

# *AULA 6*

*Volume I do Livro Texto*

## **CONTEÚDO:**

- *Capítulo 9*

*Disposição das Construções em uma Instalação Industrial.*

- *Capítulo 10*

*Arranjo e Detalhamento de Tubulações.*

## DISPOSIÇÃO DAS CONSTRUÇÕES EM UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL (Lay-out)

Nas indústrias de processo, onde as interligações dos equipamentos de processo são feitas por tubulações, a disposição das construções e dos equipamentos estão intimamente ligados com o traçado das tubulações.

O ESTUDO DO "LAY-OUT" DE UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL É UMA DAS ETAPAS MAIS IMPORTANTES E DECISIVAS DO PROJETO GLOBAL.

### SEQÜÊNCIA DAS ETAPAS PARA ESTUDO DO "LAY-OUT"

#### 1 – Listagem das atividades básicas

LISTAR, TANTO AS ATIVIDADES-FIM, COMO AS ATIVIDADES DE APOIO

- **Unidades de processo** (quantas forem)
- **Áreas de armazenagem** (matéria prima, produtos intermediários e produtos finais)
- **Utilidades:** casa de força, subestações elétricas, tratamento de água e de efluentes, torre de resfriamento etc.
- **Áreas de recebimento, de manuseio de matérias primas e de despacho de produtos finais.**
- **Oficinas, almoxarifados, laboratórios, casas de controle etc.**
- **Escritório e outros prédios administrativos**

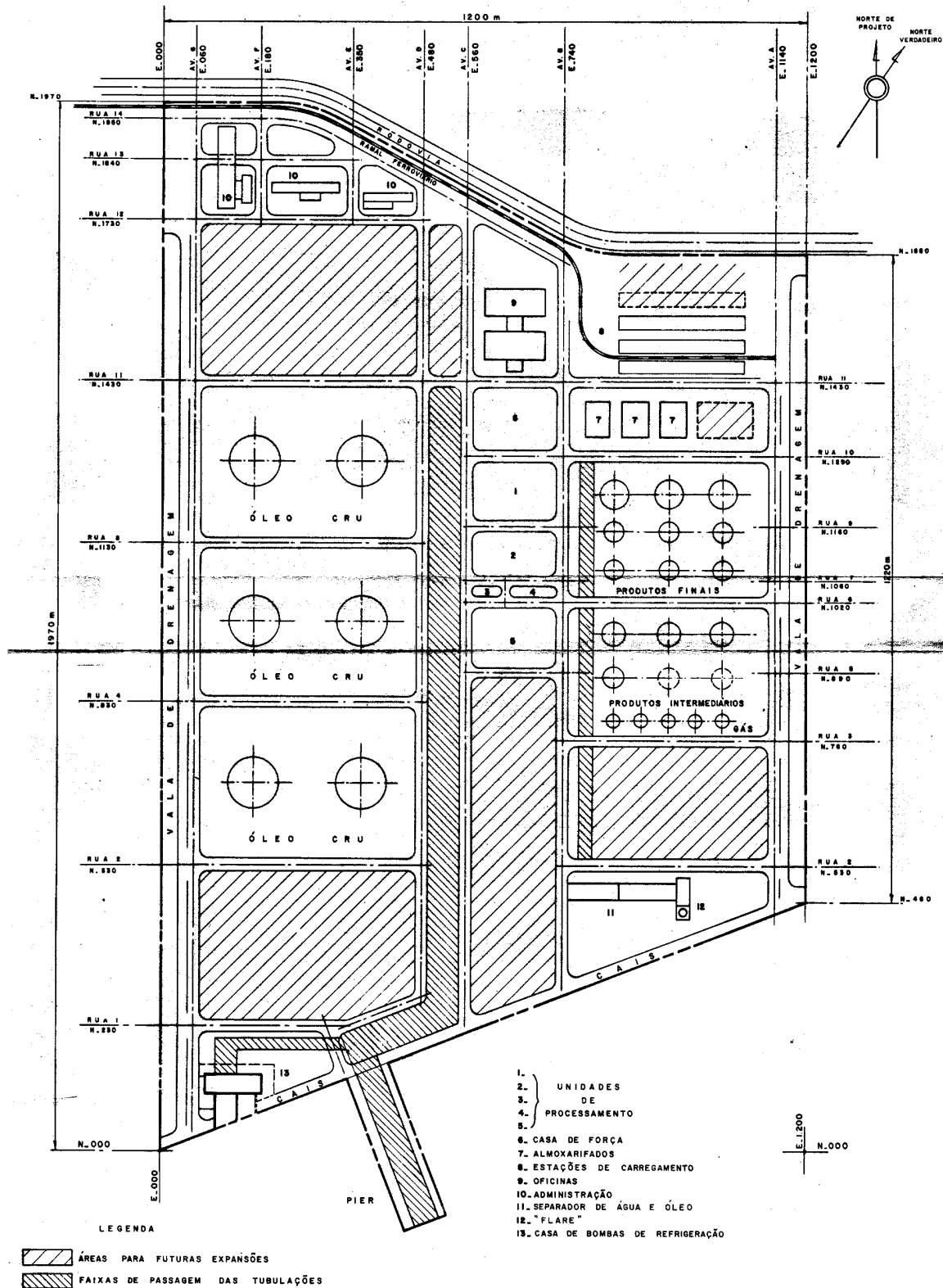
#### 2 – Cálculo das áreas para cada atividade

#### 3 – Diagrama de bloco de circulação de materiais

#### 4 – Direções ortogonais básicas

A FINALIDADES DAS DIREÇÕES ORTOGONAIS É ORIENTAR:

- o traçado das ruas e avenidas
- limites de áreas de processamento e de armazenagem
- diques, valas de drenagem etc.
- o alinhamento de prédios e bases de equipamentos
- o traçado das tubulações horizontais



PLANTA DE ARRANJO GERAL

### 5 – Disposição geral das áreas

SEGUINDO AS ORIENTAÇÕES DAS DIREÇÕES ORTOGONAIS E BUSCANDO OS TRAJETOS MAIS CURTOS, FAZ-SE, EM FUNÇÃO DO DIAGRAMA DE BLOCOS DE CIRCULAÇÃO, A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS NO TERRENO.

**TUBULAÇÕES QUE DEVEM TER O TRAJETO MAIS CURTO POSSÍVEL:**

- Fluxos de grande vazão
- Fluxos de alta pressão e/ou altas temperaturas
- Tubos de materiais de alto custo

**NAS DISPOSIÇÃO DAS ÁREAS TAMBÉM DEVE SER CONSIDERADO:**

- Natureza do subsolo do terreno.
- Topografia do terreno
- Locais de abastecimento de água e de despejo de água e outros efluentes
- Local de abastecimento de energia elétrica
- Direção dos ventos predominantes

### 6 – Traçado de ruas para subdivisão de áreas

DEVE-SE PROCURAR GARANTIR QUE QUALQUER PONTO DO TERRENO TENHA SEMPRE DOIS CAMINHOS DE ACESSO (*Evitar bloqueio em caso de acidente*)

### 7 – Faixa de passagem de tubulações

Podem ser: → **Em trincheiras** (*pipe-way* → *tubovias*) → Devem ser paralelas e adjacentes às ruas  
**Elevadas** (*pipe-rack* → *pontes de tubulação*)

### 8 – Fixação dos níveis de projeto

FATORES QUE INTERFEREM

- **Terraplanagem** (*minimizar os movimentos de terra e compensar os aterros com cortes – cota econômica*)
- **Drenagem das águas pluviais**
- **Necessidades das linhas de sucção de bombas**

## DISPOSIÇÃO DENTRO DAS ÁREAS DE PROCESSO

A DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DENTRO DA UNIDADE DE PROCESSO DEVE ESTAR DE ACORDO COM A SEQÜÊNCIA DE FLUXO DA INSTALAÇÃO.

### 1 – Recomendações para disposição dos equipamentos

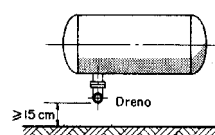
1. Dispor as máquinas e equipamentos em linhas paralelas.
2. Colocar os equipamentos de grande porte na parte central da área de processo.
3. Para diminuir o comprimento das tubulações, aproximar os equipamentos interligados, mas não esquecer a flexibilidade das tubulações.
4. Os equipamentos de grande risco potencial (*como é o caso de fornos*) devem ficar sempre no limite da área e longe dos outros equipamentos.
5. As bombas são dispostas em filas às margens das pontes de tubulação, onde fique garantido acesso para montagem e manutenção.
6. Se possível agrupar bombas, compressores e outras máquinas em galpões cobertos.
7. Os permutadores de calor deverão ser colocados próximos às ruas ou passagens, com a saída dos feixes tubulares para fora.
8. As válvulas de controle deverão ficar em locais de fácil acesso.

### 2 – Cota de elevação dos equipamentos

COMO REGRA GERAL TODOS OS EQUIPAMENTOS DEVEM SER COLOCADOS NA MENOR COTA DE ELEVAÇÃO POSSÍVEL

ELEVAÇÕES MÍNIMAS RECOMENDADAS (em relação ao piso da unidade)	
Tipo de Equipamento	Altura (m)
Bombas, turbinas, compressores etc.	0,3
Vasos horizontais diversos	1 a 1,3
Permutadores de calor	1 a 1,5
Torres e vasos verticais	1,2

NADA DEVE HAVER A MENOS DE 0,15m DO PISO, INCLUSIVE DRENOS



#### CASOS QUE OBRIGAM A INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM BASES ELEVADAS

- Necessidade de colocar a tubulação de saída do equipamento em suporte elevado
- Necessidade de aumentar o valor do NPSH (*net positive suction head*)
- Necessidade de escoamento por gravidade
- Necessidade de termo-sifão

- LISTA DE EQUIPAMENTOS
- TORRES
  - T.31 - DEBENTAMIZADORA
  - T.32 - SEPARADORA C.S.-C.
  - VASOS
  - V.31 - TAMBOR DE REFLUXO
  - V.32 - TAMBOR DE REFLUXO
  - V.33 - TAMBOR DE "FLASH"
  - PERMUTADORES
  - P.31 - AQUECEDOR
  - P.32 - REFERVEADOR
  - P.33 - CONDENSAADOR
  - P.34 - AQUECEDOR
  - P.35 - REFERVEADOR
  - P.36 - CONDENSAADOR

- BOMBAS
- B.31A, B - CARGA FRESCA
- B.32A, B - REFLUXO
- B.33A, B - CARGA PARA T.3
- B.34A, B - REFLUXO
- FILTRO
- F.31 - FILTRO D'ÁGUA REFR.

1/2" AG SERVIDO	EL. 0.10
1/2" AG REFLUXO	EL. 0.10
1" V. 301. B	EL. 0.10
2" V. 301. B	EL. 0.10
3" V. 301. B	EL. 0.10
4" V. 301. B	EL. 0.10
6" V. 301. B	EL. 0.10
8" V. 301. B	EL. 0.10
10" V. 301. B	EL. 0.10
12" V. 301. B	EL. 0.10
14" V. 301. B	EL. 0.10
16" V. 301. B	EL. 0.10
18" V. 301. B	EL. 0.10
20" V. 301. B	EL. 0.10
22" V. 301. B	EL. 0.10
24" V. 301. B	EL. 0.10
26" V. 301. B	EL. 0.10
28" V. 301. B	EL. 0.10
30" V. 301. B	EL. 0.10
32" V. 301. B	EL. 0.10
34" V. 301. B	EL. 0.10
36" V. 301. B	EL. 0.10
38" V. 301. B	EL. 0.10
40" V. 301. B	EL. 0.10
42" V. 301. B	EL. 0.10
44" V. 301. B	EL. 0.10
46" V. 301. B	EL. 0.10
48" V. 301. B	EL. 0.10
50" V. 301. B	EL. 0.10
52" V. 301. B	EL. 0.10
54" V. 301. B	EL. 0.10
56" V. 301. B	EL. 0.10
58" V. 301. B	EL. 0.10
60" V. 301. B	EL. 0.10
62" V. 301. B	EL. 0.10
64" V. 301. B	EL. 0.10
66" V. 301. B	EL. 0.10
68" V. 301. B	EL. 0.10
70" V. 301. B	EL. 0.10
72" V. 301. B	EL. 0.10
74" V. 301. B	EL. 0.10
76" V. 301. B	EL. 0.10
78" V. 301. B	EL. 0.10
80" V. 301. B	EL. 0.10
82" V. 301. B	EL. 0.10
84" V. 301. B	EL. 0.10
86" V. 301. B	EL. 0.10
88" V. 301. B	EL. 0.10
90" V. 301. B	EL. 0.10
92" V. 301. B	EL. 0.10
94" V. 301. B	EL. 0.10
96" V. 301. B	EL. 0.10
98" V. 301. B	EL. 0.10
100" V. 301. B	EL. 0.10
102" V. 301. B	EL. 0.10
104" V. 301. B	EL. 0.10
106" V. 301. B	EL. 0.10
108" V. 301. B	EL. 0.10
110" V. 301. B	EL. 0.10
112" V. 301. B	EL. 0.10
114" V. 301. B	EL. 0.10
116" V. 301. B	EL. 0.10
118" V. 301. B	EL. 0.10
120" V. 301. B	EL. 0.10
122" V. 301. B	EL. 0.10
124" V. 301. B	EL. 0.10
126" V. 301. B	EL. 0.10
128" V. 301. B	EL. 0.10
130" V. 301. B	EL. 0.10
132" V. 301. B	EL. 0.10
134" V. 301. B	EL. 0.10
136" V. 301. B	EL. 0.10
138" V. 301. B	EL. 0.10
140" V. 301. B	EL. 0.10
142" V. 301. B	EL. 0.10
144" V. 301. B	EL. 0.10
146" V. 301. B	EL. 0.10
148" V. 301. B	EL. 0.10
150" V. 301. B	EL. 0.10
152" V. 301. B	EL. 0.10
154" V. 301. B	EL. 0.10
156" V. 301. B	EL. 0.10
158" V. 301. B	EL. 0.10
160" V. 301. B	EL. 0.10
162" V. 301. B	EL. 0.10
164" V. 301. B	EL. 0.10
166" V. 301. B	EL. 0.10
168" V. 301. B	EL. 0.10
170" V. 301. B	EL. 0.10
172" V. 301. B	EL. 0.10
174" V. 301. B	EL. 0.10
176" V. 301. B	EL. 0.10
178" V. 301. B	EL. 0.10
180" V. 301. B	EL. 0.10
182" V. 301. B	EL. 0.10
184" V. 301. B	EL. 0.10
186" V. 301. B	EL. 0.10
188" V. 301. B	EL. 0.10
190" V. 301. B	EL. 0.10
192" V. 301. B	EL. 0.10
194" V. 301. B	EL. 0.10
196" V. 301. B	EL. 0.10
198" V. 301. B	EL. 0.10
200" V. 301. B	EL. 0.10
202" V. 301. B	EL. 0.10
204" V. 301. B	EL. 0.10
206" V. 301. B	EL. 0.10
208" V. 301. B	EL. 0.10
210" V. 301. B	EL. 0.10
212" V. 301. B	EL. 0.10
214" V. 301. B	EL. 0.10
216" V. 301. B	EL. 0.10
218" V. 301. B	EL. 0.10
220" V. 301. B	EL. 0.10
222" V. 301. B	EL. 0.10
224" V. 301. B	EL. 0.10
226" V. 301. B	EL. 0.10
228" V. 301. B	EL. 0.10
230" V. 301. B	EL. 0.10
232" V. 301. B	EL. 0.10
234" V. 301. B	EL. 0.10
236" V. 301. B	EL. 0.10
238" V. 301. B	EL. 0.10
240" V. 301. B	EL. 0.10
242" V. 301. B	EL. 0.10
244" V. 301. B	EL. 0.10
246" V. 301. B	EL. 0.10
248" V. 301. B	EL. 0.10
250" V. 301. B	EL. 0.10
252" V. 301. B	EL. 0.10
254" V. 301. B	EL. 0.10
256" V. 301. B	EL. 0.10
258" V. 301. B	EL. 0.10
260" V. 301. B	EL. 0.10
262" V. 301. B	EL. 0.10
264" V. 301. B	EL. 0.10
266" V. 301. B	EL. 0.10
268" V. 301. B	EL. 0.10
270" V. 301. B	EL. 0.10
272" V. 301. B	EL. 0.10
274" V. 301. B	EL. 0.10
276" V. 301. B	EL. 0.10
278" V. 301. B	EL. 0.10
280" V. 301. B	EL. 0.10
282" V. 301. B	EL. 0.10
284" V. 301. B	EL. 0.10
286" V. 301. B	EL. 0.10
288" V. 301. B	EL. 0.10
290" V. 301. B	EL. 0.10
292" V. 301. B	EL. 0.10
294" V. 301. B	EL. 0.10
296" V. 301. B	EL. 0.10
298" V. 301. B	EL. 0.10
300" V. 301. B	EL. 0.10

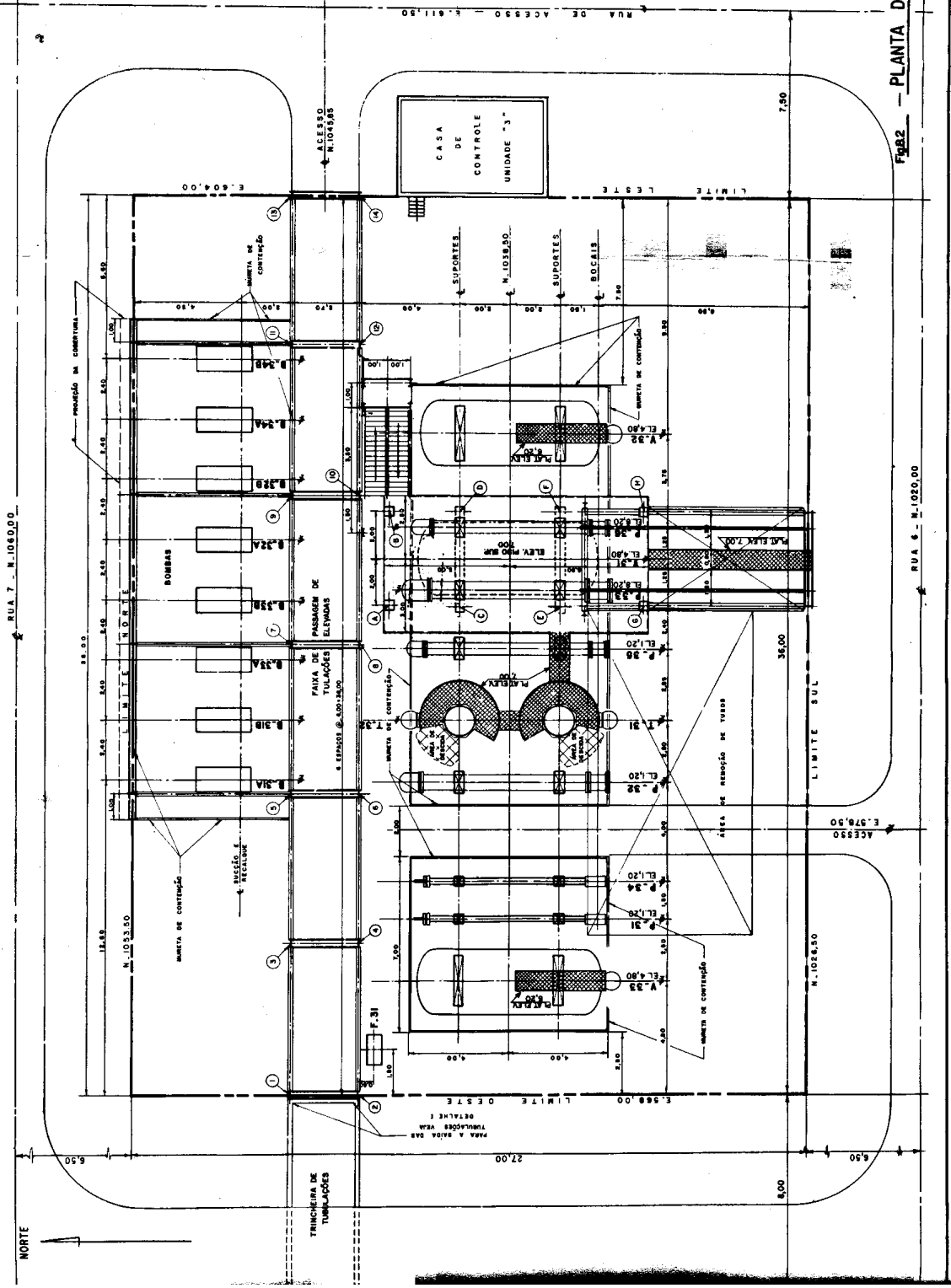
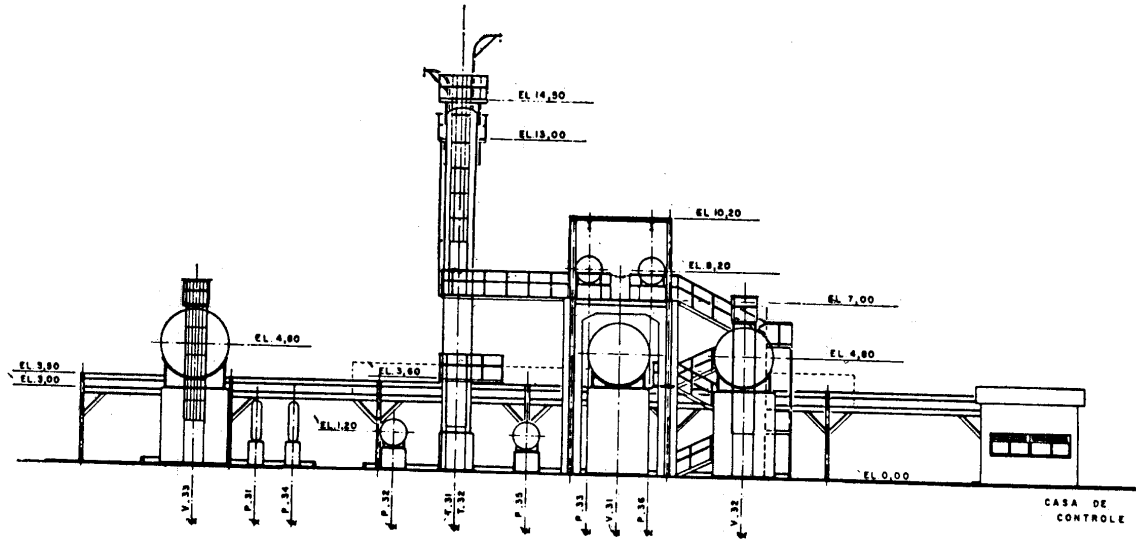


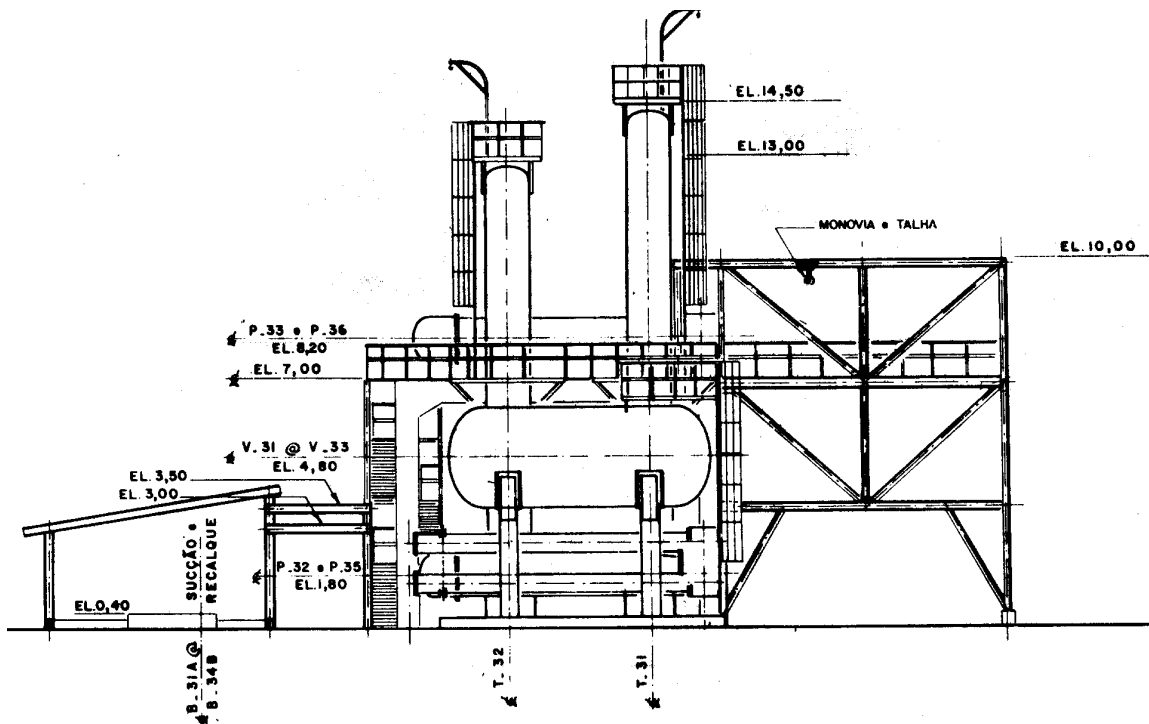
Fig. 82 - PLANTA DE LOCAÇÃO GERAL  
ESCALA 1:100

PLANTA DE LOCAÇÃO

ELEVAÇÕES DA PLANTA MOSTRADA NA FOLHA ANTERIOR



VISTA A PARTIR DO LIMITE SUL



VISTA A PARTIR DO LIMITE OESTE

#### 4 – Faixa de tráfego e de passagem das tubulações

NORMALMENTE, DENTRO DAS ÁREAS DE PROCESSO, AS TUBULAÇÕES SÃO ORGANIZADAS EM SUPORTES ELEVADOS (*ponte de tubulações* - “*pipe-rack*”) LOCALIZADOS NA PARTE CENTRAL DA ÁREA.

AS FAIXAS DE PASSAGEM DE TUBULAÇÕES SERVEM TAMBÉM COMO VIA DE TRÂNSITO NO INTERIOR DA ÁREA DE PROCESSO

#### 5 - Distâncias, larguras e alturas recomendadas

<b>Distâncias, larguras e alturas livres</b>	<b>Valores usuais (m)</b>
Distâncias mínimas entre: (ver <b>Nota 1</b> )	
1. Torres e outros vasos grandes 2. Trocadores de calor 3. Vasos em geral 4. Bases de bombas (ver <b>Nota 2</b> ) 5. Fornos até qualquer local sujeito a vazamento 6. Distância livre atrás da tampa desmontável de trocadores de calor	2,0 a 4,0 0,75 a 1,0 1,0 a 2,0 0,9 a 1,5 15,0 (min.) 1,2 a 1,5
Vão entre suportes principais de tubulações elevadas	6,0
Larguras livres para tráfego:	
1. Embaixo de pontes principais de tubulações elevadas 2. Idem secundárias 3. Plataformas e passagens de acesso de pessoas	4,8 a 6,0 3,0 a 4,0 0,8 a 1,0
Alturas livres para tráfego:	
1. Embaixo de pontes principais de tubulações elevadas 2. Idem secundárias 3. Acima de plataformas e passagens de acesso de pessoas	4,0 a 5,0 3,0 a 3,5 2,1

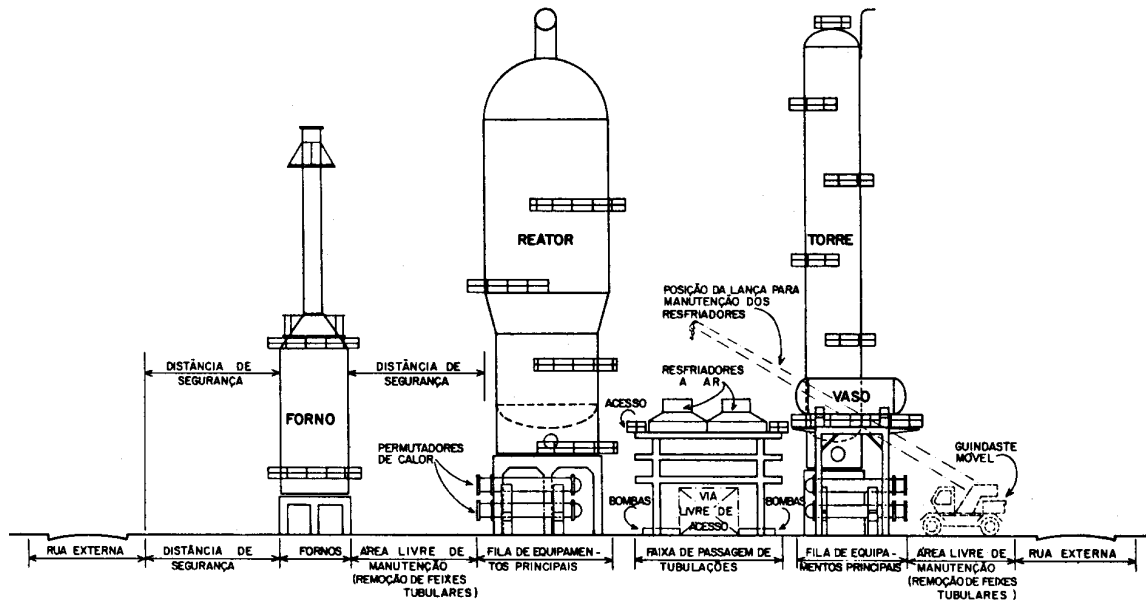
**Nota 1** —▶ Essas distâncias valem também como distâncias livres mínimas entre um equipamento e uma parede, coluna ou qualquer outro obstáculo.

**Nota 2** —▶ Excetuam-se bombas pequenas, montadas em base única, com acesso livre por dois lados, pelo menos.



6 – Facilidade para montagem, operação e manutenção

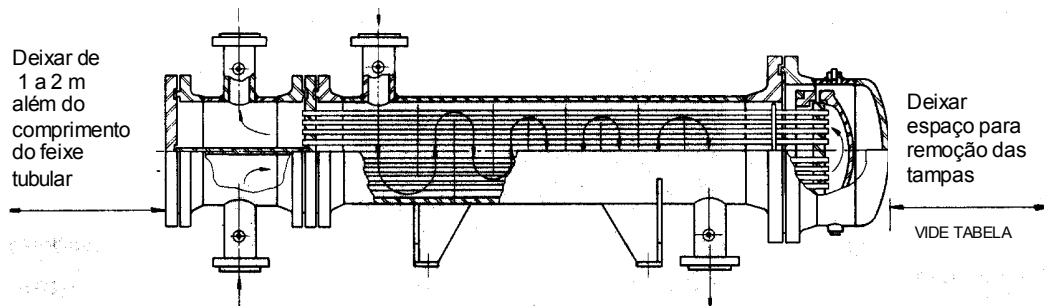
DEVEM SER PREVISTAS AMPLAS FACILIDADES PARA ACESSO E MANOBRA DE CAMINHÕES, GUINDASTES E OUTROS APARELHOS DE LEVANTAMENTO E LOCOMOÇÃO.



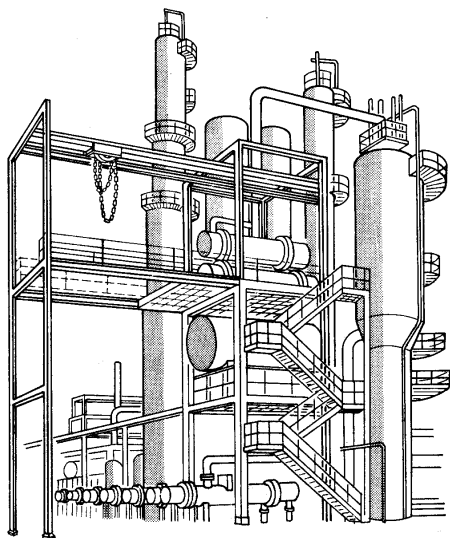
CORTE TRANSVERSAL EM UMA UNIDADE DE PROCESSO

DEVEM SER RESERVADAS ÁREAS PARA FUTURAS AMPLIAÇÕES E PARA INSTALAÇÃO DE CANTEIRO DE OBRA DURANTE A MONTAGEM.

EM FRENTE AOS PERMUTADORES DE CALOR DEVERÁ SER DEIXADO ESPAÇO SUFICIENTE PARA RETIRADA DOS FEIXES TUBULARES



OS TROCADORES DE CALOR COM LINHA DE CENTRO SUPERIOR A 3,5 m ACIMA DO PISO DEVEM TER UM MEIO PERMANENTE (*estrutura com calha, monovia etc.*) PARA REMOÇÃO DO FEIXE TUBULAR



**Devem ter acesso garantido, por meio de escadas ou plataformas quando não forem acessíveis do solo, os seguintes equipamentos:**

- Válvulas de controle ou de segurança.
- Válvulas de operação manual, de 4" ou maiores, operadas com frequência.
- Peças "figura 8", de 4" ou maiores.
- Bocas de visita em geral, situadas a mais de 3,0 m do solo
- Resfriadores a ar
- Instrumentos de leitura local e tomadas de amostra
- Janelas de observação
- Queimadores e sopradores de fuligem.

**AS PLATAFORMAS SEMPRE DEVEM TER DOIS ACESSOS POR LADOS OPOSTOS; UM DOS ACESSOS PODE SER UMA ESCADA VERTICAL (*escada de marinheiro*)**

### 7 – Drenagem

A DRENAGEM É FEITA POR GRAVIDADE, COM CAIMENTOS ADEQUADOS NA PAVIMENTAÇÃO, CONDUZINDO PARA CAIXAS OU VALAS DE COLETAS.

**SE OS FLUIDOS CIRCULANTES FOREM INFLAMÁVEIS, TÓXICOS OU PERIGOSOS, A DRENAGEM DOS DESPEJOS E VAZAMENTOS DEVERÁ SER COMPLETAMENTE SEPARADA DA DRENAGEM PLUVIAL.**

**AS ÁREAS ONDE POSSAM OCORRER DESPEJOS OU VAZAMENTOS DE FLUIDOS PERIGOSOS SERÃO CIRCUNDADAS COM MURETAS DE CONTENÇÃO**

### 8 – Unidades a céu aberto ou dentro de prédios

POR MOTIVOS ECONÔMICOS E DE SEGURANÇA A GRANDE MAIORIA DAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS SÃO MONTADAS A CÉU ABERTO.

## ARRANJO E DETALHAMENTO DE TUBULAÇÕES

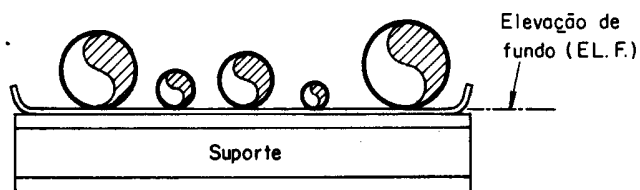
### CONSIDERAÇÕES BÁSICAS

1. Condições de serviço
2. Flexibilidade
3. Transmissão de esforços e vibrações
4. Acessibilidade
5. Construção e manutenção
6. Segurança
7. Economia
8. Aparência

DENTRO DOS LIMITES DE UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL QUASE TODAS AS TUBULAÇÕES SÃO NÃO-SUBTERRÂNEAS

### REGRAS GERAIS PARA O ARRANJO DE TUBULAÇÕES NÃO-SUBTERRÂNEAS

#### 1 – Grupos de tubos paralelos de mesma elevação

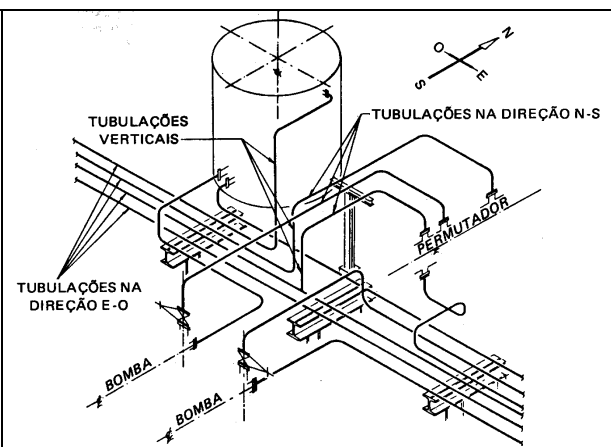


AS TUBULAÇÕES DE  $\varnothing > 20''$ , POR MOTIVO ECONÔMICO, PODEM NÃO SEGUIR A REGRA FAZENDO TRAJETOS CURTOS E DIRETOS

A determinação dos traçados das tubulações deve começar pelas linhas de maior diâmetro, pelas linhas tronco e também pelas áreas mais congestionadas.

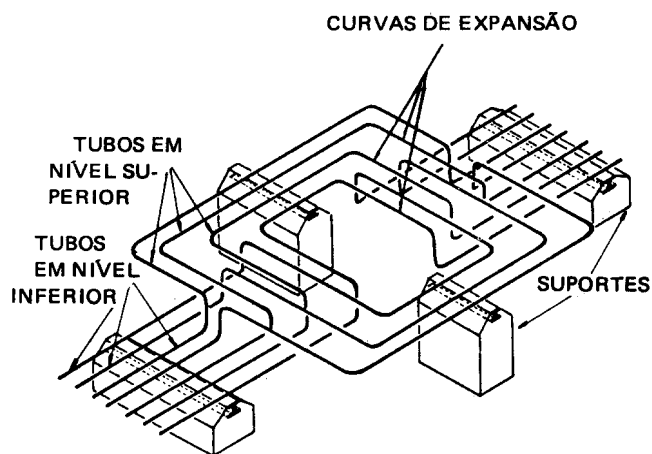
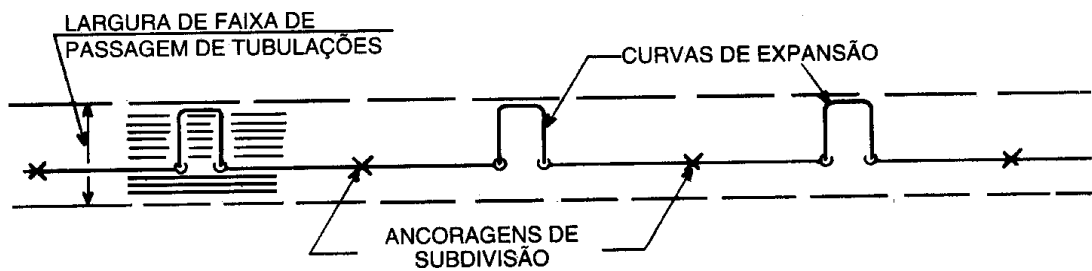
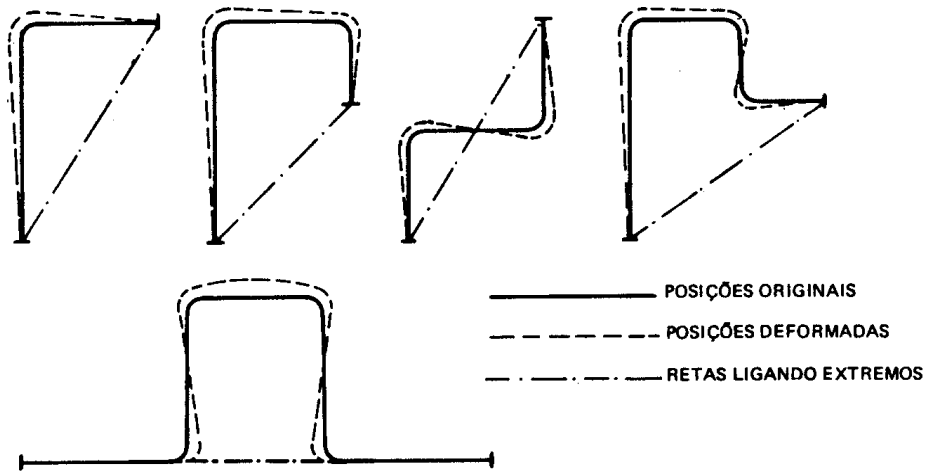
#### 2 – Tubulações nas direções ortogonais

#### ELEVAÇÕES DIFERENTES PARA DIREÇÕES DIFERENTES



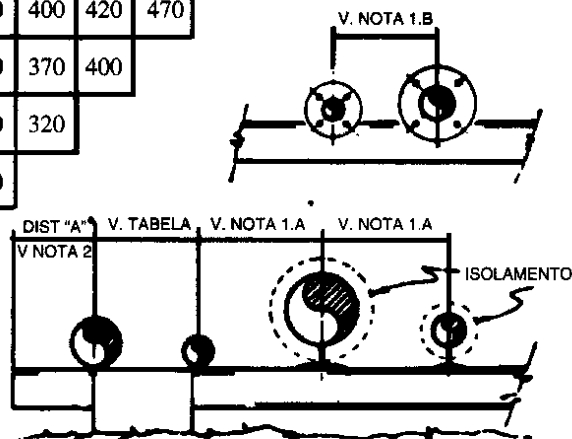
3 – Flexibilidade

NÃO DEVE HAVER TRECHO DE TUBO RETO ENTRE DOIS PONTOS FIXOS



4 – Espaçamento entre tubos paralelos

DIST "A"	DIÂMETROS NORMAIS (POLES)	1	1 1/2	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24
450	24	550	570	570	600	620	650	670	700	720	750	770	800	820	850
400	20	500	520	520	520	550	570	600	620	650	670	700	720	750	
370	18	470	470	470	500	520	550	570	600	620	620	650	670		
350	16	450	450	450	470	470	500	520	570	600	600	620			
350	14	400	420	420	450	450	470	500	520	550	570				
300	12	370	400	400	400	420	450	470	500	520					
250	10	350	350	350	370	370	400	420	470						
250	8	320	320	320	350	350	370	400							
200	6	270	270	270	300	300	320								
200	4	250	250	250	270	270									
150	3	220	220	220	250										
150	2	170	200	200											
150	1 1/2	170	170												
150	1	150													



OBS.: AS DIMENSÕES ESTÃO INDICADAS EM MILÍMETROS.

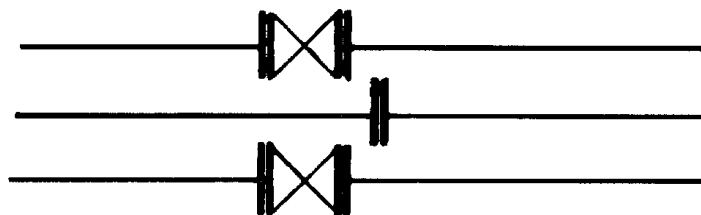
NOTAS: 1 — AS DISTÂNCIAS DA TABELA DEVERÃO SER AUMENTADAS NOS SEGUINTE CASOS:

A — QUANDO UM OU AMBOS OS TUBOS TIVEREM ISOLAMENTO TÉRMICO.

B — QUANDO EXISTIREM FLANGES COINCIDENTES EM TUBOS VIZINHOS.

C — QUANDO FOREM ESPERADOS GRANDES MOVIMENTOS LATERAIS.

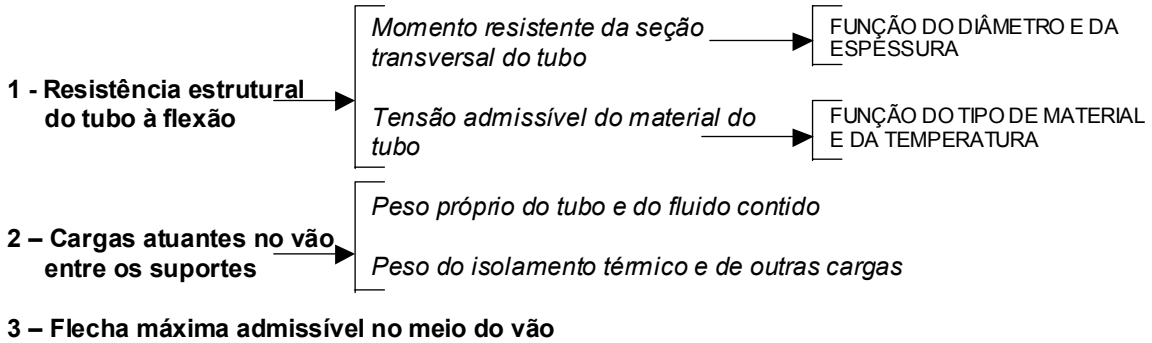
2 — DISTÂNCIA "A" — DISTÂNCIA MÍNIMA DA LINHA DE CENTRO DE UM TUBO EXTREMO À EXTREMIDADE DO SUPORTE.



## VÃO ENTRE SUPORTES DE TUBULAÇÕES

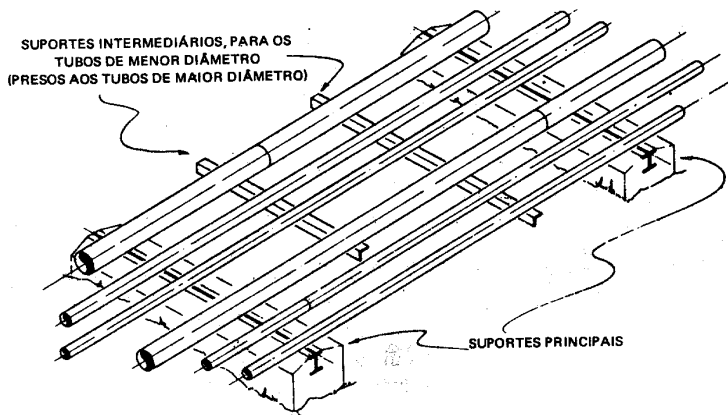
### 1 – Fixação dos vãos entre suportes

FATORES DETERMINANTES:



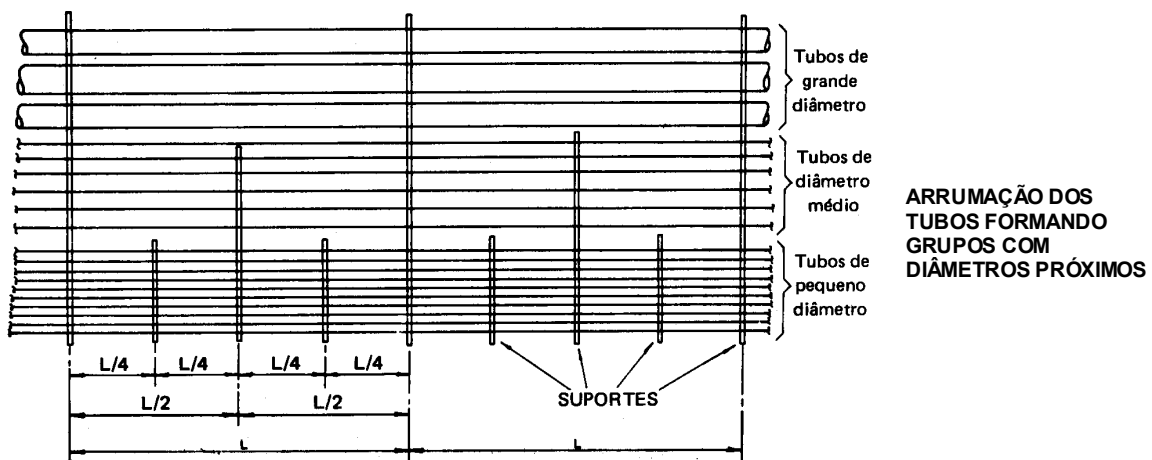
## TABELAS E ÁBACOS DE VÃOS – ANEXO 1 DA AULA 6

### 2 – Vão entre suportes para grupo de tubos paralelos



Passos:

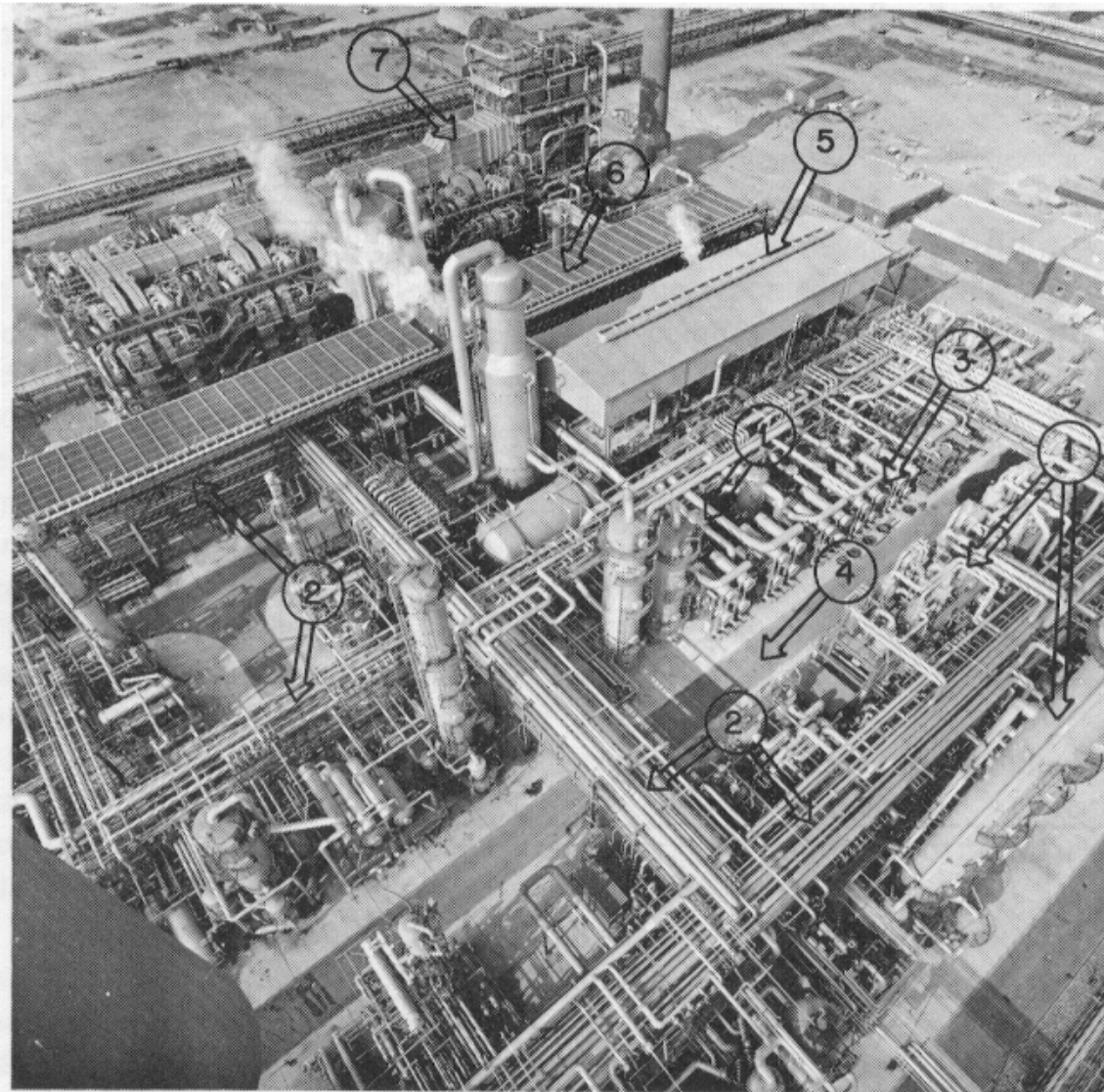
- 1 - O VÃO ENTRE OS SUPORTES É FIXADO PELO DIÂMETRO CORRESPONDENTE AO MAIOR NÚMERO DE TUBOS.
- 2 - OS TUBOS DE DIÂMETRO MAIOR FICARÃO COM FOLGA.
- 3 - OS TUBOS DE DIÂMETRO PEQUENO SÃO SUSTENTADOS, COM SUPPORTES INTERMEDIÁRIOS, PELOS TUBOS DE GRANDE DIÂMETRO



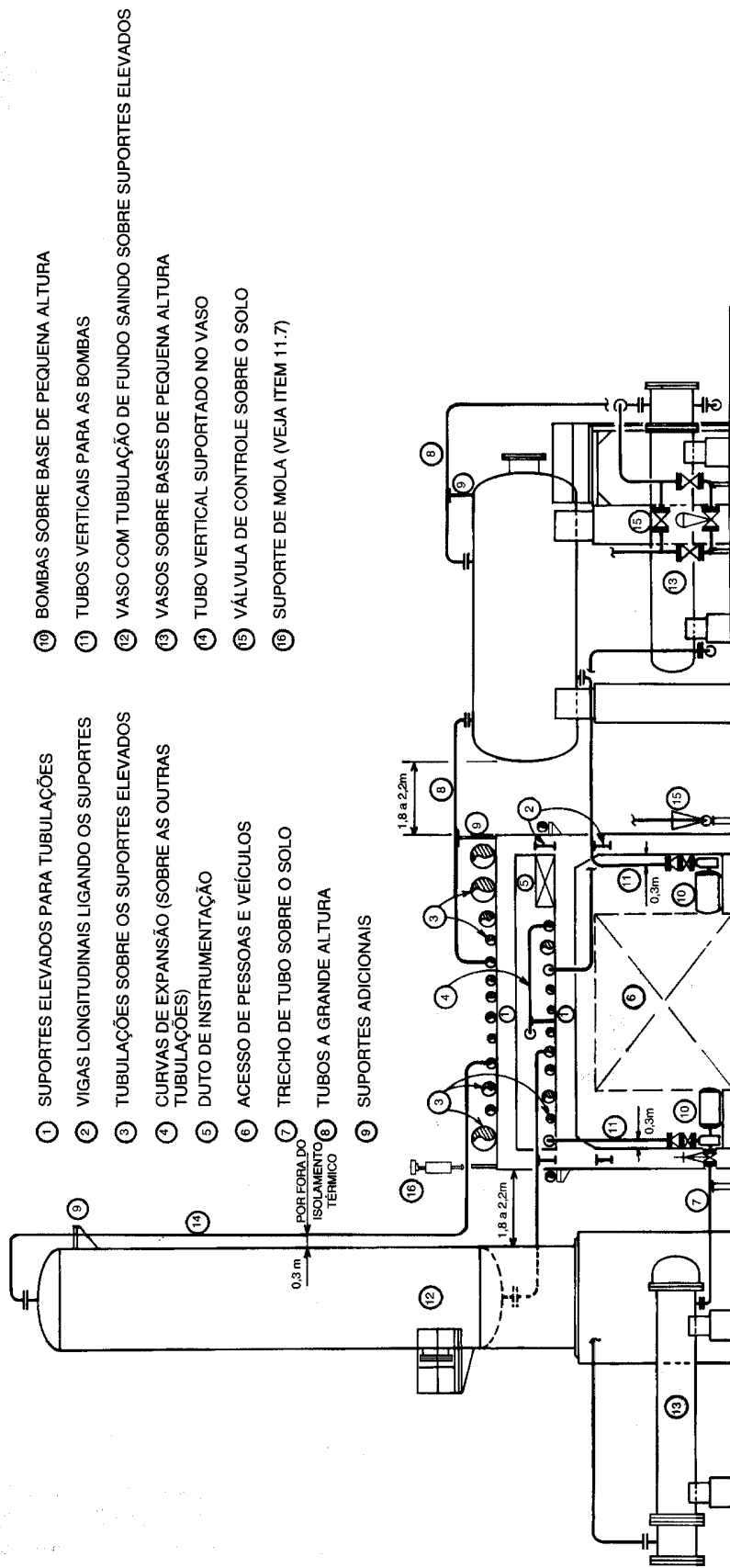
**ARRANJO DE TUBULAÇÕES EM ÁREAS DE PROCESSO**

(onde o fluido passa por transformações físicas ou químicas)

SÃO ÁREAS RELATIVAMENTE PEQUENAS COM GRANDES QUANTIDADES DE EQUIPAMENTOS E DE TUBULAÇÕES



- 1 FILAS DE EQUIPAMENTOS
- 2 PASSAGENS DE TUBULAÇÕES ELEVADAS
- 3 PERMUTADORES DE CALOR
- 4 RUA DE ACESSO E ESPAÇO PARA DESMONTAGEM DE FEIXES TUBULARES
- 5 CASA DE COMPRESSORES
- 6 RESFRIADORES DE AR (SOBRE TUBULAÇÕES)
- 7 FORNOS (NO LIMITE DA ÁREA)



- 10 BOMBAS SOBRE BASE DE PEQUENA ALTURA
- 11 TUBOS VERTICAIS PARA AS BOMBAS
- 12 VASO COM TUBULAÇÃO DE FUNDO SAINDO SOBRE SUPORTES ELEVADOS
- 13 VASOS SOBRE BASES DE PEQUENA ALTURA
- 14 TUBO VERTICAL SUPORTADO NO VASO
- 15 VÁLVULA DE CONTROLE SOBRE O SOLO
- 16 SUPORTE DE MOLA (VEJA ITEM 11.7)

- 1 SUPORTES ELEVADOS PARA TUBULAÇÕES
- 2 VIGAS LONGITUDINAIS LIGANDO OS SUPORTES
- 3 TUBULAÇÕES SOBRE OS SUPORTES ELEVADOS
- 4 CURVAS DE EXPANSÃO (SOBRE AS OUTRAS TUBULAÇÕES)
- 5 DUTO DE INSTRUMENTAÇÃO
- 6 ACESSO DE PESSOAS E VEÍCULOS
- 7 TRECHO DE TUBO SOBRE O SOLO
- 8 TUBOS A GRANDE ALTURA
- 9 SUPORTES ADICIONAIS

TUBULAÇÕES EM ÁREAS DE PROCESSO

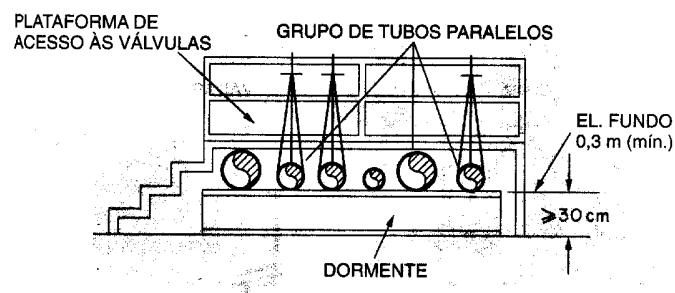


## ARRANJO DE TUBULAÇÕES FORA DAS ÁREAS DE PROCESSO

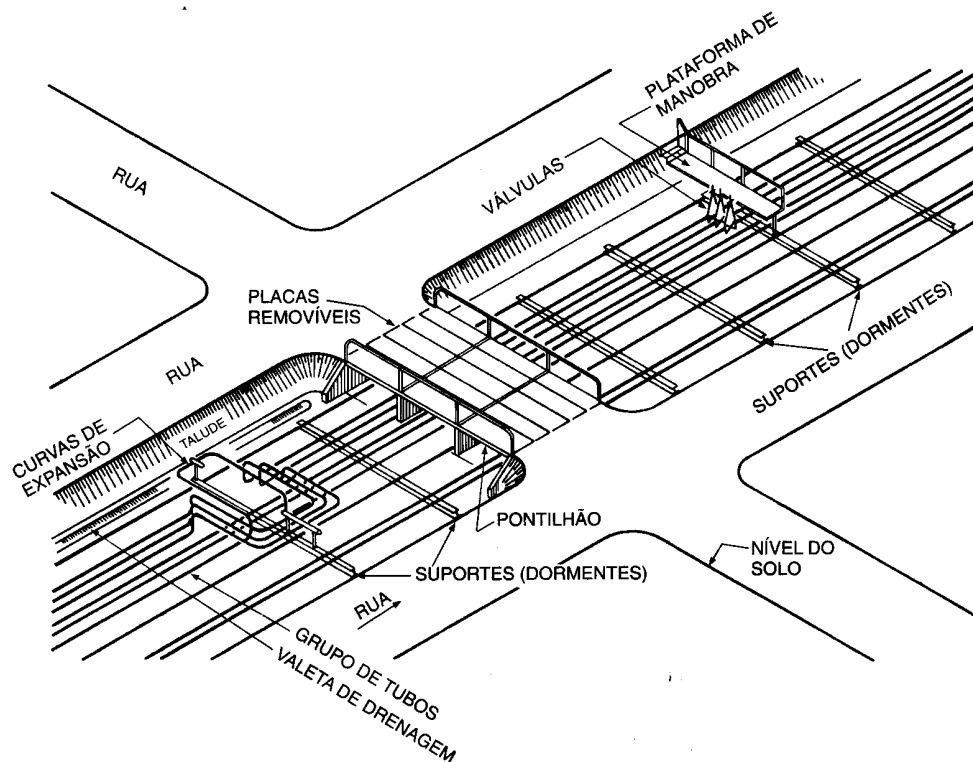
(tubulações de interligação e tubulações em áreas de armazenagem)

NORMALMENTE SÃO DISPOSTAS FORMANDO GRUPOS DE TUBOS PARALELOS EM SUPORTES DE PEQUENA ALTURA (dormentes)

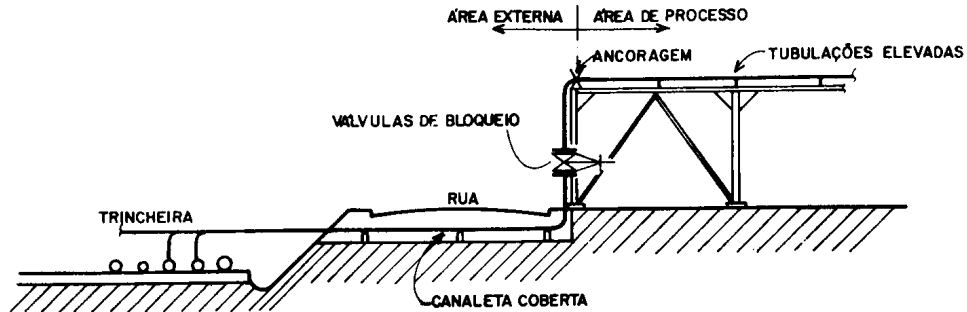
ONDE HOUVER NECESSIDADE DE TRAVESSIA DE PESSOAS SOBRE OS TUBOS, EXISTEM PLATAFORMAS QUE TAMBÉM PODEM SER UTILIZADAS PARA ACIONAMENTO DE VÁLVULAS



QUANDO HOUVER NECESSIDADE DE TRÁFEGO DE VEÍCULOS A TUBULAÇÃO É COLOCADA EM TRINCHEIRAS, COMUMENTE DENOMINADA DE TUBOVIA ( pipe-way)



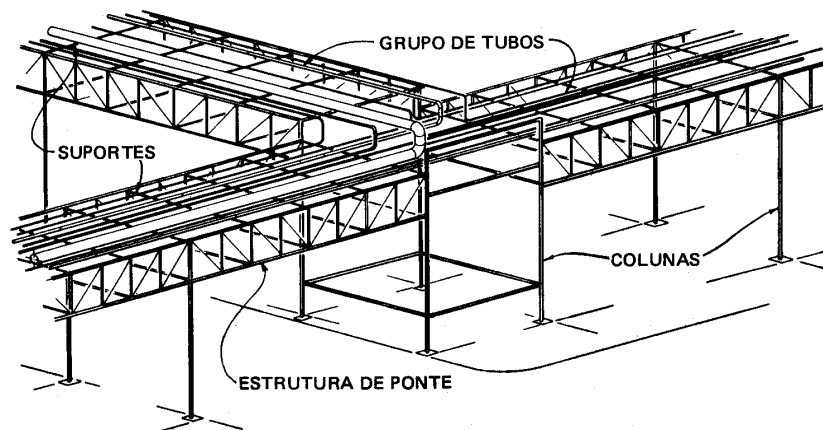
NORMALMENTE A INTERLIGAÇÃO DAS TUBOVIAS COM A ÁREA DE PROCESSO É FEITA UTILIZANDO CANALETAS



NO TRECHO VERTICAL DA INTERLIGAÇÃO É COLOCADA UMA VÁLVULA DE BLOQUEIO QUE SEPARA A ÁREA DE PROCESSO DA ÁREA DE INTERLIGAÇÃO



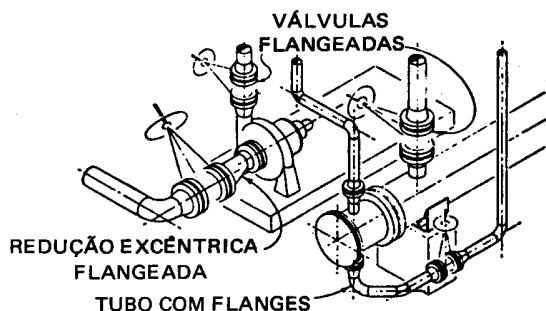
QUANDO AS TUBULAÇÕES DE INTERLIGAÇÃO FOREM DE PEQUENO DIÂMETRO E/OU EM PEQUENA QUANTIDADE, PODE-SE UTILIZAR SUPORTES ELEVADOS COM TRELIÇAS METÁLICAS OU EM ESTRUTURAS DE CONCRETO



## FACILIDADE PARA MONTAGEM, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

### 1 – Tubos de ligações aos equipamentos

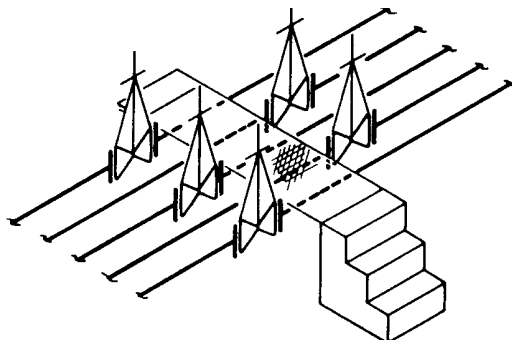
SEMPRE DEVE HAVER ESPAÇO LIVRE QUE PERMITA A DESMONTAGEM E REMOÇÃO



NO CASO DE EQUIPAMENTOS GRANDES E PESADOS DEVE HAVER UMA PEÇA FLANGEADA QUE POSSA SER REMOVIDA ANTES DA REMOÇÃO DO EQUIPAMENTO (uma redução, uma válvula ou um carretel)

### 2 – Operação de válvulas e instrumentos

TODAS AS VÁLVULAS, INSTRUMENTOS E EQUIPAMENTOS QUE TENHAM OPERAÇÃO E/OU MANUTENÇÃO DEVEM TER ACESSO FÁCIL E OPERAÇÃO FACILITADA (do solo ou de plataformas, escadas etc.)



AS VÁLVULAS QUE SÃO UTILIZADAS EM CASO DE EMERGÊNCIA, DEVEM SER COLOCADAS EM LUGAR BEM VISÍVEL, DE FÁCIL ACESSO E SEGURO

### 3 – Posição de soldas e de roscas

DEIXAR UMA FOLGA MÍNIMA DE 70 MM ENTRE UM FLANGE E QUALQUER OBSTÁCULO (coluna, estrutura, piso etc.)

OS FLANGES NÃO DEVEM ESTAR SUPORTANDO O PESO DO TUBO (facilitar a troca de juntas)

EM TUBULAÇÕES OU PEÇAS ROSQUEADAS DEVE HAVER ESPAÇO PARA ATARRAXAR E DESATARRAXAR

GARANTIR ESPAÇO SUFICIENTE PARA EXECUÇÃO DAS SOLDAS  
(evitar soldas verticais ou sobrecabeça)

EM TUBULAÇÕES DE 3" OU MAIS DE DIÂMETRO NÃO É CONVENIENTE EXISTIR SOLDAS A MENOS DE 50 mm DE DISTÂNCIA UMA DA OUTRA.

EM NENHUM CASO DEVE-SE TER SOLDAS A MENOS DE 20 mm UMA DA OUTRA

### FIXAÇÃO DE COTAS DE ELEVAÇÃO DE TUBULAÇÕES E DE EQUIPAMENTOS

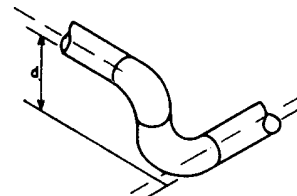
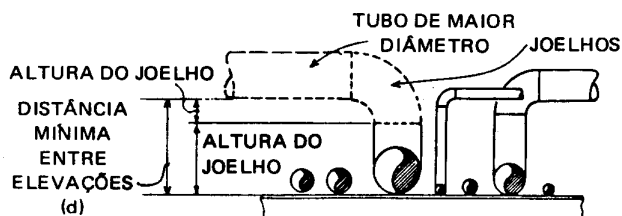
(é uma das etapas mais importantes do detalhamento do projeto de tubulações)

O PRIMEIRO PASSO é estudar as posições relativas dos equipamentos,

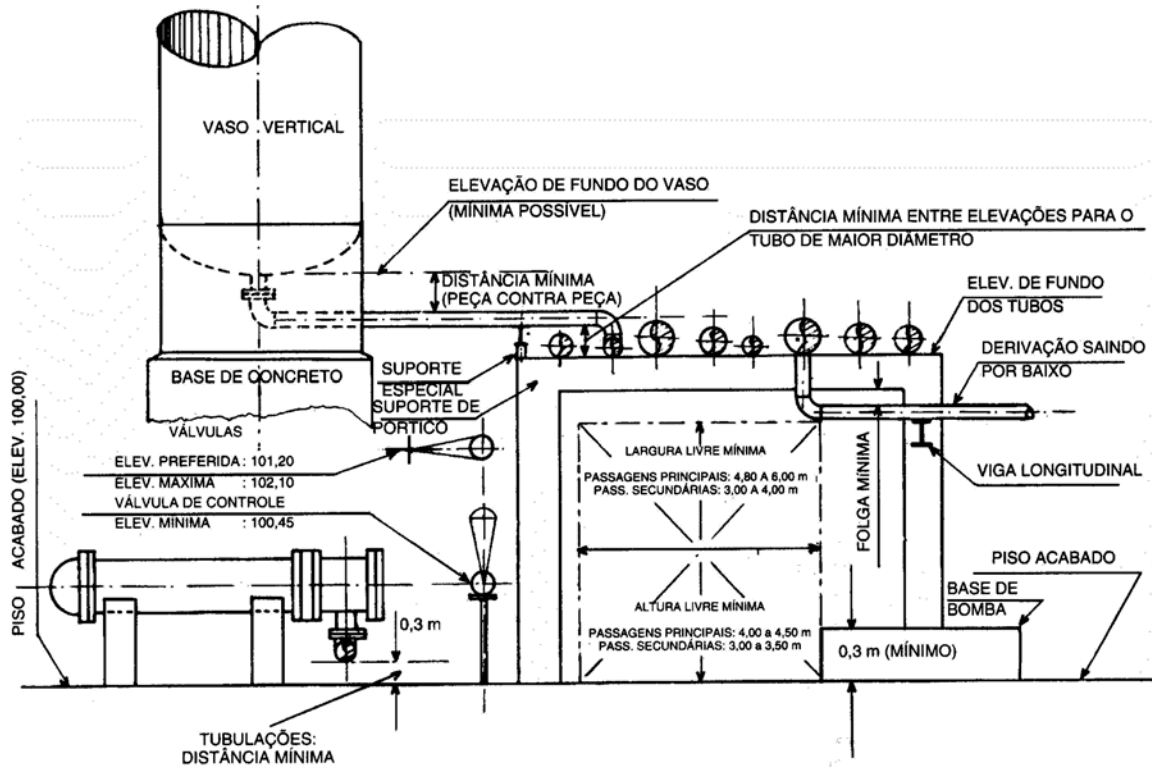
CONSIDERANDO:

- Equipamentos entre os quais exista fluxo por gravidade
- Bombas que precisam ter a sucção afogada
- Tubulações que necessitem de declividade contínua
- Diferenças de cotas para garantir o NPSH da bomba
- Quais os equipamentos que podem ser colocados em bases de alturas mínimas

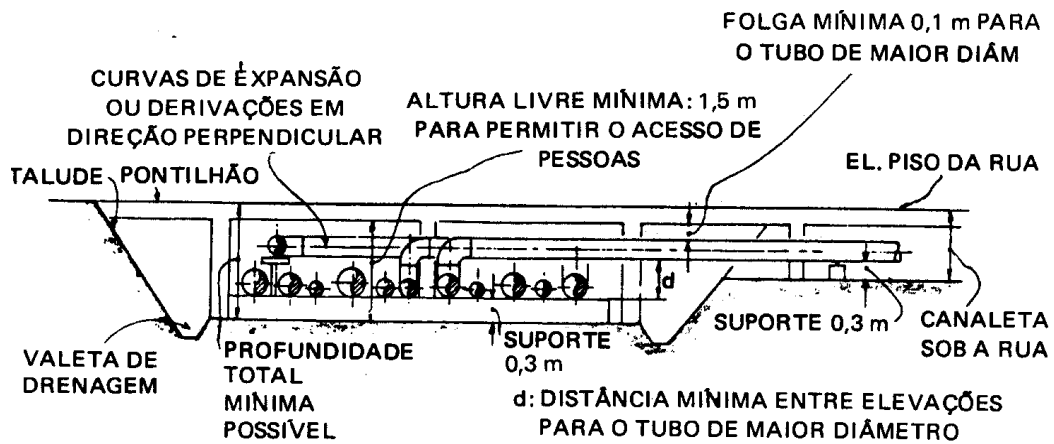
O SEGUNDO PASSO É FIXAR AS COTAS DE ELEVAÇÃO A PARTIR DAS MAIS BAIXAS.



DISTÂNCIA MÍNIMA ENTRE ELEVAÇÕES PARA CRUZAMENTOS



NÍVEIS RECOMENDADOS EM ÁREAS DE PROCESSO



NÍVEIS RECOMENDADOS PARA TUBULAÇÕES EM TRINCHEIRAS

## DETALHES DE TUBULAÇÃO

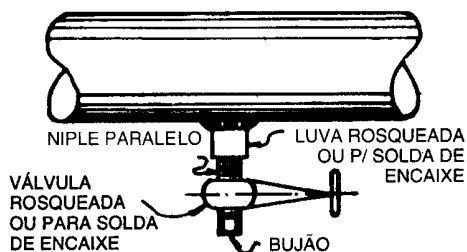
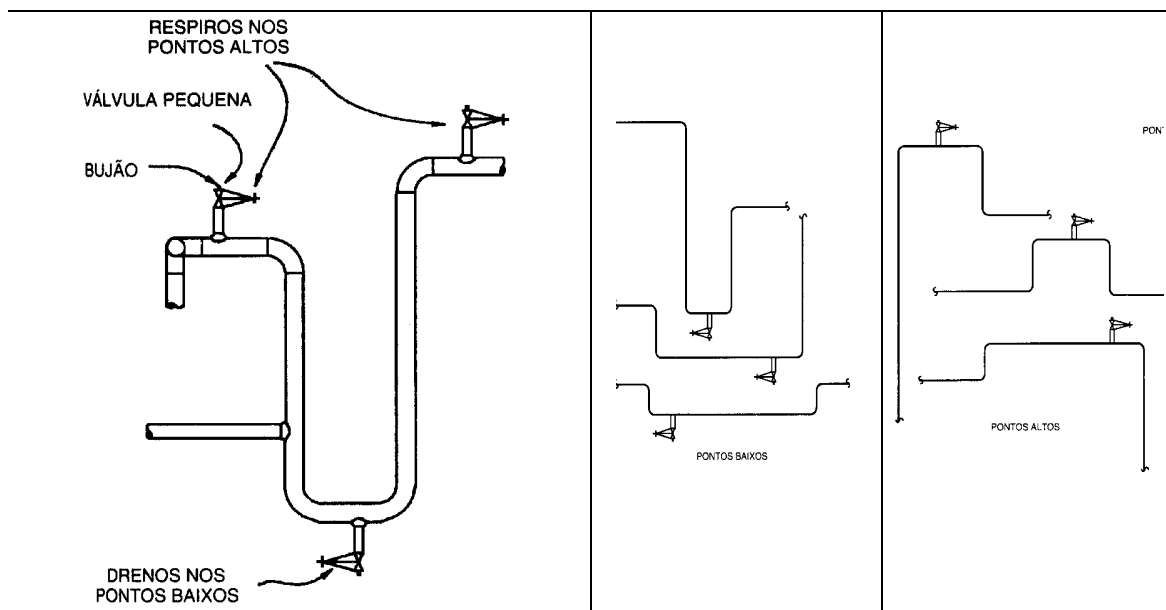
### 1 – Drenos e respiros

OS DRENOS SÃO COLOCADOS EM TODOS OS PONTOS BAIXOS DA TUBULAÇÃO, UTILIZADOS PARA Esvaziar completamente a tubulação.  
(tubulações verticais requerem drenos imediatamente depois das válvulas de retenção)

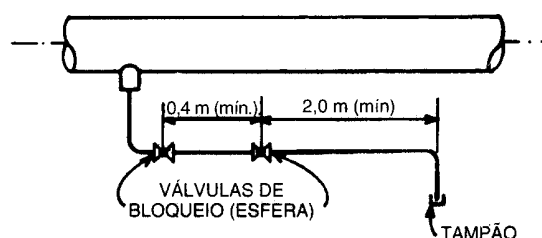
OS RESPIROS SÃO COLOCADOS EM TODOS OS PONTOS ALTOS DA TUBULAÇÃO, COM A FINALIDADE ADMITIR E/OU EXPELIR AR DA TUBULAÇÃO.

OS DRENOS E RESPIROS SÃO OBRIGATORIOS EM TODAS AS TUBULAÇÕES  
(para líquidos ou para gases)

PARA EVITAR A FORMAÇÃO DE VÁCUO COLOCA-SE, NOS PONTOS ALTOS DA TUBULAÇÃO, AS VENTOSAS



a) DETALHE TÍPICO DE DRENOS E RESPIROS



b) DRENO PARA TUBULAÇÕES DE GASES LIQUEFEITOS SOB PRESSÃO

## 2 – Curvas de tubos curvados

### VANTAGENS:

(comparado com joelhos)

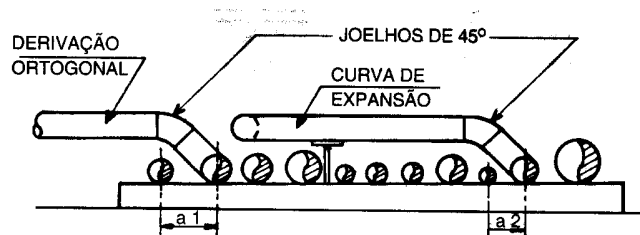
- Menor perda de carga
- Menor desgaste por corrosão ou erosão
- Menor risco de vazamento
- É possível ter menor custo

### DESvantagens:

- Ocupam muito espaço (*raio de curvatura = 5D*)
- É limitado a pequenos diâmetros
- Não deve ser usado em tubos com costura
- Não há garantia de qualidade

## 3 – Emprego de curvas de 45°

DEVEM SER PREFERIDAS PARA MUDANÇAS DE DIREÇÃO, ENTRETANTO OBRIGA O AUMENTO DO ESPAÇAMENTO ENTRE OS TUBOS.



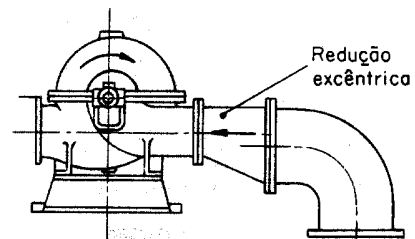
a1, a2: DISTÂNCIAS QUE DEVEM SER AUMENTADAS COM O USO DE JOELHOS DE 45°

## 4 – Tipo de reduções

1. Nas tubulações horizontais são utilizadas reduções excêntricas, niveladas por baixo para manter a elevação de fundo.

**Exceções:** Nas sucções de bombas são niveladas por cima para evitar bolsa de ar.

Nas sucções de bombas cuja linha é vertical descendente, nivelada por baixo para facilitar a drenagem da linha.



2. Nas tubulações verticais são usadas reduções concêntricas.

### 5 – Posição das válvulas

AS VÁLVULAS DEVEM SER MONTADAS COM A HASTE VIRADA PARA CIMA, PARA EVITAR ACÚMULO DE DETRITOS NO CASTELO.

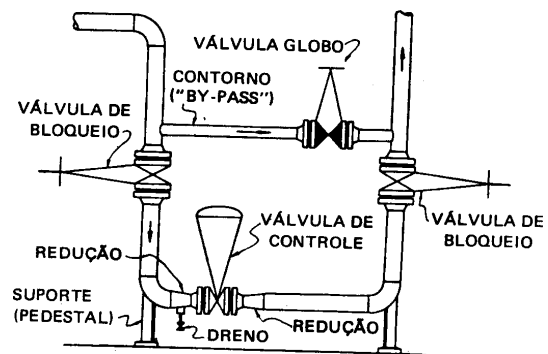
NAS LINHAS DE SUÇÃO DE BOMBAS, É PREFERÍVEL QUE AS VÁLVULAS SEJAM INSTALADAS COM A HASTE HORIZONTAL OU INCLINADA PARA CIMA, PARA EVITAR A FORMAÇÃO DE BOLSAS DE AR NO CASTELO.

### 6 – Posição das Derivações

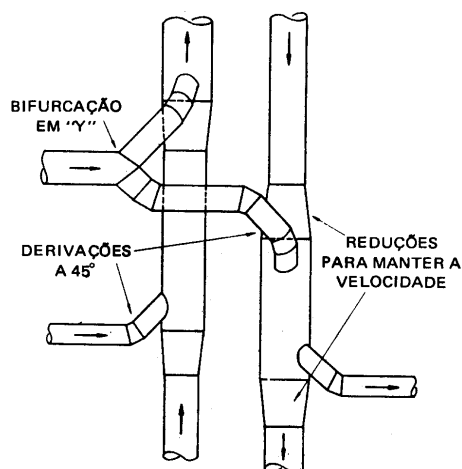
NAS TUBULAÇÕES HORIZONTAIS PARA VAPOR, AR E QUAISQUER OUTROS GASES, AS DERIVAÇÕES DEVEM SER FEITAS NA PARTE SUPERIOR DOS TUBOS, PARA EVITAR O ARRASTE DE LÍQUIDOS.

### 7 – Tubos de contorno com bloqueio

Válvulas de controle, válvulas redutoras de pressão, filtros, medidores e alguns outros equipamentos cujo serviço possa ser temporariamente dispensado, devem ter um tubo de contorno (by-pass) com válvula de regulagem e válvula de bloqueio.



### 8 – Tubulações de grande diâmetro



Nas tubulações para líquidos com  $\varnothing \geq 30''$  e velocidades elevadas, para diminuir os efeitos de variação de velocidade, mudança de direção e turbilhonamentos, costuma-se fazer:

- Bifurcações com peças em Y
- Derivações a  $45^\circ$  com o sentido do fluxo
- Reduções ou ampliações nos pontos onde houver variação de vazão



**9 – Tubulações de pequenos diâmetros ou de materiais de baixa resistência mecânica (materiais plásticos, vidro etc.).**

DEVEM SER MECANICAMENTE PROTEGIDAS OU COLOCADAS DE TAL FORMA QUE NÃO FIQUEM SUJEITAS A COLISÕES.  
O CUIDADO DEVE SER MUITO MAIOR QUANDO ESTIVEREM CONDUZINDO FLUIDOS PERIGOSOS.

**10 – Válvulas de bloqueio nos limites das áreas e de propriedade****11 – Válvulas em extremidades livres**

AS VÁLVULAS SITUADAS EM EXTREMIDADES LIVRES DEVEM SER FECHADAS COM FLANGES CEGOS OU COM BUJÕES.

**12 – Válvulas de segurança e de alívio**

QUANDO A DESCARGA SE DÁ PARA A ATMOSFERA A VÁLVULA DE SEGURANÇA DEVE FICAR A UMA ALTURA MÍNIMA DE 20 m DO SOLO, E PELO MENOS A 3 m ACIMA DE QUALQUER PISO SITUADO EM UM RAIO DE 8 m.

AS DESCARGAS DAS VÁLVULAS DE ALÍVIO, É SEMPRE UM JATO LÍQUIDO DE REDUZIDAS PROPORÇÕES, POR ISSO É USUAL DIRIGI-LA PARA A REDE DE DRENAGEM OU PARA O SOLO.

QUANDO SE TRATAR DE FLUIDOS PERIGOSOS É RECOMENDÁVEL QUE AS DESCARGAS DAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA OU DE ALÍVIO SEJA FEITA PARA UMA REDE FECHADA.

**13 – Alívio de pressão em linhas bloqueadas**

NAS TUBULAÇÕES COM LÍQUIDOS, COLOCAR VÁLVULAS DE ALÍVIO (calibradas para abrirem com pressão superior à máxima pressão de operação) ENTRE DUAS VÁLVULAS DE BLOQUEIO

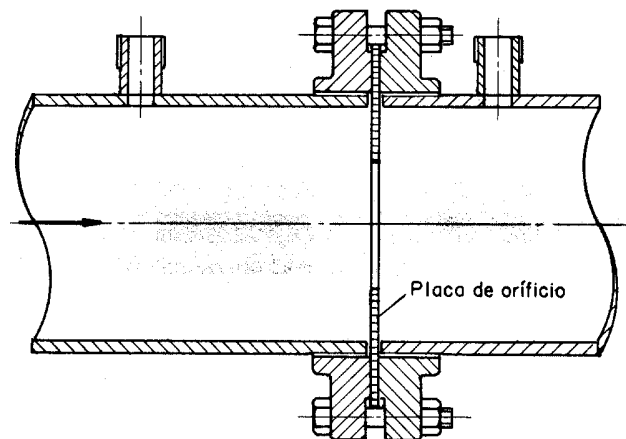
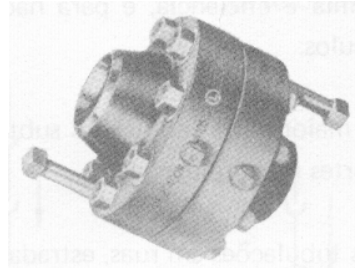
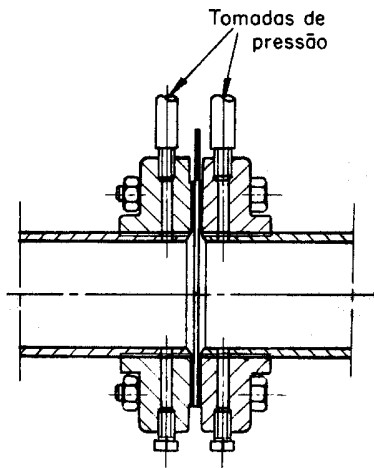
**14 – Bloqueio duplo com dreno**

ONDE FOR NECESSÁRIO BLOQUEIO ABSOLUTO, UTILIZA-SE DUAS VÁLVULAS DE BLOQUEIO SEPARADAS POR UM PEQUENO TRECHO DE TUBO, COM UM DRENO ENTRE AS VÁLVULAS.

ARTIFÍCIO UTILIZADO QUANDO A CONTAMINAÇÃO RECÍPROCA DE FLUIDOS NÃO PODE SER TOLERADA

**15 – Instalação de instrumentos de medição de vazão**

AS PLACAS DE ORIFÍCIO SÃO INSTALADAS EM FLANGES ESPECIAIS DENOMINADOS “FLANGES PARA PLACA DE ORIFÍCIO”



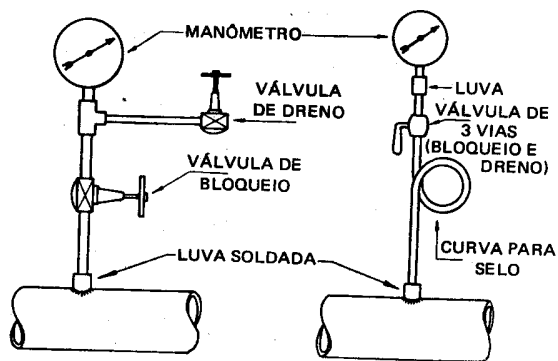
ANTES E DEPOIS DAS PLACAS DE ORIFÍCIO TEM QUE HAVER UM TRECHO DE TUBO RETO PARA EVITAR PERTURBAÇÕES NO FLUXO

**TABELAS E ÁBACOS DE VÃOS – ANEXO 2 DA AULA 6****16 – Tomadas de amostragem**

AS TOMADAS DE COLETA DE AMOSTRAS DEVEM FICAR NO MÁXIMO A 1 M ACIMA DO PISO E NUNCA ACIMA DO NÍVEL DA VISTA DO OPERADOR.

**17 – Instalação de manômetros e termômetros.**

OS MANÔMETROS SÃO INSTALADOS EM DERIVAÇÕES SAINDO DE UM “T” OU DE UMA LUIVA SOLDADA NA TUBULAÇÃO.

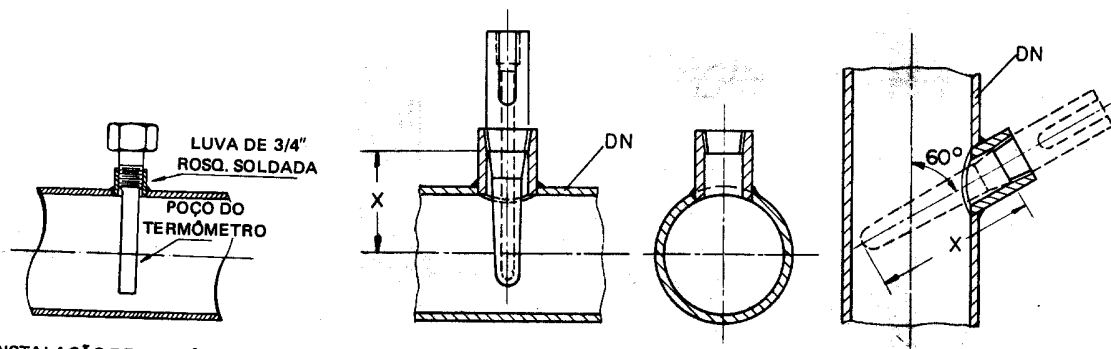


TIPOS DE INSTALAÇÃO DE MANÔMETROS

A DERIVAÇÃO DEVE TER UMA VÁLVULA DE BLOQUEIO E UMA VÁLVULA DE DRENO E PURGA DE AR.

UMA VÁLVULA DE MACHO DE TRÊS VIAS PODE FAZER, SIMULTANEAMENTE O BLOQUEIO E A DRENAGEM.

OS TERMÔMETROS SÃO INSTALADOS EM LUIVAS SOLDADAS NA TUBULAÇÃO E NA LUIVA É ROSQUEADO O POÇO DO TERMÔMETRO.



INSTALAÇÃO DE TERMÔMETROS

DN (pol.)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
X (pol.)	4 1/2	6	8	8	8	12	12	12	12

**18 – Extremidades de tubulações**

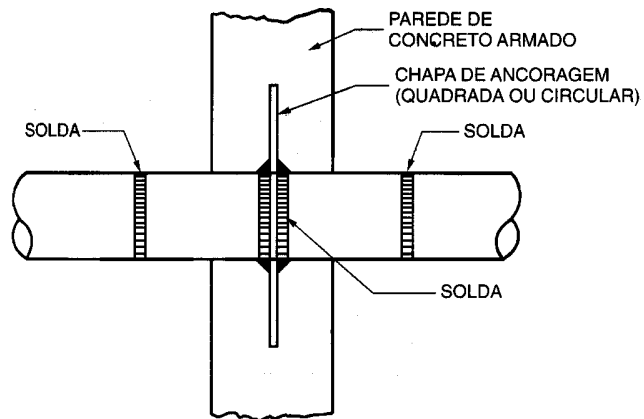
QUANDO SE PREVÊ FUTURO PROLONGAMENTO DA TUBULAÇÃO, É USUAL A COLOCAÇÃO DE TAMPÃO NA SUA EXTREMIDADE (*flange cego*)

**19 – Travessia de paredes e de pisos**

EM PRINCÍPIO NÃO DEVE HAVER TUBOS EMBUTIDOS EM PAREDES E PISOS.  
(A travessia deve ser feita deixando uma boa folga em toda a volta do tubo.)

**SE HOVER NECESSIDADE DE ESTANQUEIDADE DA PAREDE, A TUBULAÇÃO DEVE FICAR RIGIDAMENTE ANCORADA.**

*Exemplo: Tubulações que atravessam diques de contenção de tanques de armazenamento.*

**20 – Estações de serviço**

AS ESTAÇÕES DE SERVIÇO TEM POR FINALIDADE AUXILIAR A MANUTENÇÃO, A LIMPEZA E A EXTINÇÃO DE PRINCÍPIOS DE INCÊNDIO.

SÃO TOMADAS PARA VAPOR, ÁGUA E AR COMPRIMIDO COM ENGATE PARA MANGUEIRA

**TUBULAÇÕES SUBTERRÂNEAS**

**UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL:**

Linhas de esgoto (*pluvial, sanitário, industrial etc.*) que na maioria dos casos funcionam por gravidade.

Algumas linhas de água potável e de ar comprimido.

Tubulações de incêndio.

A MAIOR PARTE DAS TUBULAÇÕES SUBTERRÂNEAS É LANÇADA DIRETAMENTE NO SOLO, SEM SUPORTES OU FUNDAÇÕES.

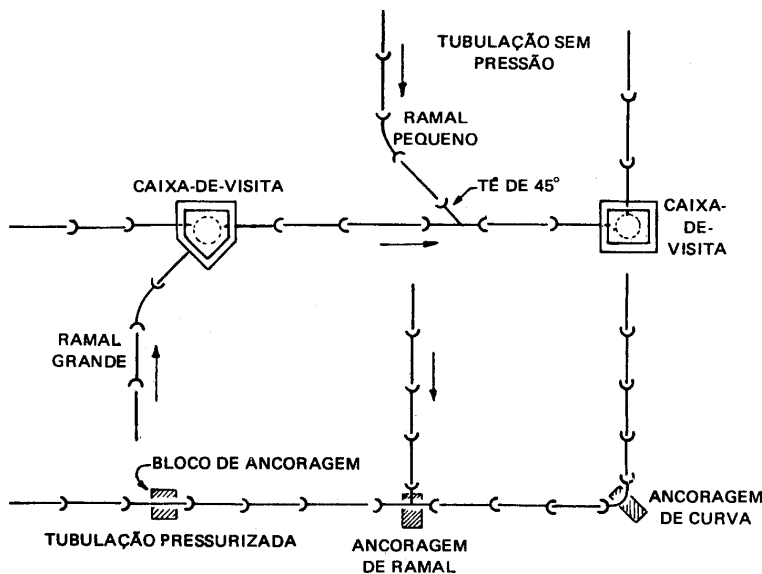
EM TERRENO ABERTO SEGUEM, EM GERAL,  
O CAMINHO MAIS CURTO ENTRE OS EXTREMOS.

PODE TER TRAÇADO RETO  
(sem flexibilidade)  
PELAS SEGUINTE RAZÕES:

A maioria das tubulações é de temperatura ambiente, e como a temperatura do solo é constante, as dilatações são desprezíveis.

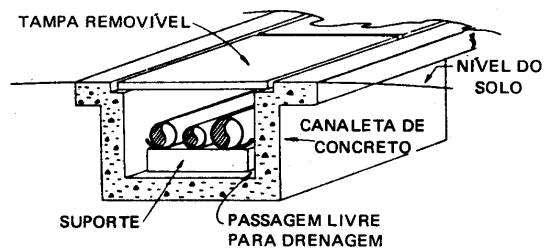
Mesmo quando a tubulação trabalha um pouco quente, o solo permite pequenos movimentos.

Em caso de dilatações maiores deve ser utilizado juntas de expansão ou ligações que permitam pequenos movimentos (*juntas "Dresser", ligações ponta e bolsa etc.*)



**NAS TUBULAÇÕES PRESSURIZADAS DEVE HAVER BLOCOS DE CONCRETO FAZENDO A ANCORAGEM NOS PONTOS DE MUDANÇA DE DIREÇÃO E NAS DERIVAÇÕES.**

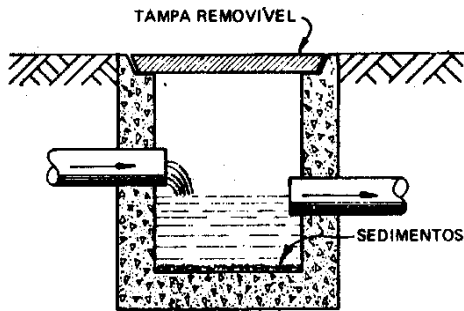
HAVENDO NECESSIDADE DE COLOCAR TUBULAÇÕES DE AÇO ABAIXO DO NÍVEL DO SOLO, DEVE SER UTILIZADO CANALETAS.  
(facilitar pintura, inspeção e manutenção)



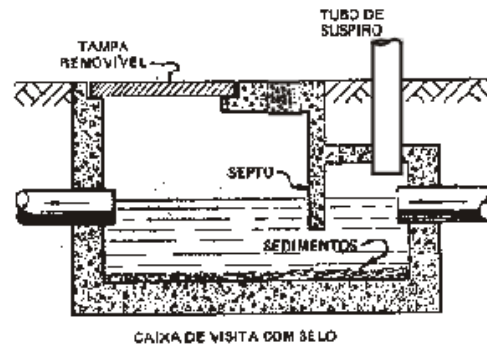
## TUBULAÇÕES DE ESGOTO

EM INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS OS SISTEMAS DE ESGOTO PLUVIAL, INDUSTRIAL E SANITÁRIO SÃO SEMPRE INDEPENDENTES E PROJETADOS DE MODO A NÃO PERMITIREM A CONTAMINAÇÃO RECÍPROCA.

AS TUBULAÇÕES DE ESGOTO SEMPRE CARREGAM CERTA QUANTIDADE DE SÓLIDOS E, ASSIM SENDO, DEVEM TER EM DETERMINADOS PONTOS CAIXAS DE DECANTAÇÃO DENOMINADAS "CAIXAS-DE-VISITA"



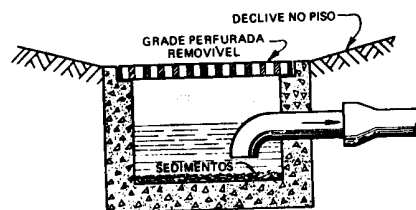
UTILIZADA QUANDO HOUVER PRESENÇA DE GASES INFLAMÁVEIS, EXPLOSIVOS OU TÓXICOS



PONTOS ONDE DEVE HAVER CAIXA-DE-VISITA

- Pontos de derivações importantes.
- Pontos de mudança de direção.
- Todos os pontos de mudança de elevação.
- Todos os pontos extremos.
- Em determinados pontos ao longo de trechos retos e compridos

NOS SISTEMAS DE ESGOTO PLUVIAL E EM ALGUNS ESGOTOS INDUSTRIAIS EM QUE OS LÍQUIDOS SÃO COLETADOS NO PISO, UTILIZA-SE CAIXAS DE COLETA.



## AULA 6

*Referente aos Capítulos 9 e 10 do Livro Texto*

**VÃOS ENTRE SUPORTES DE TUBULAÇÃO****Vãos básicos máximos para tubulações dentro dos limites de unidades de processo**

Margem para corrosão adotada: 1,3 mm

Flecha máxima no meio do vão: 6 mm

Diâmetro nominal (pol.)	Espessura (vide nota 3) (série ou pol.)	Tubulações sem isolamento térmico	Tubulações com isolamento térmico					
			Limites de temperatura (°C)					
			até 200		até 300		até 400	
			isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)
½	80	3,2	25	2,7	25	2,7	25	2,5
	160	3,2		2,8		2,8		2,6
¾	80	3,5	63	2,4	63	2,2	63	1,9
	160	3,5		2,7		2,5		2,2
1	80	3,9	63	3,1	63	2,8	63	2,5
	160	4,0		3,2		3,1		2,7
1 ½	80	4,7	63	3,9	63	3,8	63	3,3
	160	4,8		4,1		4,0		3,7
2	40	5,0	51	4,3	63	3,9	63	3,4
	80	5,2		4,6		4,4		3,9
3	40	6,1	51	5,6	63	5,4	63	4,8
	80	6,3		5,8		5,7		5,3
4	40	6,9	51	6,3	63	6,1	63	5,5
	80	7,1		6,7		6,5		6,2
6	40	8,2	51	7,7	63	7,5	76	6,6
	80	8,6		8,2		8,0		7,5
8	20	8,8	51	8,3	76	7,9	89	6,7
	40	9,2		8,8		8,5		7,4
10	20	9,5	63	9,0	89	8,2	102	7,0
	40	10,2		9,7		9,4		8,2
12	0,250	10,0	63	9,5	89	8,6	102	7,4
	0,500	11,4		10,9		10,6		9,7
14	0,250	10,3	63	9,8	89	8,8	102	7,5
	0,500	11,8		11,3		11,1		10,0
16	0,250	10,6	63	10,0	102	8,9	102	7,7
	0,500	12,4		11,9		11,6		10,4
18	0,250	10,8	63	10,2	102	9,1	102	7,9
	0,500	12,9		12,4		12,1		10,7
20	0,250	10,9	63	10,4	102	9,3	114	8,0
	0,500	13,4		12,9		12,6		10,9
24	0,250	11,1	63	10,7	102	9,6	114	8,3
	0,375	13,5		13,0		11,7		10,1
	0,500	14,3		13,8		13,2		11,4
30	0,250	11,3	63	10,9	114	9,8	126	8,5
	0,375	13,9		13,5		12,1		10,5
	0,500	15,3		14,9		13,8		11,9

## Notas:

- Os vãos básicos destas tabelas são os valores máximos para tubos horizontais, retos, e sem acidentes. Para tubulações com curvas em balanço, no plano horizontal, ou no plano vertical, os vãos básicos devem ser multiplicados pelos fatores de redução dados nos Gráficos 36.
- Os vãos básicos foram calculados para tubos de aço-carbono API-5L Gr. B, ou outros materiais de resistência equivalente, sem considerar nenhuma sobrecarga no vão entre suportes.
- Os mesmos vãos podem ser adotados para tubos de maior espessura.
- Os vãos destas tabelas não se aplicam para tubulações com fluidos mais pesados do que a água ou sujeitos a vibrações ou outros esforços mecânicos violentos.

Transcrito da norma PETROBRÁS N-46 (reproduzido com permissão)

## ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 109)

Folha 1 de 9

**VÃOS ENTRE SUPORTES DE TUBULAÇÃO****Vãos básicos máximos para tubulações dentro dos limites de unidades de processo**

Margem para corrosão adotada: 3,2 mm

Flecha máxima no meio do vão: 6 mm

VEJA AS NOTAS DA FOLHA 1 DO ANEXO 1 - (Referente à página 109 do Livro de Tabelas)

Diâmetro nominal (pol.)	Espessura (Vide nota 3) (série ou pol.)	Tubulações sem isolamento térmico	Tubulações com isolamento térmico					
			Limites de temperatura (°C)					
			até 200		até 300		até 400	
			isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)
½	160	3,0	25	2,5	25	2,4	25	2,1
	XXS	3,2		2,8		2,8		2,6
¾	80	2,5	63	1,0	63	0,9	63	0,8
	160	3,5		2,2		2,1		1,8
1	80	3,5	63	2,0	63	1,8	63	1,6
	160	3,9		3,0		2,7		2,4
1 ½	80	4,3	63	3,1	63	2,8	63	2,5
	160	4,7		3,9		3,8		3,3
2	80	4,8	51	4,1	63	3,6	63	3,1
	160	5,3		4,7		4,5		4,1
3	40	5,5	51	4,8	63	4,2	63	3,7
	80	6,1		5,5		5,4		4,8
4	40	6,3	51	5,7	63	5,1	63	4,5
	80	6,9		6,4		6,2		5,6
6	40	7,6	51	7,1	63	6,7	76	5,6
	80	8,4		7,9		7,8		7,1
8	20	7,9	51	7,2	76	6,4	89	5,4
	80	9,5		9,1		8,9		8,1
10	20	8,1	63	7,4	89	6,5	102	5,6
	80	10,4		9,9		9,6		8,6
12	0,375	10,4	63	9,9	89	9,2	102	7,9
	0,500	11,1		10,6		10,3		9,1
14	0,375	10,7	63	10,2	89	9,4	102	8,1
	0,500	11,4		11,0		10,7		9,4
16	0,375	11,2	63	10,7	102	9,6	102	8,3
	0,500	12,0		11,5		11,2		9,7
18	0,375	11,6	63	11,1	102	9,8	102	8,5
	0,500	12,5		12,0		11,5		10,0
20	0,375	11,7	63	11,2	102	10,8	114	8,6
	0,500	12,9		12,5		11,8		10,2
24	0,250	8,6	63	8,2	102	7,4	114	6,4
	0,375	12,0		11,5		10,4		8,9
	0,500	13,7		13,3		12,3		10,6
30	0,250	8,7	63	8,4	114	7,5	126	6,5
	0,375	12,2		11,8		10,7		9,2
	0,500	14,5		14,1		12,7		11,0

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 110)

Folha 2 de 9



**VÃOS ENTRE SUPORTES DE TUBULAÇÃO****Vãos básicos máximos para tubulações fora dos limites de unidades de processo**

Margem para corrosão adotada: 1,3 mm

Flecha máxima no meio do vão: 25 mm

VEJA AS NOTAS DA FOLHA 1 DO ANEXO 1 - (Referente à página 109 do Livro de Tabelas)

Diâmetro nominal (pol.)	Espessura (vide nota 3) (série ou pol.)	Tubulações sem isolamento térmico	Tubulações com isolamento térmico					
			Limites de temperatura (°C)					
			até 200		até 300		até 400	
			isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)
½	80	4,0						
	160	4,0	25	3,15	25	2,8	25	2,5
¾	80	4,4	63	2,4	63	2,2	63	1,9
	160	4,5		2,7		2,5		2,2
1	80	5,0	63	3,1	63	2,8	63	2,5
	160	5,0		3,4		3,1		2,7
1 ½	80	5,8	63	4,1	63	3,8	63	3,3
	160	6,0		4,5		4,2		3,7
2	40	5,9	51	4,5	63	3,9	63	3,4
	80	6,5		5,2		4,5		3,9
3	40	7,3	51	6,2	63	5,5	63	4,8
	80	7,9		6,9		6,1		5,3
4	40	8,1	51	7,1	63	6,3	63	5,5
	80	8,8		7,9		7,1		6,2
6	40	9,5	51	8,6	63	7,8	76	6,6
	80	10,5		9,8		8,9		7,5
8	20	9,6	51	8,9	76	7,9	89	6,7
	40	10,5		9,8		8,8		7,4
10	20	10,0	63	9,3	89	8,2	102	7,0
	40	11,6		10,8		9,6		8,2
12	0,250	10,3	63	9,6	89	8,6	102	7,4
	0,500	13,2		12,5		11,3		9,7
14	0,250	10,5	63	9,8	89	8,8	102	7,5
	0,500	13,5		12,9		11,6		10,0
16	0,250	10,6	63	10,0	102	8,9	102	7,7
	0,500	14,0		13,4		12,0		10,4
18	0,250	10,8	63	10,2	102	9,1	102	7,9
	0,500	14,3		13,8		12,4		10,7
20	0,250	10,9	63	10,4	102	9,3	114	8,0
	0,500	14,7		14,1		12,7		10,9
24	0,250	11,1		10,7		9,6		8,3
	0,375	13,5	63	13,0	102	11,7	114	10,1
	0,500	15,2		14,7		13,2		11,4
30	0,250	11,3		10,9		9,8		8,5
	0,375	13,9	63	13,5	114	12,1	126	10,5
	0,500	15,7		15,3		13,8		11,9

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 111)

Folha 3 de 9

**VÃOS ENTRE SUPORTES DE TUBULAÇÃO****Vãos básicos máximos para tubulações fora dos limites de unidades de processo**

Margem para corrosão adotada: 3,2 mm

Flecha máxima no meio do vão: 25 mm

VEJA AS NOTAS DA FOLHA 1 DO ANEXO 1 - (Referente à página 109 do Livro de Tabelas)

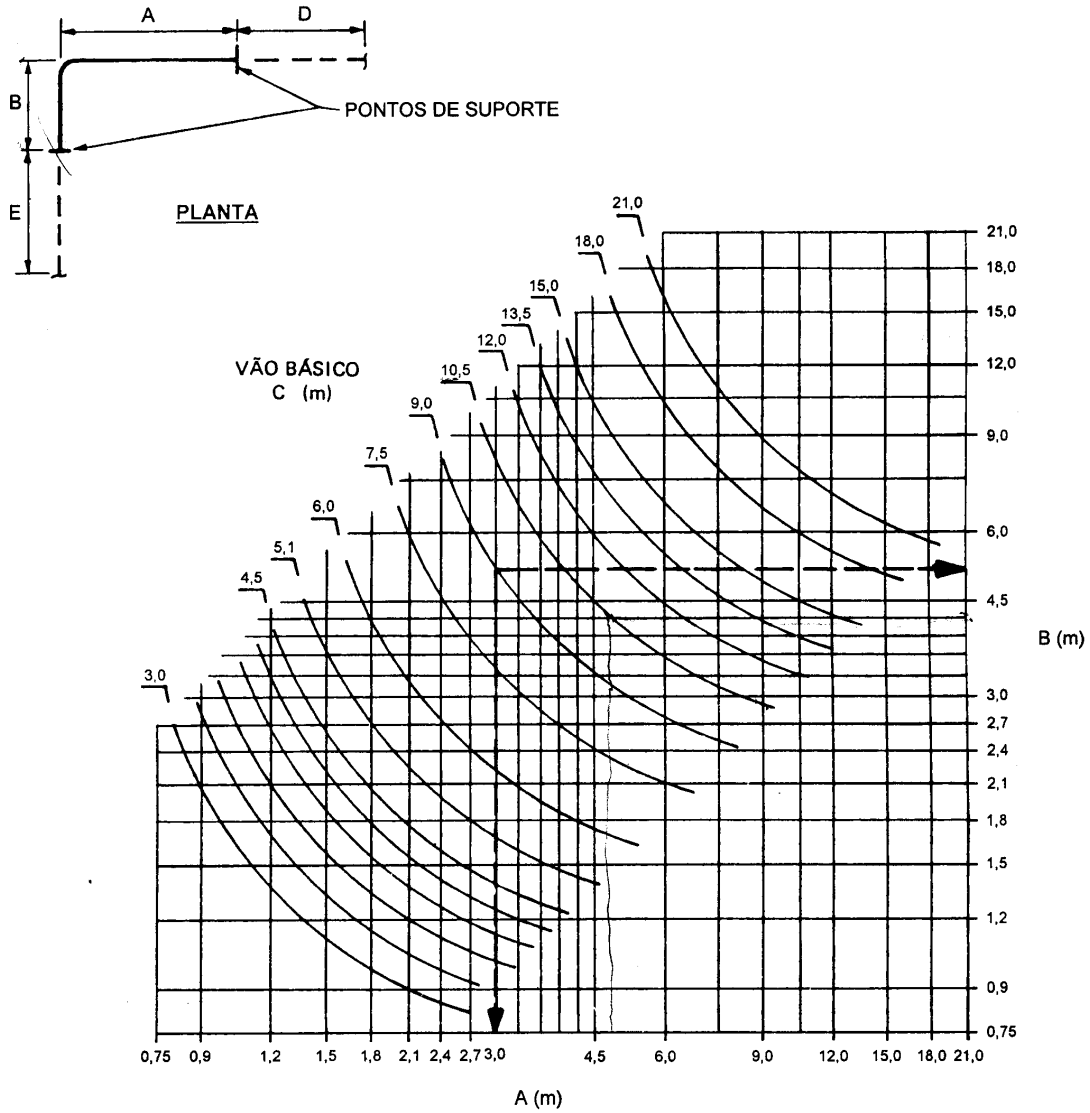
Diâmetro nominal (pol.)	Espessura (vide nota 3) (série ou pol.)	Tubulações sem isolamento térmico	Tubulações com isolamento térmico					
			Limites de temperatura (°C)					
			até 200		até 300		até 400	
			isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)
½	160	3,7	25	2,6	25	2,4	25	2,1
	XXS	4,0		3,3		3,0		2,6
¾	80	2,5	63	1,0	63	0,9	63	0,8
	160	4,3		2,2		2,1		1,8
1	80	4,0	63	2,0	63	1,8	63	1,6
	160	4,9		3,0		2,7		2,4
1 ½	80	4,9	63	3,1	63	2,8	63	2,5
	160	5,8		4,1		3,8		3,3
2	80	5,6	51	4,2	63	3,6	63	3,1
	160	6,6		5,4		4,7		4,1
3	40	6,0	51	4,8	63	4,2	63	3,7
	80	7,3		6,2		5,5		4,8
4	40	6,8	51	5,8	63	5,1	63	4,5
	80	8,2		7,3		6,5		5,6
6	40	8,2	51	7,4	63	6,7	76	5,6
	80	10,0		9,3		8,4		7,1
8	20	7,9	51	7,2	76	6,4	89	5,4
	80	11,3		10,6		9,5		8,1
10	20	8,1	63	7,4	89	6,5	102	5,6
	80	12,0		11,2		10,1		8,6
12	0,375	11,0	63	10,3	89	9,2	102	7,9
	0,500	12,5		11,8		10,6		9,1
14	0,375	11,2	63	10,5	89	9,4	102	8,1
	0,500	12,8		12,1		10,9		9,4
16	0,375	11,4	63	10,8	102	9,6	102	8,3
	0,500	13,1		12,5		11,2		9,7
18	0,375	11,6	63	11,0	102	9,8	102	8,5
	0,500	13,4		12,8		11,5		10,0
20	0,375	11,7	63	11,2	102	10,0	114	8,6
	0,500	13,7		13,1		11,8		10,2
24	0,250	8,6	63	8,2	102	7,4	114	6,4
	0,375	12,0		11,5		10,4		8,9
	0,500	14,1		13,6		12,3		10,6
30	0,250	8,7	63	8,4	114	7,5	126	6,5
	0,375	12,2		11,8		10,7		9,2
	0,500	14,5		14,1		12,7		11,0

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 112)

Folha 4 de 9

36. VÃOS ENTRE SUPORTES PARA CURVAS EM BALANÇO

a) Vãos para uma curva de 90° no plano horizontal  
(veja Notas abaixo)



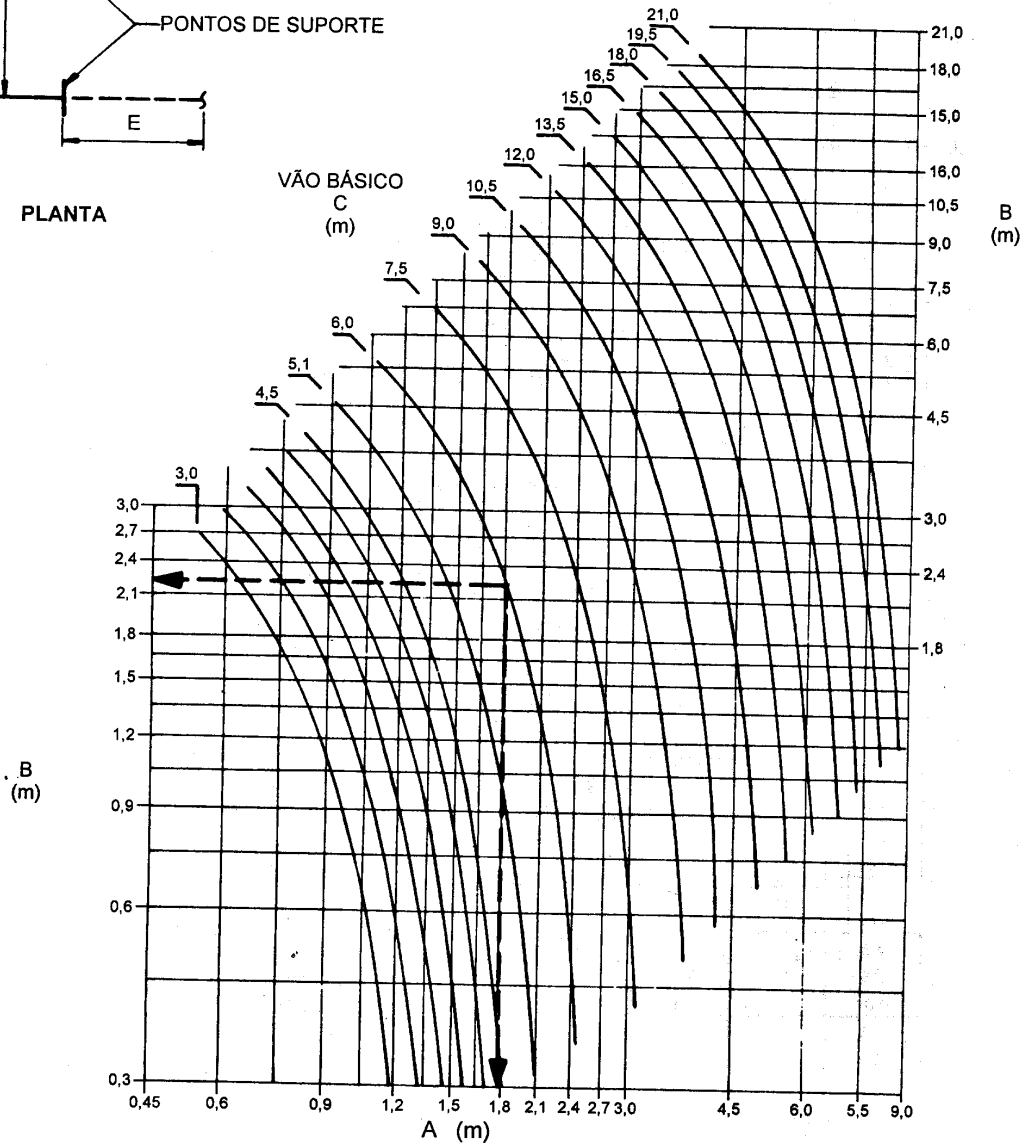
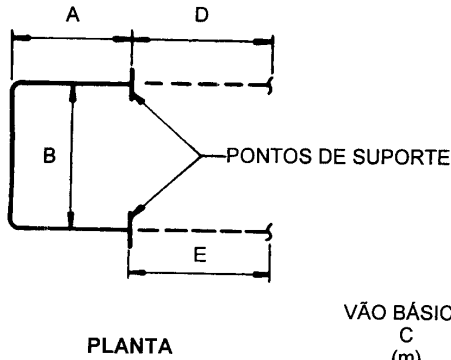
- Notas:
1. O valor do vão máximo "B" será determinado em função do valor de "A" e do vão básico "C", ou vice-versa.
  2. Para o valor do vão básico "C" veja Tabela 35.
  3. A soma das dimensões "D" e "E" deverá ser no mínimo 90% do vão básico "C".

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 113)

Folha 5 de 9

36. VÃOS ENTRE SUPORTES PARA CURVAS EM BALANÇO

b) Vãos para duas curvas de 90° no plano horizontal  
(veja Notas abaixo)



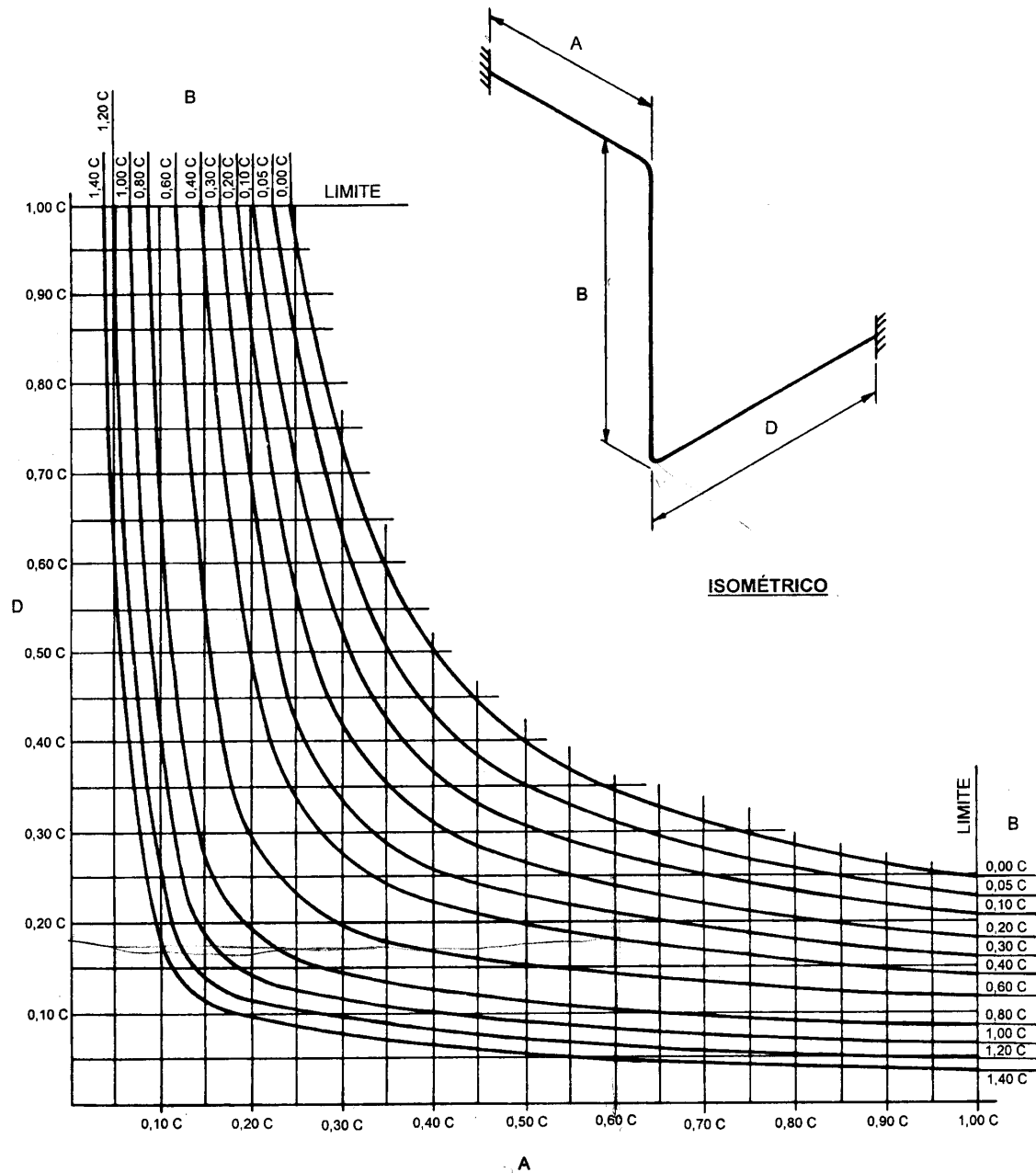
- Notas:
1. O valor do vão máximo "B" será determinado em função do valor de "A" e do vão básico "C", ou vice-versa.
  2. Para o valor do vão básico "C" veja Tabela 35.
  3. A soma das dimensões "D" e "E" deverá ser no mínimo 90% do vão básico "C".

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 114)

Folha 6 de 9

36. VÃOS ENTRE SUPORTES PARA CURVAS EM BALANÇO

c) Vãos para duas curvas no plano vertical  
(veja Notas abaixo)



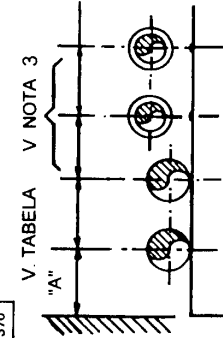
- Notas:
1. Pode-se determinar o valor máximo de qualquer dos lados "A", "B" ou "D", em função dos outros dois.
  2. Todos os valores estão dados como fração do vão básico "C". Para os valores de "C" veja Tabela 35.

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 115)

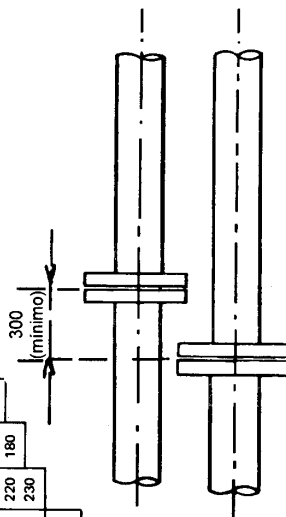
Folha 7 de 9

**37. DISTÂNCIAS ENTRE TUBOS PARALELOS**  
a) Distâncias em milímetros

Classe de pressão dos flanges ↑ Diam. nom. ↓	600 #										300 # e 400 #										150 #											
	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1 1/2	1	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1 1/2	1	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1 1/2
150 #	400	360	330	310	280	230	190	150	130	120	370	350	310	270	240	210	180	150	130	120	350	320	290	260	220	190	170	140	130	120	100	
1 1/2	400	360	330	310	270	230	190	140	130	120	380	350	320	280	240	220	180	170	140	130	360	320	290	260	230	190	170	150	130	120	120	
2	410	370	350	320	270	240	210	170	140	130	380	360	320	280	260	220	190	170	140	130	360	330	310	270	230	210	180	150	140	130	120	
3	420	380	360	330	280	260	220	180	150	140	400	380	330	290	270	230	210	180	150	140	370	350	320	280	240	220	190	170	150	140	130	120
4	440	400	370	350	290	270	230	190	180	170	410	380	350	310	280	240	220	190	180	170	380	360	330	290	260	230	210	190	170	160	150	140
600 #	460	420	400	370	330	290	260	220	210	190	450	410	380	350	310	280	240	220	210	190	420	380	360	320	290	260	230	210	190	180	170	160
1 1/2	480	450	420	400	360	320	280	240	230	220	470	440	410	370	330	310	270	240	230	220	440	400	380	340	310	280	250	230	210	200	190	180
2	490	470	450	420	380	350	310	280	270	260	500	460	440	400	360	330	290	280	270	260	470	430	410	370	340	310	280	260	240	230	220	210
3	500	470	450	410	370	330	320	310	290	280	520	480	460	420	380	360	320	310	290	280	490	450	430	390	360	330	300	280	260	250	240	230
4	550	510	490	460	420	380	360	350	330	320	540	500	470	440	410	380	360	350	330	320	510	470	450	410	380	350	320	300	280	270	260	250
150 #	580	540	510	490	450	410	380	370	360	350	560	520	500	470	440	410	380	360	350	340	530	490	470	430	400	370	340	320	310	300	290	280
300 # e 400 #	400	360	330	310	260	230	190	150	130	120	370	350	310	270	240	210	180	150	130	120	350	320	290	260	220	190	170	140	130	120	100	
1 1/2	400	360	330	310	270	230	190	140	130	120	380	350	320	280	240	220	180	170	140	130	360	320	290	260	230	190	170	150	130	120	120	
2	410	370	350	320	270	240	210	170	140	130	380	360	320	280	260	220	190	170	140	130	360	330	310	270	230	210	180	150	140	130	120	
3	420	380	360	330	280	260	220	180	170	160	400	370	330	290	270	230	210	180	150	140	370	350	320	280	240	220	190	170	150	140	130	120
4	440	400	370	350	290	270	230	210	190	180	410	380	350	310	280	240	220	190	180	170	380	360	330	290	260	230	210	190	170	160	150	140
600 #	460	420	400	370	330	290	260	220	220	210	450	410	380	350	310	280	240	220	210	190	420	380	360	320	290	260	230	210	190	180	170	160
1 1/2	480	450	420	400	360	320	280	240	230	220	470	440	410	370	330	310	270	240	230	220	440	400	380	340	310	280	250	230	210	200	190	180
2	490	470	450	420	380	350	310	280	270	260	500	460	440	400	360	330	290	280	270	260	470	430	410	370	340	310	280	260	240	230	220	210
3	500	470	450	410	370	330	320	310	290	280	520	480	460	420	380	360	320	310	290	280	490	450	430	390	360	330	300	280	260	250	240	230
4	550	510	490	460	420	380	360	350	330	320	540	500	470	440	410	380	360	350	330	320	510	470	450	410	380	350	320	300	280	270	260	250



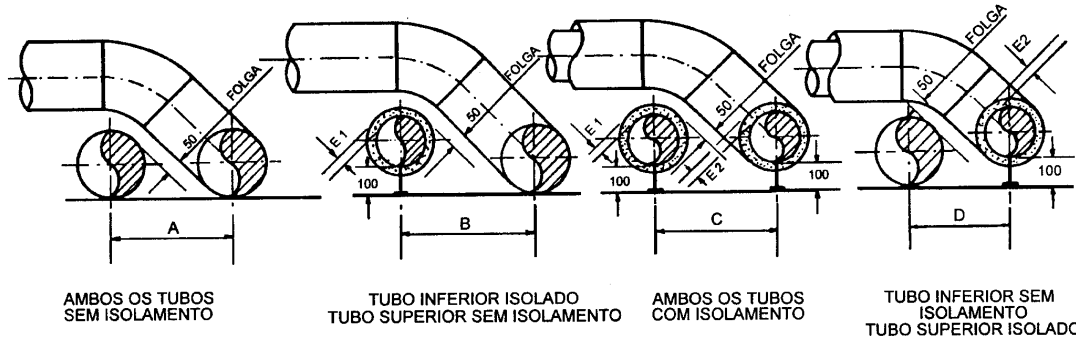
- Notas:
- As distâncias da tabela referem-se a tubulações dentro de unidades de processo. Para as tubulações fora de unidades de processo as distâncias devem ser aumentadas de 50 a 70 mm, porque em geral essas tubulações estão sujeitas a maiores movimentos laterais.
  - As distâncias da tabela aplicam-se somente quando os flanges em tubos vizinhos estiverem defasados. A defasagem entre os flanges deve ser de no mínimo 300mm.
  - Quando um ou ambos os tubos tiverem isolamento térmico as distâncias devem ser aumentadas da espessura do isolamento.
  - A distância "A" e a distância mínima até a extremidade do suporte ou a qualquer obstáculo. Para os casos em que houver cruzamentos a 45° veja Tabela 37 b.



Diam. nom.	1	1 1/2	2	3	4	6	8	10	12	14	16
Distância "A" (mm)	150	150	150	150	180	200	230	250	300	330	350

**37. DISTÂNCIAS ENTRE TUBOS PARALELOS**

b) Distâncias mínimas para permitir cruzamento a 45°  
(veja Notas abaixo)



DIÂMETRO NOMINAL (pol.)		DISTÂNCIAS "A" (mm)														
		TUBO SUPERIOR														
		1"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"
TUBO INFERIOR	1"	118	121	124	126	130	135	146	155	168	178	185	195	206	217	238
	1 ½"	136	139	142	144	148	153	164	175	186	196	203	214	224	235	256
	2"	151	154	156	159	162	168	179	189	200	211	218	228	239	249	270
	2 ½"	166	169	172	174	178	183	194	205	216	226	233	243	254	264	286
	3"	185	188	191	194	197	202	213	224	235	245	252	263	273	284	305
	4"	216	219	222	224	227	233	244	254	266	276	283	293	304	314	335
	6"	281	284	287	289	293	298	309	320	331	341	348	358	369	379	400
	8"	342	346	348	351	354	358	370	381	392	403	409	420	430	441	462
	10"	407	411	413	416	419	424	436	446	457	468	474	485	495	506	527
	12"	469	472	475	478	480	486	497	507	519	529	536	546	557	567	589
	14"	509	510	513	515	519	524	535	546	557	567	574	585	595	606	627
	16"	568	573	574	577	580	585	597	607	618	629	635	646	656	667	688
18"	630	633	635	638	641	647	658	668	680	690	697	708	718	728	749	
20"	691	694	697	699	703	708	719	730	741	751	758	768	779	790	811	
24"	814	817	819	822	825	831	842	852	864	874	882	897	902	912	933	

DISTÂNCIA "B":  $B = A + 100 + E1\sqrt{2}$

DISTÂNCIA "C":  $C = A + (E1 + E2)\sqrt{2}$

DISTÂNCIA "D":  $D = A - 100 + E2\sqrt{2}$

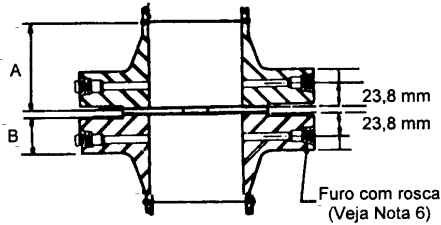
E1, E2: ESPESSURAS DOS ISOLAMENTOS TÉRMICOS (mm)

- Notas: 1. As distâncias "A" foram calculadas para uma folga de 50 mm entre os tubos. Caso seja necessário uma folga maior, as distâncias devem ser aumentadas de acordo.  
2. Quando a distância dada por esta tabela for menor do que a distância mínima entre tubos paralelos da Tabela 37 a), essa última deverá prevalecer.

**ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 117)**

40. FLANGES PARA PLACA DE ORIFÍCIO

40.1. Dimensões



- Notas:
1. Não existe uma normalização dimensional para esses flanges, variando ligeiramente as dimensões de um fabricante para outro.
  2. A dimensão A inclui a altura do ressalto (veja Tabela 38).
  3. As dimensões desses flanges, não mostradas na tabela abaixo (diâmetro externo, diâmetro do círculo de furação, número de furos, etc.), são as mesmas dos flanges forjados normalizados, de acordo com a Tabela 38.
  4. Par materiais e pressões admissíveis veja Gráficos 39.
  5. Não se fabricam esses flanges na classe 150#.
  6. Os furos rosqueados têm os seguintes diâmetros:  
Classes 300# 400# e 600#: 1/2", rosca NPT  
Classes 900# e 1.500#: 3/4", rosca NPT

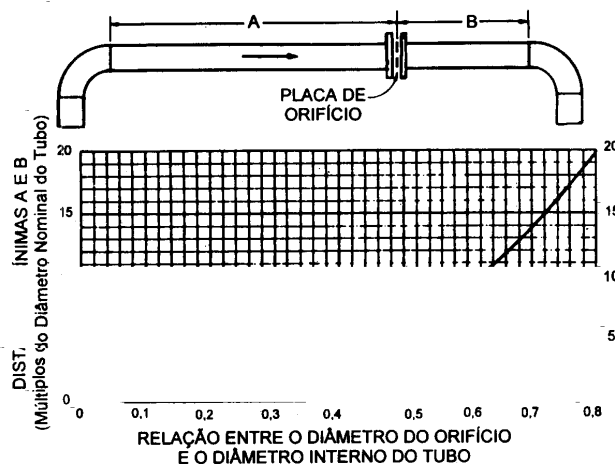
Classe de pressão do flange	Diâmetro nominal (pol.)	Dimensões (mm)				Classe de pressão do flange	Diâmetro nominal (pol.)	Dimensões (mm)				Classe de pressão do flange	Diâmetro nominal (pol.)	Dimensões (mm)							
		Face com ressalto		Face para junta de anel				Face com ressalto		Face para junta de anel				Face com ressalto		Face para junta de anel					
		A	B	A	B			A	B	A	B			A	B	A	B				
300#	1	88,9	38,1	82,5	38,0	400#	4 a 24	Mesmas dimensões do flange de pescoço (veja Tabela 38)				900#	3 a 24	Mesmas dimensões do flange de pescoço (veja Tabela 38)							
	1 1/4	90,5	38,1	84,1	38,0			600#	1	88,9	38,1			82,5	38,0	1.500#	1	79,4	34,9	82,5	38,0
	1 1/2	92,1	38,1	85,7	38,0				1 1/4	90,5	38,1			84,1	38,0		1 1/2	79,4	34,9	82,5	38,0
	2	92,1	38,1	87,3	39,6				1 1/2	92,1	38,1			85,7	38,0		1 1/2	88,9	34,9	88,8	38,0
	2 1/2	95,2	38,1	90,4	39,6				2	92,1	38,1			87,3	39,6		2 a 24	Mesmas dimensões do flange de pescoço (veja Tabela 38)			
	3	95,2	38,1	90,4	39,6				2 1/2	95,2	38,1			90,4	39,6						
	4	98,4	38,1	93,6	39,6				3	95,2	38,1			90,4	39,6						
	6	106,4	38,1	106,3	44,4			Mesmas dimensões do flange de pescoço (veja Tabela 38)													
8 a 24	Mesmas dimensões do flange de pescoço (veja Tabela 38)				Mesmas dimensões do flange de pescoço (veja Tabela 38)																

40.2. Recomendações de Instalação

Distâncias mínimas necessárias de tubo reto antes e depois dos flanges para placa de orifício. Esses dados foram tirados da publicação "Onifice Metering of Natural Gas", da "American Gas Association", transcritos com permissão da "American Gas Association".

- Notas:
1. As distâncias mínimas de tubo reto (A, B, C, A', C') estão expressas nos gráficos a seguir em múltiplos do diâmetro nominal do tubo.
  2. Quando as tomadas de pressão são no próprio tubo (e não nos flanges), as distâncias A, A' e C devem ser aumentadas de 2 diâmetros do tubo, e a distância B de 8 diâmetros do tubo.

a) Flanges situados entre dois joelhos no mesmo plano



ANEXO 2 – Livro de Tabelas (pág. 127)

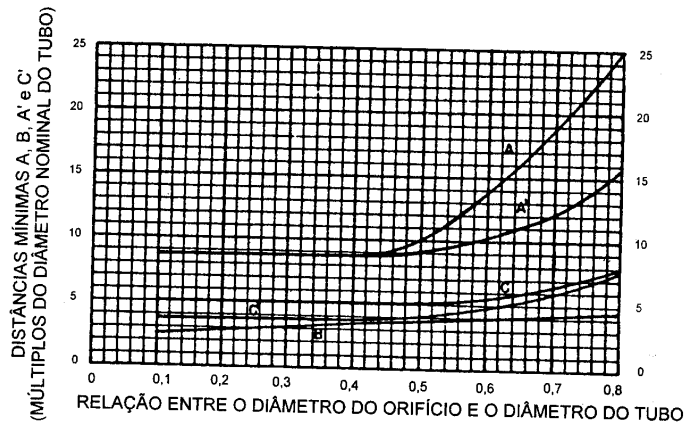
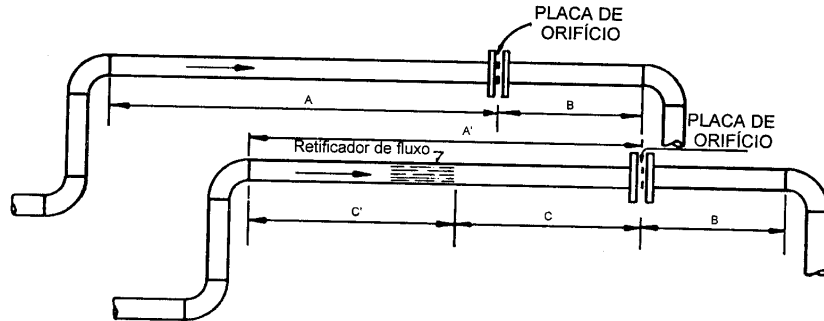
Folha 1 de 2



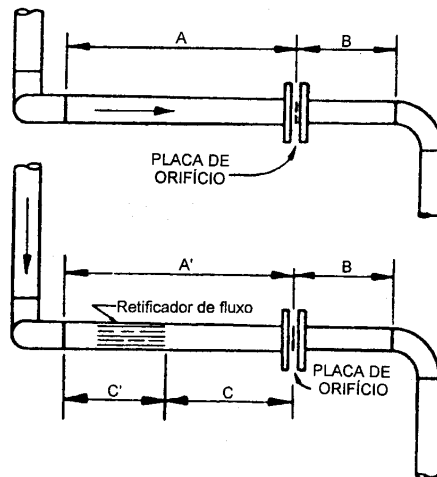
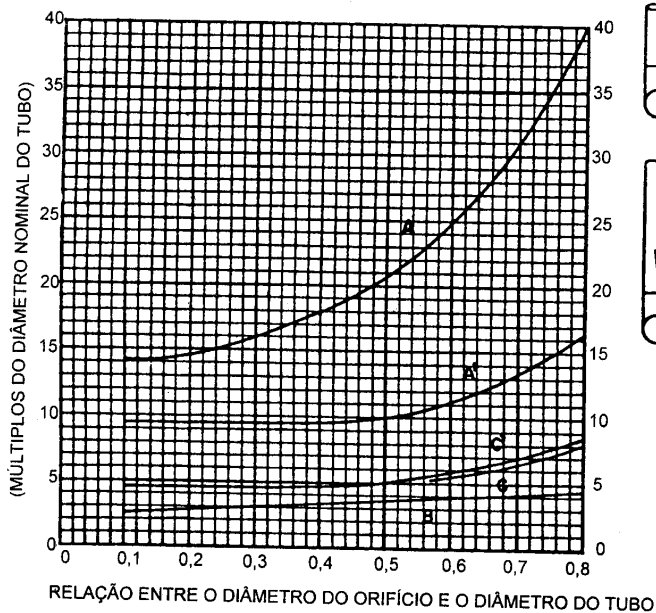
40. FLANGES PARA PLACA DE ORIFÍCIO

40.2. Recomendações de Instalação (continuação)

b) Flanges situados entre dois joelhos antes e um depois, todos no mesmo plano.



c) Flanges situados entre dois joelhos em planos ortogonais



ANEXO 2 – Livro de Tabelas (pág. 128)

Folha 2 de 2