dado para a verificação do efeito de concentração de tensões será o seguinte:



$$\sigma = \text{tensão de tração aplicada na parede do corpo da válvula} = \sigma = \frac{p \cdot p}{2 \cdot e}$$

Fig. 4.1 - Tensões aplicadas no cilindro da válvula

Será feita a análise individual dos três setores (A, B e C) indicados na figura anterior, desprezando a influência da descontinuidade adjacente.

O coeficiente de concentração de tensões é obtido para o setor A através do gráfico 1 do anexo 4.1 e para os setores B e C no gráfico 2 do mesmo anexo.

O dimensionamento do corpo da válvula será feito verificando as tensões quanto à tensão ruptura do material (o estudo não analisará quanto ao fenômeno de fadiga).

A literatura utilizada foi a de Peterson, onde foram encontradas curvas de coeficientes de concentração de tensões (k_t) para diversas singularidades.

$$k_t = \frac{\sigma_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{nom}}}$$

onde a tensão nominal (σ_{nom}) é definida para a secção líquida ou secção útil.

O valor de k_t é obtido através de gráficos e é função da geometria da singularidade.

Com estes dois parâmetros calculamos a tensão máxima (σ_{max}) atuante que será comparada com a tensão admissível do material do corpo da válvula.

4.2. Dimensionamento

Determinada a geometria da válvula devemos, para o dimensionamento mecânico da válvula, obter determinados parâmetros, tais como: pressão de trabalho e materiais utilizados, que são funções de cada projeto.

4.2.1. Pressão

Os sistemas hidráulicos podem ser classificados de diversas maneiras, dentre elas destacamos a classificação de acordo com a pressão.

Segundo a J.I.C. (Joint Industry Conference), extinta em 1967 e a atual NFPA (National Fluid Power Association), classificamos, quanto a pressão de trabalho da seguinte forma:

0 a 14 bar	- baixa pressão
14 a 35 bar	- média pressão
35 a 84 bar	- média-alta pressão
84 a 210 bar	- alta pressão
acima de 210 bar	- extra-alta pressão
(1 bar = 10^5 N/m ²)	

4.2.2. Materiais utilizados em válvulas

Para a construção de uma válvula pode-se utilizar diversos materiais, cuja escolha depende de vários fatores impostos pelo projeto. A título de ilustração mostramos no anexo 4.2 uma tabela com os materiais empregados na fabricação de válvulas convencionais.

Como no nosso caso a válvula será construída por tubos apresentaremos nos anexos 4.3 e 4.4 uma tabela dos aços ASTM/API mais empregados em tubulações e uma tabela com tensões admissíveis de aços para tubos, respectivamente.

4.2.3. Resistência

O anexo 4.5 apresenta algumas informações para facilitar a seleção de materiais em função da sua compatibilidade com os fluídos de trabalho, que é um dos pontos para a escolha do material.

4.2.4. Dimensões normalizadas

A válvula em estudo utiliza tubos para a sua fabricação. No anexo 4.6 encontram-se listadas algumas dimensões normalizadas para tubos de aço segundo as normas ANSI B.36.10 e B.36.19 e a norma P-EB-249.

4.2.5. Determinação da tensão máxima

O cálculo da tensão máxima que atua no corpo da válvula é feito através da fórmula de coeficiente de concentração de tensões.

$$k_t = \frac{\sigma_{m\acute{a}x}}{\sigma_{nom}}$$

ou

$$\sigma_{\text{máx}} = k_t \times \sigma_{\text{nom}}$$

onde, como vimos, a tensão nominal (σ_{nom}) é definida na secção útil, portanto

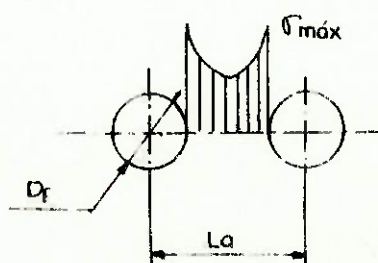
$$\sigma_{\text{nom}} = \frac{p \cdot D \cdot L}{2 \cdot 4 \cdot L_{\text{útil}}}$$

$$\text{onde } L_{\text{útil}} = L - (2 \cdot D_f + Dr_1 + Dr_2 + 4 \cdot La)$$

- e
- P: pressão a montante da válvula
 - D: diâmetro interno do cilindro
 - e: espessura da parede do cilindro
 - D_f : diâmetro dos furos
 - Dr_1 : largura dos rasgos da primeira carreira
 - Dr_2 : largura dos rasgos da segunda carreira
 - La : passo axial

O coeficiente de concentração de tensões é obtido graficamente para os três setores citados no início deste capítulo (fig. 4.1), dos quais será utilizado o que apresentar o maior valor.

No caso dos furos, temos como abscissa:



$$\frac{b}{a} = \frac{La}{Df}$$

Fig. 4.2 - Concentração de tensões sobre os furos

Para os rasgos, devemos determinar:

$$\frac{t}{r} = \frac{2t}{2r} = \frac{2La + Dri}{Dri}$$

onde, $i = 1$ ou 2

$$e = \frac{1}{d}, \quad r = \frac{Dri}{2}$$

para d tomamos
o maior valor entre

$$La = \frac{Df + Dr_1}{2}$$

$$La = \frac{Dr_1 + Dr_2}{2}$$

4.3. Dimensionamento Mecânico da Válvula a ser Construída e En- saiada

a) Dimensões da válvula:

$$D = 200 \text{ mm}$$

$$Df = 10 \text{ mm}$$

$$Dr_1 = 20 \text{ mm}$$

$$Dr_2 = 20 \text{ mm}$$

$$La = 50 \text{ mm}$$

$$L_{\text{nom}} = 415 \text{ mm (compr. nominal da v\~{a}l.)}$$

$$\text{comprimento da válvula: } L \approx 1,1 L_{\text{nom}} = 1,1 \times 415$$

$$L = 457 \text{ mm}$$

$$\text{comprimento útil: } L_{\text{útil}} = L - (2xDf + Dr_1 + Dr_2 + 4xLa)$$

$$L_{\text{útil}} = 457 - (2 \times 10 + 20 + 20 + 4 \times 50)$$

$$L_{\text{útil}} = 197 \text{ mm}$$

b) Pressão máxima de trabalho:

para a classificação baixa pressão

$$p_{\text{m\~{a}x}} = 14 \text{ bar} = 1.4 \text{ MN/m}^2$$

c) Dimensões do tubo,

$$D_{\text{nom}} = 8" \quad \left\{ \begin{array}{l} D_e = 219 \text{ mm (diâmetro externo)} \\ \text{SCH. 60} \\ D_i = 198.5 \text{ mm (diâmetro interno)} \end{array} \right.$$

d) Fluido de trabalho: água doce

Para este fluido, segundo a Tabela no anexo 4.5 podemos utilizar aço carbono para a válvula

Então utilizando tubo de aço, material ASTM A-53 Gr B ou ASTM A-106 Gr B, obtemos da Tabela do anexo 4.4 a tensão admissível:

$$\sigma_{\text{adm}} = 1055 \text{ Kgf/cm}^2 = 103.39 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{usando o tubo para } \left\{ \begin{array}{l} D_e = 216 \text{ mm} \\ D_i = D = 200 \text{ mm} \end{array} \right.$$

temos a espessura de parede:

$$e = \frac{D_e - D_i}{2} = e = 7.5 \text{ mm}$$

Então, a tensão nominal será:

$$\sigma_{\text{nom}} = \frac{p \cdot D \cdot L}{2 \cdot e \cdot L_{\text{util}}} = \frac{1.4 \times 10^6 \times 200 \times 457}{2 \times 8.0 \times 197}$$

$$\sigma_{\text{nom}} = 40.60 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

e) Coeficiente de concentração de tensões:

para os furos

$$\frac{b}{a} = \frac{b_1}{b_2} = \frac{50}{10} = 5$$

Do gráfico 1 (anexo 4.1) obtemos $k_t = 2.4$

- para os rasgos (da 1a. ou 2a. carreira)

$$\frac{t}{r} = \frac{2 \times L_a + Dr_1}{Dr_1} = \frac{2 \times 50 + 20}{20} = 6$$

$$d = L_a - \frac{Df + Dr_1}{2} = 50 - \frac{10 + 20}{2} = 35 \text{ mm}$$

$$d = L_a - \frac{Dr_1 + Dr_2}{2} = 50 - \frac{20 + 20}{2} = 30 \text{ mm}$$

$$\therefore \frac{r}{d} = \frac{Dr_1}{2 \cdot d} = \frac{20}{2 \times 35} = 0.286$$

Do gráfico 2 (anexo 4.1) temos, extrapolando:

$$k_t = 2.5$$

Dos coeficientes de concentração de tensões, o maior é o obtido para os rasgos, daí a tensão máxima será:

$$\sigma_{\text{máx}} = k_t \cdot \sigma_{\text{nom}} = 2.5 \times 40.60 = 101.50 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} < \sigma_{\text{adm}}$$

4.4. Desenho dos Anéis de Vedação

4.4.1. Anel de vedação fixo

Será utilizado um anel O-ring entre o corpo da válvula (cilindro perfurado) e a câmara de expansão (carcaça) - fig 4.3

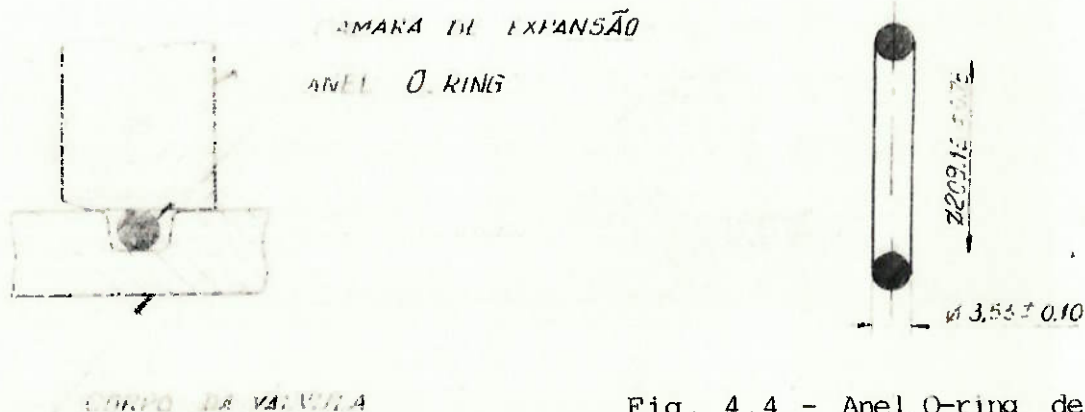


Fig. 4.3 - Esquema de posicionamento do Anel O-ring

Fig. 4.4 - Anel O-ring de Parker nº 2 - 267

4.4.2. Anel de vedação móvel

Entre o êmbolo e o corpo da válvula utilizaremos um sistema de vedação composto por um anel O-ring e um anel cilíndrico de Politetra Fluor Etileno - PTFE (Teflon) ou outro material semelhante, conforme a figura 4.5.

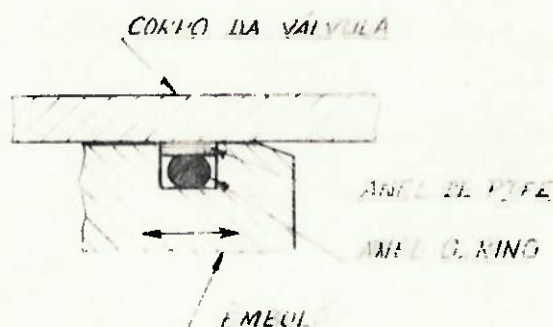


Fig. 4.5 - Esquema do posicionamento dos anéis de vedação

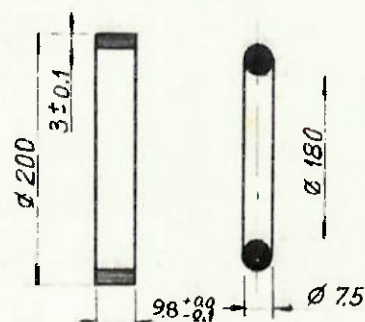


Fig. 4.6 - Anéis AFGAT
AFP - 200

O emprego deste tipo de vedação, se deve ao fato do baixo coeficiente de atrito que este sistema apresenta, quando o êmbolo se movimenta, como também a de evitar a rápida deterioração do anel O-ring, devido a mordeduras que ocorreriam caso fosse utilizado apenas o anel O-ring.

5. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

O primeiro método apresentado para determinação das características geométricas, que se baseia na interpolação ou extrapolação das curvas adimensionais, é um meio fácil e rápido de escolher a válvula VDE geometricamente adequada para exercer uma determinada função, isto é, satisfazer uma lei de variação em função do curso do êmbolo. Porém, para que isso seja possível é necessário dispor de um número razoável de tipos de famílias de curvas que abranjam um número suficiente de curvas de lei de variação de área $\text{ÁREA} \times \text{CURSO}$.

Pode-se notar, pela análise das curvas adimensionais geométricas, que efetuando variações nas características geométricas obtêm-se uma modificação notória no comportamento dessas curvas. Logo, combinando o efeito de cada um dos elementos definidores da geometria da VDE pode-se determinar a curva adimensional de projeto com razoável precisão.

O segundo método é um processo mais direto de se determinar as características definidoras da VDE. Particularizada para VDE - só com furos e tem a desvantagem de se obter valores de diâmetros dos furos não normalizados e além de introduzir um erro maior ou menor conforme o número de passos (trechos) como podemos ver através do exemplo.

De qualquer forma neste estudo introdutório sobre a influência da geometria da VDE na área de escoamento atingiu o grau de -

detalhamento requerido e os programas de computador elaborados e as listagens anexas auxiliarão no prosseguimento do estudo da VDE.

Quanto à parte de construção de protótipo e ensaios em laboratório ficarão à cargo dos que retomarem este estudo, que é a idéia do nosso orientador Prof. Dr. Koelle.

6. DISEÑOS MECÂNICOS

BIBLIOGRAFIA:

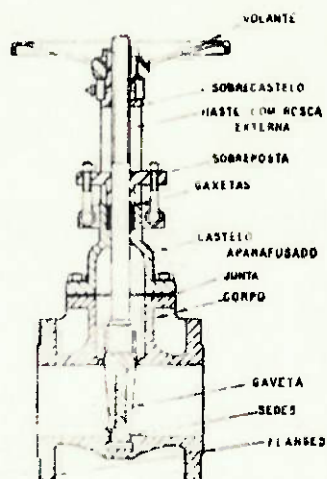
- . O-Ring Handbook
Parker Seal Company
Agosto de 1971
- . Stress Concentration Design Factors
R. E. Peterson
John Wiley & Sons, Inc., New York
- . Catálogo de Anéis de Vedação - AFEAT para Pistões e Hastes -
AFILON.
- . Tabelas e Gráficos para Projetos de Tubulações
pedro C. Silva Teles e Percy G. Paula Barros
Livraria Interiência Ltda, Rio de Janeiro - 1976
- . Fundações
Dom Benedito Silva
Grande Politécnico - 2a. edição
- . Vantagens Industriais Brasileiras
Sindicato da Indústria de Máquinas do Estado de São Paulo
Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
- . Curso de Fortran IV - Básico
Sethco, Smith e Kowallowski
Editora Edgard Blücher, São Paulo - 1972
- . Fortran - Técnicas Práticas e Eficientes em Programação
Maximilian Earl Behl
Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.
Editora da Universidade de São Paulo, Rio de Janeiro - 1974
- . Tubulações Industriais
Pedro C. Silva Teles
Ao Livro Técnico S/A

ANEXOS

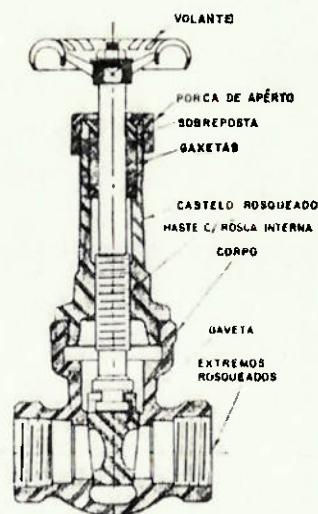
ANEXO 1.1

Principais Características de Válvulas Industriais

1.1 Válvulas de gaveta (gate valves)



Válvula de gaveta, castelo aparafusado, tipo "OS & Y".



gaveta, castelo rosqueado, tipo "RS"

Este é o tipo de válvula mais importante e de uso mais generalizado, representando cerca de 2/3 de todas as válvulas utilizadas em tubulações industriais. Os principais empregos das válvulas de gaveta são os seguintes:

1. Em quaisquer diâmetros, para todos os serviços de bloqueio em linhas de água, óleos e líquidos em geral, desde que não sejam muito corrosivos, nem deixem muitos sedimentos ou tenham grande quantidade de sólidos em suspensão.
2. Em diâmetros acima de 8" para bloqueio em linhas de vapor.
3. Em diâmetros acima de 2" para bloqueio em linhas de ar. Em qualquer um desses serviços, as válvulas de gaveta são usadas para quaisquer pressões e temperaturas.

O fechamento nessas válvulas é feito pelo movimento de uma peça chamada de gaveta, que se desloca paralelamente ao orifício da válvula, e perpendicularmente ao sentido geral de escoamento do fluido.

Empregam-se nas válvulas de gaveta três sistemas diferentes de movimentação da haste:

1. Haste ascendente com rosca externa (outside screw and yoke OS & Y). É o sistema usado nas válvulas grandes e de boa qualidade.
2. Haste ascendente com rosca interna (rising stem - RS). É a disposição mais usual em válvulas pequenas e também em válvulas grandes de qualidade inferior.
3. Haste não ascendente (non rising stem-NRS). A haste, juntamente com o volante tem apenas movimento de rotação.

Variantes das válvulas de gaveta

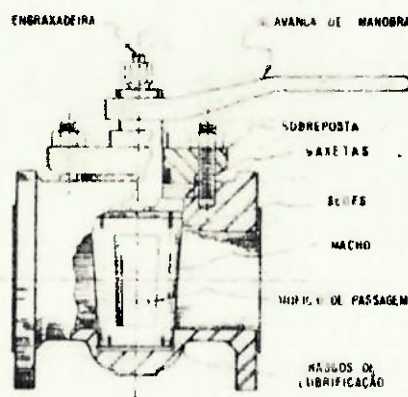
1. Válvulas de comporta (slide valves) - São válvulas em que a gaveta é uma comporta que desliza livremente entre guias paralelas. Essas válvulas, que não dão fechamento estanque, são usadas em grandes diâmetros, para ar, gases e água em baixa pressão, e também em quaisquer diâmetros, para produtos de alta viscosidade (pasta de papel, por exemplo), e para fluidos abrasivos.

2. Válvulas de fecho rápido (quick-acting valves) - Nessas válvulas a gaveta é manobrada por uma alavanca externa fechando-se com um movimento único da alavanca.

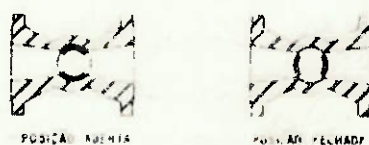
As válvulas de fecho rápido são usadas apenas em serviços em que se exija o fechamento rápido (enchimento de carros, vasilhames, etc.), porque, pela interrupção brusca do movimento do fluido, causam violentos choques nas tubulações.

1.2 Válvulas de macho

As válvulas de macho representam em média cerca de 10% de todas as válvulas usadas em tubulações industriais.



VÁLVULA MACHO



CORTES EM POSIÇÃO HORIZONTAL

Válvula de macho.

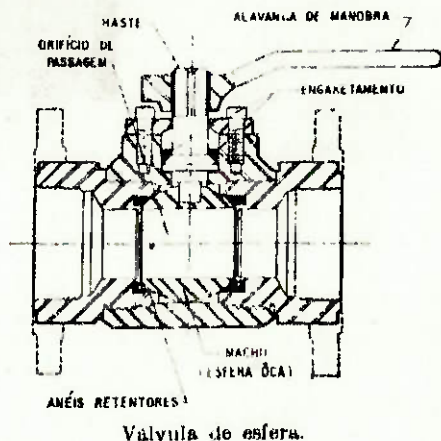
Aplicam-se principalmente nos serviços de bloqueio de gases (em quaisquer diâmetros, temperaturas e pressões), e também no bloqueio rápido de água, vapor e líquidos em geral (em pequenos diâmetros e baixas pressões). As válvulas de macho são recomendadas também para serviços com líquidos que deixem sedimentos ou que tenham sólidos em suspensão.

Nessas válvulas o fechamento é feito pela rotação de uma peça (macho), onde há um orifício bloqueado, no interior do corpo da válvula. São válvulas de fecho rápido, porque fecham-se com 1/4 de volta do macho ou da haste. As válvulas de macho só devem ser usadas como válvulas de bloqueio, isto é, não devem funcionar em posições de fechamento parcial. Quando totalmente abertas, a perda de carga causada é bastante pequena.

Existem dois tipos gerais de válvulas de macho: válvulas com e sem lubrificação.

Variantes das válvulas de macho

1. Válvulas de esfera (ball valves) - O macho nessas válvulas é uma esfera, que gira sobre um diâmetro, deslizando entre anéis retentores de material resiliente (borracha, neoprene, teflon, etc.), tornando a vedação absolutamente estanque. O uso dessas válvulas tem aumentado muito recentemente, sendo empregadas para numerosos serviços de bloqueio com água, ar, óleos e líquidos e gases em geral, em baixas temperaturas, para quaisquer diâmetros e pressões. Essas válvulas não são à prova de fogo, estando sujeitas ao limite de temperatura do material dos retentores.
2. Válvulas de 3 ou 4 vias (three & four way valves) - O macho nessas válvulas é furado em "T", em "L" ou em cruz, dispondo a válvula de 3 ou 4 bocais para ligação às tubulações. As válvulas de 3 e 4 vias são fabricadas e empregadas apenas em diâmetros pequenos até 4".



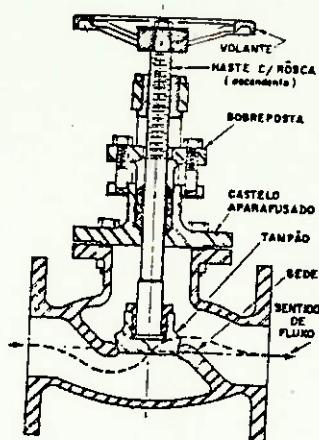
Válvula de esfera.



Válvula de 3 vias.

1.3 Válvulas de globo

Nas válvulas de globo o fechamento é feito por meio de um tampão que se ajusta contra a sede da válvula, cujo orifício está geralmente em posição paralela ao sentido geral do fluxo.



Válvula de globo.

As válvulas de globo podem trabalhar em qualquer posição de fechamento, isto é, são válvulas de regulação. Causam, entretanto, em qualquer posição, fortes perdas de cargas.

As válvulas de globo dão uma vedação bem melhor do que as válvulas de gaveta, podendo-se conseguir, principalmente em válvulas pequenas, uma vedação absolutamente estanque. Na maioria das válvulas de globo o fechamento é de metal contra metal, o que torna essas válvulas à prova de fogo desde que todos os metais sejam de alto ponto de fusão (mais de 1100°C).

Os três sistemas de movimentação da haste, acima descritos para válvulas de gaveta, empregam-se também nas válvulas de globo, com as mesmas aplicações e limitações.

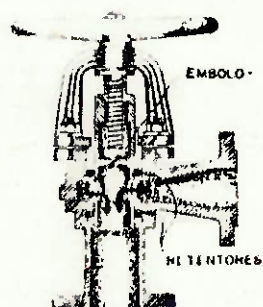
As válvulas de globo são usadas principalmente para serviços de regular e de fechamento estanque em linhas de água, óleos, líquidos em geral (não muito corrosivos), e para o bloqueio e regulação em linhas de vapor e de gases. Para todos esses serviços as válvulas de globo são empregadas para quaisquer pressões e temperaturas, em diâmetros até 8". Não se fabricam válvulas de globo em diâmetros maiores porque seriam muito caras e dificilmente dariam uma boa vedação.

Variantes das válvulas de globo

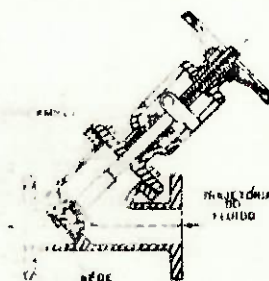
1. Válvulas angulares (angle valves) - As válvulas angulares têm os locais da entrada e de saída a 90°, um com o outro, dando por isso perdas de carga bem menores do que as válvulas de globo normais.
2. Válvulas sem sede (seatless valves) - É uma variante das válvulas angulares em que o tampão é um êmbolo que desliza dentro do corpo da válvula.
3. Válvulas em "Y" - Nessas válvulas tem a haste a 45° com o corpo, de modo que a trajetória da corrente fluida fica quase retilínea, com um mínimo de perdas de carga.
4. Válvulas de agulha (needle valves) - O tampão nessas válvulas é substituído por uma peça cônica, a agulha, permitindo um controle mais preciso do fluxo.



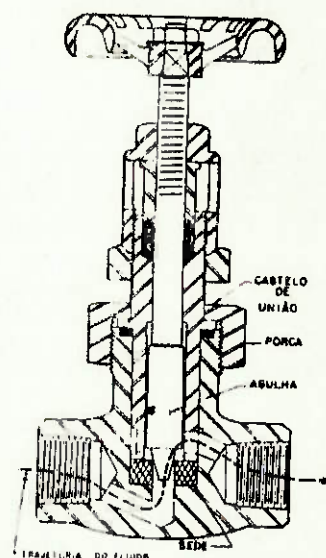
Válvulas angular



Válvula sem sede



Válvula em "Y"



Válvula de agulha

1.4 Válvulas de retenção

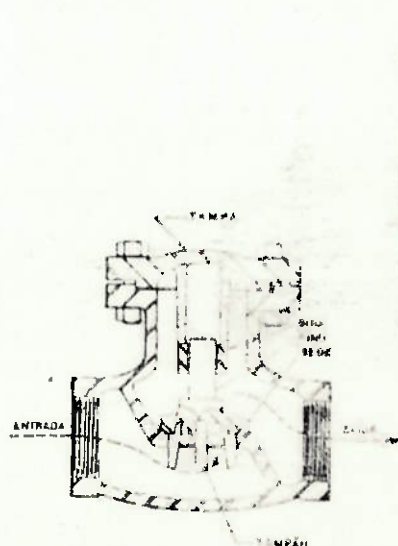
Essas válvulas permitem a passagem do fluido em um sentido apenas, fechando-se automaticamente por diferença de pressões, exercidas pelo fluido em consequência do próprio escoamento, se houver tendência à inversão no sentido do fluxo. São, portanto, válvulas de operação automática.

Citaremos dois casos típicos de uso de válvulas de retenção:

1. Linhas de recalque de bombas (imediatamente após a bomba) quando se tiver mais de uma bomba em paralelo descarregando no mesmo trecho. As válvulas de retenção servirão nesse caso para evitar a possibilidade de ação de uma bomba que estiver operando sobre outras bombas que estiverem paradas.
2. Linhas de recalque de uma bomba para um tanque elevado. A válvula de retenção evitará a contrapressão na bomba causada pela coluna de líquido quando houver falha na válvula de bloqueio de entrada no tanque.

Existem três tipos principais de válvulas de retenção:

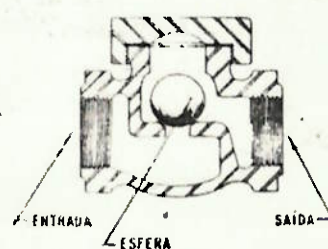
1. Válvulas de retenção de levantamento (lift-check valves)
2. Válvulas de retenção de portinhola (swing-check valves)
3. Válvulas de retenção de esfera (ball-check valves)



Válvula de retenção de levantamento



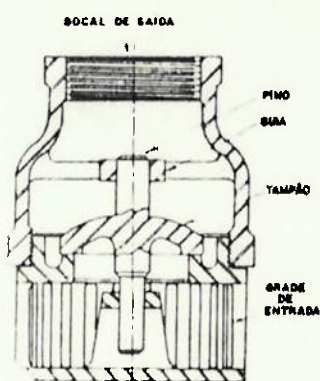
Válvula de retenção de portinhola



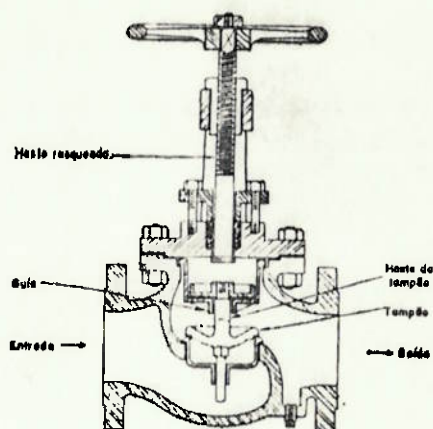
Válvula de retenção de esfera

Variantes das válvulas de retenção

1. Válvulas de pé (foot valves) - São válvulas de retenção especiais para manter a escorva nas linhas de sucção das bombas.



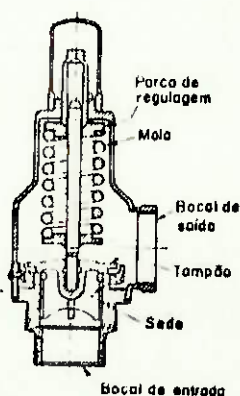
Válvula de pé



Válvula de retenção e fechamento

2. Válvulas de retenção e fechamento (stop-check valves) - São semelhantes às válvulas de globo, tendo o tampão capaz de deslizar sobre a haste.

1.5 Válvulas de segurança e de alívio

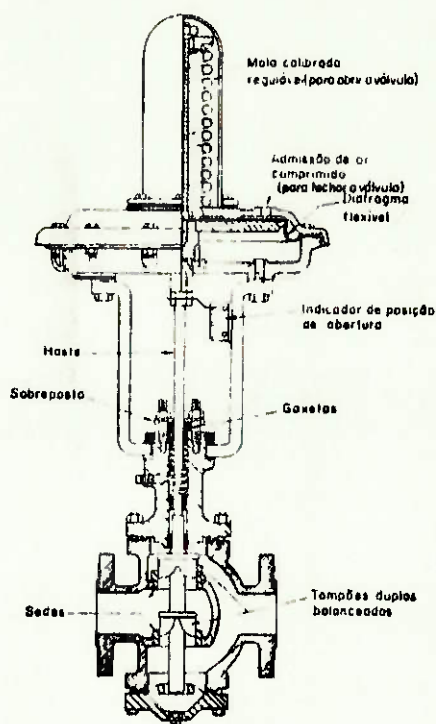


Válvula de segurança.

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

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

1.6 Válvulas de controle



Válvula de controle

Essas válvulas são usadas em combinação com instrumentos automáticos, e comandadas à distância por esses instrumentos, para controlar a vazão ou a pressão de um fluido. A operação da válvula é sempre motorizada, a maioria das vezes por meio de um diáfagma sujeito a pressão de ar comprimido. Há um instrumento automático que comanda a pressão do ar que por sua vez faz variar a posição de abertura da válvula.

1.7 Outros tipos

1.7.1 Válvulas redutoras de pressão

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

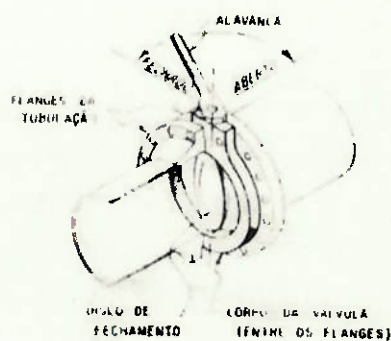
Essas válvulas são automáticas

1.7.2 Válvulas de borboleta

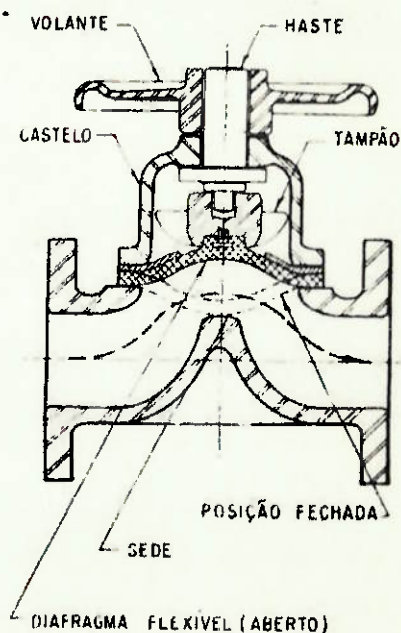
Essas válvulas são usadas principalmente para tubulações de grande diâmetro (mais de 20"), e de baixa pressão, onde não se exija vedação perfeita, para serviços com água, ar, gases e materiais pastosos. O fechamento da válvula é feito por meio de uma peça circular que pivota em torno de um diâmetro perpendicular ao sentido de escoamento do fluido.

1.7.3 Válvulas de diafragma

São válvulas sem gaxeta muito usadas para fluidos, corrosivos, tóxicos, inflamáveis, ou perigosos de um modo geral. O fechamento da válvula é feito por meio de um diafragma flexível que é apertado contra a sede; o mecanismo móvel que controla o diafragma fica completamente fora do contato com o fluido.



Válvula de borboleta (tipo "wafer")



Válvula de diafragma

ANEXO 3.1

Listagem dos Dados de Saída - 1º Método

DIAMETRO D = 200.00 MM

- 62

CF = 20.00

CR1 = 20.00

CR2 = 10.00

CP1 = 4.00

DFURD = 10.00

DRASGO 1 = 10.00

DRASGO 2 = 20.00

PASSD 1 = 50.00

COMPRIMENTO NOMINAL = 415.00

CP2 = 8.

PASSD 2 = 78.54

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	6.25	39.27	1.49	0.14
2	12.50	117.81	2.99	0.41
3	18.75	196.35	4.48	0.69
4	25.00	274.89	5.97	0.97
5	31.25	353.43	7.46	1.24
6	37.50	431.97	8.96	1.52
7	43.75	510.51	10.45	1.80
8	50.00	589.05	11.94	2.07
9	56.25	667.59	13.43	2.35
10	62.50	746.13	14.93	2.63
11	68.75	824.67	16.42	2.90
12	75.00	903.21	17.91	3.18
13	81.25	981.75	19.40	3.46
14	87.50	1060.29	20.90	3.73
15	93.75	1138.83	22.39	4.01
16	100.00	1217.37	23.88	4.29
17	106.25	1295.91	25.37	4.56
18	112.50	1374.45	26.87	4.92
19	118.75	1452.99	28.36	5.50
20	125.00	1531.53	29.85	6.30
21	131.25	1610.07	31.34	7.32
22	137.50	1688.61	32.84	8.56
23	143.75	1767.15	34.33	10.01
24	150.00	1845.69	35.82	11.69
25	156.25	1924.23	37.31	13.45
26	162.50	2002.77	38.81	15.22
27	168.75	2081.31	40.30	16.98
28	175.00	2159.85	41.79	18.74
29	181.25	2238.39	43.28	20.50
30	187.50	2316.93	44.78	22.26
31	193.75	2395.47	46.27	24.02
32	200.00	2474.01	47.76	25.78
33	206.25	2552.55	49.25	27.54
34	212.50	2631.09	50.75	29.22
35	218.75	2709.63	52.24	30.68
36	225.00	2788.17	53.73	31.92
37	231.25	2866.71	55.22	32.93
38	237.50	2945.25	56.72	33.73
39	243.75	3023.79	58.21	34.31
40	250.00	3102.33	59.70	34.81
41	256.25	3180.87	61.19	35.51
42	262.50	3259.41	62.69	36.50
43	268.75	3337.95	64.18	37.93
44	275.00	3416.49	65.67	39.81
45	281.25	3495.03	67.16	42.12
46	287.50	3573.57	68.66	44.87
47	293.75	3652.11	70.15	48.07
48	300.00	3730.65	71.64	51.56
49	306.25	3809.19	73.13	55.08
50	312.50	3887.73	74.63	58.60
51	318.75	3966.27	76.12	62.12
52	325.00	4044.81	77.61	65.64
53	331.25	4123.35	79.10	69.16
54	337.50	4201.89	80.60	72.69
55	343.75	4280.43	82.09	76.21
56	350.00	4358.97	83.58	79.73
57	356.25	4437.51	85.07	83.25
58	362.50	4516.05	86.57	86.74
59	368.75	4594.59	88.06	89.94
60	375.00	4673.13	89.55	92.69
61	381.25	4751.67	91.04	95.00
62	387.50	4830.21	92.54	96.88
63	393.75	4908.75	94.03	98.31
64	400.00	4987.29	95.52	99.30
65	406.25	5065.83	97.01	99.86
66	412.50	5144.37	98.51	100.00
67	418.75	5222.91	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

CF = 10.00

CR1 = 20.00

CR2 = 10.00

CP1 = 4.00

DFURO = 20.00

DRASGO 1 = 10.00

DRASGO 2 = 20.00

PASSO 1 = 50.00

COMPRIMENTO NOMINAL = 420.00

CP2 = 0.

PASSO 2 = 78.44

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	6.25	40.78	1.47	0.13
2	12.50	197.86	2.94	0.62
3	18.75	471.24	4.41	1.46
4	25.00	785.40	5.88	2.44
5	31.25	1099.56	7.35	3.42
6	37.50	1413.72	8.82	4.39
7	43.75	1727.88	10.29	5.37
8	50.00	2042.04	11.76	6.35
9	56.25	2356.19	13.24	7.32
10	62.50	2670.35	14.71	8.30
11	68.75	2984.51	16.18	9.28
12	75.00	3298.67	17.65	10.25
13	81.25	3612.83	19.12	11.23
14	87.50	3926.99	20.59	12.21
15	93.75	4241.15	22.06	13.18
16	100.00	4555.31	23.53	14.16
17	106.25	4869.47	25.00	15.01
18	112.50	5183.63	26.47	15.62
19	118.75	5497.79	27.94	16.06
20	125.00	5811.95	29.41	16.57
21	131.25	6126.11	30.88	17.28
22	137.50	6440.27	32.35	18.18
23	143.75	6754.43	33.82	19.27
24	150.00	7068.59	35.29	20.56
25	156.25	7382.75	36.76	22.04
26	162.50	7696.91	38.24	23.60
27	168.75	8011.07	39.71	25.15
28	175.00	8325.23	41.18	26.71
29	181.25	8639.39	42.65	28.26
30	187.50	8953.55	44.12	29.81
31	193.75	9267.71	45.59	31.37
32	200.00	9581.87	47.06	32.92
33	206.25	9896.03	48.53	34.48
34	212.50	10210.19	50.00	36.03
35	218.75	10524.35	51.47	37.51
36	225.00	10838.51	52.94	38.80
37	231.25	11152.67	54.41	39.90
38	237.50	11466.83	55.88	40.79
39	243.75	11780.99	57.35	41.50
40	250.00	12095.15	58.82	42.01
41	256.25	12409.31	60.29	42.45
42	262.50	12723.47	61.76	43.06
43	268.75	13037.63	63.24	43.94
44	275.00	13351.79	64.71	45.21
45	281.25	13665.95	66.18	46.86
46	287.50	13980.11	67.65	48.90
47	293.75	14294.27	69.12	51.33
48	300.00	14608.43	70.59	54.15
49	306.25	14922.59	72.06	57.24
50	312.50	15236.75	73.53	60.34
51	318.75	15550.91	75.00	63.45
52	325.00	15865.07	76.47	66.56
53	331.25	16179.23	77.94	69.67
54	337.50	16493.39	79.41	72.78
55	343.75	16807.55	80.88	75.89
56	350.00	17121.71	82.35	79.00
57	356.25	17435.87	83.82	82.10
58	362.50	17750.03	85.29	85.21
59	368.75	18064.19	86.76	88.29
60	375.00	18378.35	88.24	91.11
61	381.25	18692.51	89.71	93.55
62	387.50	19006.67	91.18	95.59
63	393.75	19320.83	92.65	97.24
64	400.00	19634.99	94.12	98.51
65	406.25	19949.15	95.59	99.38
66	412.50	20263.31	97.06	99.87
67	418.75	20577.47	98.53	100.00
68	425.00	20891.63	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

CF = 15.00

CR1 = 20.00

CR2 = 10.00

CP1 = 4.00

DFURD = 13.33

DRASGO 1 = 10.00

DRASGO 2 = 20.00

PASSO 1 = 50.00

COMPRIMENTO NOMINAL = 416.67

CP2 = 8.

PASSO 2 = 78.54

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	6.25	1.30	1.47	0.00
2	12.50	71.11	2.94	0.24
3	18.75	209.84	4.41	0.71
4	25.00	349.07	5.88	1.19
5	31.25	488.69	7.35	1.66
6	37.50	628.32	8.82	2.14
7	43.75	767.94	10.29	2.61
8	50.00	907.57	11.76	3.09
9	56.25	1047.20	13.24	3.56
10	62.50	1186.82	14.71	4.04
11	68.75	1326.45	16.18	4.52
12	75.00	1466.08	17.65	4.99
13	81.25	1605.70	19.12	5.47
14	87.50	1745.33	20.59	5.94
15	93.75	1884.96	22.06	6.42
16	100.00	2024.58	23.53	6.89
17	106.25	2162.91	25.00	7.36
18	112.50	2271.99	26.47	7.73
19	118.75	2375.06	27.94	8.09
20	125.00	2439.33	29.41	8.64
21	131.25	2766.10	30.88	9.42
22	137.50	3055.37	32.35	10.40
23	143.75	3407.14	33.82	11.60
24	150.00	3821.41	35.29	13.01
25	156.25	4298.18	36.76	14.63
26	162.50	4798.18	38.24	16.33
27	168.75	5298.18	39.71	18.04
28	175.00	5798.18	41.18	19.74
29	181.25	6298.18	42.65	21.44
30	187.50	6798.18	44.12	23.14
31	193.75	7298.18	45.59	24.84
32	200.00	7798.18	47.06	26.55
33	206.25	8298.18	48.53	28.25
34	212.50	8798.18	50.00	29.95
35	218.75	9274.95	51.47	31.57
36	225.00	9689.22	52.94	32.98
37	231.25	10040.99	54.41	34.18
38	237.50	10430.26	55.88	35.17
39	243.75	10557.03	57.35	35.94
40	250.00	10721.30	58.82	36.50
41	256.25	10863.85	60.29	36.98
42	262.50	11060.20	61.76	37.65
43	268.75	11142.28	63.24	38.61
44	275.00	11749.36	64.71	40.00
45	281.25	12281.44	66.18	41.81
46	287.50	12938.52	67.65	44.05
47	293.75	13720.60	69.12	46.71
48	300.00	14627.67	70.59	49.80
49	306.25	15618.98	72.06	53.17
50	312.50	16618.98	73.53	56.57
51	318.75	17618.98	75.00	59.98
52	325.00	18618.98	76.47	63.38
53	331.25	19618.98	77.94	66.79
54	337.50	20618.98	79.41	70.19
55	343.75	21618.98	80.88	73.59
56	350.00	22618.98	82.35	77.00
57	356.25	23618.98	83.82	80.40
58	362.50	24618.98	85.29	83.81
59	368.75	25610.28	86.76	87.18
60	375.00	26517.36	88.24	90.27
61	381.25	27299.44	89.71	92.93
62	387.50	27956.52	91.18	95.17
63	393.75	28488.60	92.65	96.98
64	400.00	28895.68	94.12	98.37
65	406.25	29177.76	95.59	99.33
66	412.50	29334.84	97.06	99.86
67	418.75	29375.61	98.53	100.00
68	425.00	29375.61	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

CF = 25.00

CR1 = 20.00

CR2 = 10.00

CP1 = 4.00

DFURO = 8.00

DRASGO 1 = 10.00

DRASGO 2 = 20.00

PASSO 1 = 50.00

COMPRIMENTO NOMINAL = 414.00

CP2 = 8.

PASSO 2 = 78.54

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	6.25	25.13	1.49	0.09
2	12.50	75.40	2.99	0.27
3	18.75	125.66	4.48	0.45
4	25.00	175.93	5.97	0.63
5	31.25	226.19	7.46	0.81
6	37.50	276.46	8.96	0.99
7	43.75	326.73	10.45	1.17
8	50.00	376.99	11.94	1.35
9	56.25	427.26	13.43	1.53
10	62.50	477.52	14.93	1.71
11	68.75	527.79	16.42	1.89
12	75.00	578.05	17.91	2.07
13	81.25	628.32	19.40	2.25
14	87.50	678.58	20.90	2.43
15	93.75	728.85	22.39	2.61
16	100.00	779.11	23.88	2.79
17	106.25	829.38	25.37	3.02
18	112.50	879.64	26.87	3.38
19	118.75	929.91	28.36	3.97
20	125.00	980.17	29.85	4.78
21	131.25	1030.44	31.34	5.62
22	137.50	1080.70	32.84	7.08
23	143.75	1130.97	34.33	8.56
24	150.00	1181.23	35.82	10.26
25	156.25	1231.50	37.31	12.05
26	162.50	1281.76	38.81	13.84
27	168.75	1332.03	40.30	15.63
28	175.00	1382.29	41.79	17.42
29	181.25	1432.56	43.28	19.21
30	187.50	1482.82	44.78	21.00
31	193.75	1533.09	46.27	22.79
32	200.00	1583.35	47.76	24.58
33	206.25	1633.62	49.25	26.37
34	212.50	1683.88	50.75	28.07
35	218.75	1734.15	52.24	29.56
36	225.00	1784.41	53.73	30.81
37	231.25	1834.68	55.22	31.85
38	237.50	1884.94	56.72	32.66
39	243.75	1935.21	58.21	33.25
40	250.00	1985.47	59.70	33.76
41	256.25	2035.74	61.19	34.46
42	262.50	2086.00	62.69	35.47
43	268.75	2136.27	64.18	36.93
44	275.00	2186.53	65.67	38.83
45	281.25	2236.80	67.16	41.18
46	287.50	2287.06	68.66	43.98
47	293.75	2337.33	70.15	47.23
48	300.00	2387.59	71.64	50.77
49	306.25	2437.86	73.13	54.35
50	312.50	2488.12	74.63	57.93
51	318.75	2538.39	76.12	61.51
52	325.00	2588.65	77.61	65.09
53	331.25	2638.92	79.10	68.67
54	337.50	2689.18	80.60	72.24
55	343.75	2739.45	82.09	75.82
56	350.00	2789.71	83.58	79.40
57	356.25	2839.98	85.07	82.98
58	362.50	2890.24	86.57	86.53
59	368.75	2940.51	88.06	89.77
60	375.00	2990.77	89.55	92.57
61	381.25	3041.04	91.04	94.92
62	387.50	3091.30	92.54	96.83
63	393.75	3141.57	94.03	98.28
64	400.00	3191.83	95.52	99.29
65	406.25	3242.10	97.01	99.85
66	412.50	3292.36	98.51	100.00
67	418.75	3342.63	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

CF = 20.00

CR1 = 10.00

CR2 = 10.00

CP1 = 4.00

DFURD = 10.00

DRASGO 1 = 20.00

DRASGO 2 = 20.00

PASSO 1 = 50.00

COMPRIMENTO NOMINAL = 415.00

CP2 = 8.

PASSO 2 = 70.54

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	6.25	39.27	1.49	0.10
2	12.50	117.81	2.99	0.31
3	18.75	196.35	4.48	0.51
4	25.00	274.89	5.97	0.72
5	31.25	353.43	7.46	0.92
6	37.50	431.97	8.96	1.13
7	43.75	510.51	10.45	1.33
8	50.00	589.05	11.94	1.54
9	56.25	667.59	13.43	1.74
10	62.50	746.13	14.93	1.95
11	68.75	824.67	16.42	2.15
12	75.00	903.21	17.91	2.36
13	81.25	981.75	19.40	2.56
14	87.50	1060.29	20.90	2.77
15	93.75	1138.83	22.39	2.97
16	100.00	1217.37	23.88	3.29
17	106.25	1295.91	25.37	3.80
18	112.50	1374.45	26.87	4.54
19	118.75	1452.99	28.36	5.60
20	125.00	1531.53	29.85	6.99
21	131.25	1610.07	31.34	8.71
22	137.50	1688.61	32.84	10.75
23	143.75	1767.15	34.33	13.12
24	150.00	1845.69	35.82	15.71
25	156.25	1924.23	37.31	18.32
26	162.50	2002.77	38.81	20.93
27	168.75	2081.31	40.30	23.54
28	175.00	2159.85	41.79	26.16
29	181.25	2238.39	43.28	28.77
30	187.50	2316.93	44.78	31.38
31	193.75	2395.47	46.27	33.99
32	200.00	2474.01	47.76	36.60
33	206.25	2552.55	49.25	39.22
34	212.50	2631.09	50.75	41.81
35	218.75	2709.63	52.24	44.18
36	225.00	2788.17	53.73	46.22
37	231.25	2866.71	55.22	47.93
38	237.50	2945.25	56.72	49.32
39	243.75	3023.79	58.21	50.39
40	250.00	3102.33	59.70	51.23
41	256.25	3180.87	61.19	52.05
42	262.50	3259.41	62.69	52.89
43	268.75	3337.95	64.18	53.96
44	275.00	3416.49	65.67	55.35
45	281.25	3495.03	67.16	57.06
46	287.50	3573.57	68.66	59.11
47	293.75	3652.11	70.15	61.48
48	300.00	3730.65	71.64	64.07
49	306.25	3809.19	73.13	66.68
50	312.50	3887.73	74.63	69.29
51	318.75	3966.27	76.12	71.90
52	325.00	4044.81	77.61	74.51
53	331.25	4123.35	79.10	77.13
54	337.50	4201.89	80.60	79.74
55	343.75	4280.43	82.09	82.35
56	350.00	4358.97	83.58	84.96
57	356.25	4437.51	85.07	87.58
58	362.50	4516.05	86.57	90.18
59	368.75	4594.59	88.06	92.53
60	375.00	4673.13	89.55	94.58
61	381.25	4751.67	91.04	96.29
62	387.50	4830.21	92.54	97.68
63	393.75	4908.75	94.03	98.75
64	400.00	4987.29	95.52	99.48
65	406.25	5065.83	97.01	99.89
66	412.50	5144.37	98.51	100.00
67	418.75	5222.91	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

CF = 20.00

CR1 = 15.00

CR2 = 10.00

CP1 = 4.00

DFURO = 10.00

DRASGO 1 = 13.33

DRASGO 2 = 20.00

PASSO 1 = 50.00

COMPRIMENTO NOMINAL = 415.00

CP2 = 8.

PASSO 2 = 78.54

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	6.25	39.27	1.49	0.12
2	12.50	117.81	2.99	0.37
3	18.75	196.35	4.48	0.62
4	25.00	274.89	5.97	0.87
5	31.25	353.43	7.46	1.12
6	37.50	431.97	8.96	1.37
7	43.75	510.51	10.45	1.62
8	50.00	589.05	11.94	1.87
9	56.25	667.59	13.43	2.12
10	62.50	746.13	14.93	2.36
11	68.75	824.67	16.42	2.61
12	75.00	903.21	17.91	2.86
13	81.25	981.75	19.40	3.11
14	87.50	1060.29	20.90	3.36
15	93.75	1138.83	22.39	3.61
16	100.00	1218.66	23.88	3.86
17	106.25	1297.75	25.37	4.21
18	112.50	1380.89	26.87	4.69
19	118.75	1460.29	28.36	5.44
20	125.00	1537.19	29.85	6.46
21	131.25	1624.03	31.34	7.73
22	137.50	1726.81	32.84	9.28
23	143.75	18496.63	34.33	11.00
24	150.00	4148.48	35.82	13.15
25	156.25	4415.14	37.31	15.26
26	162.50	5481.81	38.81	17.37
27	168.75	6148.48	40.30	19.49
28	175.00	6815.14	41.79	21.60
29	181.25	7481.81	43.28	23.71
30	187.50	8148.48	44.78	25.82
31	193.75	8815.14	46.27	27.94
32	200.00	9481.81	47.76	30.05
33	206.25	10148.48	49.25	32.16
34	212.50	10800.33	50.75	34.23
35	218.75	11470.14	52.24	36.03
36	225.00	12156.62	53.73	37.58
37	231.25	12759.76	55.22	38.85
38	237.50	12479.58	56.72	39.87
39	243.75	12816.06	58.21	40.62
40	250.00	13009.98	59.70	41.23
41	256.25	13236.87	61.19	41.95
42	262.50	13520.25	62.69	42.85
43	268.75	13927.33	64.18	44.14
44	275.00	14459.41	65.67	45.82
45	281.25	15116.49	67.16	47.91
46	287.50	15898.57	68.66	50.39
47	293.75	16805.65	70.15	53.26
48	300.00	17796.95	71.64	56.40
49	306.25	18796.95	73.13	59.57
50	312.50	19796.95	74.63	62.74
51	318.75	20796.95	76.12	65.91
52	325.00	21796.95	77.61	69.08
53	331.25	22796.95	79.10	72.25
54	337.50	23796.95	80.60	75.42
55	343.75	24796.95	82.09	78.59
56	350.00	25796.95	83.58	81.76
57	356.25	26796.95	85.07	84.93
58	362.50	27788.25	86.57	88.07
59	368.75	28695.33	88.06	90.94
60	375.00	29477.41	89.55	93.42
61	381.25	30134.49	91.04	95.50
62	387.50	30666.57	92.54	97.19
63	393.75	31073.65	94.03	98.48
64	400.00	31355.73	95.52	99.37
65	406.25	31512.81	97.01	99.87
66	412.50	31553.59	98.51	100.00
67	418.75	31553.59	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

CF = 20.00

CR1 = 25.00

CR2 = 10.00

CP1 = 4.00

DFURD = 10.00

DRASGO 1 = 8.00

DRASGO 2 = 20.00

PASSO 1 = 50.00

COMPRIMENTO NOMINAL = 415.00

CP2 = 8.

PASSO 2 = 78.54

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	6.25	39.27	1.49	0.15
2	12.50	117.81	2.99	0.44
3	18.75	196.35	4.48	0.74
4	25.00	274.89	5.97	1.03
5	31.25	353.43	7.46	1.33
6	37.50	431.97	8.96	1.63
7	43.75	510.51	10.45	1.92
8	50.00	589.05	11.94	2.22
9	56.25	667.59	13.43	2.51
10	62.50	746.13	14.93	2.81
11	68.75	824.67	16.42	3.10
12	75.00	903.21	17.91	3.40
13	81.25	981.75	19.40	3.69
14	87.50	1060.29	20.90	3.99
15	93.75	1138.83	22.39	4.29
16	100.00	1217.37	23.88	4.58
17	106.25	1295.91	25.37	4.88
18	112.50	1374.45	26.87	5.11
19	118.75	1452.99	28.36	5.50
20	125.00	1531.53	29.85	6.24
21	131.25	1610.07	31.34	7.08
22	137.50	1688.61	32.84	8.12
23	143.75	1767.15	34.33	9.34
24	150.00	1845.69	35.82	10.75
25	156.25	1924.23	37.31	12.26
26	162.50	2002.77	38.81	13.77
27	168.75	2081.31	40.30	15.27
28	175.00	2159.85	41.79	16.78
29	181.25	2238.39	43.28	18.28
30	187.50	2316.93	44.78	19.79
31	193.75	2395.47	46.27	21.29
32	200.00	2474.01	47.76	22.80
33	206.25	2552.55	49.25	24.30
34	212.50	2631.09	50.75	25.71
35	218.75	2709.63	52.24	26.94
36	225.00	2788.17	53.73	27.97
37	231.25	2866.71	55.22	28.82
38	237.50	2945.25	56.72	29.48
39	243.75	3023.79	58.21	29.95
40	250.00	3102.33	59.70	30.39
41	256.25	3180.87	61.19	31.07
42	262.50	3259.41	62.69	32.13
43	268.75	3337.95	64.18	33.67
44	275.00	3416.49	65.67	35.67
45	281.25	3495.03	67.16	38.14
46	287.50	3573.57	68.66	41.08
47	293.75	3652.11	70.15	44.50
48	300.00	3730.65	71.64	48.23
49	306.25	3809.19	73.13	51.99
50	312.50	3887.73	74.63	55.76
51	318.75	3966.27	76.12	59.52
52	325.00	4044.81	77.61	63.28
53	331.25	4123.35	79.10	67.05
54	337.50	4201.89	80.60	70.81
55	343.75	4280.43	82.09	74.57
56	350.00	4358.97	83.58	78.34
57	356.25	4437.51	85.07	82.10
58	362.50	4516.05	86.57	85.83
59	368.75	4594.59	88.06	89.24
60	375.00	4673.13	89.55	92.19
61	381.25	4751.67	91.04	94.66
62	387.50	4830.21	92.54	96.66
63	393.75	4908.75	94.03	98.19
64	400.00	4987.29	95.52	99.26
65	406.25	5065.83	97.01	99.85
66	412.50	5144.37	98.51	100.00
67	418.75	5222.91	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

CF = 20.00

CR1 = 20.00

CR2 = 15.00

CP1 = 4.00

DFURD = 10.00

DRASGO 1 = 10.00

DRASGO 2 = 13.33

PASSO 1 = 50.00

COMPRIMENTO NOMINAL = 411.67

CP2 = 8.

PASSO 2 = 78.54

I	CURSO (MM)	AREA (MM2)	CURSO PERC (%)	AREA PERC (%)
1	6.25	39.27	1.49	0.18
2	12.50	117.81	2.99	0.54
3	18.75	196.35	4.48	0.91
4	25.00	274.89	5.97	1.27
5	31.25	353.43	7.46	1.63
6	37.50	431.97	8.96	1.99
7	43.75	510.51	10.45	2.36
8	50.00	589.05	11.94	2.72
9	56.25	667.59	13.43	3.08
10	62.50	746.13	14.93	3.44
11	68.75	824.67	16.42	3.81
12	75.00	903.21	17.91	4.17
13	81.25	981.75	19.40	4.53
14	87.50	1060.29	20.90	4.89
15	93.75	1138.83	22.39	5.26
16	100.00	1217.37	23.88	5.62
17	106.25	1295.91	25.37	5.98
18	112.50	1374.45	26.87	6.45
19	118.75	1452.99	28.36	7.21
20	125.00	1531.53	29.85	8.25
21	131.25	1610.07	31.34	9.59
22	137.50	1688.61	32.84	11.21
23	143.75	1767.15	34.33	13.13
24	150.00	1845.69	35.82	15.33
25	156.25	1924.23	37.31	17.63
26	162.50	2002.77	38.81	19.94
27	168.75	2081.31	40.30	22.25
28	175.00	2159.85	41.79	24.56
29	181.25	2238.39	43.28	26.86
30	187.50	2316.93	44.78	29.17
31	193.75	2395.47	46.27	31.48
32	200.00	2474.01	47.76	33.79
33	206.25	2552.55	49.25	36.09
34	212.50	2631.09	50.75	38.29
35	218.75	2709.63	52.24	40.20
36	225.00	2788.17	53.73	41.83
37	231.25	2866.71	55.22	43.16
38	237.50	2945.25	56.72	44.21
39	243.75	3023.79	58.21	44.97
40	250.00	3102.33	59.70	45.44
41	256.25	3180.87	61.19	45.95
42	262.50	3259.41	62.69	46.65
43	268.75	3337.95	64.18	47.75
44	275.00	3416.49	65.67	49.22
45	281.25	3495.03	67.16	51.08
46	287.50	3573.57	68.66	53.33
47	293.75	3652.11	70.15	55.96
48	300.00	3730.65	71.64	58.96
49	306.25	3809.19	73.13	62.04
50	312.50	3887.73	74.63	65.12
51	318.75	3966.27	76.12	68.19
52	325.00	4044.81	77.61	71.27
53	331.25	4123.35	79.10	74.35
54	337.50	4201.89	80.60	77.42
55	343.75	4280.43	82.09	80.50
56	350.00	4358.97	83.58	83.58
57	356.25	4437.51	85.07	86.65
58	362.50	4516.05	86.57	89.66
59	368.75	4594.59	88.06	92.29
60	375.00	4673.13	89.55	94.54
61	381.25	4751.67	91.04	96.40
62	387.50	4830.21	92.54	97.87
63	393.75	4908.75	94.03	98.97
64	400.00	4987.29	95.52	99.67
65	406.25	5065.83	97.01	99.99
66	412.50	5144.37	98.51	100.00
67	418.75	5222.91	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

CF = 20.00

CR1 = 20.00

CR2 = 20.00

CP1 = 4.00

DFURO = 10.00

DRASGO 1 = 10.00

DRASGO 2 = 10.00

PASSO 1 = 50.00

COMPRIMENTO NOMINAL = 410.00

CP2 = 0.

PASSO 2 = 70.54

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	6.25	39.27	1.52	0.21
2	12.50	117.81	3.03	0.64
3	18.75	196.35	4.55	1.06
4	25.00	274.89	6.06	1.48
5	31.25	353.43	7.58	1.91
6	37.50	431.97	9.09	2.33
7	43.75	510.51	10.61	2.76
8	50.00	589.05	12.12	3.18
9	56.25	667.59	13.64	3.61
10	62.50	746.13	15.15	4.03
11	68.75	824.67	16.67	4.45
12	75.00	903.21	18.18	4.88
13	81.25	981.75	19.70	5.30
14	87.50	1060.29	21.21	5.73
15	93.75	1138.83	22.73	6.15
16	100.00	1217.37	24.24	6.58
17	106.25	1295.91	25.76	7.00
18	112.50	1397.68	27.27	7.55
19	118.75	1461.95	28.79	8.04
20	125.00	1788.72	30.30	9.66
21	131.25	2077.99	31.82	11.22
22	137.50	2429.76	33.33	13.12
23	143.75	2844.03	34.85	15.36
24	150.00	3320.80	36.36	17.94
25	156.25	3820.80	37.88	20.64
26	162.50	4320.80	39.39	23.34
27	168.75	4820.80	40.91	26.04
28	175.00	5320.80	42.42	28.74
29	181.25	5820.80	43.94	31.44
30	187.50	6320.80	45.45	34.14
31	193.75	6820.80	46.97	36.84
32	200.00	7320.80	48.48	39.54
33	206.25	7820.80	50.00	42.24
34	212.50	8297.57	51.52	44.82
35	218.75	8711.84	53.03	47.06
36	225.00	9063.61	54.55	48.96
37	231.25	9352.88	56.06	50.52
38	237.50	9579.65	57.58	51.74
39	243.75	9743.92	59.09	52.63
40	250.00	9845.69	60.61	53.18
41	256.25	9924.23	62.12	53.61
42	262.50	10026.00	63.64	54.16
43	268.75	10190.27	65.15	55.04
44	275.00	10317.04	66.67	56.27
45	281.25	10706.31	68.18	57.83
46	287.50	11058.08	69.70	59.73
47	293.75	11472.34	71.21	61.97
48	300.00	11949.11	72.73	64.54
49	306.25	12449.11	74.24	67.24
50	312.50	12949.11	75.76	69.95
51	318.75	13449.11	77.27	72.65
52	325.00	13949.11	78.79	75.35
53	331.25	14449.11	80.30	78.05
54	337.50	14949.11	81.82	80.75
55	343.75	15449.11	83.33	83.45
56	350.00	15949.11	84.85	86.15
57	356.25	16449.11	86.36	88.85
58	362.50	16925.88	87.88	91.43
59	368.75	17440.15	89.39	93.66
60	375.00	17691.92	90.91	95.56
61	381.25	17981.19	92.42	97.13
62	387.50	18207.96	93.94	98.35
63	393.75	18372.23	95.45	99.24
64	400.00	18474.00	96.97	99.79
65	406.25	18513.27	98.48	100.00
66	412.50	18513.27	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

CF = 20.00

CR1 = 20.00

CR2 = 25.00

CP1 = 4.00

DFURD = 10.00

DRA5G0 1 = 10.00

DRA5G0 2 = 8.00

PASSO 1 = 50.00

COMPRIMENTO NOMINAL = 409.00

CP2 = 8.00

PASSO 2 = 78.54

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	6.25	39.27	1.52	0.24
2	12.50	117.81	3.03	0.71
3	18.75	196.35	4.55	1.18
4	25.00	274.89	6.06	1.65
5	31.25	353.43	7.58	2.12
6	37.50	431.97	9.09	2.59
7	43.75	510.51	10.61	3.06
8	50.00	589.05	12.12	3.53
9	56.25	667.59	13.64	4.00
10	62.50	746.13	15.15	4.47
11	68.75	824.67	16.67	4.94
12	75.00	903.21	18.18	5.41
13	81.25	981.75	19.70	5.88
14	87.50	1060.29	21.21	6.35
15	93.75	1138.83	22.73	6.82
16	100.00	1217.37	24.24	7.30
17	106.25	1295.91	25.76	7.77
18	112.50	1374.45	27.27	8.38
19	118.75	1452.99	28.79	8.94
20	125.00	1531.53	30.30	9.50
21	131.25	1610.07	31.82	10.12
22	137.50	1688.61	33.33	10.72
23	143.75	1767.15	34.85	11.33
24	150.00	1845.69	36.36	11.94
25	156.25	1924.23	37.88	12.55
26	162.50	2002.77	39.39	13.16
27	168.75	2081.31	40.91	13.77
28	175.00	2159.85	42.42	14.38
29	181.25	2238.39	43.94	14.99
30	187.50	2316.93	45.45	15.60
31	193.75	2395.47	46.97	16.21
32	200.00	2474.01	48.48	16.82
33	206.25	2552.55	50.00	17.43
34	212.50	2631.09	51.52	18.04
35	218.75	2709.63	53.03	18.65
36	225.00	2788.17	54.55	19.26
37	231.25	2866.71	56.06	19.87
38	237.50	2945.25	57.58	20.48
39	243.75	3023.79	59.09	21.09
40	250.00	3102.33	60.61	21.70
41	256.25	3180.87	62.12	22.31
42	262.50	3259.41	63.64	22.92
43	268.75	3337.95	65.15	23.53
44	275.00	3416.49	66.67	24.14
45	281.25	3495.03	68.18	24.75
46	287.50	3573.57	69.70	25.36
47	293.75	3652.11	71.21	25.97
48	300.00	3730.65	72.73	26.58
49	306.25	3809.19	74.24	27.19
50	312.50	3887.73	75.76	27.80
51	318.75	3966.27	77.27	28.41
52	325.00	4044.81	78.79	29.02
53	331.25	4123.35	80.30	29.63
54	337.50	4201.89	81.82	30.24
55	343.75	4280.43	83.33	30.85
56	350.00	4358.97	84.85	31.46
57	356.25	4437.51	86.36	32.07
58	362.50	4516.05	87.88	32.68
59	368.75	4594.59	89.39	33.29
60	375.00	4673.13	90.91	33.90
61	381.25	4751.67	92.42	34.51
62	387.50	4830.21	93.94	35.12
63	393.75	4908.75	95.45	35.73
64	400.00	4987.29	96.97	36.34
65	406.25	5065.83	98.48	36.95
66	412.50	5144.37	100.00	37.56

DIAMETRO D = 200.00 MM

- 72 -

CF = 20.00

CR1 = 20.00

CR2 = 10.00

CP1 = 3.80

DFURD = 10.00

DRASGD 1 = 10.00

DRASGD 2 = 20.00

PASSO 1 = 52.63

COMPRIMENTO NOMINAL = 436.05

CP2 = P.

PASSO 2 = 78.54

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	6.58	39.27	1.49	0.13
2	13.16	117.81	2.99	0.40
3	19.74	196.35	4.48	0.66
4	26.32	274.89	5.97	0.93
5	32.89	353.43	7.46	1.19
6	39.47	431.97	8.96	1.46
7	46.05	510.51	10.45	1.72
8	52.63	589.05	11.94	1.99
9	59.21	667.59	13.43	2.25
10	65.79	746.13	14.93	2.52
11	72.37	824.67	16.42	2.78
12	78.95	903.21	17.91	3.05
13	85.53	981.75	19.40	3.31
14	92.11	1060.29	20.90	3.57
15	98.68	1138.83	22.39	3.84
16	105.26	1217.37	23.88	4.10
17	111.84	1295.91	25.37	4.37
18	118.42	1400.97	26.87	4.72
19	125.00	1471.82	28.36	5.30
20	131.58	1508.45	29.85	6.10
21	138.16	2110.88	31.34	7.12
22	144.74	2479.10	32.84	8.36
23	151.32	2913.11	34.33	9.82
24	157.89	3412.90	35.82	11.51
25	164.47	3939.22	37.31	13.28
26	171.05	4465.53	38.81	15.06
27	177.63	4991.85	40.30	16.83
28	184.21	5518.16	41.79	18.60
29	190.79	6044.48	43.28	20.38
30	197.37	6570.80	44.78	22.15
31	203.95	7097.11	46.27	23.93
32	210.53	7623.43	47.76	25.70
33	217.11	8149.74	49.25	27.48
34	223.68	8649.54	50.75	29.16
35	230.26	9083.55	52.24	30.62
36	236.84	9451.76	53.73	31.87
37	243.42	9754.19	55.22	32.89
38	250.00	9990.83	56.72	33.68
39	256.58	10161.68	58.21	34.26
40	263.16	10302.47	59.70	34.73
41	269.74	10498.82	61.19	35.40
42	276.32	10767.48	62.69	36.37
43	282.89	11207.71	64.18	37.79
44	289.47	11759.53	65.67	39.65
45	296.05	12442.93	67.16	41.95
46	302.63	13257.90	68.66	44.70
47	309.21	14204.45	70.15	47.89
48	315.79	15246.86	71.64	51.40
49	322.37	16299.49	73.13	54.95
50	328.95	17352.12	74.63	58.50
51	335.53	18404.75	76.12	62.05
52	342.11	19457.38	77.61	65.60
53	348.68	20410.01	79.10	69.15
54	355.26	21462.65	80.60	72.70
55	361.84	22415.28	82.09	76.24
56	368.42	23467.91	83.58	79.79
57	375.00	24720.54	85.07	83.34
58	381.58	25762.94	86.57	86.86
59	388.16	26709.49	88.06	90.05
60	394.74	27424.47	89.55	92.60
61	401.32	28207.86	91.04	95.10
62	407.89	28759.68	92.54	96.96
63	414.47	29179.92	94.03	98.38
64	421.05	29468.58	95.52	99.35
65	427.63	29825.66	97.01	99.88
66	434.21	29461.39	98.51	100.00
67	440.79	29461.39	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

CF = 20.00

CR1 = 20.00

CR2 = 10.00

CP1 = 4.20

DFURD = 10.00

DRASGO 1 = 10.00

DRASGO 2 = 20.00

PASSO 1 = 47.42

COMPRIMENTO NOMINAL = 395.95

CP2 = 8.

PASSO 2 = 78.54

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	5.95	39.27	1.49	0.14
2	11.90	117.81	2.99	0.43
3	17.86	196.35	4.48	0.72
4	23.81	274.89	5.97	1.01
5	29.76	353.43	7.46	1.30
6	35.71	431.97	8.96	1.58
7	41.67	510.51	10.45	1.87
8	47.62	589.05	11.94	2.16
9	53.57	667.59	13.43	2.45
10	59.52	746.13	14.93	2.74
11	65.48	824.67	16.42	3.03
12	71.43	903.21	17.91	3.31
13	77.38	981.75	19.40	3.60
14	83.33	1060.29	20.90	3.89
15	89.29	1138.83	22.39	4.18
16	95.24	1217.37	23.88	4.47
17	101.19	1295.91	25.37	4.75
18	107.14	1394.70	26.87	5.12
19	113.10	1453.02	28.36	5.70
20	119.05	1770.86	29.85	6.50
21	125.00	2048.22	31.34	7.51
22	130.95	2385.11	32.84	8.75
23	136.90	2781.53	34.33	10.21
24	142.86	3237.46	35.82	11.88
25	148.81	3713.65	37.31	13.63
26	154.76	4189.84	38.81	15.37
27	160.71	4666.03	40.30	17.12
28	166.67	5142.22	41.79	18.87
29	172.62	5618.42	43.28	20.61
30	178.57	6094.61	44.78	22.36
31	184.52	6570.80	46.27	24.11
32	190.48	7046.99	47.76	25.86
33	196.43	7523.18	49.25	27.60
34	202.38	7679.11	50.75	29.28
35	208.33	8175.53	52.24	30.73
36	214.29	8712.42	53.73	31.97
37	220.24	8989.78	55.22	32.98
38	226.19	9207.62	56.72	33.78
39	232.14	9365.94	58.21	34.36
40	238.10	9510.23	59.70	34.89
41	244.05	9706.58	61.19	35.61
42	250.00	9982.70	62.69	36.63
43	255.95	10377.88	64.18	38.08
44	261.90	10892.10	65.67	39.96
45	267.86	11525.37	67.16	42.29
46	273.81	12277.69	68.66	45.05
47	279.76	13149.05	70.15	48.24
48	285.71	14093.97	71.64	51.71
49	291.67	15046.35	73.13	55.21
50	297.62	15998.74	74.63	58.70
51	303.57	16951.12	76.12	62.19
52	309.52	17903.50	77.61	65.69
53	315.48	18855.88	79.10	69.18
54	321.43	19808.26	80.60	72.68
55	327.38	20760.64	82.09	76.17
56	333.33	21713.02	83.58	79.67
57	339.29	22665.40	85.07	83.16
58	345.24	23610.32	86.57	86.63
59	351.19	24481.69	88.06	89.82
60	357.14	25234.01	89.55	92.58
61	363.10	25967.28	91.04	94.91
62	369.05	26781.50	92.54	96.79
63	375.00	26776.67	94.03	98.24
64	380.95	27052.80	95.52	99.26
65	386.90	27209.88	97.01	99.83
66	392.86	27255.37	98.51	100.00
67	398.81	27255.37	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

- 7

CF = 20.00

CR1 = 20.00

CR2 = 10.00

CP1 = 4.40

DFURO = 10.00

DRASGO 1 = 10.00

DRASGO 2 = 20.00

PASSO 1 = 45.45

COMPRIMENTO NOMINAL = 378.64

CP2 = 8.

PASSO 2 = 78.54

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	5.68	39.27	1.49	0.15
2	11.36	117.81	2.99	0.45
3	17.05	196.35	4.48	0.75
4	22.73	274.89	5.97	1.05
5	28.41	353.43	7.46	1.35
6	34.09	431.97	8.96	1.65
7	39.77	510.51	10.45	1.95
8	45.45	589.05	11.94	2.25
9	51.14	667.59	13.43	2.55
10	56.82	746.13	14.93	2.85
11	62.50	824.67	16.42	3.15
12	68.18	903.21	17.91	3.45
13	73.86	981.75	19.40	3.74
14	79.55	1060.29	20.90	4.04
15	85.23	1138.83	22.39	4.34
16	90.91	1217.37	23.88	4.64
17	96.59	1295.91	25.37	4.94
18	102.27	1372.00	26.87	5.31
19	107.95	1444.90	28.36	5.69
20	113.64	1514.63	29.85	6.09
21	119.32	1581.17	31.34	6.49
22	125.00	1644.53	32.84	6.94
23	130.68	1704.71	34.33	7.39
24	136.36	1761.71	35.82	7.86
25	142.05	1816.25	37.31	8.34
26	147.73	1867.80	38.81	8.84
27	153.41	1915.34	40.30	9.34
28	159.09	1959.89	41.79	9.84
29	164.77	2001.43	43.28	10.39
30	170.45	2040.98	44.78	10.89
31	176.14	2078.52	46.27	11.39
32	181.82	2114.07	47.76	11.89
33	187.50	2147.61	49.25	12.39
34	193.18	2179.16	50.75	12.89
35	198.86	2208.79	52.24	13.39
36	204.55	2236.43	53.73	13.89
37	210.23	2262.07	55.22	14.39
38	215.91	2285.71	56.72	14.89
39	221.59	2307.35	58.21	15.39
40	227.27	2327.00	59.70	15.89
41	232.95	2344.63	61.19	16.39
42	238.64	2360.25	62.69	16.89
43	244.32	2373.87	64.18	17.39
44	250.00	2385.49	65.67	17.89
45	255.68	2395.11	67.16	18.39
46	261.36	2402.73	68.66	18.89
47	267.05	2408.35	70.15	19.39
48	272.73	2412.00	71.64	19.89
49	278.41	2414.63	73.13	20.39
50	284.09	2415.25	74.63	20.89
51	289.77	2413.87	76.12	21.39
52	295.45	2410.49	77.61	21.89
53	301.14	2405.11	79.10	22.39
54	306.82	2397.73	80.60	22.89
55	312.50	2388.35	82.09	23.39
56	318.18	2376.97	83.58	23.89
57	323.86	2363.60	85.07	24.39
58	329.55	2348.22	86.57	24.89
59	335.23	2330.85	88.06	25.39
60	340.91	2311.47	89.55	25.89
61	346.59	2290.09	91.04	26.39
62	352.27	2266.71	92.54	26.89
63	357.95	2241.33	94.03	27.39
64	363.64	2213.95	95.52	27.89
65	369.32	2184.57	97.01	28.39
66	375.00	2153.19	98.51	28.89
67	380.68	2119.81	100.00	29.39

ANEXO 3.2

Listagem dos Dados de Saída - 2º Método

DIAMETRO D = 200.00 MM

CURSO TOTAL = 300.00 MM NUMERO DE TRECHOS = 10

PASSO 1 = 30.00 MM CP2 = 8.

I	DF(F)
1	11.56
2	14.93
3	17.66
4	20.03
5	22.14
6	24.07
7	25.85
8	27.52
9	29.10
10	30.59

I	CURSO (MM)	AREA (MM2)	CURSO PERC (%)	AREA PERC (%) - 77 -
1	6.25	52.50	1.18	0.16
2	12.50	157.50	2.35	0.47
3	18.75	262.50	3.53	0.78
4	25.00	367.50	4.71	1.09
5	31.25	472.50	5.88	1.41
6	37.50	577.50	7.06	1.72
7	43.75	682.50	8.24	2.03
8	50.00	794.22	9.41	2.36
9	56.25	934.22	10.59	2.78
10	62.50	1102.50	11.76	3.28
11	68.75	1277.50	12.94	3.80
12	75.00	1452.50	14.12	4.32
13	81.25	1627.50	15.29	4.84
14	87.50	1802.50	16.47	5.36
15	93.75	1977.50	17.65	5.89
16	100.00	2167.97	18.82	6.45
17	106.25	2377.97	20.00	7.08
18	112.50	2607.50	21.18	7.76
19	118.75	2852.50	22.35	8.49
20	125.00	3097.50	23.53	9.22
21	131.25	3342.50	24.71	9.95
22	137.50	3587.50	25.88	10.68
23	143.75	3832.50	27.06	11.41
24	150.00	4096.33	28.24	12.19
25	156.25	4376.33	29.41	13.02
26	162.50	4672.50	30.59	13.91
27	168.75	4987.50	31.76	14.84
28	175.00	5302.50	32.94	15.78
29	181.25	5617.50	34.12	16.72
30	187.50	5932.50	35.29	17.66
31	193.75	6247.50	36.47	18.59
32	200.00	6583.36	37.65	19.59
33	206.25	6933.36	38.82	20.63
34	212.50	7297.50	40.00	21.72
35	218.75	7682.50	41.18	22.86
36	225.00	8067.50	42.35	24.01
37	231.25	8452.50	43.53	25.16
38	237.50	8837.50	44.71	26.30
39	243.75	9222.50	45.88	27.45
40	250.00	9629.76	47.06	28.66
41	256.25	10049.76	48.24	29.91
42	262.50	10482.50	49.41	31.20
43	268.75	10937.50	50.59	32.55
44	275.00	11392.50	51.76	33.91
45	281.25	11847.50	52.94	35.26
46	287.50	12302.50	54.12	36.61
47	293.75	12759.38	55.29	37.97
48	300.00	13237.70	56.47	39.40
49	306.25	13727.70	57.65	40.86
50	312.50	14229.38	58.82	42.35
51	318.75	14752.50	60.00	43.91
52	325.00	15277.50	61.18	45.47
53	331.25	15802.50	62.35	47.03
54	337.50	16327.50	63.53	48.59
55	343.75	16860.40	64.71	50.18
56	350.00	17409.54	65.88	51.81
57	356.25	17969.54	67.06	53.48
58	362.50	18540.40	68.24	55.18
59	368.75	19127.50	69.41	56.93
60	375.00	19722.50	70.59	58.70
61	381.25	20317.50	71.76	60.47
62	387.50	20912.50	72.94	62.24
63	393.75	21518.36	74.12	64.04
64	400.00	22138.18	75.29	65.89
65	406.25	22768.18	76.47	67.76
66	412.50	23408.36	77.65	69.67
67	418.75	24062.50	78.82	71.61
68	425.00	24727.50	80.00	73.59
69	431.25	25392.50	81.18	75.57
70	437.50	26057.50	82.35	77.55
71	443.75	26735.37	83.53	79.57
72	450.00	27425.74	84.71	81.62
73	456.25	28125.74	85.88	83.71
74	462.50	28835.37	87.06	85.82
75	468.75	29557.50	88.24	87.97
76	475.00	30292.50	89.41	90.16
77	481.25	31027.50	90.59	92.34
78	487.50	31762.50	91.76	94.53
79	493.75	32463.99	92.94	96.62
80	500.00	33017.22	94.12	98.27
81	506.25	33384.72	95.29	99.36
82	512.50	33566.49	96.47	99.90
83	518.75	33600.00	97.65	100.00
84	525.00	33600.00	98.82	100.00
85	531.25	33600.00	100.00	100.00

DIAMETRO D = 200.00 MM

CURSO TOTAL = 500.00 MM NUMERO DE TRECHOS = 6

PASO 1 = 83.33 MM CP2 = 8.

I	DF(F)
1	19.27
2	24.88
3	29.44
4	33.38
5	36.90
6	40.12

I	CURSO(MM)	AREA(MM2)	CURSO PERC(%)	AREA PERC(%)
1	10.42	145.83	1.92	0.39
2	20.83	437.50	3.85	1.17
3	31.25	729.17	5.77	1.95
4	41.67	1020.83	7.69	2.73
5	52.08	1312.50	9.62	3.52
6	62.50	1604.17	11.54	4.30
7	72.92	1895.83	13.46	5.08
8	83.33	2206.16	15.38	5.91
9	93.75	2595.04	17.31	6.95
10	104.17	3062.50	19.23	8.20
11	114.58	3548.61	21.15	9.51
12	125.00	4034.72	23.08	10.81
13	135.42	4520.83	25.00	12.11
14	145.83	5006.94	26.92	13.41
15	156.25	5493.06	28.85	14.71
16	166.67	6022.14	30.77	16.13
17	177.08	6605.48	32.69	17.69
18	187.50	7243.06	34.62	19.40
19	197.92	7923.61	36.54	21.22
20	208.33	8604.17	38.46	23.05
21	218.75	9284.72	40.38	24.87
22	229.17	9965.28	42.31	26.69
23	239.58	10645.83	44.23	28.52
24	250.00	11378.69	46.15	30.48
25	260.42	12156.47	48.08	32.56
26	270.83	12979.17	50.00	34.77
27	281.25	13854.17	51.92	37.11
28	291.67	14729.17	53.85	39.45
29	302.08	15604.17	55.77	41.80
30	312.50	16479.17	57.69	44.14
31	322.92	17354.17	59.62	46.48
32	333.33	18287.10	61.54	48.98
33	343.75	19259.32	63.46	51.59
34	354.17	20270.83	65.38	54.30
35	364.58	21340.28	67.31	57.16
36	375.00	22409.72	69.23	60.03
37	385.42	23479.17	71.15	62.89
38	395.83	24548.61	73.08	65.76
39	406.25	25618.06	75.00	68.62
40	416.67	26749.34	76.92	71.65
41	427.08	27916.00	78.85	74.78
42	437.50	29118.06	80.77	77.99
43	447.92	30381.94	82.69	81.38
44	458.33	31645.83	84.62	84.77
45	468.75	32909.72	86.54	88.15
46	479.17	34173.61	88.46	91.54
47	489.58	35437.50	90.38	94.92
48	500.00	36467.68	92.31	97.68
49	510.42	37099.63	94.23	99.37
50	520.83	37333.33	96.15	100.00
51	531.25	37333.33	98.08	100.00
52	541.67	37333.33	100.00	100.00

ANEXO 4.1

Gráfico dos Coeficientes de Concentração de Tensões

GRÁFICO 1

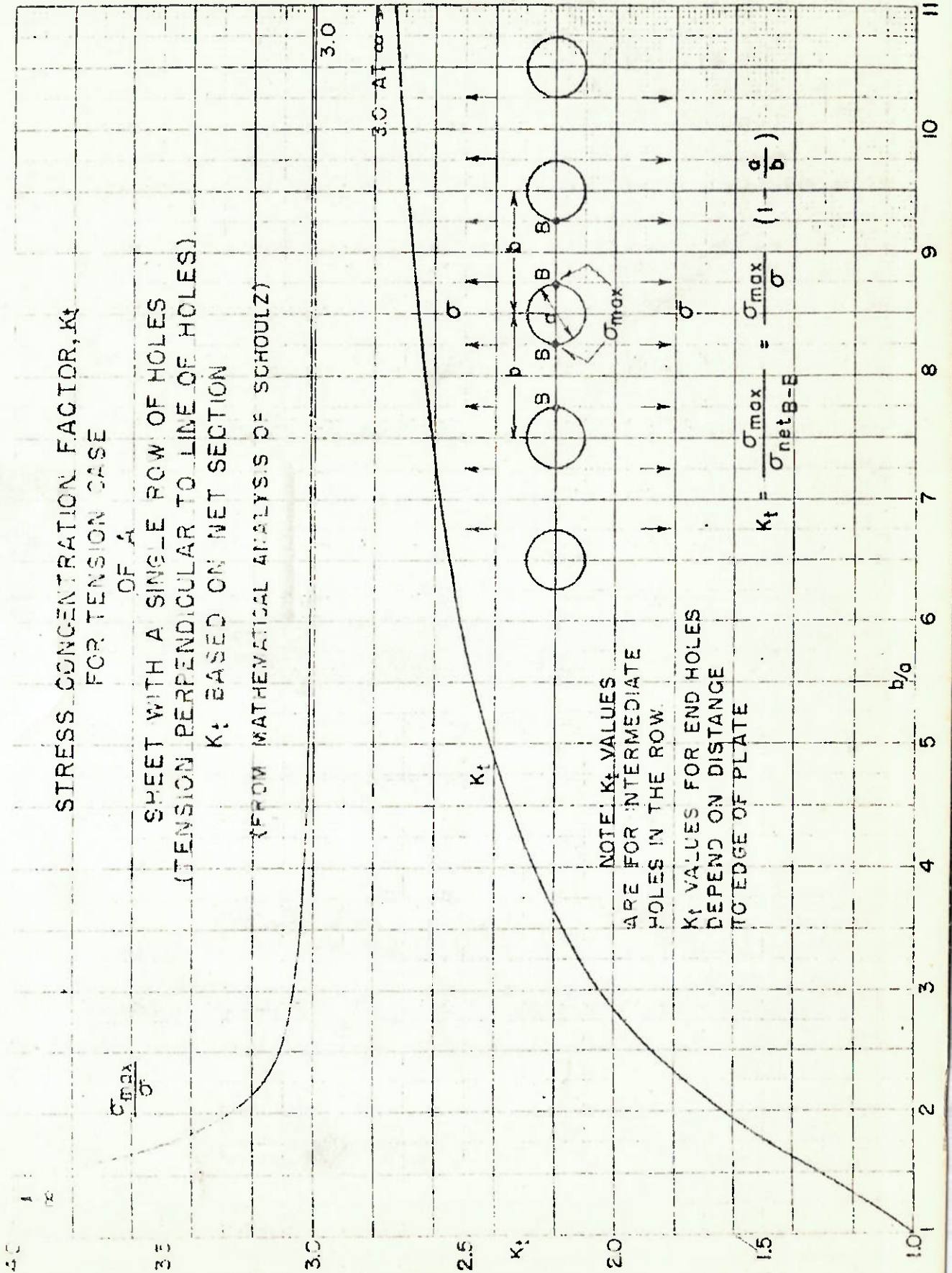
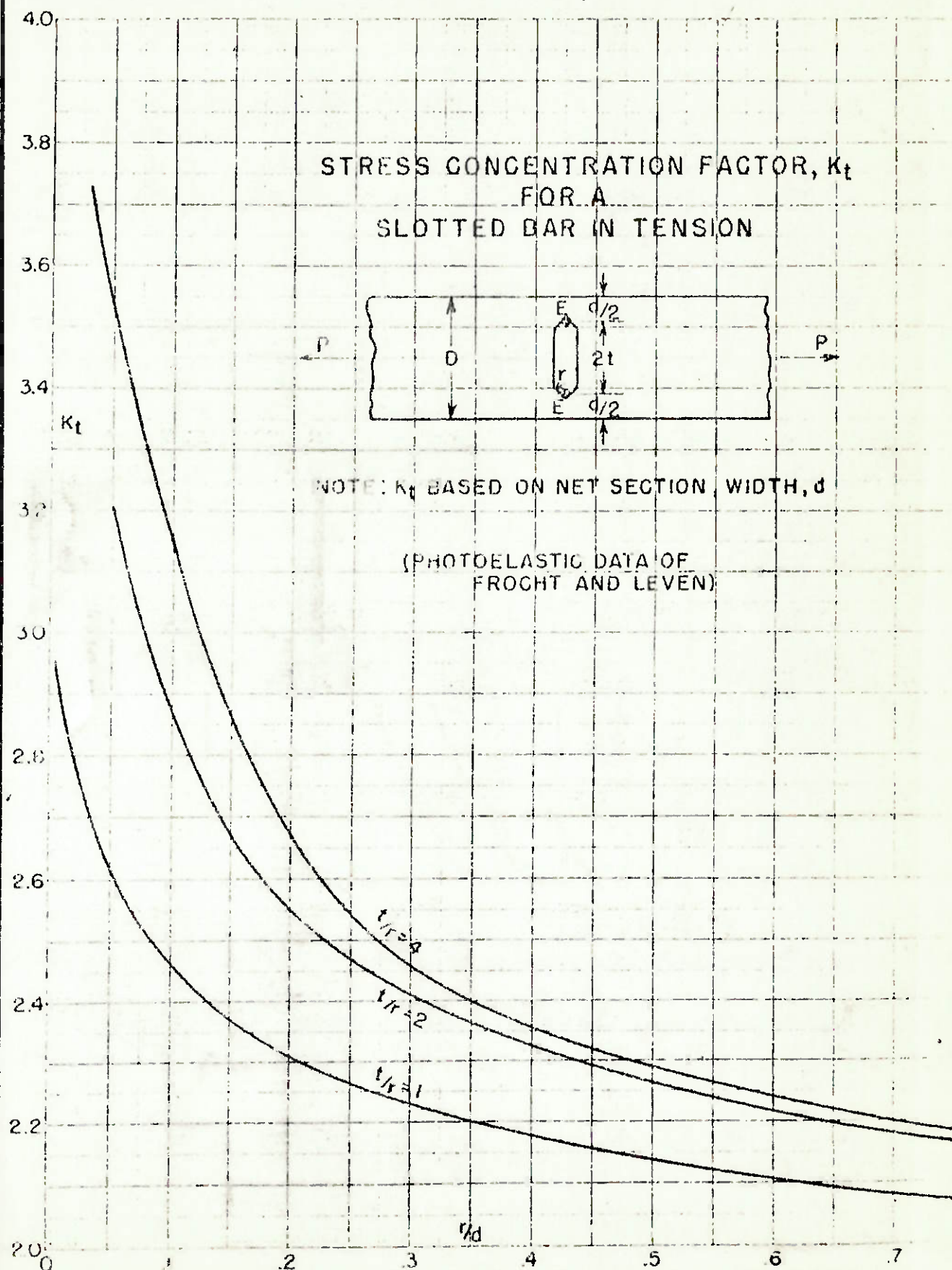


GRÁFICO 2



ANEXO 4.2

Tabela dos Materiais mais Utilizados na Fabricação de Válvulas

COMPOSIÇÕES E PROPRIEDADES DOS MATERIAIS MAIS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DE VALVULAS

1 - BRONZES

Especificações	Componentes	Composição		Propriedades
		Mínimo %	Máximo	Físicas
ASTM B 61	Cu	86,00	90,00	Resistência à tração (PSI) 34.000
	Sn	5,5%	6,50	Limite de escoamento (PSI) 16.000
	Pb	1,00	2,00	Alongamento em 2" 22%
	Zn	3,00	5,00	Dureza Brinell 75
	Ni	0,00	1,00	
ASTM B 62	Cu	84,00	85,00	Resistência à tração (PSI) 30.000
	Sn	4,00	6,00	Limite de escoamento (PSI) 14.000
	Pb	4,00	6,00	Alongamento em 2" 20%
	Zn	4,00	6,00	Dureza Brinell 65
	Ni	0,00	1,00	
ASTM B 147 LB	Cu	86,00	89,00	Resistência à tração (PSI) 48.000
	Sn	7,00	9,00	Limite de escoamento (PSI) 18.000
	Pb	0,00	0,25	Alongamento em 2" 30%
	Zn	2,00	5,00	Dureza Brinell 75
	Ni	0,00	0,25	

2 - LATÕES ASTM B360/A

Especificações	Componentes	Composição		Propriedades
		Mínimo %	Máximo	Físicas
ASTM B 21 E	Cu	89,00	92,00	Resistência à tração (PSI) 67.000
	Sn	0,50	1,00	Limite de escoamento (PSI) 45.000
	Pb	0,40	1,00	Alongamento em 2" 11%
	Zn	restante		Dureza Brinell 140
ASTM B 16	Cu	60,00	63,00	Resistência à tração (PSI) 62.600
	Pb	2,50	3,70	Limite de escoamento 42.700
	Zn	restante		Alongamento em 2" 25%
ASTM B 124/377	Cu	57,00	60,00	Dureza Brinell 115%
	Pb	1,50	2,50	Resistência à tração (PSI) 60.000
	Zn	restante		Limite de escoamento (PSI) 32.700
				Alongamento em 2" 30%
				Dureza Brinell 95

3 - AÇO FUNDIDO

Especificações	Componentes	Composição	Propriedades
		Química	Físicas
ASTM A 216 Gr WCB	C	0,30% Máx.	Resistência à tração (PSI) 70.000
	Mn	1,0% Máx.	Limite de escoamento 36.000
ABNT - WCB	P	0,05% Máx.	Alongamento em 2" 22%
	S	0,06% Máx.	Estricção 35%
	Si	0,60% Máx.	Dureza Brinell 170

4 - AÇO FORJADO

Especificações	Componentes	Composição Química	Propriedades Físicas
ASTM A 105	C	0,24 - 0,30%	Resistência à tração (PSI) 70.000
	Mn	0,60 - 0,90%	Limite de escoamento 56.000
	Si	0,15 a 0,30%	Alongamento em 2" 22%
	P	0,08% Máx	Estricção 30%
	S	0,05% Máx.	Dureza Brinell 140
ASTM A 182 Gr. 1.5	C	0,12 Máx.	Resistência à tração (PSI) 85.000
	Mn	1,00 Máx.	Limite de escoamento 65.000
	Pb	0,04 Máx.	Alongamento em 2" 25%
	S	0,30 Máx.	Estricção 50%
	Si	1,00 Máx.	Dureza Brinell 223
	Ni	0,50 Máx.	
	Cr	11,5 a 13,5	

5 - FERROFUNDO

Especificações	Componentes	Composição Química	Propriedades Físicas
ASTM A 248	S	0,12% Máx	Resistência à tração (PSI) 21.000
	P	0,10% Máx.	Tensão de esmagamento 2.200
			Deflexão (polegadas) 0,1

6 - AÇOS INOXIDÁVEIS FUNDIDOS

Especificações	Componentes	Composição Química	Propriedades Físicas
ASTM A 351 Gr. CF 8	C	0,02% Máx.	Resistência à tração (PSI) 70.000
	Mn	1,5% Máx.	Limite de escoamento (PSI) 30.000
	P	0,04% Máx.	Alongamento em 2" 35%
	S	0,04% Máx.	
	Si	2,00% Máx.	
	Ni	8,00 - 11%	
	Cr	18 - 21%	
ASTM A 351 Gr. CF 304	C	0,08% Máx.	Resistência à tração (PSI) 70.000
	Mn	1,5% Máx.	Limite de escoamento (PSI) 30.000
	P	0,04% Máx.	Alongamento em 2" 30%
	S	0,04% Máx.	
	Si	1,5% Máx.	
	Ni	8 - 12%	
	Cr	18 - 21%	
	Mo	2 - 3%	

ANEXO 4.3

Tabela dos Materiais mais Empregados em Tubulações

TABELA RESUMO DAS PRINCIPAIS PROPRIEDADES DOS AÇOS

ASTM/API MAIS EMPREGADOS PARA TUBULAÇÕES

(Para tensões admissíveis veja Tabela 25) - veja notas na página 69

Qualidade do material				Limites máximos de temperatura (°C)				Observações e limitações
Comp. química básica	Forma de apresentação	Especificação e Grau (v. Nota A)	Número da especificação (ANSI B 31)	ANSI B 31.1	ANSI B 31.3	Limites práticos (v. Nota B)		(v. Notas na página 69)
Limite de resistência						v. Nota C	v. Nota E	
Aço carbono de qualidade estrutural	Tubos/ou soldadura	A 120	1	200	100	—	100	1, 2, 3, 4, 5
Não há composição química definida	Tubos/soldas resistentes elétricas	A 130	1	430	590		200	1, 3, 4, 5
T _r até 46 kg/mm ²	Tubos/soldas arco protegido	A 131(A-285C)	1	340	150		↓	1, 3, 4, 5
Aço de baixo carbono	Tubos/ou soldadura	A 53 Gr A	1	430	590	530	400	3, 5, 6, 7, 8
C até 0,22%, Mn até 0,9%	Tubos/ou soldadura	API 5L Gr A	1	↓	↓	↓	↓	3, 5, 6, 7, 8
T _r 32 a 38 kg/mm ²	Acessórios de tubulação	A 233 WFA	1	↓	↓	↓	↓	3, 5, 6, 7, 8
Aço de baixo carbono (acalmado)	Tubos/soldadura	A 106 Gr A	1	430	590	530	400	3, 5, 6, 7, 8
C até 0,25%, Mn até 0,9%, Si 0,1% (máx)				↓	↓	↓	↓	↓
T _r 32 a 38 kg/mm ²				↓	↓	↓	↓	↓
Aço de médio carbono	Tubos/ou soldadura	A 53 Gr B	1	430	590	530	400	3, 4, 5, 8, 9
C até 0,30%, Mn até 1,2%	Tubos/ou soldadura	API 5L Gr B	1	↓	↓	↓	↓	↓
T _r 42 a 49 kg/mm ²	Tubos/soldas arco protegido	A 131(A-285C)	1	↓	↓	↓	↓	↓
		A 131 Gr B	1	↓	↓	↓	↓	↓
		A 131 Gr C	1	↓	↓	↓	↓	↓
		A 181	1	↓	↓	↓	↓	↓
Peças forjadas/Peças fundidas	Acessórios de tubulação	A 233 WFA	1	↓	↓	↓	↓	↓
Aço de médio carbono (acalmado), 10 temp. de resacas	Tubos/soldadura	A 106 Gr B	1	480	590	530	450	3, 4, 5, 8, 9
C até 0,30%, Mn até 1,2%, Si 0,1% (máx)	Tubos/soldas arco protegido	A 131 Gr B	1	↓	↓	↓	↓	↓
		A 131 Gr C	1	↓	↓	↓	↓	↓
	Peças forjadas/Peças fundidas	A 181	1	↓	↓	↓	↓	↓
T _r 42 a 49 kg/mm ²		A 233 WFA	1	↓	↓	↓	↓	↓
Aço de baixo carbono (acalmado), 10 temp. de resacas	Tubos/ou soldadura	A 53 Gr B	1		455	530	400	3, 5, 8, 10, 11
C até 0,28%, Mn até 1,2%, Si 0,1% (máx)	Tubos/soldas arco protegido	A 131 Gr B	1	↓	↓	↓	↓	↓
		A 131 Gr C	1	↓	↓	↓	↓	↓
	Peças forjadas/Peças fundidas	A 181 Gr B	1	↓	↓	↓	↓	↓
T _r 42 a 49 kg/mm ²		A 233 WFA	1	↓	↓	↓	↓	↓
Aço carbono de alta resistência	Tubos/ou soldadura	API 5L X 42	API 2		200		100 (v. Nota b)	3, 12, 13
		API 5L X 40	API 3		↓		↓	↓
		API 5L X 52	API 3		↓		↓	↓
T _r 46 a 62 kg/mm ²					↓		↓	↓

				Limites máximos de temperatura (°C)				- 87 -
Qualidade do material		Especificação e Grau	"P Number" de ANSI B 31					Observações e limitações (v. Notas na página 69)
Composição química básica	Forma de apresentação	(v. Nota A)		ANSI B 31.1	ANSI B 31.3	Limites práticos (v. Nota B)		
Limite de resistência						v. Nota C	v. Nota D	
Aço liga 1/2 Mo	Tubo s/ costura	A-335 P1	3	480	590	530	500	13, 14, 15
C até 0,23%, Mn até 0,9%, P a 0,15 a 0,3%, Mo 0,15 a 0,65%	Tubos e solda arco protegido	A-155 CM 65	3					
		A-155 CM 70	3					
	Peças forjadas	A-182 F1	3					
	Peças fundidas	A-217 WC1	3					
T _r 15 a 63 kg/mm ²	Acessórios de tubulação	A-234 WP1	3					
Aço liga 1 Cr - 1/2 Mo	Tubo s/ costura	A-335 P12	4	590	650	540	520	13, 16
C até 0,15%, Mn até 0,6%, Si até 1,0%, Cr 0,8 a 1,25%, Mo 0,44 a 0,65%	Peças forjadas	A-182 F12	4					
	Acessórios de tubulação							
		A-234 WP12	4					
	T _r 42 a 60 kg/mm ²							
Aço liga 1 1/4 Cr - 1/2 Mo	Tubo s/ costura	A-335 P11	4	590	650	550	530	13, 16
C até 0,15%, Mn até 0,6%, Si até 1,0%, Cr 1,1 a 1,5%, Mo 0,45 a 0,65%	Tubo e solda arco protegido	A-155 (1 1/4 Cr)	4					
	Peças forjadas	A-182 F11	4					
	Peças fundidas	A-217 WC6	4					
	Acessórios de tubulação	A-234 WP11	4					
T _r 42 a 60 kg/mm ²								
Aço liga 2 1/4 Cr - 1 Mo	Tubo s/ costura	A-335 P22	5	620	650	570	550	13, 16, 18
C até 0,15%, Mn até 0,4%, Si até 0,5%, Cr 2,0 a 2,5%, Mo 0,7 a 1,1%	Tubo e solda arco protegido	A-155 (2 1/4 Cr)	5					
	Peças forjadas	A-182 F22	5					
	Peças fundidas	A-217 WC9	5					
	Acessórios de tubulação	A-234 WP22	5					
T _r 42 a 60 kg/mm ²								
Aço liga 5 Cr - 1/2 Mo	Tubo s/ costura	A-335 P5	5	650	650	600	480	13, 17, 18
C até 0,15%, Mn até 0,6%, Si até 0,5%, Cr 4,0 a 6,0%, Mo 0,45 a 0,65%	Tubo e solda arco protegido	A-155 (5 Cr)	5					
	Peças forjadas	A-182 F5	5					
	Peças fundidas	A-217 C5	5					
	Acessórios de tubulação	A-234 WP5	5					
T _r 40 a 56 kg/mm ²								
Aço liga 7 Cr - 1/2 Mo	Tubo s/ costura	A-335 P7	5	650	650	630	480	13, 17, 18
C até 0,15%, Mn até 0,6%, Si até 1,0%, Cr 6,0 a 8,0%, Mo 0,44 a 0,65%	Peças forjadas	A-182 F7	5					
	Acessórios de tubulação							
		A-234 WP7	5					
	T _r 42 a 56 kg/mm ²							

Qualidade do material		Especificação e Grau (v. Nota A)	"P. Number" de ANSI B. 31	Limites máximos de temperatura (°C)				Observações e limitações (v. Notas na página 89)
Comp. química básica	Forma de apresentação			ANSI B 31.1	ANSI B 31.3	Limites práticos (v. Nota B)		
						v. Nota C	v. Nota E	
Limite de resistência								
Aço-liga 9 Cr - 1 Mo	Tubo e costura	A-335 P9	5	650	650	650	510	13, 17, 18
Caté 0,15%, Mn até 0,6%, Si até 1,0%, Cr 8,0 a 10,0%, Mo 0,9 a 1,1%	Peças forjadas	A-182 F9	5					
	Peças fundidas	A-217 WC12	5					
	Acessórios de tubulação	A-234 WP9	5					
T _r : 42 a 56 kg/mm ²								
Aço-liga 3 1/2 Ni	Tubo e/ou s/ costura	A-333 Gr 3	9B	340	590			11, 19, 20
Caté 0,2%, Mn até 0,8%, Si até 0,3%, Ni 3,25 a 3,75%	Peças forjadas	A-350 LF3	9B					
	Peças fundidas	A-352 LC3	9B					
T _r : 46 a 60 kg/mm ²								
Aço-liga 9 Ni	Tubo e/ou s/ costura	A-333 Gr 8	11A		100			11, 19, 21
Caté 0,13%, Mn até 0,9%, Si até 0,3%, Ni 8,1 a 9,6%								
T _r : 70 kg/mm ² (mín)								
Aço inoxidável tipo 304	Tubo e/ou s/ costura	A-312 TP 304	8	650	815	800	600	22, 23, 24, 25
Caté 0,08%, Mn até 2,0%, Si até 1,0%, Cr 18 a 20%, Ni 8 a 12%	Peças forjadas	A-182 F304	8					
	Peças fundidas	A-351 CF8	8					
	Acessórios de tubulação	A-403 WP 304	8					
T _r : 53 kg/mm ² (mín)								
Aço inoxidável tipo 304L	Tubo e/ou s/ costura	A-312 TP 304L	8	430	815	800	400	22, 25
Caté 0,03%, Mn até 2,0%, Si até 1,0%, Cr 18 a 20%, Ni 8 a 12%	Peças forjadas	A-182 F 304L	8					
	Peças fundidas	A-351 CF3	8					
	Acessórios de tubulação	A-403 WP 304L	8					
T _r : 49 kg/mm ² (mín)								
Aço inoxidável tipo 310	Tubo e/ou s/ costura	A-312 TP 310	8	650	815	850	600	22, 23, 24, 25
Caté 0,15%, Mn até 2,0%, Si até 0,75%, Cr 21 a 26,0%, Ni 19,0 a 22,0%	Peças forjadas	A-182 F 310	8					
	Peças fundidas	A-351 CK 20	8					
	Acessórios de tubulação	A-403 WP 310	8					
T _r : 90 kg/mm ² (mín)								
Aço inoxidável tipo 316	Tubo e/ou s/ costura	A-312 TP 316	8	650	815	800	600	23, 24, 25, 26, 27
Caté 0,08%, Mn até 2,0%, Si até 1,0%, Cr 16 a 18%, Ni 10 a 14%, Mo 2 a 3%	Peças forjadas	A-182 F 316	8					
	Peças fundidas	A-351 CF 8M	8					
	Acessórios de tubulação	A-403 WP 316	8					
T _r : 53 kg/mm ² (mín)								

Qualidade do material		Especificação e Grau (v. Nota A)	"P Number" de ANSI B 31	Limites máximos de temperatura (°C)				Observações e limitações (v. Notas na página 69)
Comp. química básica	Forma de apresentação			ANSI B 31.1	ANSI B 31.3	Limites práticos (v. Nota B)		
						v. Nota C	v. Nota E	
Limite de resistência								
Aço inoxidável tipo 317	Tubo c/ou s/costura	A-312 TP 317	8	650	815	800	600	25, 26, 27
C até 0,08% Mn até 2,0% Si até 1,0% Cr 17 a 19% Ni 9 a 13% Cb + Ta 1,1%	Peças forjadas	A-182 F 317	8					
	Peças fundidas	A-351 CF 8C	8					
T _r : 53 kg/mm ² (mín)	Acessórios de tubulação	A-403 WP 317	8					
Aço inoxidável tipo 405	Tubo c/ou s/costura	A-268 TP 405	7	370	540	650	470	13, 18, 28
C até 0,08% Mn até 1,0% Si até 1,0% Cr 11,5 a 14,5% Ni até 0,6% Al 0,1 a 0,3%								
T _r : 32 kg/mm ² (mín)								
Aço inoxidável tipo 410	Tubo c/ou s/costura	A-268 TP 410	6	650	650	650	500	13, 18, 28, 29
C até 0,15% Mn até 1,0% Si até 1,0% Cr 11,5 a 13,5% Ni até 0,75%	Peças fundidas	A-351 CA 15	6					
T _r : 40 kg/mm ² (mín)	Peças forjadas	A-182 F6	6					
Aço inoxidável tipo 430	Tubo c/ou s/costura	A-268 TP 430	7	370	650	700	500	13, 18, 26, 28, 29
C até 0,15% Mn até 1,0% Si até 0,75% Cr 16 a 18,0% Ni até 0,5%								
T _r : 42 kg/mm ² (mín)								
Aço inoxidável tipo 416	Tubo c/ou s/costura	A-268 TP 416	10E	370	510	700	500	13, 18, 23, 26, 28, 29
C até 0,2% Mn até 1,5% Si até 0,75% Cr 13,0 a 16,0% Ni até 0,5%								
T _r : 49 kg/mm ² (mín)								
Aço inoxidável tipo 321	Tubo c/ou s/costura	A-312 TP 321	8	650	815	800	600	25, 26, 27
C até 0,08% Mn até 2,0% Si até 1,0% Cr 17 a 19% Ni 9 a 12% Ti 0,7%	Peças forjadas	A-182 F 321	8					
T _r : 53 kg/mm ² (mín)	Acessórios de tubulação	A-403 WP 321	8					

TABELA RESUMO DAS PRINCIPAIS PROPRIEDADES DOS AÇOS

ASTM/API MAIS EMPREGADOS PARA TUBULAÇÕES

NOTAS: A - Exceto onde indicado em contrário os números referem-se a especificações da ASTM

- B - Esses limites de temperatura são para serviço contínuo não corrosivo. Para curta duração permitem-se valores mais elevados, para serviços corrosivos os limites em geral deverão ser mais baixos.
- C - Temperaturas de início de oxidação intensa. Esses limites só podem ser ultrapassados em curto período.
- D - Temperaturas acima das quais a resistência mecânica do metal está muito baixa. Esses limites só podem ser ultrapassados para peças secundárias ou sujeitas a esforços mecânicos muito baixos.
- E - Temperaturas limites de uso prático. Esses limites só podem ser ultrapassados para peças de importância secundária.

- 1 - Embora não seja proibido pelas normas, não é prática usual empregar esses materiais para tubulações de vapor (exceto vapor exausto e condensado de baixa pressão), tubulações de processo e outras tubulações de responsabilidade.
- 2 - Esses materiais podem ser pretos ou galvanizados.
- 3 - Esses materiais estão sujeitos à grafitação quando submetidos a temperaturas superiores a 440°C durante longo tempo.
- 4 - Deve ser considerado o possível efeito de fragilidade para temperaturas inferiores a 10°C. Limite mínimo de temperatura para qualquer peça de responsabilidade: Zero °C.
- 5 - É necessário o tratamento térmico das soldas para espessuras superiores a 19 mm; recomenda-se o pré-aquecimento das soldas para espessuras superiores a 25 mm.
- 6 - Para tubulações com diâmetro de 8" ou maior, preferir o emprego dos aços de médio carbono.
- 7 - Deve ser considerado o possível efeito de fragilidade para temperaturas inferiores a 5°C. Limite mínimo de temperatura para qualquer peça de responsabilidade: Zero °C.
- 8 - Para temperaturas superiores a 400°C preferir os aços acuminados.
- 9 - Para tubulações com diâmetro até 6", preferir o emprego dos aços de baixo carbono, para facilitar o dobramento a frio.
- 10 - Limite mínimo de temperatura: -45°C.
- 11 - Para emprego em baixas temperaturas todos os materiais devem ser submetidos a testes de impacto, de acordo com as normas ASTM A-300 ou A-593.
- 12 - A soldagem desses materiais é bem mais difícil do que dos demais aços carbono.
- 13 - Não se recomenda o emprego desses materiais para temperaturas inferiores a 10°C.
- 14 - Esses materiais estão sujeitos a grafitação quando submetidos a temperaturas superiores a 460°C durante longo tempo.
- 15 - É necessário o pré-aquecimento das soldas para espessuras superiores a 12 mm, e o tratamento térmico para espessuras superiores a 15 mm.
- 16 - É necessário o pré-aquecimento das soldas para qualquer espessura. O tratamento térmico só é exigido pelas normas para espessuras superiores a 12 mm, embora seja muito recomendável em qualquer espessura.
- 17 - É necessário o pré-aquecimento das soldas e o tratamento térmico para qualquer espessura.
- 18 - É necessária a radiografia total das soldas.
- 19 - É necessário o pré-aquecimento das soldas para qualquer espessura, e o tratamento térmico para espessuras superiores a 15 mm.
- 20 - Limite mínimo de temperatura: -100°C.
- 21 - Limite mínimo de temperatura: -200°C.
- 22 - Esses materiais podem trabalhar em baixas temperaturas até -255°C, exigindo-se testes de impacto apenas para as peças fundidas.
- 23 - Esses materiais estão sujeitos a uma precipitação de carbonos de Cr (sensitização), quando submetidos a temperaturas entre 430°C e 850°C, ficando com a sua resistência à corrosão grandemente diminuída.
- 24 - Os tratamentos térmicos depois da soldagem são desaconselhados devido à possibilidade de precipitação de carbonos de Cr (sensitização).
- 25 - É necessária a radiografia total das soldas para espessuras superiores a 30 mm.
- 26 - Pode haver formação de "blow ingas" durante quebração, para serviços em temperaturas entre 450°C e 900°C, por longo tempo.
- 27 - Esses materiais podem trabalhar em baixas temperaturas até -195°C, exigindo-se testes de impacto apenas para as peças fundidas.
- 28 - Esses materiais estão sujeitos a fragilidade na região das soldas quando submetidos a temperaturas em torno de 237°C.
- 29 - É necessário o pré-aquecimento e o tratamento térmico das soldas para qualquer espessura.

ANEXO 4.4

Tabela com Tensões Admissíveis de Aços para Tubos

TENSÕES ADMISSÍVEIS DE AÇOS PARA TUBOS

DE ACORDO COM A NORMA ANSI B 31.1, PARA TUBULAÇÕES EM CENTRAIS DE VAPORES veja notas na página 71

Para maiores informações ver o Capítulo 24

Tipo de Tubo	Especificação de Tensões e Tensões de Trabalho ANSI B 31.1	Temperatura de projeto °C										
		40	60	100	200	300	345	370	400	430	455	480
Aço-carbono (Sem solda)	A - 50 Gr A	844	844	844	844	844	844	810	752	683		
	A - 100 Gr A	844	844	844	844	844	844	810	752	683		
	API - 5L Gr A	844	844	844	844	844	844	810	752	683		
	A - 50 Gr B	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1009	907	759		
	A - 100 Gr B	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1009	907	759		
	API - 5L Gr B	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1009	907	759		
Aço-carbono (Solda resistente a tração)	A - 50 Gr A ERW	717	717	717	717	717	717	683	640	584		
	API - 5L Gr A ERW	717	717	717	717	717	717	683	640	584		
	A - 50 Gr B ERW	898	898	898	898	898	898	854	773	647		
	API - 5L Gr B ERW	898	898	898	898	898	898	854	773	647		
Aço-carbono (Solda elétrica arco protegido)	A - 155 - C 55	872	872	872	872	872	872	837	759	647		
	A - 155 - KC 70	949	949	949	949	949	949	907	816	682		
	A - 155 - KC 70	104	104	104	104	104	104	104	928	759		
	API - 5L Gr A EFW	759	759	759	759	759	759	731	675	569		
	API - 5L Gr B EFW	949	949	949	949	949	949	900	816	682		
Aço de baixa liga (sem costura)	A - 335 Gr P - 1	963	963	963	963	963	963	963	963	942	921	879
	A - 335 Gr P - 5	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055
	A - 335 Gr P - 7	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055
	A - 335 Gr P - 9	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055
	A - 335 Gr P - 11	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055
	A - 335 Gr P - 12	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055
Aço de baixa liga (Solda elétrica arco protegido)	A - 155 CM 65	1139	1139	1139	1139	1139	1139	1139	1139	1087	1012	879
	A - 155 CM 70	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1188	1055	898
	A - 155 (1/4 C)	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1174	1055
	A - 155 (2/4 C)	949	949	949	949	949	949	949	949	949	914	830

Tip. de tubo	Esp. da parede mm. e lb./in. De acordo com ASTM	Temperatura em graus C.														
		40	95	150	205	260	315	345	370	400	430	455	480	510	540	565
Aço inoxidáveis Sem costura,	A - 312 TP 304 TP 304L	1 315	1 097	884	907	881	801	787	775	759	735	724	710	696	682	668
	A - 312 TP 304L	1 097	885	867	798	717	682	668	654	647	638					
	A - 312 TP 310	1 315	1 205	1 152	1 111	1 090	976	1 067	1 062	1 056	1 048	1 029	970	876	773	668
	A - 312 TP 316 TP 316H	1 315	1 132	1 058	985	872	837	805	794	780	773	766	750	732	745	738
	A - 312 TP 316L	1 097	825	839	759	704	670	642	626	619	608	591				
	A - 312 TP 321	1 315	1 118	991	907	844	794	780	766	759	752	745	745	738	731	724
	A - 312 TP 347	1 315	1 209	1 150	1 058	984	941	921	907	900	893	886	879	879	867	857
	A - 268 TP 405 TP 430	1 055	1 005	970	935	904	872	858	842							
	A - 268 TP 410	1 055	1 065	977	935	904	872	858	842	815	780	761	675	591	450	305
	A - 268 TP 440	1 230	1 160	1 152	1 090	1 058	1 019	1 005	984							
Aço inoxidáveis (Solda elétrica por arco protegido)	A - 312 TP 304 TP 304H	1 118	965	837	773	724	688	665	651	647	626	619	605	591	588	562
	A - 312 TP 304L	935	794	710	654	612	577	562	556	548	541					
	A - 312 TP 310	1 118	1 005	942	886	844	794	780	759	745	724	710	696	661	558	422
	A - 312 TP 316 TP 316H	1 118	963	872	794	745	703	689	675	668	654	647	647	640	633	626
	A - 312 TP 316L	935	787	703	647	598	562	548	534	520	513	499				
	A - 312 TP 321	1 118	949	844	766	717	675	668	654	647	640	633	633	636	619	548
	A - 312 TP 347	1 118	1 026	956	893	837	801	787	766	776	759	752	732	745	710	541
	A - 268 TP 405 TP 410, TP 430	893	851	828	794	766	738	731	717							
	A - 268 TP 440	1 048	984	963	928	893	865	858								

- Notas: 1. Para os tubos com costura os valores das tensões admissíveis já contém o fator de eficiência de solda, e portanto poderão ser empregados diretamente nos cálculos.
2. Para os tubos A-155 de aço-carbono, foi considerada uma eficiência de solda de 0,90, correspondente aos tubos "Classe 2", com radiografia parcial para os tubos A-155 de aço-liga foi considerada uma eficiência de solda de 1,00, correspondente aos tubos "Classe 1", com radiografia total.
3. Essas tensões admissíveis aplicam-se também aos tubos de especificação A-369, nos graus correspondentes.
4. Para composição química, limites de temperatura e outras propriedades, veja Tabela 24

ANEXO 4.5

Tabela de Resistência de Materiais

TABELA DE RESISTÊNCIA DE MATERIAIS

As informações seguintes facilitam a seleção primária de materiais em função da sua compatibilidade com os fluidos. As recomendações, cuidadosamente compiladas com base em inúmeros catálogos e livros, referem-se aos fluidos, à temperatura ambiente e às concentrações usuais nas indústrias. A seleção definitiva deve levar em consideração diversas condições específicas de cada aplicação, tais como temperatura, pressão, concentração, aeração, velocidade, contaminação, ambiente, etc. Em outras aplicações críticas recomenda-se efetuar testes práticos e de laboratório.

Código:

- A Recomendado, em condições normais
B Recomendado, com restrições
C Não recomendado, sem informações adicionais

FLUIDO	AÇO CARBONO	AISI-304	AISI-316	AISI-410	BRONZE	FERRC	BUNA "N"	NEOPRENE	TEFLON
Acetaldeído	C	A	B	C	C	A			
Acetamina	B	B	B	A	B	A			
Acetato de alumínio	C	A	A	C	C	C	A		
Acetato de amônio	C	A	A	B	B	C	A		
Acetato de amônio	C	A	A	B	B	C	A		
Acetato de butila	C	B	B	B	B	C	A		
Acetato de celulose	C	B	B	B	B	C	A		
Acetato de etila	B	B	B	B	B	C	A		
Acetato de metila	B	A	A	B	B	C	A		
Acetato de sódio	C	A	A	A	B	B	B	A	
Acetato de vinila		B					A		
Acetileno	A	A	A	A	A	B	A		
Acetona	B	A	A	B	A	C	A		
Acetona de metila e etila	C	A	A	B	A	C	A		
Ácido acético - 10%	C	A	A	B	C	C	A		
Ácido acético - 50% fervendo	C	C	A	B	C	C	A		
Ácido acético - 50% fervendo	C	C	B	C	C	C	A		
Ácido acético - puro	C	B	A	C	C	C	C	A	
Ácido acético - vapores quentes	C	C	B	C	C	C	C	A	
Ácido arsênico	C	B	B	C	C	C	A	A	
Ácido benzoico	C	B	B	B	B	C	B	B	A
Ácido bórico	C	B	B	B	C	C	A	A	A
Ácido bromídrico (hydrobromic)	C	C	C	C	C	C	C		
Ácido butírico	C	B	B		C	C	C	A	
Ácido carbólico (fenol)	C	B	B		B	B	C	A	
Ácido carbônico	C	B	A	B	B	C	A	B	A
Ácido cianídrico (hydrocyanic)	C	A	A	C	C	B	B	B	A
Ácido clorídrico	C	A	A	C	C	C	B	A	A
Ácido clorídrico (murático) puro	C	C	C	C	C	C	B	B	A
Ácido clorídrico diluído	C	C	C	C	C	C		A	A
Ácido clorídrico suco (gás)	B	B	B	B	C	C		A	A
Ácido cromosulfônico	C	C	B	C					
Ácido crômico - 10%	C	B	B	C	C	C	C	C	A
Ácido crômico - 50%	C	C	B	C	C	C	C	C	A
Ácido crômico (graxa)	C	B	A	B	C	C	B	C	A

FLUIDO	AÇO CARBONO	AISI-304	AISI-316	AISI-410	BRONZE	FERRC	BUNA "N"	NEOPRENE	TEFLON
Ácido fluorídrico	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido fórmico - frio	C	C	A	C	C	C	C	B	A
Ácido fórmico - quente	C	C	B	C	C	C	C	A	A
Ácido fosfórico 10% frio	C	B	A	C	C	C	B	B	A
Ácido fosfórico 10% quente	C	B	B	C	C	C	B	A	A
Ácido fosfórico 25-50%	C	B	B	C	C	C	C	A	A
Ácido fosfórico 50% frio	C	B	B	C	C	C	C	B	A
Ácido fosfórico 50% quente	C	B	B	C	C	C	B	B	A
Ácido fosfórico 85% frio	B	B	B	B	C	C	C	C	A
Ácido fosfórico 85% quente	C	C	C	C	C	C	C	C	A
Ácido frâmico	C	B	B		B		C	C	A
Ácido gálico	C	B	A	B	B	C	A	B	A
Ácido láctico - concentrado, frio	C	B	B	C	C	C	C	A	A
Ácido láctico - concentrado, quente	C	C	B	C	C	C	C	C	A
Ácido láctico - diluído, frio	C	A	A	C	C	C	C	C	A
Ácido láctico - diluído quente	C	B	A	C	C	C	B	B	A
Ácido linoléico	B	A	A		C	C	B	B	A
Ácido maleico	C	B	B		B	C	B	A	A
Ácido monocloroacético			C		C	C	C		
Ácido nítrico - 10%	C	A	A	A	C	C	C	B	A
Ácido nítrico - 30%	C	A	A	A	C	C	C	C	A
Ácido nítrico - 80%	C	A	A	B	C	C	C	C	A
Ácido nítrico - 100%	C	B	B	C	C	C	C	C	A
Ácido oléico	C	B	B	B	C	B	B	C	A
Ácido oxálico	C	B	B	C	C	C	C	B	A
Ácido palmítico	C	B	B		B	B	B	C	A
Ácido pícrico	C	B	B	C	C	C	C	A	A
Ácido propiônico	C	A	A	B	B	C	A	A	A
Ácido protenhoso		A	A					A	
Ácido sulfônico			B					C	A
Ácido sulfúrico < 10%	C	C	B	C	C	C	C	B	A
Ácido sulfúrico 10 a 75%	C	C	C	C	C	C	C	C	A
Ácido sulfúrico 80 a 95%	C	C	B	C	C	C	C		A
Ácido sulfúrico 100%	C	B	A	A	C	C	C	C	A
Ácido sulfuroso	C	C	B	C	C	C	C	C	A

TABELA DE RESISTÊNCIA DE MATERIAIS

FLUIDO	AÇO CARBONO	AI SI-304	AI SI-316	AI SI-410	BRONZE	FERRO	BUNA "N"	NEOPRENE	TEFLON
Cromato de sódio	B	A	A		B		A	A	A
Dextrina			B		B		B		A
Dicloreto de cálcio	C	B	B			C	C	C	A
Dowtherm	B	A	A		B	B	C	C	A
Enxofre	C	B	B		C	B	C	C	A
Esmalte					A		B	B	A
Etileno	B	B	B		B	B	A	B	A
Eter	B	A	A	A	A	B	C	C	A
Extrato de carne			A		C		B	B	A
Extrato de tomates	C	A	A		C	C	A	A	A
Formol	C	A	A	C	B	B	C	C	A
Formol (p.p. 1 - 5%)	B	C	A	C	B	C	C		
Formol de amônia		C	C	C					
Formol de sódio (3 a 5%)	C	B	B	C	B	B	A	A	A
Formaldeído - frio	B	A	A	A	A	B	B	B	A
Formaldeído - quente	C	C	C		B	C	B	B	A
Formiato de metilo	C	B	B		A	B	C	B	A
Fosfato tribásico de amônia	C	B	A	B	C	C	B	A	A
Fosfato tribásico de sódio	C	B	B		B	C	A	A	A
Fosfato monobásico de amônio	C	B	A		C	C	B	B	A
Fosfato monobásico de sódio	C	A	A		C	C	B	B	A
Fosfato de potássio			A		C	C	B	A	A
Fosfato tribásico de amônio	B	B	A		C	B	B	A	A
Fosfato tribásico de sódio	C	B	B		B	B	B	B	A
Freon - gás - seco	B	A	A	A	A	B	B	C	A
Freon - gás - úmido	C	C	B		B	C	B	B	A
Furfural	B	A	A	A	B	B	C	C	A
Garapa	B	A	A	A	A	B	B	A	A
Gás liquefeito de petróleo	B	B	B	B	A	B	B	B	A
Gás natural	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Gasolina de aviação	A	A	A	A	A	B	C	C	A
Gasolina com chumbo tetra etila	A	A	A	A	A	A	C	C	A
Gasolina refinada	B	A	A	A	B	B	C	C	A
Gelatina	C	A	A	B	B	C	A	A	A
Glicerina	B	A	A	A	B	A	A	A	A
Glicol de etileno	B	B	A	B	B	B	B	A	A
Glucose	B	A	A	A	A	B	A	A	A
Gráfico			B		B		B	B	A
Graxa	A	A	A	A	C	A	A	B	A
Hélio			B		B	B	B	B	A
Heptano	B	A	A		A	B	B	B	A
Hexano	B	B	B	B	B	B	A	C	A
Hidrocarbonetos alifáticos	A	A	A	A	A	A			A
Hidrocarbonetos aromáticos	A	A	A	A	A	A	C	C	A
Hidrogênio - gás	A	A	A	A	A	A	B	A	A
Hidrogênio - gás, quente	B		B				A	A	A
Hidróxido de alumínio	B	A	A	A	B	B	A	A	A
Hidróxido de amônia - 28%	B	A	A	B	C	B	B	A	A
Hidróxido de amônio concentrado	C	B	B	C	C		C	A	A
Hidróxido de bário	C	B	A		C	B	A	A	A
Hidróxido de cálcio (leite de cal)	B	A	A	A	B	B	A	A	A
Hidróxido férrico		A	A						A
Hidróxido de magnésio	B	A	A	A	B	B	A	A	A
Hidróxido de potássio - diluído, frio	B	A	A	A	C	B	A	A	A
Hidróxido de potássio - diluído, quente	B	B	A	B	C	B	B	B	A
Hidróxido de potássio - 70% frio	A	A	A		C	C	B	A	A
Hidróxido de potássio - 70% quente	B	A	A		C	B	C	B	A
Hidróxido de sódio - 20% frio	A	A	A	A	C	A	B	A	A
Hidróxido de sódio - 20 % quente	B	A	A	B	C	B	B	B	A
Hidróxido de sódio - 50% frio	A	A	A		C	B	A	A	A
Hidróxido de sódio - 50% quente	B	B	B	C	C	B	B	B	A
Hidróxido de sódio - 70% frio	B	B	B		C	C	B	C	A
Hidróxido de sódio - 70% quente	B	B	B		C	C	C	C	A
Hipoclorito de cálcio	C	C	C	C	C	C	B	B	A
Hipoclorito de sódio	C	C	C	C	C	C	C		
Iodeto de potássio	C	B	B		C	C	A	A	A
Iodo	C	C	C	C	C	C	B	C	A
Iodofórmio	B	B	A		C	C			A
Isobutano			B				B	C	A
Iso octano	A	A	A		A		A	C	A
Isopropilacetato			B				C	C	A
Lactato de sódio		A	A						A
Lactrímos	C	A	A	B	C	C	A	A	A
Lactose			B		C		B		A
Látex - solução	B	A	A		A	B			A
Lecitina			B				C	C	A
Leite e derivados	C	A	A	B	C	C	A	A	A
Letelho (para alimento de gado)	C	A	A		C	C	A	A	A
Lícor Branco	C	B	B		C	C	C	A	A
Lícor preto	B	B	B		C	B	B	A	A
Lícor verde	C	B	B		C	B	C	A	A
Massa de tomates	C	A	A		C	C	A	A	A
Melado - comestível	C	A	A	B	B	C	A	A	A
Melado - cru	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Melamina			B			C	B	B	A
Mentol			B		B		B	B	A
Mercurio	A	A	A	A	C	A	A	A	A
Metano	B	B	B	B	A	B	A	B	A
Meranol	B	A	A	A	B	B	A	B	A
Metilacetona	A	A	A	A	A	A	C		A
Monoclorobenzeno (seco)			A		A	A	C	C	A
Monóxido de carbono		A	A		A	B	B	C	A
Mostarda	B	A	A	B	A	B	A	A	A
Nafta	B	A	A	B	B	B	C	A	A
Naftaleno	B	B	B		A	B	C	C	A
Nitrato de alumínio			B		C	C	B	B	A
Nitrato de amônia	C	A	A	A	C	C	A	A	A
Nitrato de bário	C	A	A		C				A
Nitrato de cálcio		A	A				A	A	A
Nitrato de cobre	C	A	A	A	C	C	A	A	A

TABELA DE RESISTÊNCIA DE MATERIAIS

FLUIDO	AÇO CARBONO	AISI-304	AISI-316	AISI-410	BRONZE	FERRO	BUNA "N"	NEOPRENE	TEFLON	FLUIDO	AÇO CARBONO	AISI-304	AISI-316	AISI-410	BRONZE	FERRO	BUNA "N"	NEOPRENE	TEFLON
Nitrato de fêrrico	C	B	B	C	C	B	A	A		Solução de cianureto	B	B	B	B	C	C	A	A	A
Nitrato de magnésio		A	A	B		C	B	A		Solução galvanica para cobre			A		C	C	A		
Nitrato de níquel	C	B	A	B	C	C	B	A	A	Solventes aromáticos	B	A	A		A	B	C	B	A
Nitrato de potássio	B	B	B	B	B	B	A	A	A	Solvente hidrocarboneto clorado	B	B	B		B	C	C	C	A
Nitrato de prata	C	A	A	A	C	C	C	C	A	Suco de frutas	C	A	A	A	B	C	B	A	A
Nitrato de sódio	B	A	A	A	C	B	B	B	A	Sucos de frutas cítricas	C	B	B	B	B	C	A	A	A
Nitrato de zêdo	A	A	A	A	B	B	B	C	A	Sulfato de alumínio	C	B	A	C	C	C	A	A	A
Nitrobenzeno	B	B	B		B	B	C	C	A	Sulfato de amônio	C	B	B	C	C	C	A	A	A
Nitrogênio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Sulfato de bário	C	B	A	B	B	C	A	A	A
Óleo combustível	B	A	A	A	B	B	A	C	A	Sulfato de cálcio	B	A	A	B	B	B	A	A	A
Óleo lubrificante (de petróleo)	A	A	A	A	A	A	B	B	A	Sulfato de cobre	C	A	A	A	C	C	A	A	A
Óleo lubrificante (sintético)	B	B	B		B	B	C	C	A	Sulfato fêrrico	C	B	A	B	C	C	A	A	A
Óleo mineral	B	A	A		B	B	A	B	A	Sulfato ferroso	C	B	A	B	B	C	B	A	A
Óleo refinado de petróleo	A	A	A		B	A	B	B	A	Sulfato de magnésio	C	A	A	B	B	C	A	A	A
Óleos vegetais	C	A	A		B	C	B	B	A	Sulfato de níquel	C	B	A	C	C	C	B	A	A
Óleos vegetais ácidos	C	A	A		C	C	B	B	A	Sulfato de potássio	B	B	A	B	B	C	A	A	A
Óleo vegetal (ácido oléico)	C	B	B	B	C	B	B	C	A	Sulfato de sódio	B	B	A	B	B	B	A	A	A
Óleo	B	B	B		C	C	C	C	A	Sulfato de zinco	C	B	A	C	B	C	A	A	A
Óxido de etileno	B	B	B		C	B	C	C	A	Sulfeto de bário	C	B	B		C	B	A	B	A
Oxigênio - frio	B	A	A	A	A	B	B	A	A	Sulfeto de hidrogênio - seco	C	B	A	B	B	C	C	A	A
Oxigênio - quente	B		B			C	C	C		Sulfeto de hidrogênio - úmido	C	B	A	C	C	C	C	B	A
Oxônio - seco	A	A	A		A	A	C		A	Sulfeto de sódio	C	B	A	B	C	C	A	A	A
Oxônio - úmido	C	A	A		B	C	C		A	Sulfeto de amônio	B	A	A	A	C	C	C	A	A
Parafina derretida	B	A	A	A	B	B	A	B	A	Sulfeto de sódio	C	A	A	A	C	C	A	A	A
Parafina sólida	B	B	B		B	B	B	B	A	Tanino (ácido tânico)	C	B	A	B	B	B	B	B	A
Pentano	B	A	A	A	A	B	A	B	A	Terobintina	B	B	A	B	B	B	B	C	A
Percloreto de etileno	B	A	A		B	B	C	C	A	Tetra loreto de carbono - seco	B	A	A	A	B	C	C	C	A
Percloreto de potássio - 100%	B	B	B	B	B	B	A	A	A	Tetra loreto de carbono - úmido	C	C	C	C	B	C	C	C	A
Peroxido de hidrogênio	C	B	B	B	C	C	B	B	A	Tiocianato de amônio		A	A	A					
Peroxido de sódio - solução	C	B	B	C	C	C	C	B	A	Tiosulfato de sódio (hypo)	C	A	A	A	C	C	B	A	A
Potassa cáustica	B	B	A	B	C	B	B	B	B	Tolual de tolueno	A	A	A	A	A	C	C	A	
Propano	B	A	A	A	A	C	B	B	A	Toloretileno	B	B	B	B	B	B	C	C	A
PVC - resina			B		B	B		C	A	Tretanotamina			A		C	B	C	B	A
Querosene	B	A	A	A	A	A	B	C	A	Tritofato de potássio	A	B	A		B	B	A	B	A
Resina fenólica		A	A							Uréia	C	A	B		B	C	B		A
Sabão - solução	A	A	A	A	B	B	A	B	A	Vapor de água	A	A	A	A	A	A	C	C	A
Sal (cloreto de sódio)	C	B	B	C	B	B	A	A	A	Verniz (laca)	B	A	A	B	A	B	C	B	A
Sulfato de sódio	C	A	A	A					A	Vinagre	C	A	A	B	C	C	B	C	A
Sulfonamida	C	B	B	B	B	B	B	B	A	Vinho	C	A	A	C	B	C	C	B	A
Sulfato de cálcio			B			B	B	A		Viscoso	A	A			A	A			
Sulfato de etilo			A		A	B	B	B	A	Xarope (melado)	B	A	A	A	A	B	B	B	A
Sulfato de sódio	B	B	A	B	B	B	A	A	A	Xarope de Coca Cola		A	A				B	B	A
Sulfato de sódio - quente	C	B	A	B	C				A	Xarope de milho	B	A	A	A	A	B	A	A	A
Soda cáustica		A	A		C	A	B		A	Xileno (xilot)	B	A	A	A	A	B	C	C	A
Soda cáustica	C	A	A	B	C	B	B	B	A	Whisky	C	A	A	C	B	C	C	B	A

ANEXO 4.6

Tabelas com Dimensões Normalizadas para Tubos de Aço.
Normas ANSI B.36.10 e B.36.19 e Norma P-EB-249

TUBOS DE AÇO DIMENSÕES NORMALIZADAS

TUBOS DE ACORDO COM AS NORMAS ANSI B.36.10 E B.36.19

Dimensões normalizadas e principais características físicas, para os diâmetros e espessuras mais usuais dos tubos de aço, de acordo com as normas ANSI B. 36.10 (para tubos de aço-carbono e aços de baixa liga), e ANSI B. 36.19 (para tubos de aços inoxidáveis).

(V. Notas na página 15)

Diâmetro nominal (pol.)	Designação de espessura	Esp. parede (mm)	Diâmetro interno (mm)	Área de seção livre (cm ²)	Área de seção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aprox. (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio	Conteúdo de água			
Diâmetro externo (mm)	(v. Nota 2)	(v. Nota 3)									
1/2	Std., 40, 40S	2,77	15,8	1,96	1,61	0,071	0,42	0,20	0,71	0,67	0,66
	XS., 50, 80S	3,73	13,8	1,51	2,06		1,62	0,15	0,84	0,78	0,64
	160	4,75	11,8	1,10	2,47		1,94	0,11	0,92	0,86	0,61
21	XXS.	7,47	6,40	0,32	3,52		2,55	0,03	1,01	0,95	0,56
3/4	Std., 40, 40S	2,87	20,9	3,44	2,15	0,083	1,68	0,34	1,54	1,16	0,85
	XS., 50, 80S	3,91	18,8	2,79	2,80		2,19	0,28	1,86	1,10	0,82
	160	5,54	15,6	1,91	3,68		2,88	0,19	2,19	1,65	0,77
27	XXS.	7,82	11,0	0,95	4,63		3,63	0,10	2,41	1,81	0,72
1	Std., 40, 40S	2,87	26,6	5,57	3,19	0,105	2,50	0,56	2,64	2,18	1,07
	XS., 50, 80S	4,55	24,3	4,64	4,12		3,23	0,46	4,40	2,63	1,03
	160	6,35	20,7	3,37	5,39		4,23	0,34	5,21	3,12	0,98
31	XXS.	9,09	15,2	1,82	6,94		5,44	0,18	5,85	3,50	0,92
1 1/4	Std., 40, 40S	3,96	35,0	9,65	4,32	0,132	3,38	0,96	8,11	3,85	1,37
	XS., 50, 80S	5,35	32,5	8,28	5,68		4,46	0,83	10,06	4,77	1,33
	160	6,35	29,4	6,82	7,14		5,60	0,63	11,82	5,61	1,29
42	XXS.	9,70	22,7	1,07	9,90		7,76	0,41	14,19	6,74	1,20
1 1/2	Std., 40, 40S	3,68	40,6	13,1	5,15	0,151	4,01	1,31	12,90	5,34	1,58
	XS., 50, 80S	5,95	38,1	11,1	6,59		5,40	1,14	16,27	6,75	1,54
	160	7,14	33,9	9,07	9,22		7,23	0,91	20,10	8,33	1,48
48	XXS.	10,16	27,9	6,13	12,2		9,53	0,61	23,64	9,80	1,39
2	Std., 40, 40S	4,91	52,5	21,7	6,93	0,196	6,44	2,17	27,72	9,20	2,00
	XS., 50, 80S	5,51	49,2	19,0	9,53		7,47	1,90	36,13	11,98	1,95
	160	8,71	42,9	11,1	14,1		11,08	1,41	48,41	16,05	1,85
60	XXS.	11,07	38,2	11,1	17,1		13,44	1,14	51,61	18,10	1,79
2 1/2	Std., 40, 40S	5,16	62,7	30,9	11,0	0,235	8,62	3,09	63,68	17,44	2,41
	XS., 50, 80S	7,61	59,0	25,3	14,5		11,40	2,72	80,12	21,95	2,35
	160	9,52	51,0	22,9	19,6		14,89	2,29	97,94	26,83	2,27
23	XXS.	11,6	41,9	15,9	26,0		20,39	1,59	119,5	32,75	2,14
3	Std., 40, 40S	5,16	82,8	53,9	18,22	0,282	6,44	3,39	75,84	17,06	3,04
	XS., 50, 80S	7,61	77,9	45,7	24,1		11,28	3,77	125,70	28,76	2,96
	160	11,62	73,0	32,6	39,5		15,25	4,26	162,33	36,18	2,89
36	XXS.	14,7	66,7	31,9	57,2		21,31	3,19	209,36	47,14	2,78
80	XXS.	16,2	55,1	26,5	75,5		27,65	2,68	249,32	56,92	2,66
4	Std., 40, 40S	5,05	108,2	91,9	20,6	0,361	8,35	5,19	164,83	28,68	3,93
	XS., 50, 80S	8,01	102,5	72,1	26,9		16,06	8,21	300,93	52,61	3,84
	160	11,56	97,2	54,2	38,1		22,29	7,42	399,99	69,99	3,75
111	XXS.	17,1	87,7	59,9	52,7		33,59	5,98	572,31	91,9	3,60
111	XXS.	17,1	80,1	50,3	62,3		40,98	6,03	636,42	111,29	3,49
5	Std., 40, 40S	5,10	161,4	204,5	17,6	0,538	13,82	20,45	599,37	71,30	5,83
	XS., 50, 80S	7,11	151,0	186,1	36,9		28,23	18,61	1 171,3	139,32	5,70
	126	10,97	146,3	168,2	51,2		42,51	16,82	1 685,7	200,15	5,58
	160	14,3	139,7	133,1	69,9		54,15	15,34	2 064,5	245,52	5,47
168	XXS.	18,2	131,8	136,1	86,0		67,41	13,64	2 455,8	291,91	5,34
	160	21,9	124,4	121,5	100,9		79,10	12,15	2 759,6	328,29	5,23
6	Std., 40, 40S	5,10	161,4	204,5	17,6	0,538	13,82	20,45	599,37	71,30	5,83
	XS., 50, 80S	7,11	151,0	186,1	36,9		28,23	18,61	1 171,3	139,32	5,70
	126	10,97	146,3	168,2	51,2		42,51	16,82	1 685,7	200,15	5,58
	160	14,3	139,7	133,1	69,9		54,15	15,34	2 064,5	245,52	5,47
168	XXS.	18,2	131,8	136,1	86,0		67,41	13,64	2 455,8	291,91	5,34
	160	21,9	124,4	121,5	100,9		79,10	12,15	2 759,6	328,29	5,23
8	Std., 40, 40S	3,76	211,5	351,6	25,1	0,692	19,93	35,16	1 473,4	131,56	7,62
	XS., 50, 80S	8,18	202,7	322,6	54,2		42,48	32,26	3 017,7	275,52	7,46
	120	10,3	198,4	309,1	67,6		53,03	30,91	3 696,1	337,31	7,39
	160	12,7	193,7	291,8	82,3		64,56	29,48	4 399,5	401,88	7,31
219	XXS.	18,2	182,6	261,9	115,1		90,22	26,19	5 852,2	531,31	7,13
	160	22,2	171,6	239,1	137,1		107,8	23,91	6 742,9	616,26	7,00
	160	23,0	173,1	235,5	141,7		111,1	23,55	6 905,3	631,02	6,98

TUBOS DE AÇO - DIMENSÕES NORMALIZADAS

TUBOS DE ACORDO COM AS NORMAS ANSI B. 36.10 E 36.19 (continuação)

Diâmetro nominal (pol.)	Designação de espessura	Espessura de parede (mm)	Diâmetro interno (mm)	Área de secção livre (cm ²)	Área de secção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aprox. (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)
Diâmetro externo (mm)	(v. Nota 2)	(v. Nota 3)					Tubo vazio	Conteúdo de água			
10	5S	3,40	266,2	556,8	29,2	0,858	22,54	55,68	2.651,4	194,22	9,53
	10S	4,19	264,7	550,3	35,4		27,83	55,03	3.200,8	234,38	9,50
	Std, 40, 40S	9,27	254,5	509,1	76,8		60,23	50,91	6.692,9	490,06	9,32
	XS, 60, 80S	12,7	247,6	481,9	103,9		81,45	48,19	8.824,1	615,77	9,22
	80	15,1	242,9	463,2	122,1		95,72	46,32	10.193	747,38	9,14
27,3	120	21,4	230,2	446,1	169,3		132,7	41,61	13.486	988,32	8,94
	160	28,6	215,9	465,8	210,1		172,1	36,58	16.607	1.217,8	8,71
12	5S	4,19	315,5	782,0	42,1	1,018	29,11	78,20	5.377,7	332,23	11,30
	10S	4,57	314,7	778,1	45,9		36,00	77,81	5.848,0	361,07	11,28
	Std, 20	6,35	311,1	766,7	63,5		57,10	76,07	7.987,5	493,34	11,23
	40S	9,52	304,8	729,6	94,1		73,74	72,96	11.675	717,88	11,13
	40	10,3	303,2	722,0	101,5		79,65	72,20	12.487	771,97	11,10
42,4	XS, 80S	12,7	298,4	699,1	121,1		97,34	69,94	15.067	929,31	11,00
	60	14,3	295,3	689,2	138,7		108,8	68,32	16.691	1.029,3	10,95
	80	17,1	288,9	655,5	168,0		131,7	65,55	19.771	1.221,1	10,85
	120	25,4	273,0	585,8	238,1		186,7	58,58	26.722	1.650,5	10,59
14	10	6,35	342,9	824,3	69,7	1,118	54,62	92,33	10.630	598,24	12,34
	Std, 30	9,52	336,4	788,1	103,5		81,20	88,97	15.525	873,59	12,24
	40	11,1	333,1	772,9	120,1		94,29	87,29	17.856	1.003,1	12,19
	XS	12,7	330,2	756,2	136,8		107,3	85,62	20.145	1.132,5	12,14
	60	15,1	325,5	732,2	161,2		126,3	83,23	23.392	1.316,1	12,04
150	80	19,0	311,5	701,7	201,5		157,9	79,17	28.595	1.609,5	11,91
	100	25,8	300,6	745,2	238,1		194,5	74,52	34.339	1.930,7	11,76
16	10	6,35	359,7	821,7	71,7	1,271	62,57	121,1	15.983	786,72	14,15
	Std, 30	9,52	353,2	785,1	103,5		93,12	117,8	23.392	1.152,2	14,05
	XS	12,7	348,0	761,1	137,1		123,2	114,0	30.468	1.499,7	13,92
	60	15,1	343,1	738,1	161,2		159,9	109,3	38.834	1.911,1	13,75
	80	21,4	329,6	698,1	208,7		203,0	103,8	48.158	2.370,0	13,6
100	100	28,6	314,9	644,6	238,1		245,3	98,46	56.815	2.796,1	13,5
18	10	6,35	381,7	899,9	89,9	1,416	70,52	155,2	22.851	999,79	15,95
	Std, 30	9,52	375,1	863,8	133,9		105,0	150,8	33.589	1.468,5	15,82
	XS	12,7	371,8	841,6	177,1		139,0	146,5	43.829	1.917,6	15,72
	40	15,1	366,9	817,3	198,7		155,9	141,3	48.782	2.133,9	15,67
	60	19,0	353,1	777,1	261,9		205,0	137,9	63.059	2.758,4	15,49
127	80	25,8	339,6	723,9	325,9		264,1	131,1	76.337	3.340,3	15,34
	100	35,4	324,9	671,2	394,5		309,4	124,7	90.738	3.969,7	15,16
20	10	6,35	404,7	961,1	96,1	1,620	78,46	192,7	31.509	1.240,7	17,73
	Std, 30	9,52	398,1	925,2	139,2		116,9	187,7	46.368	1.825,8	17,63
	XS	12,7	393,6	899,1	177,1		151,9	182,9	60.645	2.368,0	17,53
	40	15,1	389,1	875,1	201,5		182,9	179,4	70.926	2.796,9	17,42
	60	19,0	375,1	821,7	261,9		247,6	175,1	93.913	3.691,2	17,25
250	80	25,8	361,5	768,1	325,9		310,8	165,0	115.479	4.543,3	17,07
	100	35,4	347,9	715,2	394,5		381,1	151,1	138.188	5.444,5	16,84
24	10	6,35	456,9	1.090,2	120,3	1,914	94,35	280,0	54.776	1.796,3	21,34
	Std, 30	9,52	450,3	1.054,1	179,5		130,8	274,7	80.873	2.582,5	21,21
	XS	12,7	445,8	1.029,6	238,1		180,7	269,8	106.159	3.633,7	21,11
	40	15,1	441,3	1.005,1	261,9		251,7	255,1	132.351	4.671,4	20,96
	60	19,0	427,9	961,1	325,9		361,3	246,3	198.547	6.369,3	20,70
610	80	25,8	414,3	917,3	394,5		440,9	235,6	236.002	7.733,5	20,50
	100	35,9	531,8	2.219,5	697,5		546,7	221,9	285.118	9.358,7	20,22
30	10	7,92	746,1	4.374,1	187,7	2,393	117,2	437,1	133.609	3.507,5	26,67
	20	12,7	736,6	4.264,8	298,7		231,1	426,5	209.779	5.507,0	26,40
	30	15,9	730,2	4.187,3	371,6		291,8	418,7	258.895	6.801,8	26,39

Nota: 1 - A norma ANSI B 36.19 só abrange tubo até o diâmetro nominal de 12"

2 - As designações "Std", "XS" e "XXS" correspondem às espessuras denominadas "normal", "extra-forte", e "duplo extra-forte" da norma ANSI B 36.10. As designações 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120 e 160 são os "números de série" (schedule number) da mesma norma. As designações 5S, 10S, 20S, 40S e 80S são da norma ANSI B 36.19.

3 - As espessuras em mm indicadas na tabela são os valores nominais; as espessuras mínimas correspondentes dependem da tecnologia de fabricação, que variam com o processo de fabricação do tubo. Para tubos em costura a tolerância usual é $\pm 12,5\%$ do valor nominal.

4 - Na tabela estão omitidos alguns diâmetros e espessuras que ocorrem na prática. Para a tabela completa, contendo todos os diâmetros e espessuras, consulte as normas ANSI B 36.10 e ANSI B 36.19.

TUBOS DE AÇO DIMENSÕES NORMALIZADAS

TUBOS DE ACORDO COM A NORMA PEB-249 (API 5L, API 5L X E API 5L S)

Diâm. nom. (pol.) Diâm. externo (mm)	Espessura (mm)	Diâm. (mm)	Peso (kg/m)	Diâm. nom. (pol.) Diâm. externo (mm)	Espessura (mm)	Diâm. (mm)	Peso (kg/m)	Diâm. nom. (pol.) Diâm. externo (mm)	Espessura (mm)	Diâm. (mm)	Peso (kg/m)
10	4,75	263,5	31,43	18	5,50	268,2	101,89	28	10,00	269,0	183,15
	5,30	262,4	35,00		10,60	266,0	116,75		11,20	268,8	193,35
	6,60	261,8	36,93		11,20	264,8	125,19		12,50	268,2	215,30
	6,30	260,4	41,44		12,50	262,2	137,00		6,30	240,4	117,42
	7,10	258,8	46,56	20	6,30	265,4	77,95	30	7,10	247,8	132,19
	8,00	257,0	52,29		7,10	263,8	87,71		8,00	246,0	148,76
	8,50	256,0	55,45		8,00	262,0	98,65		8,50	245,0	157,96
	9,50	254,0	61,74		8,50	261,0	104,71		9,50	243,0	176,30
	11,20	250,6	72,32		9,50	259,0	116,80	762,0	10,60	240,8	196,43
	12,50	248,0	80,31		10,60	258,8	130,03		11,20	239,6	207,38
					11,20	256,6	137,23		12,50	237,0	231,05
					12,50	253,0	162,76				
12	5,30	313,2	41,64	22	6,30	310,2	85,85	32	6,30	300,2	125,31
	5,60	312,6	43,95		7,10	308,6	96,61		8,00	296,8	158,79
	6,30	311,2	49,33		8,00	306,8	108,67		9,50	293,8	188,21
	7,10	309,6	55,46		8,50	304,8	115,36		11,20	290,4	221,42
	8,00	307,8	62,31		9,50	302,8	128,70	34	12,50	287,8	246,71
	8,50	306,8	66,10		10,60	300,6	143,31		6,30	351,0	133,20
	9,50	304,8	73,64		11,20	298,4	151,26		8,00	347,6	168,81
	10,60	302,6	81,88		12,50	293,8	168,41		9,50	344,6	200,14
	11,20	301,4	86,35	558,8				863,6	11,20	341,2	235,45
	12,50	298,8	95,97						12,50	338,6	262,37
14	5,30	345,0	45,79	24	6,30	342,0	93,74	36	6,30	301,8	141,09
	5,60	344,1	48,34		7,10	339,4	105,50		8,00	298,4	178,83
	6,30	343,0	54,28		8,00	336,6	118,70		9,50	295,4	212,01
	7,10	341,4	61,03		8,50	332,6	126,01		11,20	292,0	249,48
	8,00	339,6	68,58		9,50	328,6	140,60	914,4	12,50	289,4	278,03
	8,50	338,6	72,77		10,60	324,4	156,59				
	9,50	336,6	81,09		11,20	319,4	165,29		6,30	352,6	148,99
	10,60	333,2	95,13		12,50	314,6	184,07		8,00	349,2	188,85
	12,50	330,6	106,77	609,6				966,2	9,50	346,2	223,91
									11,20	342,8	263,51
16	5,60	395,2	55,36	26	6,30	392,8	101,63	40	12,50	340,2	293,69
	6,30	393,8	62,17		7,10	390,2	114,40				
	7,10	392,2	69,92		8,00	387,4	128,72		6,30	1.063,4	156,88
	8,00	390,4	78,61		8,50	384,4	136,66		8,00	1.060,0	198,88
	8,50	389,4	83,41		9,50	381,4	152,50	1.016,0	9,50	997,0	235,81
	9,50	387,4	92,99		10,60	377,2	169,87		11,20	993,6	277,54
	11,20	384,0	109,16		11,20	373,0	179,32		12,50	991,0	309,35
	12,50	381,4	121,43		12,50	365,4	199,73				
				660,4	6,30	698,6	109,62	42	6,30	1.054,2	164,77
					7,10	697,0	123,29		8,00	1.050,8	208,80
18					8,00	695,2	138,74		9,50	1.047,8	247,71
					8,50	694,2	147,31		11,20	1.044,4	291,67
					9,50	692,2	164,40		12,50	1.041,8	325,01
457,2				711,2							