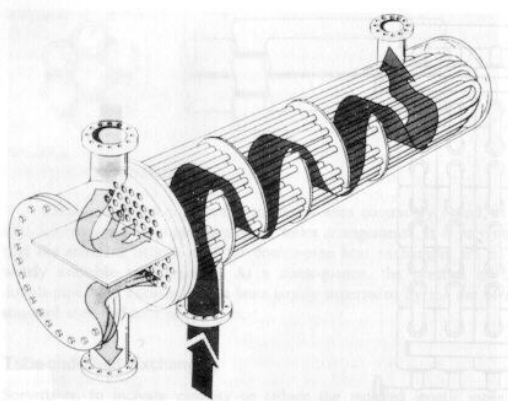
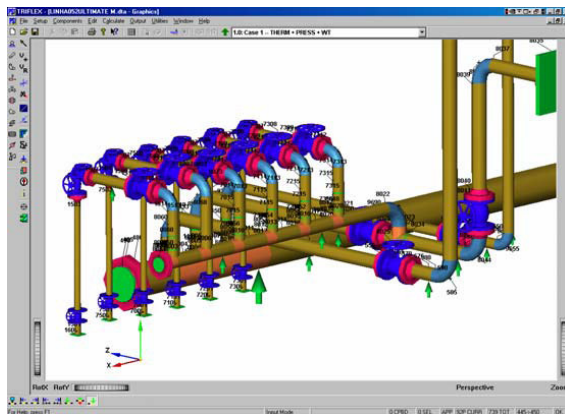


DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS I VOLUME III (TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS)



E
N
G^o
A
L
E
X
A
N
D
R
E
M
A
R
C
H
O
N
R
E
D
D
O



ÍNDICE:

1.0- TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS.....	PG.04
2.0- PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE TUBOS.....	PG.06
2.1- FABRICAÇÃO DE TUBOS POR LAMINAÇÃO.....	PG.06
2.2- FABRICAÇÃO DE TUBOS POR EXTRUSÃO.....	PG.08
2.3- FABRICAÇÃO DE TUBOS POR FUNDIÇÃO.....	PG.09
2.4- FABRICAÇÃO DE TUBOS COM COSTURA.....	PG.10
2.5- FABRICAÇÃO DE TUBOS SOLDADOS POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA.....	PG.11
3.0-PRINCIPAIS MATERIAIS PARA TUBOS.....	PG.13
3.1-OBSERVAÇÕES SOBRE A SELEÇÃO DE MATERIAIS.....	PG.15
3.2- TUBOS DE AÇO-CARBONO.....	PG.16
3.3- ESPECIFICAÇÕES PARA TUBOS DE AÇO-CARBONO.....	PG.18
3.4- AÇOS-LIGA E AÇOS INOXIDÁVEIS - CASOS GERAIS DE EMPREGO... ..	PG.22
4.0- DIÂMETROS COMERCIAIS DOS “TUBOS PARA CONDUÇÃO” DE AÇO.....	PG.25
4.1- EXTREMIDADES DE TUBOS DE CONDUÇÃO.....	PG.26
4.2- DADOS PARA ENCOMENDA OU REQUISIÇÃO DE TUBOS.....	PG.29
4.3- TUBOS DE FERRO FUNDIDO.....	PG.29
4.4- TUBOS DE METAIS NÃO-FERROSOS.....	PG.30
4.5- TUBOS NÃO-METÁLICOS.....	PG.32
5.0- MEIOS DE LIGAÇÃO DE TUBOS.....	PG.33
5.1- LIGAÇÕES ROSQUEADAS.....	PG.34
5.2- LIGAÇÕES SOLDADAS.....	PG.34
5.3 - LIGAÇÕES FLANGEADAS.....	PG.36
5.4 - LIGAÇÕES DE PONTA E BOLSA.....	PG.41
5.5 - OUTROS MEIOS DE LIGAÇÃO DE TUBOS.....	PG.41
5.6 -SISTEMAS DE LIGAÇÃO PARA TUBULAÇÕES DE AÇO.....	PG.43
6.0 - VÁLVULAS.....	PG.43
6.1 - CLASSIFICAÇÃO DAS VÁLVULAS.....	PG.43
6.2 - CONSTRUÇÃO DAS VÁLVULAS.....	PG.45
6.3 - VÁLVULAS DE GAVETA.....	PG.48
6.4 - VÁLVULAS DE MACHO.....	PG.50
6.5 - VÁLVULAS DE ESFERA.....	PG.51
6.6 - VÁLVULAS DE GLOBO.....	PG.52
6.7 - VÁLVULAS DE RETENÇÃO.....	PG.55
6.8 - VÁLVULAS DE SEGURANÇA E DE ALÍVIO.....	PG.58
6.9 - VENTOSAS.....	PG.59
6.10 - VÁLVULAS DE CONTROLE.....	PG.59
6.11 - VÁLVULAS DE BORBOLETA.....	PG.62
6.12 - VÁLVULAS DE DIAFRAGMA.....	PG.63
6.13 - VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO.....	PG.63
6.14 - SELEÇÃO E ENCOMENDA DE VÁLVULAS.....	PG.65
7.0 - ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO.....	PG.66
7.1 - CLASSIFICAÇÃO DOS ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO.....	PG.66
7.2 - ACESSÓRIOS PARA SOLDA DE TOPO.....	PG.67
7.3 - ACESSÓRIOS PARA SOLDA DE ENCAIXE.....	PG.67
7.4 - ACESSÓRIOS ROSQUEADOS.....	PG.68
7.5 - ACESSÓRIOS FLANGEADOS.....	PG.69
7.6 - ACESSÓRIOS DE LIGAÇÃO - NIPLE.....	PG.69
7.7 - OUTROS TIPOS DE ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO.....	PG.70



8.0 - PURGADORES DE VAPOR E FILTROS.....	PG.74
8.1 - PURGADORES DE VAPOR.....	PG.74
8.2 - FILTROS.....	PG.84
9.0 - SUPORTES DE TUBULAÇÃO.....	PG.85
9.1 - CARGAS QUE ATUAM SOBRE OS SUPORTES.....	PG.88
9.2 - SUPORTES FIXOS.....	PG.88
9.3 - CONTATO ENTRE OS TUBOS E OS SUPORTES.....	PG.91
9.4 - SUPORTES SEMIMÓVEIS.....	PG.92
9.5 - SUPORTES PARA TUBOS VERTICAIS.....	PG.92
9.6 - SUPORTES ESPECIAIS PARA TUBOS LEVES.....	PG.93
9.7 - SUPORTES MÓVEIS.....	PG.94
9.8 - SUPORTES QUE LIMITAM OS MOVIMENTOS DOS TUBOS.....	PG.97
10.0 - MONTAGEM E TESTES DE TUBULAÇÕES.....	PG.100
10.1 - MONTAGEM DE TUBULAÇÕES.....	PG.100
10.2 - LIMPEZA DAS TUBULAÇÕES.....	PG.103
10.3 - TESTE DE PRESSÃO EM TUBULAÇÕES.....	PG.103
11.0 - DESENHO DE TUBULAÇÕES.....	PG.105
11.1 - IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES.....	PG.105
11.2 - FLUXOGRAMAS.....	PG.108
11.3 - PLANTAS DE TUBULAÇÃO.....	PG.115
11.4 - DESENHOS ISOMÉTRICOS.....	PG.118
11.5 - OUTROS DESENHOS DE TUBULAÇÃO.....	PG.120
12.0 - DIMENSIONAMENTO DE TUBULAÇÕES.....	PG.123
12.1 - CÁLCULO DO DIÂMETRO DAS TUBULAÇÕES.....	PG.122
12.2 - CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAREDE DO TUBO.....	PG.138
12.3 - CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAREDE DE ACORDO COM A NORMA ANSI/ASME B.31.....	PG.140
13.0 - BIBLIOGRAFIA.....	PG.143



1.0- TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS

TUBOS SÃO CONDUTOS FECHADOS, DESTINADOS PRINCIPALMENTE AO TRANSPORTE DE FLUIDOS. TODOS OS TUBOS SÃO DE SEÇÃO CIRCULAR, APRESENTANDO-SE COMO CILINDROS OCOS. A GRANDE MAIORIA DOS TUBOS FUNCIONA COMO CONDUTOS FORÇADOS, ISTO É, SEM SUPERFÍCIE LIVRE, COM O FLUIDO TOMANDO TODA A ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL. FAZEM EXCEÇÃO APENAS AS TUBULAÇÕES DE ESGOTO, E ÀS VEZES DE ÁGUA, QUE TRABALHAM COM SUPERFÍCIE LIVRE, COMO CANAIS.

CHAMA-SE DE “TUBULAÇÃO” A UM CONJUNTO DE TUBOS E DE SEUS ACESSÓRIOS.

AS TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS, DE UMA FORMA GERAL, SÃO COMPOSTAS PELO CONJUNTO DE TUBOS E SEUS ACESSÓRIOS, COMO POR EXEMPLO, AS VÁLVULAS INDUSTRIAIS, QUE SÃO DISPOSITIVOS DESTINADOS A ESTABELECEER, CONTROLAR E INTERROMPER O FLUXO EM UMA TUBULAÇÃO.

A NECESSIDADE DA EXISTÊNCIA DOS TUBOS DECORRE PRINCIPALMENTE DO FATO DO PONTO DE GERAÇÃO OU DE ARMAZENAGEM DOS FLUIDOS ESTAR, EM GERAL, DISTANTE DO SEU PONTO DE UTILIZAÇÃO.

USAM-SE TUBOS PARA O TRANSPORTE DE TODOS OS MATERIAIS CAPAZES DE ESCOAR, ISTO É, TODOS OS FLUIDOS CONHECIDOS, LÍQUIDOS OU GASOSOS, ASSIM COMO MATERIAIS PASTOSOS E FLUIDOS COM SÓLIDOS EM SUSPENSÃO, TODOS EM TODA FAIXA DE VARIAÇÃO DE PRESSÕES E TEMPERATURAS USUAIS NA INDÚSTRIA: DESDE O VÁCUO ABSOLUTO ATÉ CERCA DE 600 MPa ($\sim 60 \text{ Kg/mm}^2$), E DESDE PRÓXIMO DO ZERO ABSOLUTO ATÉ AS TEMPERATURAS DOS METAIS EM FUSÃO.

APLICAÇÕES:

- DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR PARA FORÇA E/OU PARA AQUECIMENTO;
- DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL OU DE PROCESSOS INDUSTRIAIS;
- DISTRIBUIÇÃO DE ÓLEOS COMBUSTÍVEIS OU LUBRIFICANTES;
- DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO;
- DISTRIBUIÇÃO DE GASES E/OU LÍQUIDOS INDUSTRIAIS.

CUSTO:

EM INDÚSTRIAS DE PROCESSAMENTO, INDÚSTRIAS QUÍMICAS, REFINARIAS DE PETRÓLEO, INDÚSTRIAS PETROQUÍMICAS, BOA PARTE DAS INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS E FARMACÊUTICAS, O CUSTO DAS TUBULAÇÕES PODE REPRESENTAR, EM MÉDIA, 50 A 70% DO CUSTO DOS EQUIPAMENTOS OU 15 A 25% DO CUSTO TOTAL DA INSTALAÇÃO.

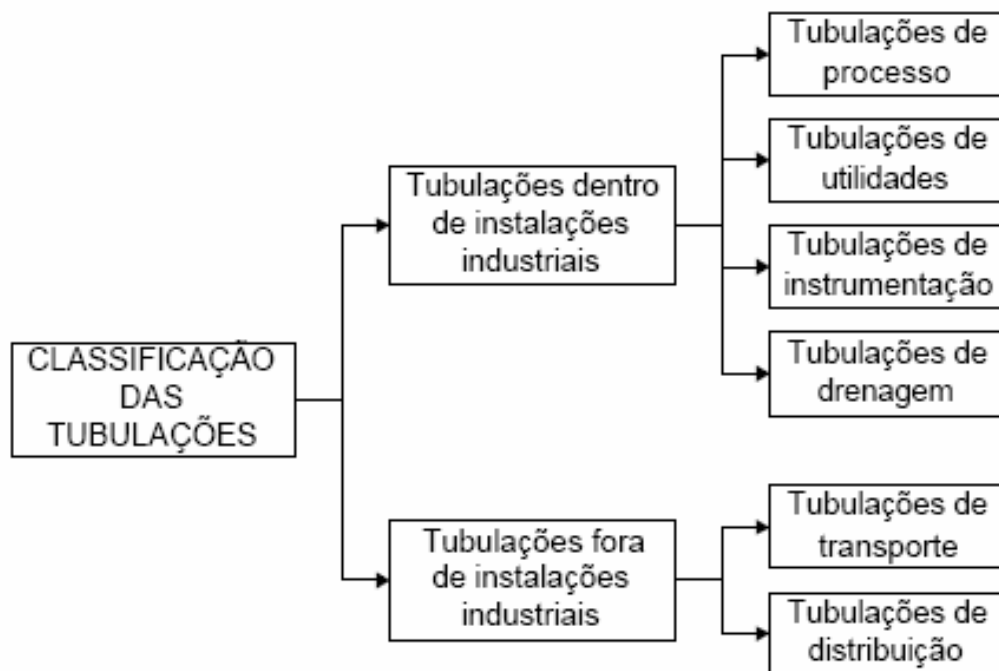


FIGURA 1- EMPREGO DE TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS EM REFINARIA DE PETRÓLEO.

2.0- PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE TUBOS

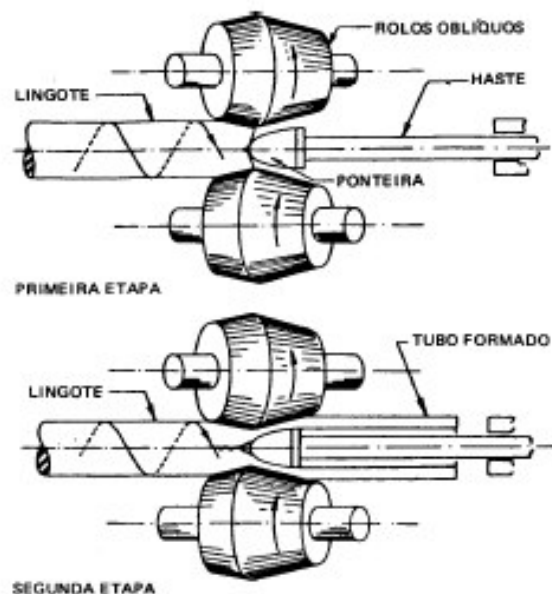
HÁ QUATRO GRUPOS DE PROCESSOS INDUSTRIAIS DE FABRICAÇÃO DE TUBOS:



2.1- FABRICAÇÃO DE TUBOS POR LAMINAÇÃO

OS PROCESSOS DE LAMINAÇÃO SÃO OS MAIS IMPORTANTES PARA A FABRICAÇÃO DE TUBOS DE AÇO SEM COSTURA, EMPREGAM-SE PARA A FABRICAÇÃO DE TUBOS DE AÇOS-CARBONO, AÇOS-LIGA E AÇOS-INOXIDÁVEIS, DESDE CERCA 80 ATÉ 650 mm DE DIÂMETRO. HÁ VÁRIOS PROCESSOS DE FABRICAÇÃO POR LAMINAÇÃO, O MAIS IMPORTANTE DOS QUAIS É O PROCESSO “MANNESMANN”, QUE CONSISTE RESUMIDAMENTE **NAS SEGUINTE OPERAÇÕES:**

1ª - UM LINGOTE CILÍNDRICO DE AÇO, COM O DIÂMETRO EXTERNO APROXIMADO DO TUBO QUE SE VAI FABRICAR, É AQUECIDO A CERCA DE 1200°C E LEVADO AO DENOMINADO “LAMINADOR OBLÍQUO”.



Laminador Oblíquo
(Mannesmann)

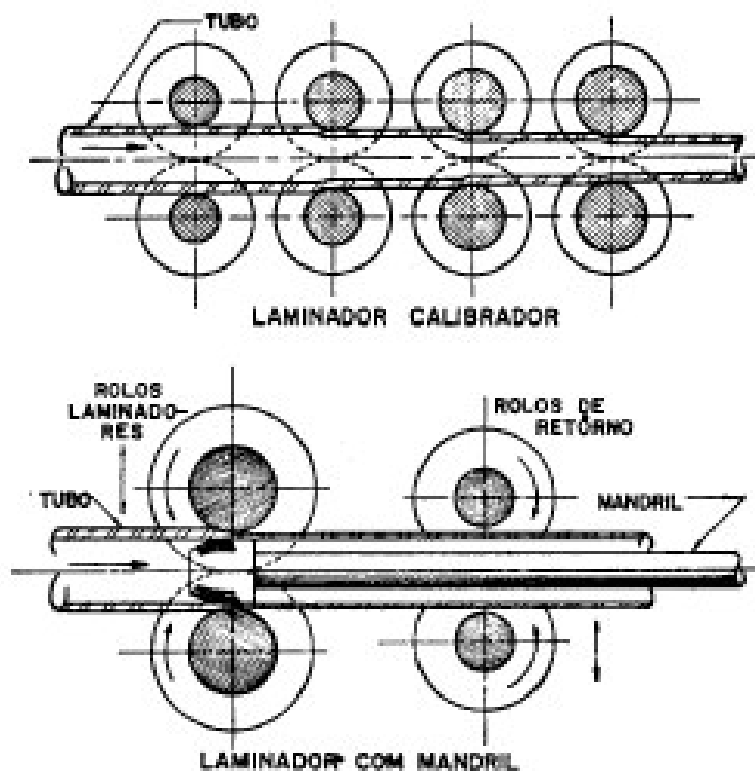
FIGURA 2 - LAMINADOR OBLÍQUO

2ª: O LAMINADOR OBLÍQUO TEM DOIS ROLOS DE CONE DUPLO, CUJOS EIXOS FAZEM ENTRE SI UM PEQUENO ÂNGULO. O LINGOTE É COLOCADO ENTRE OS DOIS ROLOS, QUE O Prensam fortemente, e lhe imprimem, ao mesmo tempo, um movimento helicoidal. Em consequência do movimento de translação o lingote é pressionado contra uma ponteira cônica que se encontra entre os rolos. A ponteira abre um furo no centro do lingote, transformando-o em tubo, e alisa continuamente a superfície interna recém formada. A ponteira, que é fixa, está colocada na extremidade de uma haste com um comprimento maior do que o tubo que resultará.

3ª: O tubo formado nessa primeira operação tem paredes muito grossa. A ponteira é então retirada e o tubo, ainda quente, é levado para um segundo laminador oblíquo, com uma ponteira de diâmetro um pouco maior, que afina as paredes do tubo, aumentando o comprimento e ajustando o diâmetro externo.

4ª: Depois das duas passagens pelos laminadores oblíquos o tubo está bastante empenado. Passa então em uma ou duas máquinas desempenadoras de rolos.

5ª: O tubo sofre, finalmente, uma série de operações de calibragem dos diâmetros externo e interno, e alisamento das superfícies externa e interna. Essas operações são feitas em várias passagens em laminadores com mandris e em laminadores calibradores.



Laminadores de Acabamento

FIGURA 3 - LAMINADOR DE ACABAMENTO

2.2- FABRICAÇÃO DE TUBOS POR EXTRUSÃO

NA FABRICAÇÃO POR EXTRUSÃO, UM TARUGO CILÍNDRICO MACIÇO DO MATERIAL, EM ESTADO PASTOSO, É COLOCADO EM UM RECIPIENTE DE AÇO DEBAIXO DE UMA PODEROSA PRENSA. EM UMA ÚNICA OPERAÇÃO, QUE DURA NO TOTAL POUCOS SEGUNDOS, DÃO-SE AS SEGUINTE FASES:

FABRICAÇÃO POR EXTRUSÃO

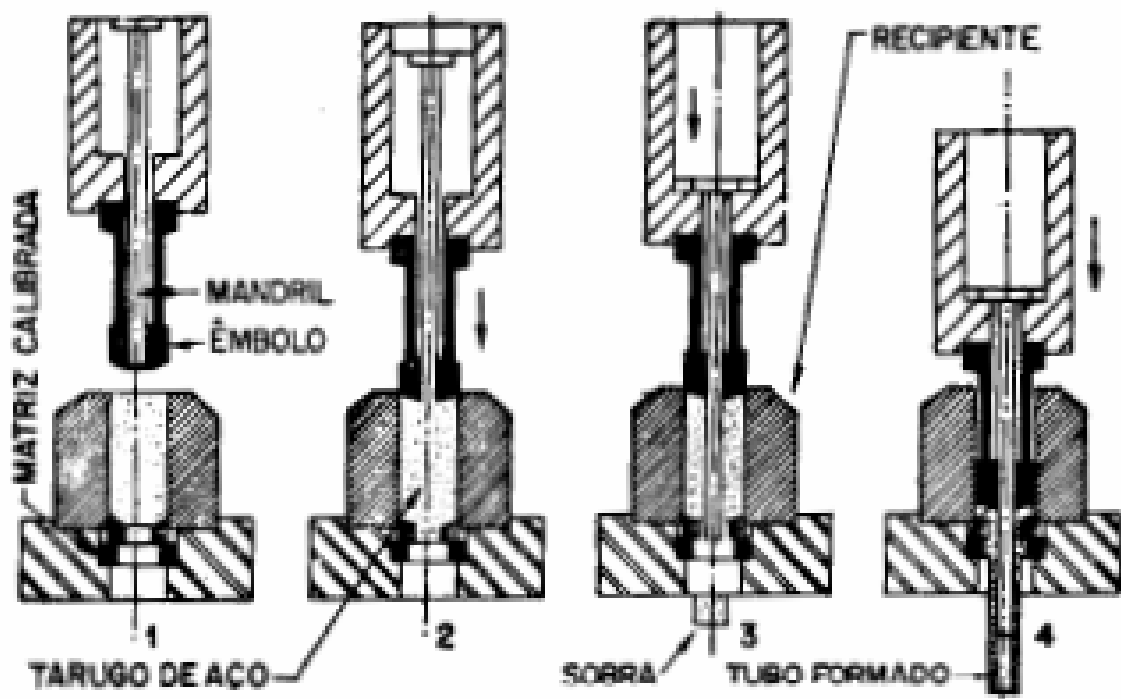


FIGURA 4 - EXTRUSÃO DE TUBOS

- A) O ÊMBOLO DA PRENSA, CUJO DIÂMETRO É O MESMO DO TARUGO, ENCOSTA-SE NO TARUGO.
- B) O MANDRIL, ACIONADO PELA PRENSA, FURA COMPLETAMENTE O CENTRO DO TARUGO.
- C) EM SEGUIDA, O ÊMBOLO EMPURRA O TARUGO OBRIGANDO O MATERIAL A PASSAR PELO FURO DE UMA MATRIZ CALIBRADA E POR FORA DO MANDRIL, FORMANDO O TUBO.

PARA QUALQUER AÇO, ESTA OPERAÇÃO SE PROCESSA ESTANDO O TARUGO A CERCA DE 1200°C.

AS PRENSAS SÃO SEMPRE VERTICAIS E O ESFORÇO DA PRENSA PODE CHEGAR A 15 MN (~1500 T).

OS TUBOS DE AÇO SAEM DESSA PRIMEIRA OPERAÇÃO CURTOS E GROSSOS SÃO LEVADOS ENTÃO, AINDA QUENTES, A UM LAMINADOR DE ROLOS PARA REDUÇÃO DO DIÂMETRO. VÃO FINALMENTE PARA OUTROS LAMINADORES QUE DESEMPENAM E AJUSTAM AS MEDIDAS DO DIÂMETRO E DA ESPESSURA DAS PAREDES.

FABRICAM-SE POR EXTRUSÃO TUBOS DE AÇO DE PEQUENOS DIÂMETROS (ABAIXO DE 80 mm) E TAMBÉM TUBOS DE ALUMÍNIO, COBRE, LATÃO, CHUMBO E OUTROS METAIS NÃO FERROSOS, BEM COMO DE MATERIAIS PLÁSTICOS.

2.3- FABRICAÇÃO DE TUBOS POR FUNDIÇÃO

NESSES PROCESSOS O MATERIAL DO TUBO, EM ESTADO LÍQUIDO, É DESPEJADO EM MOLDES ESPECIAIS, ONDE SE SOLIDIFICA ADQUIRINDO A FORMA FINAL. FABRICAM-SE POR ESSE PROCESSO, TUBOS DE FERRO FUNDIDO, TUBOS DE ALGUNS AÇOS ESPECIAIS NÃO FORJÁVEIS, E DA MAIORIA DOS MATERIAIS NÃO METÁLICOS, TAIS COMO : CONCRETO, CIMENTO-AMIANTO, BARRO-VIDRADO, ETC. PARA OS TUBOS DE FERRO FUNDIDO E DE CONCRETO, USA-SE A FUNDIÇÃO POR CENTRIFUGAÇÃO, EM QUE O MATERIAL LÍQUIDO É LANÇADO EM UM MOLDE COM MOVIMENTO RÁPIDO DE ROTAÇÃO, SENDO ENTÃO CENTRIFUGADO CONTRA AS PAREDES DO MOLDE, QUE CONTINUA EM MOVIMENTO ATÉ A SOLIDIFICAÇÃO COMPLETA DO MATERIAL. O TUBO RESULTANTE DA FUNDIÇÃO CENTRIFUGADA TEM UMA TEXTURA MAIS HOMOGÊNEA E COMPACTA E TAMBÉM PAREDES DE ESPESSURA MAIS UNIFORME.

OS TUBOS DE CONCRETO ARMADO SÃO TAMBÉM VIBRADOS DURANTE A FABRICAÇÃO PARA O ADENSAMENTO DO CONCRETO.

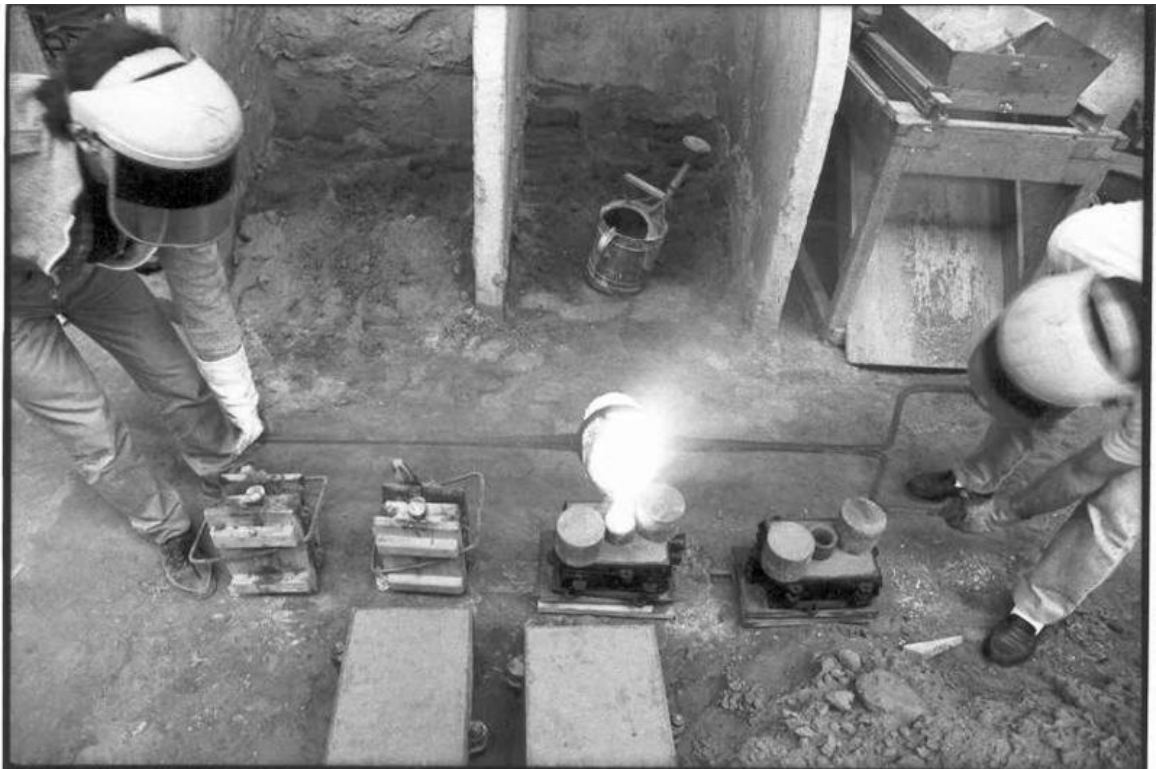


FIGURA 5 - PROCESSO DE FUNDIÇÃO

2.4- FABRICAÇÃO DE TUBOS COM COSTURA

FABRICAM-SE PELOS DIVERSOS PROCESSOS COM COSTURA, DESCRITOS A SEGUIR, TUBOS DE AÇO CARBONO, AÇOS-LIGA, AÇOS INOXIDÁVEIS E FERRO FORJADO, EM TODA FAIXA DE DIÂMETROS USUAIS NA INDÚSTRIA.

EXISTEM DUAS DISPOSIÇÕES DA COSTURA SOLDADA: **LONGITUDINAL** (AO LONGO DE UMA GERATRIZ DO TUBO) E **ESPIRAL** (OU HELICOIDAL), SENDO A LONGITUDINAL A EMPREGADA NA MAIORIA DOS CASOS.

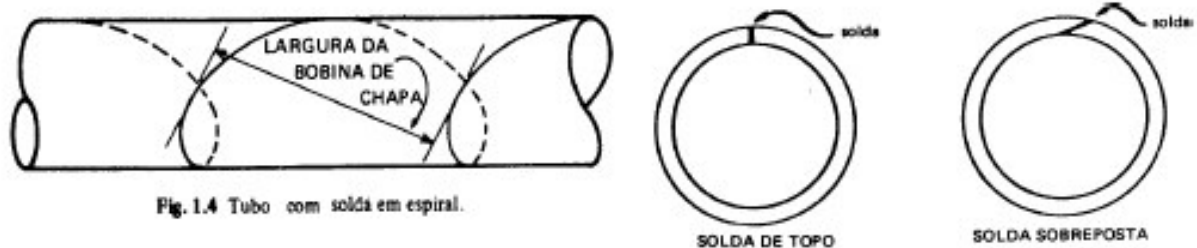


FIGURA 6 - TIPOS DE SOLDA EM TUBOS COM COSTURA

PARA OS TUBOS COM SOLDA LONGITUDINAL A MATÉRIA-PRIMA PODE SER UMA BOBINA DE CHAPA FINA ENROLADA, OU CHAPAS PLANAS AVULSAS. AS BOBINAS SÃO USADAS PARA A FABRICAÇÃO CONTÍNUA DE TUBOS DE PEQUENO DIÂMETRO, EMPREGANDO-SE AS CHAPAS PLANAS PARA OS TUBOS DE DIÂMETROS MÉDIOS E GRANDES. A BOBINA OU A CHAPA É CALANDRADA NO SENTIDO DO COMPRIMENTO ATÉ FORMAR O CILINDRO, SENDO ENTÃO AS BORDAS SOLDADAS ENTRE SI. A CIRCUNFERÊNCIA DO TUBO FORMADO É A LARGURA DA BOBINA OU DA CHAPA, DEVENDO-SE POR ISSO, ANTES DE INICIAR A CALANDRAGEM, CORTAR E APARAR AS BORDAS DA BOBINA OU DA CHAPA NA LARGURA EXATA REQUERIDA, E PREPARAR OS CHANFROS PARA A SOLDAGEM, SE NECESSÁRIO. POR ESTE MOTIVO, O MAIOR DIÂMETRO DE TUBO NORMALMENTE POSSÍVEL DE SER FABRICADO COM SOLDA LONGITUDINAL É DE 750 mm, CORRESPONDENTE ÀS CHAPAS COM 2,4 m DE LARGURA.



FIGURA 7 - CALANDRAGEM DE CHAPA.

NO CASO DE SOLDA EM ESPIRAL, A MATÉRIA-PRIMA É SEMPRE UMA BOBINA (PARA A FABRICAÇÃO CONTÍNUA), PARA TODOS OS DIÂMETROS, PERMITINDO ESTE PROCESSO A FABRICAÇÃO DE TUBOS DE QUALQUER DIÂMETRO, INCLUSIVE MUITO GRANDES. A BOBINA É ENROLADA SOBRE SI MESMA, SENDO A LARGURA DA BOBINA IGUAL À DISTÂNCIA ENTRE DUAS ESPIRAS DA SOLDA.

EMPREGAM-SE TAMBÉM DOIS TIPOS DE SOLDA: **DE TOPO (BUTT-WELD)** E **SOBREPOSTA (LAP-WELD)**, CUJOS DETALHES ESTÃO MOSTRADOS NA FIGURA 6.

A **SOLDA DE TOPO** É USADA EM TODOS OS TUBOS SOLDADOS, POR QUALQUER DOS PROCESSOS COM ADIÇÃO DE METAL, E TAMBÉM NOS TUBOS DE PEQUENO DIÂMETRO SOLDADOS POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA.

A **SOLDA SOBREPOSTA** É EMPREGADA EM ALGUNS TUBOS DE GRANDE DIÂMETRO SOLDADAS POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA.

SÃO OS SEGUINTE OS PROCESSOS INDUSTRIAIS MAIS IMPORTANTES DE EXECUÇÃO DA SOLDA.

- A) **SOLDA ELÉTRICA POR ARCO PROTEGIDO** (COM ADIÇÃO DE METAL ELÉTRICO);
 - SOLDA POR ARCO SUBMERSO (*SUBMERGED ARC WELDING*);
 - SOLDA COM PROTEÇÃO DE GÁS INERTE (*INERT GAS WELDING*);

- B) **SOLDA POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA** (*ELETRIC RESISTANCE WELDING - ERW*);

2.5- FABRICAÇÃO DE TUBOS SOLDADOS POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA

NOS PROCESSOS DE SOLDA POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA, A BOBINA DE CHAPA DEPOIS DE APARADA NA LARGURA CERTA, É CONFORMADA INTEIRAMENTE A FRIO, EM UMA MÁQUINA DE FABRICAÇÃO CONTÍNUA COM ROLOS QUE COMPRIMEM A CHAPA DE CIMA PARA BAIXO E DEPOIS LATERALMENTE, COMO MOSTRA A FIGURA 8 ABAIXO. UMA VEZ ATINGIDO O FORMATO FINAL DO TUBO, DÁ-SE A SOLDA PELO DUPLO EFEITO DA PASSAGEM DE UMA CORRENTE ELÉTRICA LOCAL DE GRANDE INTENSIDADE E DA FORTE COMPRESSÃO DE UM BORDO CONTRA O OUTRO PELA AÇÃO DE DOIS ROLOS LATERAIS.

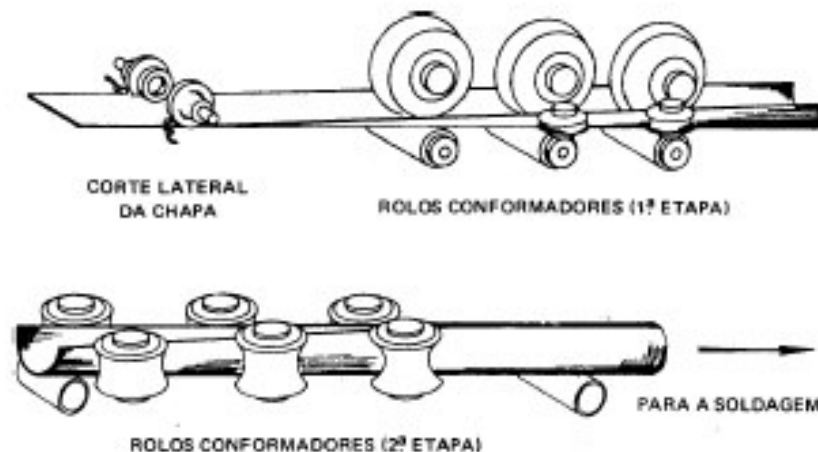
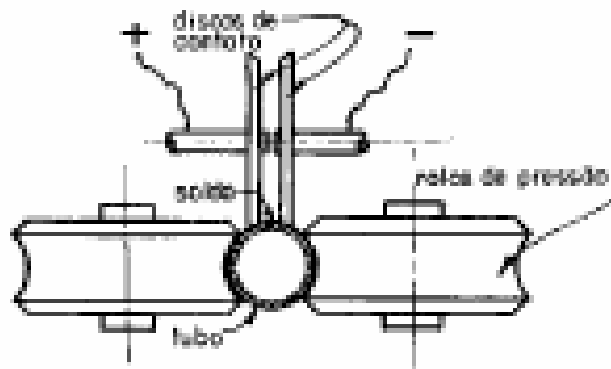


FIGURA 8 - FABRICAÇÃO DE TUBOS POR SOLDA DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA

HÁ DOIS SISTEMAS PRINCIPAIS DE CONDUÇÃO DA CORRENTE ELÉTRICA AO TUBO:

- O **PROCESSO DOS DISCOS DE CONTATO (FIGURA 9)**; QUE ROLAM SOBRE O TUBO COM PEQUENA PRESSÃO, PRÓXIMO A SOLDAR.
- **PROCESSO “THERMATOOL”**, MAIS MODERNO E APLICÁVEL AOS TUBOS DE PEQUENO DIÂMETRO, EM QUE A CORRENTE PASSA ENTRE DOIS ELETRODOS DE COBRE MACIÇO QUE DESLIZAM SUAVEMENTE SOBRE OS BORDOS DO TUBO, COMO MOSTRA A **FIGURA 10** .



03 SOLDA POR DISCOS DE CONTATO

FIGURA 9 - SOLDA PELO PROCESSO DOS DISCOS DE CONTATO

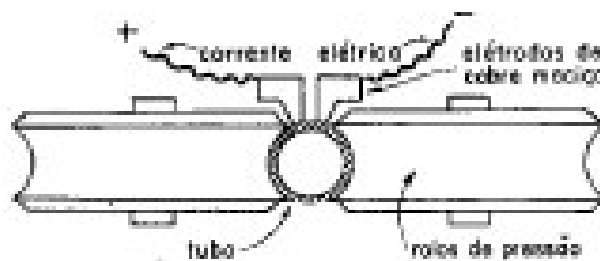


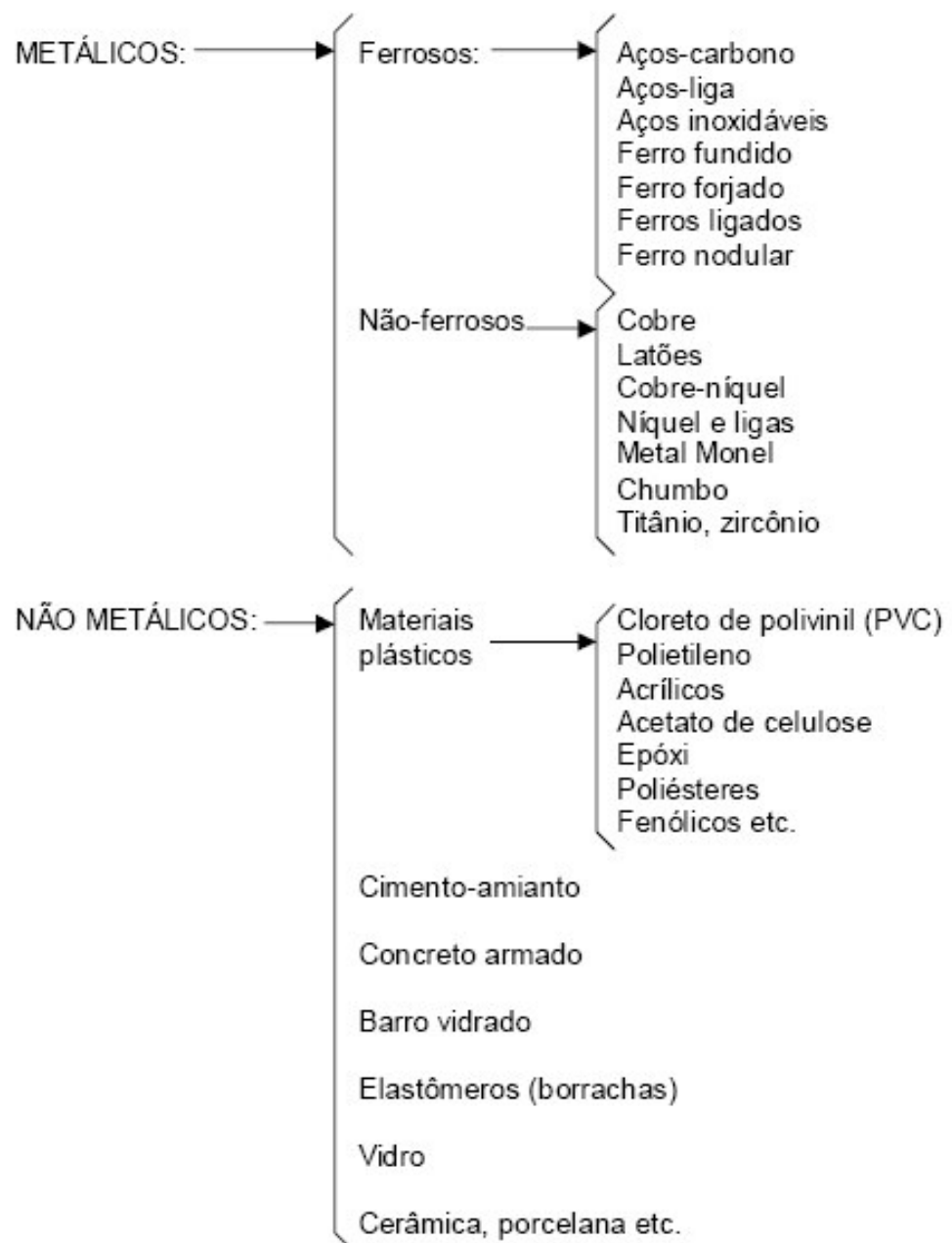
FIGURA 10 - SOLDA PELO PROCESSO “THERMATOOL”

3.0-PRINCIPAIS MATERIAIS PARA TUBOS

A ESCOLHA DO MATERIAL ADEQUADO PARA UMA DETERMINADA APLICAÇÃO PODE SER UM PROBLEMA DIFÍCIL, CUJA SOLUÇÃO DEPENDE PRINCIPALMENTE DA PRESSÃO E TEMPERATURA DE TRABALHO DO FLUIDO CONDUZIDO (ASPECTOS DE CORROSÃO E CONTAMINAÇÃO), DO CUSTO, DO MAIOR OU MENOR GRAU DE SEGURANÇA EXIGIDO, DAS SOBRECARGAS EXTERNAS QUE EXISTIREM, ETC.

MATERIAIS PARA TUBOS

É muito grande a variedade dos materiais atualmente utilizados para a fabricação de tubos. Só a ASTM especifica mais de 500 tipos diferentes.



A seleção e especificação do material mais adequado para uma determinada aplicação pode ser um problema difícil cuja solução depende de diversos fatores.

FATORES DE INFLUÊNCIA NA SELEÇÃO DE MATERIAIS

A seleção adequada é um problema difícil porque, na maioria dos casos, os fatores determinantes podem ser conflitantes entre si. Caso típico é corrosão versus custo.

Os principais fatores que influenciam são:

Fluido conduzido – Natureza e concentração do fluido Impurezas ou contaminantes; pH; Velocidade; Toxidez; Resistência à corrosão; Possibilidade de contaminação.

Condições de serviço – Temperatura e pressão de trabalho. (Consideradas as condições extremas, mesmo que sejam condições transitórias ou eventuais.)

Nível de tensões do material – O material deve ter resistência mecânica compatível com a ordem de grandeza dos esforços presentes. (pressão do fluido, pesos, ação do vento, reações de dilatações térmicas, sobrecargas, esforços de montagem etc.

Natureza dos esforços mecânicos – Tração; Compressão; Flexão; Esforços estáticos ou dinâmicos; Choques; Vibrações; Esforços cíclicos etc.

Disponibilidade dos materiais – Com exceção do aço-carbono os materiais tem limitações de disponibilidade.

Sistema de ligações – Adequado ao tipo de material e ao tipo de montagem.

Custo dos materiais – Fator freqüentemente decisivo. Deve-se considerar o custo direto e também os custos indiretos representados pelo tempo de vida, e os conseqüentes custos de reposição e de paralisação do sistema.

Segurança – Do maior ou menor grau de segurança exigido dependerão a resistência mecânica e o tempo de vida.

Facilidade de fabricação e montagem – Entre as limitações incluem-se a soldabilidade, usinabilidade, facilidade de conformação etc.

Experiência prévia – É arriscado decidir por um material que não se conheça nenhuma experiência anterior em serviço semelhante.

Tempo de vida previsto – O tempo de vida depende da natureza e importância da tubulação e do tempo de amortização do investimento. *Tempo de vida para efeito de projeto é de aproximadamente 15 anos.*

3.1 OBSERVAÇÕES SOBRE A SELEÇÃO DE MATERIAIS

PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA DA ESCOLHA DOS MATERIAIS, A EXPERIÊNCIA É INDISPENSÁVEL E INSUBSTITUÍVEL OU SEJA, MATERIAL PARA SER BOM JÁ DEVE TER SIDO USADO POR ALGUÉM ANTERIORMENTE.

SEGUIR A EXPERIÊNCIA É A SOLUÇÃO MAIS SEGURA, EMBORA NEM SEMPRE CONDUZA À SOLUÇÃO MAIS ECONÔMICA.

RESUMINDO, PODE-SE INDICAR A SEGUINTE ROTINA PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS:

1 – CONHECER OS MATERIAIS DISPONÍVEIS NA PRÁTICA E SUAS LIMITAÇÕES FÍSICAS E DE FABRICAÇÃO.

2 – SELECIONAR O GRUPO MAIS ADEQUADO PARA O CASO TENDO EM VISTA AS CONDIÇÕES DE TRABALHO, CORROSÃO, NÍVEL DE TENSÃO ETC.

**3 – COMPARAR ECONOMICAMENTE OS DIVERSOS MATERIAIS SELECIONADOS, LEVANDO EM CONTA TODOS OS FATORES DE CUSTO.
COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE MATERIAIS**

A COMPARAÇÃO DE CUSTOS DEVE SER FEITA COMPARANDO A RELAÇÃO CUSTO/RESISTÊNCIA MECÂNICA OU SEJA, A COMPARAÇÃO DEVE SER FEITA ENTRE PREÇOS CORRIGIDOS QUE SERÃO OS PREÇOS POR KG MULTIPLICADO PELO PESO ESPECÍFICO E DIVIDIDO PELA TENSÃO ADMISSÍVEL DE CADA MATERIAL.

NA COMPARAÇÃO DE CUSTOS DOS MATERIAIS DEVEM AINDA SER LEVADOS EM CONSIDERAÇÃO OS SEGUINTE PONTOS:

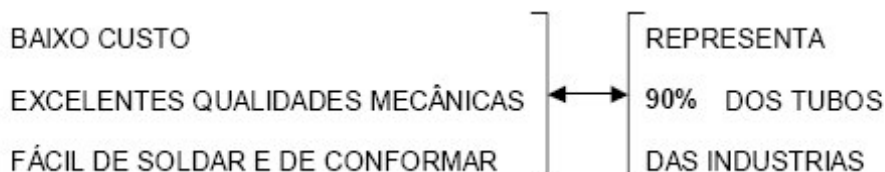
- RESISTÊNCIA À CORROSÃO (SOBREEPESSURA DE SACRIFÍCIO).
- MAIOR OU MENOR DIFICULDADE DE SOLDA
- MAIOR OU MENOR FACILIDADE DE CONFORMAÇÃO E DE TRABALHO
- NECESSIDADE OU NÃO DE ALÍVIO DE TENSÕES.

<i>CUSTO RELATIVO DOS MATERIAIS</i>			
<i>Materiais</i>	<i>Custo Relativo</i>	<i>Materiais</i>	<i>Custo Relativo</i>
<i>Aço-carbono estrutural</i>	<i>1,00</i>	<i>Ferro fundido</i>	<i>0,95</i>
<i>Aço-carbono qualificado</i>	<i>1,15</i>	<i>Alumínio</i>	<i>2,5</i>
<i>Aço-liga 1,25Cr – 0,5 Mo</i>	<i>3,1</i>	<i>Latão de alumínio</i>	<i>7,6</i>
<i>Aço inoxidável tipo 304</i>	<i>11,5</i>	<i>Metal Monel</i>	<i>31,8</i>
<i>Aço inoxidável tipo 316</i>	<i>15,0</i>	<i>Titânio</i>	<i>41,0</i>

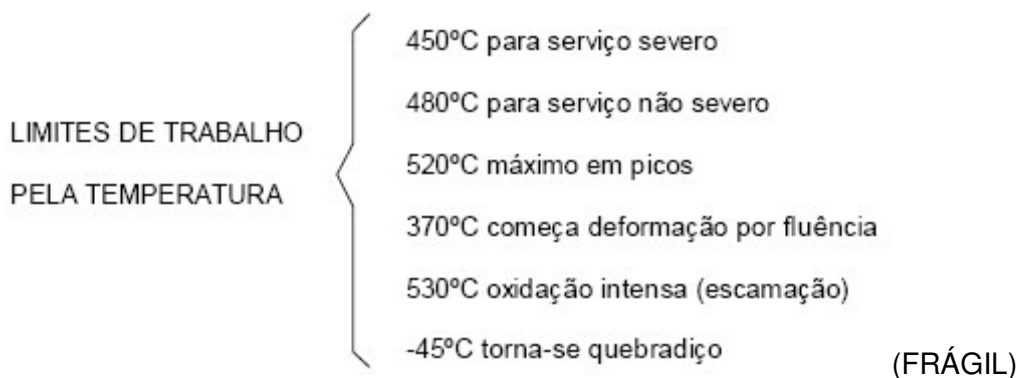
3.2 TUBOS DE AÇO-CARBONO

ENTRE TODOS OS MATERIAIS INDUSTRIAIS EXISTENTES, O AÇO-CARBONO É O QUE APRESENTA MENOR RELAÇÃO CUSTO/RESISTÊNCIA MECÂNICA, ALÉM DE SER UM MATERIAL FÁCIL DE SOLDAR E DE CONFORMAR, E TAMBÉM FÁCIL DE SER ENCONTRADO NO COMÉRCIO. POR TODOS ESSES MOTIVOS, O AÇO-CARBONO É O CHAMADO “MATERIAL DE USO GERAL” EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS, ISTO É, SÓ SE DEIXAR DE EMPREGAR O AÇO-CARBONO QUANDO HOUVER ALGUMA CIRCUNSTÂNCIA ESPECIAL QUE O PROÍBA, E DESTA FORMA, TODOS OS OUTROS MATERIAIS SÃO UTILIZADOS APENAS EM ALGUNS CASOS ESPECIAIS DE EXCEÇÃO. EM UMA REFINARIA DE PETRÓLEO, POR EXEMPLO, MAIS DE 90% DE TODA TUBULAÇÃO É DE AÇO-CARBONO, EM OUTRAS INDUSTRIAS DE PROCESSO ESTE PERCENTUAL PODE SER AINDA MAIOR.

TUBOS DE AÇO-CARBONO (CHAMADOS DE USO GERAL)



UTILIZADO PARA: ÁGUA DOCE, VAPOR, CONDENSADO, AR COMPRIMIDO, ÓLEO, GASES E MUITOS OUTROS FLUIDOS POUCO CORROSIVOS.



O AUMENTO NA QUANTIDADE DE CARBONO PROVOCA BASICAMENTE UM AUMENTO NA DUREZA E NOS LIMITES DE RESISTÊNCIA E ESCOAMENTO DO AÇO E UMA REDUÇÃO NA DUCTILIDADE.

A ADIÇÃO DO MANGANÊS RESULTA TAMBÉM EM AUMENTO NA DUREZA E NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO AÇO, COM MUITO MENOR PREJUÍZO PARA A SOLDABILIDADE E A DUCTILIDADE.

O SILÍCIO E O ALUMÍNIO, QUE NÃO ESTÃO PRESENTES EM TODOS OS AÇOS-CARBONO, SÃO ELEMENTOS DESOXIDANTES, QUE SE COMBINAM COM O OXIGÊNIO, REMOVENDO ASSIM AS BOLHAS DE GÁS QUE SE FORMAM NA MASSA DO METAL EM FUSÃO. SOB ESSE ASPECTO, OS AÇOS-CARBONO PODEM SER CLASSIFICADOS EM:



- TOTALMENTE DESOXIDADOS, DENOMINADOS DE “ACALMADOS” (*FULLY-KILLED STEEL*);
- PARCIALMENTE DESOXIDADOS, DENOMINADOS DE “SEMI-ACALMADOS” (*SEMI-KILLED STEEL*) (QUANTIDADE DE Si E AL INSUFICIENTES);
- NÃO DESOXIDADOS, DENOMINADOS DE “EFERVECENTES” (*RIMMED STEEL*), NÃO CONTENDO OS ELEMENTOS DESOXIDANTES.

OS AÇOS DESOXIDADOS COM SILÍCIO, CUJO PERCENTUAL PODE CHEGAR ATÉ 0,5%, SÃO OS PREFERIDOS PARA TEMPERATURAS ELEVADAS. O ALUMÍNIO, ALÉM DE DESOXIDAR, RESTRINGE O CRESCIMENTO DE GRÃO, PRODUZINDO OS AÇOS DE GRÃO FINO, ESPECIAIS PARA BAIXAS TEMPERATURAS.

O AÇO-CARBONO EXPOSTO À ATMOSFERA SOFRE CORROSÃO UNIFORME (OXIDAÇÃO) E O CONTATO DIRETO COM O SOLO CAUSA CORROSÃO ALVEOLAR PENETRANTE (“PITTING”).

DE UM MODO GERAL O AÇO-CARBONO APRESENTA BAIXA RESISTÊNCIA À CORROSÃO (UTILIZA-SE COM REVESTIMENTO OU ACRESCENTA-SE SOBREEPESURA).

OS RESÍDUOS DE CORROSÃO DO AÇO-CARBONO NÃO SÃO TÓXICOS, MAS PODEM AFETAR A COR E O GOSTO DO FLUIDO CONDUZIDO.

O AÇO-CARBONO É VIOLENTAMENTE ATACADO PELOS ÁCIDOS MINERAIS, PRINCIPALMENTE QUANDO DILUÍDOS OU QUENTES E SUPORTA RAZOAVELMENTE O SERVIÇO COM ÁLCALIS.

OS TUBOS DE AÇO-CARBONO SÃO COMERCIALIZADOS SEM TRATAMENTO (**TUBO PRETO**) OU PROTEGIDOS COM REVESTIMENTO DE ZINCO DEPOSITADO A QUENTE (**TUBO GALVANIZADO**).

EM TEMPERATURAS MUITO BAIXAS O AÇO-CARBONO APRESENTA UM COMPORTAMENTO QUEBRADIÇO (FRÁGIL), ESTANDO SUJEITO A FRATURAS FRÁGEIS REPENTINAS. ESSE EFEITO É ATENUADO QUANDO O AÇO É DE BAIXO CARBONO E NORMALIZADO PARA OBTENÇÃO DE UMA GRANULAÇÃO FINA. POR ESSE MOTIVO, OS AÇOS PARA TRABALHO EM TEMPERATURAS INFERIORES A 0°C DEVEM SER ACALMADOS, COM O MÁXIMO DE 0,3 % DE CARBONO, NORMALIZADOS PARA OBTENÇÃO DE UMA GRANULAÇÃO FINA, E SUBMETIDOS AO TESTE DE IMPACTO “CHARPY” NA TEMPERATURA MÍNIMA PREVISTA DE OPERAÇÃO. PELA NORMA ANSI/ASME B.31.3, A TEMPERATURA MÍNIMA LIMITE PARA OS AÇOS-CARBONO É DE - 29°C (-20 F), MAS É PRÁTICA CORRENTE O EMPREGO DE AÇOS-CARBONO ATÉ -45°C.

3.3 ESPECIFICAÇÕES PARA TUBOS DE AÇO-CARBONO

SÃO AS SEGUINTE AS PRINCIPAIS ESPECIFICAÇÕES AMERICANAS PARA TUBOS DE AÇO CARBONO:

A) ESPECIFICAÇÕES DA ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS):

ASTM A-53 - ESPECIFICAÇÃO PARA TUBOS DE **QUALIDADE MÉDIA**, COM OU SEM COSTURA, DE 1/8 "A 26" DE DIÂMETRO NOMINAL, PARA USO GERAL. OS TUBOS PODEM SER PRETOS (ISTO É, SEM NENHUM ACABAMENTO SUPERFICIAL), OU GALVANIZADOS. A ESPECIFICAÇÃO INCLUI **TRÊS CLASSES DE TUBOS: SEM COSTURA, COM SOLDA DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA E COM SOLDA DE TOPO EM FORNO (FURNACE BUTT-WELD)**; ESSA ÚLTIMA NÃO É FABRICADA NO BRASIL. OS TUBOS DAS DUAS PRIMEIRAS CLASSES PODEM SER DE GRAUS A OU B, CONFORME TABELA ABAIXO. PARA OS TUBOS DE SOLDA EM FORNO, A NORMA ANSI/ASME B.31.3 FAZ DIVERSAS RESTRIÇÕES DE EMPREGO.

	C % (máx.)	Mn. %	Si % (mín.)	Ruptura (kg/mm ²)	Escoamento (kg/mm ²)
Grau A (baixo carbono)	0,25	0,27 — 0,93	0,10	34	20
Grau B (médio carbono)	0,30	0,29 — 1,06	0,10	41	24
Grau C (médio carbono)	0,35	0,29 — 1,06	0,10	48	27

ASTM A-106 - ESPECIFICAÇÃO PARA TUBOS DE **ALTA QUALIDADE**, SEM COSTURA, DE 1/8" A 26" DE DIÂMETRO NOMINAL, PARA TEMPERATURAS ELEVADAS. O AÇO-CARBONO DEVE SER SEMPRE ACALMADO COM SILÍCIO. A ESPECIFICAÇÃO ABRANGE TRÊS GRAUS DE MATERIAL, A, B e C, SENDO O GRAU C RARAMENTE EMPREGADO E NÃO FABRICADO NO BRASIL.

	C % (máx.)	Mn. %	Si % (mín.)	Ruptura (kg/mm ²)	Escoamento (kg/mm ²)
Grau A (baixo carbono)	0,25	0,27 — 0,93	0,10	34	20
Grau B (médio carbono)	0,30	0,29 — 1,06	0,10	41	24
Grau C (médio carbono)	0,35	0,29 — 1,06	0,10	48	27

ASTM A-120 - ESPECIFICAÇÃO PARA TUBOS DE **QUALIDADE ESTRUTURAL**, PRETOS OU GALVANIZADOS, COM OU SEM COSTURA, DE 1/8" A 26" DE DIÂMETRO NOMINAL. ESSA ESPECIFICAÇÃO NÃO PRESCREVE EXIGÊNCIAS DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA COMPLETA DO MATERIAL, NÃO ESTABELECE, POR EXEMPLO, LIMITES MÁXIMOS DE CARBONO, CUJA PERCENTAGEM PODERÁ ASSIM ESTAR MAIS ALTA DO QUE O ACEITÁVEL PARA A BOA SOLDABILIDADE. A NORMA ANSI/ASME B.31.3 SÓ PERMITE O EMPREGO DESSES TUBOS PARA OS SERVIÇOS ENQUADRADOS NA DENOMINADA "CATEGORIA D", O QUE INCLUI FLUIDOS NÃO-INFLAMÁVEIS, NÃO TÓXICOS E NÃO PERIGOSOS, EM PRESSÕES ATÉ 1 MPa (~ 10 Kg/cm²) E EM TEMPERATURAS ATÉ 185°C. ESSES TUBOS, MAIS BARATOS DO QUE OS ANTERIORES, PODEM SER EMPREGADOS PARA ÁGUA, AR COMPRIMIDO CONDENSADO, E OUTROS SERVIÇOS DE BAIXA RESPONSABILIDADE.

ASTM A-134 - ESPECIFICAÇÃO PARA TUBOS COM COSTURA SOLDADA POR ARCO PROTEGIDO, EM DIÂMETROS NOMINAIS DE 16", OU MAIORES, COM SOLDA LONGITUDINAL OU EM ESPIRAL. A NORMA ANSI/ASME B.31.3 SÓ PERMITE O USO DESSES TUBOS PARA OS SERVIÇOS DA "CATEGORIA D".

ASTM A-135 - ESPECIFICAÇÃO PARA TUBOS SOLDADOS POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA, EM DIÂMETROS NOMINAIS DE 2" A 30", ABRANGENDO DOIS GRAUS DE MATERIAL A e B. PELA NORMA JÁ CITADA, O EMPREGO DESSES TUBOS TAMBÉM SÓ É PERMITIDO PARA SERVIÇOS DE "CATEGORIA D"

	C % (máx.)	Mn. %	Si % (mín.)	Ruptura (kg/mm ²)	Escoamento (kg/mm ²)
Grau A (baixo carbono)	0,25	0,27 — 0,93	0,10	34	20
Grau B (médio carbono)	0,30	0,29 — 1,06	0,10	41	24
Grau C (médio carbono)	0,35	0,29 — 1,06	0,10	48	27

ASTM A-333 - ESPECIFICAÇÃO PARA TUBOS COM OU SEM COSTURA, ESPECIAIS PARA SERVIÇOS EM BAIXAS TEMPERATURAS. A ESPECIFICAÇÃO ABRANGE VÁRIOS GRAUS DE MATERIAL, SENDO OS GRAUS 1 e 6 DE AÇO-CARBONO, ACALMADO COM SILÍCIO, OS OUTROS GRAUS CORRESPONDEM A AÇOS-LIGA NÍQUEL.

ASTM A-671 - ESPECIFICAÇÃO PARA TUBOS FABRICADOS COM COSTURA POR SOLDA ELÉTRICA (ARCO PROTEGIDO), EM DIÂMETROS DE 16", OU MAIORES, PARA SERVIÇOS EM TEMPERATURAS AMBIENTE E BAIXAS. A ESPECIFICAÇÃO ABRANGE 15 CLASSES DE MATERIAL, DESIGNADAS DE 10 A 52, CONFORME AS EXIGÊNCIAS DE TRATAMENTOS TÉRMICOS, RADIOGRAFIA DA SOLDA E TESTE DE PRESSÃO. OS TUBOS DE AÇO-CARBONO SÃO FEITOS A PARTIR DE CHAPAS DE AÇO ACALMADO (ASTM A-516), OU NÃO ACALMADO (ASTM A-285 Gr. C), A ESPECIFICAÇÃO INCLUI TAMBÉM TUBOS DE AÇOS-LIGA NÍQUEL.

ASTM A-672 - ESPECIFICAÇÃO PARA TUBOS FABRICADOS COM COSTURA POR SOLDA ELÉTRICA (ARCO PROTEGIDO), EM DIÂMETROS DE 16", OU MAIORES, PARA SERVIÇOS DE ALTAS PRESSÕES, EM TEMPERATURAS MODERADAS. A ESPECIFICAÇÃO ABRANGE 15 CLASSES DE MATERIAL, DESIGNADAS TAMBÉM DE 10 A 52, COMO A A-671. OS TUBOS DE AÇO-CARBONO SÃO FEITOS DE CHAPAS DE AÇO AÇALMADO (ASTM A-515 OU A-516), OU NÃO AÇALMADO (ASTM A-285 Gr.C); A ESPECIFICAÇÃO INCLUI TAMBÉM TUBOS DE AÇO-LIGA MOLIBDÊNIO.

Principais especificações de aço-carbono (os números indicam especificações da ASTM, exceto onde indicado diferentemente)

Formas de Apresentação	Classes de aços-carbono				
	Aços de baixo carbono	Aços de médio carbono (não-açalmados)	Aços de médio carbono açalmados — (temperaturas altas)	Aços de médio carbono açalmados — (baixas temperaturas)	Aços de qualidade estrutural
Tubos condução (sem costura)	A-106 Gr A (com Si)		A-106 Gr B, C (com Si)		
Tubos condução (com ou sem costura)	A-53 Gr A API-5L Gr A	A-53 Gr B API-5L Gr B		A-333 Gr 6	A-120
Tubos condução (solda por eletrodo)	A-139 Gr A	A-134 A-139 Gr B A-671 (285 B)	A-672 (515 e 516)	A-671 (516)	
Tubos condução (solda por resistência elétrica)	A-135				
Tubos para trocadores	A-179 (s/costura) A-214 (solda por resistência elétrica)			A-334 Gr 6	
Tubos para caldeiras	A-178		A-210 A-192		
Peças forjadas		A-181	A-105	A-350 Gr LFI	
Peças fundidas		A-216 Gr WCB		A-352 Gr LCB	
Acessórios de tubulação	A-234 Gr WPA	A-234 Gr WPB		A-420 Gr WPL6	

FIGURA 11 - TABELA COM AS PRINCIPAIS ESPECIFICAÇÕES ASTM PARA AÇO-CARBONO COM FORMAS DE APRESENTAÇÃO PARA TUBULAÇÕES E ACESSÓRIOS.

B) ESPECIFICAÇÕES DO API (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE):

API 5L - ESPECIFICAÇÃO PARA TUBOS DE QUALIDADE MÉDIA, COM OU SEM COSTURA, DE 1/8" A 64" DE DIÂMETRO NOMINAL, EM DOIS GRAUS DE MATERIAL, A e B.

	C % (máx.)	Mn. %	Si % (mín.)	Ruptura (kg/mm ²)	Escoamento (kg/mm ²)
Grau A (baixo carbono)	0,25	0,27 — 0,93	0,10	34	20
Grau B (médio carbono)	0,30	0,29 — 1,06	0,10	41	24
Grau C (médio carbono)	0,35	0,29 — 1,06	0,10	48	27

API 5LX - ESPECIFICAÇÃO PARA TUBOS COM OU SEM COSTURA, DE AÇOS-CARBONO DE ALTA RESISTÊNCIA, ESPECIAIS PARA OLEODUTOS E GASODUTOS, ABRANGENDO OS SEIS SEGUINTE GRAUS DE MATERIAL, COM OS RESPECTIVOS VALORES MÍNIMOS DOS LIMITES DE RESISTÊNCIA E DE ESCOAMENTO:

GRAUS	LIM. RESISTÊNCIA(kg/mm ²)	LIM. ESCOAMENTO(kg/mm ²)
X 42	42	29
X 46	44	32
X 52	46	36
X 60	52	42
X 65	54	45
X 70	58	49

3.4 AÇOS-LIGA E AÇOS INOXIDÁVEIS - CASOS GERAIS DE EMPREGO

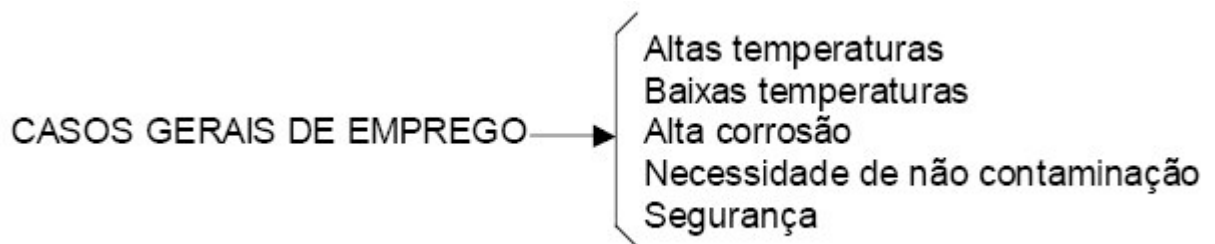
3.4.1 AÇOS-LIGA

DENOMINA-SE “AÇOS-LIGA” (*ALLOY-STEEL*) TODOS OS AÇOS QUE POSSUEM QUALQUER QUANTIDADE DE OUTROS ELEMENTOS, ALÉM DOS QUE ENTRAM NA COMPOSIÇÃO DOS AÇOS-CARBONO. DEPENDENDO DA QUANTIDADE TOTAL DE ELEMENTOS DE LIGA, DISTINGUEM-SE:

- **AÇOS DE BAIXA LIGA** (*LOW ALLOY-STEEL*), COM ATÉ 5% DE ELEMENTOS DE LIGA;
- **AÇOS DE LIGA INTERMEDIÁRIA** (*INTERMEDIATE ALLOY-STEEL*), ENTRE 5% A 10%;
- **AÇOS DE ALTA LIGA** (*HIGH ALLOY-STEEL*), COM MAIS DE 10%.

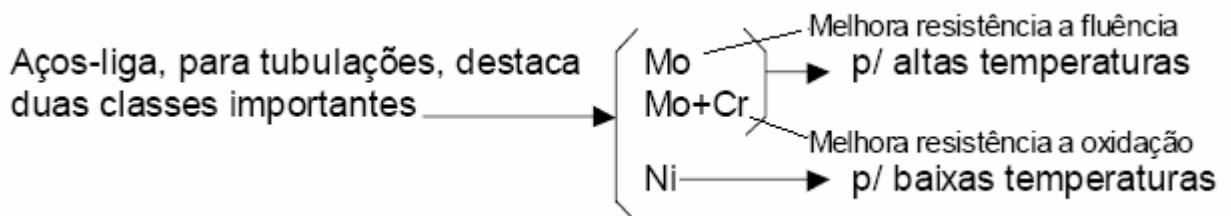
OS AÇOS INOXIDÁVEIS (*STAINLESS STEEL*), SÃO OS QUE CONTÊM PELO MENOS 12% DE CROMO, O QUE LHEZ CONFERE A PROPRIEDADE DE NÃO SE OXIDAREM MESMO EM EXPOSIÇÃO PROLONGADA A UMA ATMOSFERA NORMAL.

OS TUBOS DE AÇOS-LIGA OU DE AÇOS INOXIDÁVEIS SÃO BEM MAIS CAROS QUE OS AÇOS-CARBONO, ALÉM DO QUE A SOLDAGEM, CONFORMAÇÃO E MONTAGEM TAMBÉM SÃO MAIS DIFÍCEIS E MAIS CARAS.



DUAS CLASSES DE AÇOS-LIGA SÃO IMPORTANTES COMO MATERIAIS PARA TUBULAÇÕES:

- **AÇOS-LIGA MOLIBDÊNIO, E CROMO-MOLIBDÊNIO;**
- **AÇOS-LIGA NÍQUEL.**



OS AÇOS-LIGA MOLIBDÊNIO E CROMO-MOLIBDÊNIO CONTÉM ATÉ 1% DE Mo E ATÉ 9% DE Cr, EM DIVERSAS PROPORÇÕES, COMO MOSTRA A TABELA ABAIXO.

SENDO MATERIAIS FERRÍTICOS (MAGNÉTICOS), ESPECÍFICOS PARA EMPREGO EM TEMPERATURAS ELEVADAS.

O CROMO CAUSA PRINCIPALMENTE UMA SENSÍVEL MELHORIA NA RESISTÊNCIA À OXIDAÇÃO EM ALTAS TEMPERATURAS, E NA RESISTÊNCIA À CORROSÃO EM GERAL,

SOBRETUDO AOS MEIOS OXIDANTES, SENDO ESSES EFEITOS TANTO MAIS ACENTUADOS QUANTO MAIOR FOR A QUANTIDADE DE CROMO. POR ESSA RAZÃO, ESSES AÇOS PODEM SER EMPREGADOS EM TEMPERATURAS MAIS ELEVADAS DO QUE O PERMITIDO PARA O AÇO-CARBONO, COMO MOSTRAM OS LIMITES ABAIXO.

ESPECIFICAÇÃO ASTM E GRAU TUBOS SEM SOSTURA	ELEMENTOS DE LIGA (%)			LIMITE DE TEMPERATURA PARA SERVIÇO CONTÍNUO (°C)
	Cr	Mo	Ni	
A-335 Gr. P1	\	1/2	\	500
A-335 Gr. P5	5	1/2	\	480
A-335 Gr. P11	1 1/4	1/2	\	550
A-335 Gr. P22	2 1/4	1	\	550
A-333 Gr. 3	\	\	3 1/2	-100
A-333 Gr. 7	\	\	2 1/4	-60

FIGURA 12 - TABELA LIMITES DE TEMPERATURA PARA EMPREGO DOS AÇOS LIGA MILIBDÊNIO; CROMO-MOLIBDÊNIO e NÍQUEL.

ATÉ A QUANTIDADE DE 2,5% DE **Cr**, HÁ UM LIGEIRO AUMENTO NA RESISTÊNCIA À FLUÊNCIA, SENDO QUE PERCENTAGENS MAIORES DE **Cr** REDUZEM DE FORMA ACENTUADA ESSA RESISTÊNCIA (EXCETO NOS AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS, CONTENDO NÍQUEL).

POR ESTE MOTIVO, OS AÇOS-LIGA COM ATÉ 2,5% DE **Cr** SÃO ESPECÍFICOS PARA SERVIÇOS DE ALTA TEMPERATURA COM GRANDES ESFORÇOS MECÂNICOS E BAIXA CORROSÃO, PARA OS QUAIS A PRINCIPAL PREOCUPAÇÃO É A RESISTÊNCIA À FLUÊNCIA, ENQUANTO QUE OS AÇOS COM **MAIOR QUANTIDADE DE Cr** SÃO ESPECÍFICOS PARA SERVIÇOS EM ALTA TEMPERATURA, COM ESFORÇOS MECÂNICOS REDUZIDOS E ALTA CORROSÃO, ONDE SE DESEJA PRINCIPALMENTE RESISTÊNCIA À OXIDAÇÃO OU À CORROSÃO.

O MOLIBDÊNIO É O ELEMENTO MAIS IMPORTANTE NA MELHORIA DA RESISTÊNCIA À FLUÊNCIA DO AÇO, CONTRIBUINDO TAMBÉM PARA AUMENTAR A RESISTÊNCIA À CORROSÃO ALVEOLAR.

DA MESMA FORMA QUE OS AÇOS-CARBONO, ESSES AÇOS-LIGA ESTÃO TAMBÉM SUJEITOS A FRATURAS FRÁGEIS REPENTINAS QUANDO SUBMETIDOS A TEMPERATURAS MUITO BAIXAS, NÃO DEVENDO POR ISSO SER EMPREGADOS EM NENHUM SERVIÇO COM TEMPERATURA INFERIOR A 0°C.

3.4.2 AÇOS-INOXIDÁVEIS

EXISTEM DUAS CLASSES PRINCIPAIS DE AÇOS INOXIDÁVEIS PARA TUBULAÇÕES:

- **AUSTENÍTICOS**
- **FERRÍTICOS.**

OS **AUSTENÍTICOS** (NÃO-MAGNÉTICOS), CONTENDO BASICAMENTE 16% A 26% DE **Cr** E 6% A 22% DE **Ni**, E OS **FERRÍTICOS** (MAGNÉTICOS), CONTENDO BASICAMENTE 12% A 30% DE **Cr**, SENDO OS AUSTENÍTICOS O GRUPO MAIS IMPORTANTES. A TABELA ABAIXO MOSTRA OS TIPOS DE AÇOS INOXIDÁVEIS MAIS EMPREGADOS PARA TUBOS.

TIPOS DENOMINAÇÃO DO AISI	ESTRUTURA METALURGICA	ELEMENTOS DE LIGA (%)			LIMITES DE T (°C)	
		Cr	Ni	OUTROS	Máxima	Mínima
304	Austenítica	18	8		600	-255
304 L	Austenítica	18	8	C (max): 0,03	400	sem limite
310	Austenítica	25	20		600	-195
316	Austenítica	16	10	Mo: 2	650	-195
321	Austenítica	17	9	Ti: 0,5	600	-195
405	Ferrítica	12	-	Al:0,2	470	zero

OS AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS APRESENTAM UMA EXTRAORDINÁRIA RESISTÊNCIA À FLUÊNCIA E À OXIDAÇÃO, RAZÃO PELA QUAL SÃO BEM MAIS ELEVADOS OS VALORES DAS TEMPERATURAS LIMITES DE UTILIZAÇÃO, EXCETO PARA OS TIPOS DE MUITO BAIXO CARBONO (304L E 316L), EM QUE O LIMITE É DE 400°C DEVIDO À MENOR RESISTÊNCIA MECÂNICA DESSES AÇOS. TODOS OS AÇOS AUSTENÍTICOS MANTÊM O COMPORTAMENTO DÚCTIL MESMO EM TEMPERATURAS EXTREMAMENTE BAIXAS, PODENDO ALGUNS SER EMPREGADO ATÉ PRÓXIMO DE ZERO ABSOLUTO. ESSES AÇOS SÃO TODOS MATERIAIS DE SOLDA FÁCIL.

OS AÇOS TIPOS 304, 316 E OUTROS DENOMINAM-SE DE “NÃO-ESTABILIZADOS”, E ESTÃO SUJEITOS A UMA PRECIPITAÇÃO DE CARBONETOS DE CROMO (SENSITIZAÇÃO), QUANDO SUBMETIDOS A TEMPERATURAS ENTRE 450°C E 850°C, QUE DIMINUI MUITO A RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO MATERIAL, FICANDO SUJEITO A UMA FORMA GRAVE DE CORROSÃO (CORROSÃO INTERGRANULAR) EM MEIOS ÁCIDOS. ESSE FENÔMENO PODE SER CONTROLADO PELA ADIÇÃO DE Ti E Nb (AÇOS “ESTABILIZADOS”, TIPOS 321 E 347), OU PELA DIMINUIÇÃO DO TEOR DE CARBONO (AÇOS DE MUITO BAIXO CARBONO, TIPOS 304L e 316L).

A PRESENÇA MESMO DE ÍNFIMAS QUANTIDADES DE HCL, CLORETOS, HIPOCLORITOS, ETC, (ÍON CLORO EM GERAL), EM PRESENÇA DE ÁGUA OU DE UMIDADE, ISTO É, EM TEMPERATURAS ABAIXO DO PONTO DE ORVALHO, PODE CAUSAR SEVERA CORROSÃO ALVEOLAR E SOB-TENSÃO EM TODOS OS AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS, DEVENDO POR ISSO SER SEMPRE EVITADA.

OS AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS APRESENTAM MENOR RESISTÊNCIA À FLUÊNCIA QUE OS AUSTENÍTICOS, BEM COMO MENOR RESISTÊNCIA À CORROSÃO EM GERAL, E MENOR TEMPERATURA DE INÍCIO DE OXIDAÇÃO, PORÉM, SÃO MATERIAIS MAIS BARATOS QUE OS AUSTENÍTICOS E MENOS SUJEITOS À CORROSÃO ALVEOLAR E SOB TENSÃO.

4.0- DIÂMETROS COMERCIAIS DOS “TUBOS PARA CONDUÇÃO” DE AÇO

OS DIÂMETROS COMERCIAIS DOS “TUBOS PARA CONDUÇÃO” (STEEL PIPES) DE AÇO-CARBONO E DE AÇOS-LIGA ESTÃO DEFINIDOS PELA NORMA AMERICANA ASME/ANSI.B.36.10, E PARA TUBOS DE AÇOS INOXIDÁVEIS PELA NORMA ASME/ANSI.B.36.19.

ESSAS NORMAS ABRANGEM OS TUBOS FABRICADOS POR QUALQUER UM DOS PROCESSOS USUAIS DE FABRICAÇÃO.

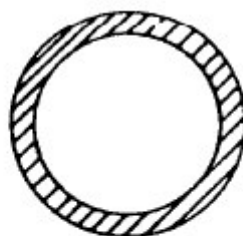
TODOS ESSES TUBOS SÃO DESIGNADOS POR UM NÚMERO CHAMADO “DIÂMETRO NOMINAL IPS” (IRON PIPE SIZE), OU “BITOLA NOMINAL”. A NORMA ASME/ANSI.B.36.10 ABRANGE TUBOS COM DIÂMETROS NOMINAIS DE 1/8” ATÉ 36”, E A NORMA ASME/ANSI.B.36.19 ABRANGE TUBOS DE 1/8” ATÉ 12”.

DE 1/8” ATÉ 12” O DIÂMETRO NOMINAL NÃO CORRESPONDE A NENHUMA DIMENSÃO FÍSICA DOS TUBOS, DE 14” ATÉ 36”, O DIÂMETRO NOMINAL COINCIDE COM O DIÂMETRO EXTERNO DOS TUBOS.

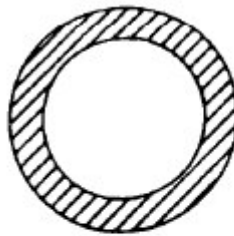
PARA CADA DIÂMETRO NOMINAL FABRICAM-SE TUBOS COM VÁRIAS ESPESSURAS DE PAREDE, DENOMINADAS “SÉRIES”. ENTRETANTO, PARA CADA DIÂMETRO NOMINAL, O DIÂMETRO EXTERNO É SEMPRE O MESMO, VARIANDO SOMENTE O DIÂMETRO INTERNO, QUE SERÁ TANTO MENOR QUANTO MAIOR FOR A ESPESSURA DO TUBO.

POR EXEMPLO, OS TUBOS DE AÇO DE 8” DE DIÂMETRO NOMINAL TEM TODOS UM DIÂMETRO EXTERNO DE 8,625”.

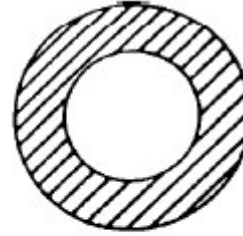
PARA CADA DIÂMETRO NOMINAL O DIAMETRO EXTERNO É SEMPRE CONSTANTE, VARIANDO APENAS O DIÂMETRO INTERNO, QUE SERÁ TANTO MENOR QUANTO MAIOR FOR A ESPESSURA DE PAREDE DO TUBO.



Série 40
DIA INT. = 1,049"
ESP = 0,133"



Série 80
DIA INT. = 0,957"
ESP = 0,179"



Série 160
DIA INT. = 0,815"
ESP = 0,250"

DIÂMETRO EXTERNO = 1,315"

SEÇÕES TRANSVERSAIS EM TUBOS DE 1” DE DIÂMETRO NOMINAL

FIGURA 13 - “SCHEDULE NUMBER” (SÉRIES) PARA TUBO DE 1”.

NORMALIZAÇÃO DIMENSIONAL: ANSI/ASME .B.36.10 E 36.19 ADOADAS PELA ABNT - P-PB-225	
Diâmetros	Séries
1/8", 1/4", 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2", 4", 5", 6", 8", 10", 12", 14", 16", 18", 20", 22", 24", 26", 30" e 36" (OS DIÂMETROS DE 1 1/4", 3 1/2" E 5" SÃO POUCO USADOS NA PRÁTICA)	10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 (NÃO EXISTE DISPONÍVEL NO MERCADO TODAS AS ESPESSURAS PARA TODOS OS DIÂMETROS)

FIGURA 14 - DIÂMETROS NOMINAIS PADRONIZADOS PELA ASME/ANSI B.36.10 E B.36.19.

PARA OS TUBOS SEM COSTURA OS COMPRIMENTOS NUNCA SÃO VALORES FIXOS, PORQUE DEPENDEM DO PESO DO LINGOTE DE QUE É FEITO O TUBO, VARIANDO NA PRÁTICA ENTRE 6 E 10 M, EMBORA EXISTAM TUBOS COM COMPRIMENTO DE ATÉ 16M. OS TUBOS COM COSTURA PODEM SER FABRICADOS EM COMPRIMENTOS CERTOS PREDETERMINADOS, COMO, ENTRETANTO, ESSA EXIGÊNCIA ENCARECE OS TUBOS SEM VANTAGENS PARA O USO CORRENTE, NA PRÁTICA ESSES TUBOS TÊM TAMBÉM QUASE SEMPRE COMPRIMENTOS VARIÁVEIS DE FABRICAÇÃO ("RANDOM LENGHTS").

4.1- EXTREMIDADES DE TUBOS DE CONDUÇÃO

OS TUBOS DE AÇO SÃO FABRICADOS COM TRÊS TIPOS DE EXTREMIDADES, DE ACORDO COM O SISTEMA DE LIGAÇÃO A SER USADO:

- **PONTAS LISAS:** SIMPLEMENTE ESQUADREJADAS;
- **PONTAS CHANFRADAS:** PARA SOLDA DE TOPO;
- **PONTAS ROSQUEADAS:** (ROSCA ESPECIFICAÇÃO API-5B e ANSI/ASME B.2.1).

TIPOS DE PONTAS DE TUBOS

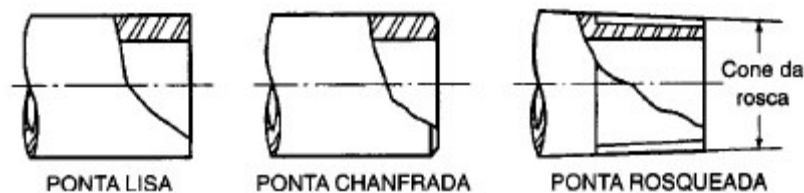


FIGURA 15 -TIPOS DE EXTREMIDADES DE TUBOS.

5. TUBOS DE AÇO - DIMENSÕES NORMALIZADAS

5.1. Tubos de Acordo com as Normas ANSI B.36.10 e B.36.19 (v. Nota 1)

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. Nota na página 19)

Diâmetro nominal (pol.) - Diâmetro externo (mm) (v. Nota 5)	Designação de espessura (v. Nota 3)	Espessura de Parede (mm) (v. Nota 4)	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)		Seção transversal			
							Tubo vazio (v. Nota 6)	Conteúdo de água (v. Nota 7)	Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)	
1/4	10S	1,65	10,4	0,85	0,62	0,043	0,49	0,085	0,116	0,169	0,430	
	Std.40,40S	2,23	9,2	0,67	0,81		0,62	0,067	0,138	0,202	0,413	
	XS.80,80S	3,02	7,7	0,46	1,01		0,79	0,046	0,157	0,229	0,393	
3/8	10S	1,65	13,8	1,50	0,81	0,054	0,63	0,150	0,236	0,285	0,551	
	Std.40,40S	2,31	12,5	1,23	1,08		0,84	0,123	0,304	0,354	0,531	
	XS.80,80S	3,20	10,7	0,91	1,40		1,10	0,090	0,359	0,419	0,506	
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.80,80S	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	6,4	0,32	3,52	↓	2,55	0,03	1,01	0,95	0,56	
	Std.40,40S	2,87	20,9	3,44	2,15		0,083	1,68	0,34	1,54	1,16	0,85
	XS.80,80S	3,91	18,8	2,79	2,80		2,19	0,28	1,86	1,40	0,82	
27	160	5,54	15,6	1,91	3,68	↓	2,88	0,19	2,19	1,85	0,77	
	XXS	7,82	11,0	0,95	4,63		3,63	0,10	2,41	1,81	0,72	
	Std.40,40S	2,87	26,6	5,57	3,19		0,105	2,50	0,56	2,64	2,18	1,07
1	XS.80,80S	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	
	XXS	9,09	15,2	1,82	6,94		5,44	0,18	5,85	3,50	0,92	
11/4	Std.40,40S	3,56	35,0	9,65	4,32	0,132	3,38	0,96	8,11	3,85	1,37	
	XS.80,80S	4,85	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	0,68	11,82	5,61	1,29	
42	XXS	9,70	22,7	4,07	9,90	↓	7,76	0,41	14,19	6,74	1,20	
	Std.40,40S	3,68	40,8	13,1	5,15		0,151	4,04	1,31	12,90	5,34	1,58
	XS.80,80S	5,08	38,1	11,4	6,89		5,40	1,14	16,27	6,75	1,54	
48	160	7,14	33,9	9,07	9,22	↓	7,23	0,91	20,10	8,33	1,48	
	XXS	10,16	27,9	6,13	12,2		9,53	0,61	23,64	9,80	1,39	
	Std.40,40S	3,91	52,5	21,7	6,93		0,196	5,44	2,17	27,72	9,20	2,00
2	XS.80,80S	5,54	49,2	19,0	9,53	↓	7,47	1,90	36,13	11,98	1,95	
	160	8,71	42,9	14,4	14,1		11,08	1,44	48,41	16,05	1,85	
	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1		13,44	1,14	54,61	18,10	1,79	
21/2	Std.40,40S	5,18	62,7	30,9	11,0	0,235	8,62	3,09	63,68	17,44	2,41	
	XS.80,80S	7,01	59,0	27,3	14,5		11,40	2,73	80,12	21,95	2,35	
	160	9,52	54,0	22,9	19,0		14,89	2,29	97,94	26,83	2,27	
73	XXS	14,0	44,9	15,9	26,0	↓	20,39	1,59	119,5	32,75	2,14	
	Std.40,40S	3,05	82,8	53,9	8,22		0,282	6,44	5,39	75,84	17,06	3,04
	XS.80,80S	5,48	77,9	47,7	14,4		11,28	4,77	125,70	28,26	2,96	
89	160	7,62	73,6	42,6	19,5	↓	15,25	4,26	162,33	36,48	2,89	
	XXS	11,1	66,7	34,9	27,2		21,31	3,49	209,36	47,14	2,78	
	Std.40,40S	3,05	108,2	91,9	10,6		0,361	8,35	9,19	164,83	28,88	3,93
4	XS.80,80S	8,56	97,2	74,2	28,4	↓	22,29	7,42	399,99	69,99	3,75	
	160	13,5	87,3	59,9	42,7		33,49	5,99	552,34	96,70	3,60	
	XXS	17,1	80,1	50,3	52,3		40,98	5,03	636,42	111,29	3,49	
6	Std.40,40S	3,40	161,4	204,5	17,6	0,535	13,82	20,45	599,37	71,30	5,83	
	XS.80,80S	7,11	154,0	186,4	36,0		28,23	18,64	1.171,3	139,32	5,70	
	120	10,97	146,3	168,2	54,2		42,51	16,82	1.685,7	200,45	5,58	
168	160	14,3	139,7	153,4	69,0	↓	54,15	15,34	2.064,5	245,52	5,47	
	XXS	18,2	131,8	136,4	86,0		67,41	13,64	2.455,8	291,91	5,34	
	Std.40,40S	3,76	211,5	351,6	25,4		0,692	19,93	35,16	1.473,4	134,56	7,62
8	XS.80,80S	12,7	193,7	294,8	82,3	↓	64,56	29,48	4.399,5	401,88	7,31	
	120	18,2	182,6	261,9	115,1		90,22	26,19	5.852,2	534,31	7,13	
	XXS	22,2	174,6	239,4	137,4		107,8	23,94	6.742,9	616,26	7,00	
219	160	23,0	173,1	235,5	141,7	↓	111,1	23,55	6.905,3	631,02	6,98	

FIGURA 16 -TABELA: DIMENSÕES NORMALIZADAS PARA TUBOS

TUBOS DE AÇO – DIMENSÕES NORMALIZADAS (Continuação)

Diâmetro nominal (pol.) - Diâmetro externo (mm) (v. Nota 5)	Designação de espessura (v. Nota 3)	Espessura de Parede (mm) (v. Nota 4)	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)		Seção transversal		
							Tubo vazio (v. Nota 6)	Conteúdo de água (v. Nota 7)	Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)
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	645,77	9,22
	80	15,1	242,9	463,2	122,1		95,72	46,32	10.193	747,38	9,14
273	120	21,4	230,2	416,1	169,3	132,7	41,61	13.486	988,32	8,94	
	160	28,6	215,9	365,8	219,4	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
	20	6,35	311,1	780,7	63,5		49,70	76,07	7.987,5	493,34	11,23
	Std, 30	9,52	304,6	729,6	94,1		73,74	72,96	11.675	717,88	11,13
	40, 40S	10,3	303,2	722,0	101,5		79,65	72,20	12.487	771,97	11,10
	XS 80S	12,7	298,4	699,4	124,1		97,34	69,94	15.067	929,31	11,00
	60	14,3	295,3	685,2	138,8		108,8	68,52	16.691	1.029,3	10,95
324	80	17,4	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	923,3	69,7	1,118	54,62	92,33	10.630	598,24	12,34
	Std, 30	9,52	336,5	889,7	103,5		81,20	88,97	15.525	873,59	12,24
	40	11,1	333,4	872,9	120,1		94,29	87,29	17.856	1.003,1	12,19
	XS	12,7	330,2	856,2	136,8		107,3	85,62	20.145	1.132,5	12,14
	60	15,1	325,5	832,3	161,2		126,3	83,23	23.392	1.316,1	12,04
356	80	19,0	317,5	791,7	201,3	157,9	79,17	26.595	1.609,5	11,91	
	100	23,8	308,0	745,2	248,4	194,5	74,52	34.339	1.930,7	11,76	
16	10	6,35	393,7	1.217,5	79,8	1,277	62,57	121,7	15.983	786,72	14,15
	Std, 30	9,52	387,3	1.178,1	118,8		93,12	117,8	23.392	1.152,2	14,05
	XS, 40	12,7	381,0	1.140,1	157,1		123,2	114,0	30.468	1.499,7	13,92
	60	16,6	373,1	1.093,0	203,9		159,9	109,3	38.834	1.911,1	13,79
	80	21,4	363,6	1.038,1	258,7		203,0	103,8	48.158	2.370,0	13,64
406	100	26,2	354,0	984,6	312,9	245,3	98,46	56.815	2.796,1	13,46	
18	10	6,35	444,5	1.551,7	89,9	1,436	70,52	155,2	22.851	999,79	15,95
	Std, 20	9,52	438,1	1.507,8	133,9		105,0	150,8	33.589	1.468,5	15,82
	XS	12,7	431,8	1.464,6	177,4		139,0	146,5	43.829	1.917,6	15,72
	40	14,3	428,6	1.443,3	198,7		155,9	144,3	48.782	2.133,9	15,67
	60	19,0	419,1	1.379,4	261,9		205,6	137,9	63.059	2.758,4	15,49
457	80	23,8	409,6	1.317,5	323,9	254,1	131,7	76.337	3.340,3	15,34	
	100	29,4	398,5	1.247,2	394,6	309,4	124,7	90.738	3.969,7	15,16	
	10	6,35	495,3	1.926,6	100,1	1,597	78,46	192,7	31.509	1.240,7	17,73
	Std, 20	9,52	488,9	1.877,5	149,2		116,9	187,7	46.368	1.825,8	17,63
XS, 30	12,7	482,6	1.829,1	197,4	154,9		182,9	60.645	2.388,0	17,53	
40	15,1	477,9	1.793,6	233,5	182,9		179,4	70.926	2.792,9	17,42	
60	20,6	468,7	1.711,1	315,5	247,6		171,1	93.943	3.699,2	17,25	
508	80	26,2	455,6	1.630,4	396,1	310,8	163,0	115.379	4.543,3	17,07	
	100	32,5	442,9	1.540,7	485,8	381,1	154,1	138.188	5.441,5	16,84	
24	10	6,35	596,9	2.800,2	120,3	1,914	94,35	280,0	54.776	1.796,3	21,34
	Std, 20	9,52	590,5	2.742,1	179,5		140,8	274,2	80.873	2.482,8	21,21
	XS	12,7	584,2	2.677,6	238,1		186,7	267,8	106.139	2.653,5	21,11
	40	17,4	574,7	2.593,7	324,5		254,7	259,4	142.351	4.674,4	20,96
	60	24,6	560,4	2.464,6	451,6		354,3	246,5	193.547	6.359,3	20,70
610	80	30,9	547,7	2.355,0	562,6	440,9	235,5	236.002	7.752,5	20,50	
	100	38,9	531,8	2.219,5	697,5	546,7	221,9	285.118	9.358,7	20,22	
30	10	7,92	746,1	4.374,4	187,7	2,393	147,2	437,4	133.609	3.507,5	26,67
	20	12,7	736,6	4.264,8	298,7		234,4	426,5	209.779	5.507,0	26,49
	30	15,9	730,2	4.187,3	371,8		291,8	418,7	258.895	6.801,8	26,39

- Nota:
- Esta tabela inclui tubos de todos os tipos de aços: aço-carbono e aços de baixa liga (norma ANSI B.36.10), e aços inoxidáveis (norma ANSI B.36.19).
 - A norma ANSI B.36.19 só abrange tubos até o diâmetro nominal de 12".
 - As designações "Std", "XS" e "XXS" correspondem às espessuras denominadas "standard", "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) dessa mesma norma. As designações 5S, 10S, 20S, 40S e 80S são da norma ANSI B.36.19 para tubos de aços inoxidáveis.
 - As espessuras em mm indicadas na tabela são os valores nominais; as espessuras mínimas correspondentes dependerão das tolerâncias de fabricação, que variam com o processo de fabricação do tubo. Para tubos sem costura a tolerância usual é $\pm 12,5\%$ do valor nominal.
 - Nesta tabela estão omitidos alguns diâmetros e espessuras não usuais na prática. Para a tabela completa, contendo todos os diâmetros e espessuras, consulte as normas ANSI B.36.10 e ANSI B.36.19.
 - Os pesos indicados nesta tabela correspondem aos tubos de aço-carbono ou de aços de baixa liga. Os tubos de aços inoxidáveis ferríticos pesam 5% menos, e os inoxidáveis austeníticos cerca de 2% mais.
 - Esses mesmos números representam também a vazão em l/seg. para a velocidade de 1 m/seg.

4.2- DADOS PARA ENCOMENDA OU REQUISIÇÃO DE TUBOS

DEFINIÇÃO DE UM TUBO (Especificação para Compra)

DIÂMETRO NOMINAL

NÚMERO DE SÉRIE

TIPO DE EXTREMIDADE →

Ponta lisa
Ponta chanfrada (especificada)
Ponta rosqueada (especificada)

PROCESSO DE FABRICAÇÃO (com ou sem costura)

ESPECIFICAÇÃO DO MATERIAL

TIPO DE ACABAMENTO OU DE REVESTIMENTO

QUANTIDADE → Normalmente indica-se a quantidade total em unidade de comprimento ou em peso. A indicação do comprimento da vara de tubo não é importante porque pode haver variação, em função do processo de fabricação

4.3- TUBOS DE FERRO FUNDIDO

TUBOS DE FERRO FUNDIDO

SÃO USADOS PARA ÁGUA, GÁS, ÁGUA SALGADA E ESGOTOS, EM SERVIÇOS DE BAIXA PRESSÃO, TEMPERATURA AMBIENTE E SEM GRANDES ESFORÇOS MECÂNICOS.

ÓTIMA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO SOLO

OS TUBOS DE MELHOR QUALIDADE SÃO FABRICADOS EM MOLDES CENTRIFUGADOS

SÃO PADRONIZADOS PELO DIÂMETRO EXTERNO DE 2" A 48" COM AS

EXTREMIDADES →

Lisa
Flange Integral
Ponta e Bolsa

SEGUEM AS NORMAS EB-43 e P-EB-137 DA ABNT E SÃO TESTADOS PARA PRESSÕES DE ATÉ 3 MPa ($\cong 30 \text{ Kgf/cm}^2$)

FERRO FUNDIDO NODULAR → Adição de Si, Cr ou Ni → Aumenta a resistência mecânica.

4.4- TUBOS DE METAIS NÃO-FERROSOS

TUBOS DE METAIS NÃO-FERROSOS

DE UM MODO GERAL SÃO DE POUCA UTILIZAÇÃO
DEVIDO AO ALTO CUSTO

Comparação geral com o Aço Carbono:

NÃO-FERROSOS →

Melhor resistência à corrosão
Preço mais elevado
Menor resistência mecânica
Menor resistência às altas temperaturas
Melhor comportamento em baixas temperaturas

COBRE E SUAS LIGAS

Excelente resistência ao ataque →

Da atmosfera
Da água, inclusive salgada
Dos álcalis e dos ácidos diluídos
De muitos compostos orgânicos
De numerosos outros fluidos corrosivos

Severo efeito de corrosão sob-tensão quando em contato com: →

Amônia
Aminas
Compostos Nitrados

DEVIDO AO ALTO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO DE CALOR SÃO MUITO EMPREGADOS EM SERPENTINAS, COMO TUBOS DE AQUECIMENTO OU REFRIGERAÇÃO

NÃO DEVEM SER EMPREGADOS PARA PRODUTOS ALIMENTARES OU FARMACÊUTICOS PELO FATO DE DEIXAREM RESÍDUOS TÓXICOS PELA CORROSÃO

PRINCIPAIS ESPECIFICAÇÕES DA ASTM

Tubos de Cobre	B.68, B.75, B.88
Tubos de Latão	B.111
Tubos de Cobre-níquel	B.466

ALUMÍNIO E SUAS LIGAS

Muito boa resistência ao contato com: →

A atmosfera
A água
Muitos compostos orgânicos,
inclusive ácidos orgânicos

A RESISTÊNCIA MECÂNICA É MUITO BAIXA
(A adição de Si, Mg ou Fe melhora a resistência mecânica)

DEVIDO AO ALTO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO DE CALOR SÃO MUITO EMPREGADOS EM SERPENTINAS, COMO TUBOS DE AQUECIMENTO OU REFRIGERAÇÃO

OS RESÍDUOS RESULTANTE DA CORROSÃO NÃO SÃO TÓXICOS

PRINCIPAL ESPECIFICAÇÃO É A ASTM B.111

CHUMBO

CARACTERÍSTICAS →

Baixa resistência mecânica
Pesado
excepcional resistência à corrosão
Pode trabalhar com H_2SO_4 em qualquer concentração

NÍQUEL E SUAS LIGAS

APRESENTAM SIMULTANEAMENTE EXCEPCIONAL RESISTÊNCIA À CORROSÃO, E MUITO BOAS QUALIDADES MECÂNICAS E DE RESISTÊNCIA ÀS TEMPERATURAS, TANTO ELEVADAS COMO BAIXAS.

PRINCIPAIS TIPOS →

Níquel Comercial
Metal Monel (67% Ni, 30% Cu)
Inconel (80% Ni, 20% Cr)

TITÂNIO, ZIRCÔNIO E SUAS LIGAS

MATERIAIS COM PROPRIEDADES EXTRAORDINÁRIAS TANTO DE RESISTÊNCIA À CORROSÃO, COMO RESISTÊNCIA ÀS TEMPERATURAS E QUALIDADES MECÂNICAS; ALÉM DISSO O PESO ESPECÍFICO É CERCA DE 2/3 DO PESO DOS AÇOS.

A PRINCIPAL DESVANTAGEM É O PREÇO EXTREMAMENTE ELEVADO

4.5- TUBOS NÃO-METÁLICOS

TUBOS NÃO-METÁLICOS

PLÁSTICOS (GRUPO MAIS IMPORTANTE)

A UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PLÁSTICO TEM CRESCIDO NOS ÚLTIMOS ANOS, PRINCIPALMENTE COMO SUBSTITUTOS PARA OS AÇOS INOXIDÁVEIS

VANTAGENS →

- Pouco peso
- Alta resistência à corrosão
- Coefficiente de atrito muito baixo
- Facilidade de fabricação e manuseio
- Baixa condutividade térmica e elétrica
- Cor própria e permanente

DESVANTAGENS →

- Baixa resistência ao calor
- Baixa resistência mecânica
- Pouca estabilidade dimensional
- Insegurança nas informações técnicas
- Alto coeficiente de dilatação
- Alguns plásticos podem ser combustíveis

PLÁSTICOS →

TERMOPLÁSTICOS (para dia. pequenos)	Polímeros de cadeia reta (Podem ser moldados pelo calor)
TERMOESTÁVEIS (Termofixos) (para dia. Grandes)	Polímeros de cadeia ramificada (Não podem ser moldados)

PLÁSTICO	AÇO CARBONO
RESISTEM AOS ÁCIDOS E ÁLCALIS DILUIDOS	NÃO RESISTEM AOS ÁCIDOS E ÁLCALIS DILUIDOS
NÃO RESISTEM AOS ÁCIDOS E ÁLCALIS CONCENTRADOS	RESISTEM AOS ÁCIDOS E ÁLCALIS CONCENTRADOS

QUASE TODOS OS PLÁSTICOS SOFREM UM PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO LENTA QUANDO EXPOSTOS POR MUITO TEMPO À LUZ SOLAR (Ação dos raios U.V.)

CIMENTO-AMIANTO - (ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA COM ARMAÇÃO DE FIBRAS DE AMIANTO)

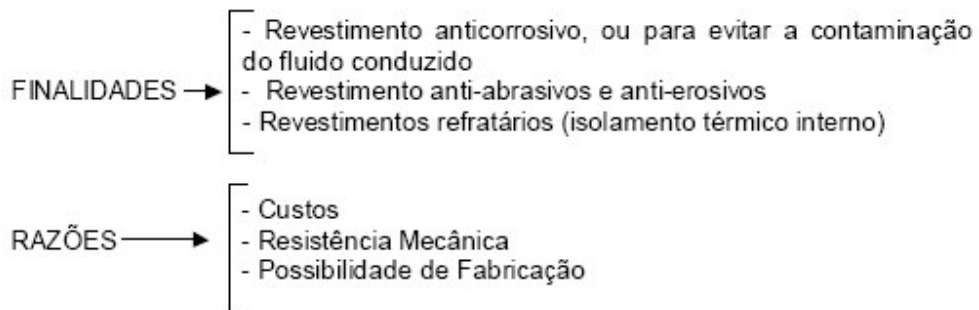
CONCRETO ARMADO

BARRO VIDRADO (MANILHAS)

VIDRO, CERÂMICA

BORRACHAS (MANGEIRAS E MANGOTES)

TUBOS DE AÇO COM REVESTIMENTO INTERNO

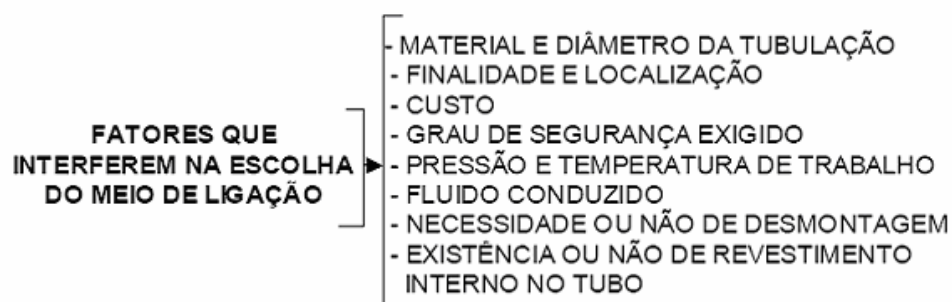
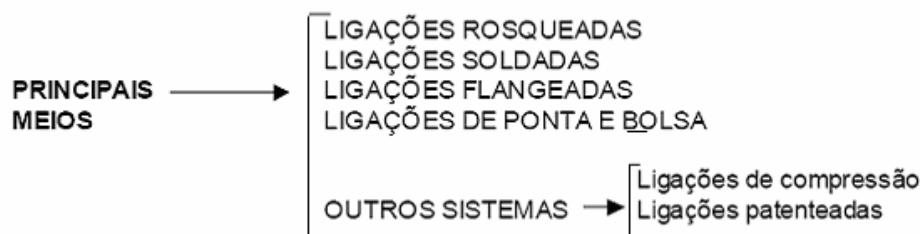


PRINCIPAIS DIFICULDADES: MONTAGEM E SOLDAGEM

5.0- MEIOS DE LIGAÇÃO DE TUBOS

OS DIVERSOS MEIOS USADOS PARA CONECTAR TUBOS, SERVEM NÃO SÓ PARA LIGAR OS TUBOS ENTRE-SI, COMO TAMBÉM OS ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÕES E OS TUBOS.

MEIOS DE LIGAÇÃO DE TUBOS

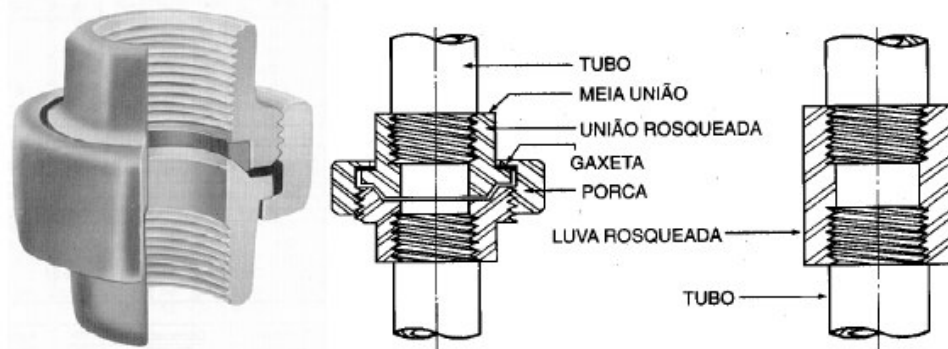


5.1- LIGAÇÕES ROSQUEADAS

AS LIGAÇÕES ROSQUEADAS SÃO UM DOS MAIS ANTIGOS MEIOS DE LIGAÇÃO USADOS PARA TUBOS.

LIGAÇÕES ROSQUEADAS

SÃO LIGAÇÕES DE BAIXO CUSTO E DE FÁCIL EXECUÇÃO UTILIZADAS EM PEQUENOS DIÂMETROS (Até 2")



HÁ FABRICAÇÃO DE TUBOS COM EXTREMIDADES ROSQUEADAS E DE PEÇAS DE LIGAÇÃO ATÉ 4".

5.2- LIGAÇÕES SOLDADAS

EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS, A MAIOR PARTE DAS LIGAÇÕES SÃO SOLDADAS, COM SOLDA POR FUSÃO (WELDING), COM ADIÇÃO DE ELETRODO, DE DOIS TIPOS PRINCIPAIS:

- SOLDA DE TOPO (*BUTT-WELDING*);
- SOLDA DE ENCAIXE (*SOCKET-WELDING*).

LIGAÇÕES SOLDADAS

PRINCIPAIS VANTAGENS

- BOA RESISTÊNCIA MECÂNICA
- ESTANQUEIDADE PERFEITA E PERMANENTE
- BOA APARÊNCIA
- FACILIDADE PARA APLICAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO E DE PINTURA
- NENHUMA NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO

PRINCIPAIS DESVANTAGENS

- DIFICULDADE DE DESMONTAGEM
- EXIGE MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA

5.2.1- SOLDA DE TOPO

A SOLDA DE TOPO É O SISTEMA MAIS USADO PARA AS LIGAÇÕES ENTRE TUBOS DE 1 1/2" - 2" OU MAIORES, DE AÇOS DE QUALQUER TIPO. PODE SER APLICADA EM TODA A FAIXA USUAL DE PRESSÕES E DE TEMPERATURA, INCLUSIVE PARA SERVIÇOS SEVEROS, SENDO POR ISSO O MEIO DE LIGAÇÃO MAIS EMPREGADO PARA TUBULAÇÕES DE 2" OU MAIORES, EM INDÚSTRIAS DE PROCESSAMENTO.

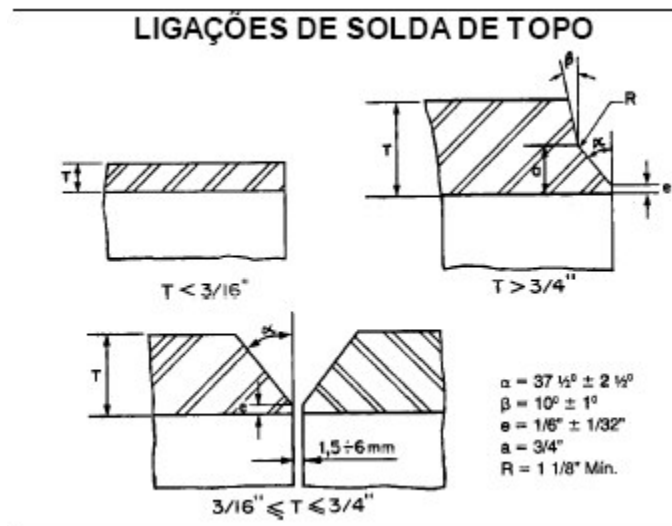


FIGURA 17 -CHANFROS PARA SOLDA DE TOPO DE TUBOS.

5.2.2- SOLDA DE ENCAIXE

ESSE TIPO DE LIGAÇÃO SOLDADA É USADO NA MAIORIA DOS TUBOS INDUSTRIAIS COM DIÂMETROS ATÉ 1 1/2" - 2", EM TODA FAIXA USUAL DE PRESSÕES E TEMPERATURAS. OS TUBOS SÃO SOLDADOS NAS LUVAS OU UNIÕES COM UM ÚNICO CORDÃO EXTERNO DE SOLDA EM ÂNGULO (SOLDA DE FILETE).

A NORMA ASME/ANSI B.31.3 RECOMENDA QUE NÃO SE EMPREGUE SOLDA DE ENCAIXE EM SERVIÇOS DE ALTA CORROSÃO OU EROSIÃO, E PROÍBE ESSE TIPO DE LIGAÇÕES, EM DIÂMETROS ACIMA DE 1 1/2", PARA SERVIÇOS FORTEMENTE CÍCLICOS.

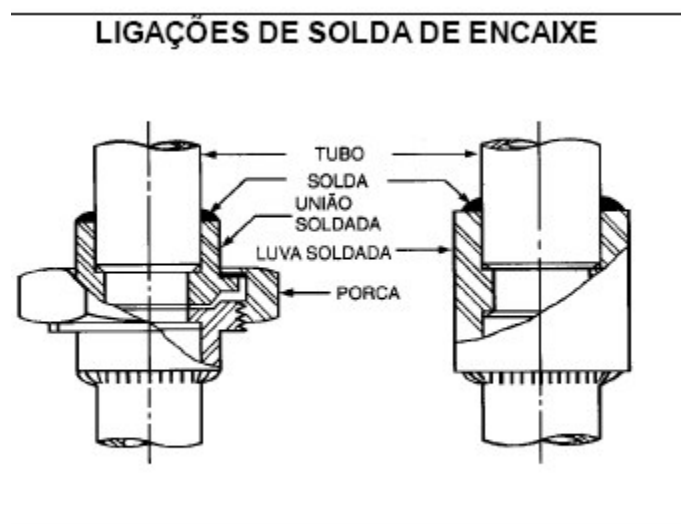
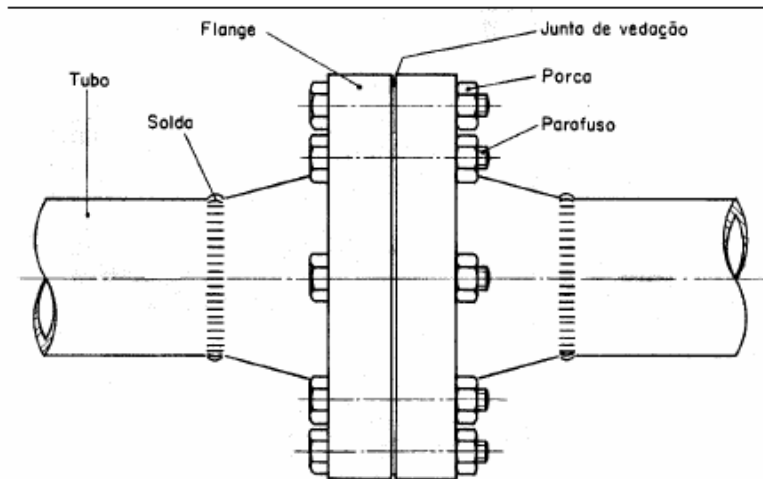


FIGURA 18 - LIGAÇÕES DE SOLDA DE ENCAIXE PARA TUBOS.

5.3 - LIGAÇÕES FLANGEADAS

UMA LIGAÇÃO FLANGEADA É COMPOSTA DE DOIS FLANGES, UM JOGO DE PARAFUSOS OU ESTOJOS COM PORCAS E UMA JUNTA DE VEDAÇÃO.



**SÃO FACILMENTE
DESMONTÁVEIS E
APLICADAS EM
DIÂMETROS DE 2" OU
MAIORES**

UTILIZAÇÃO

1. Ligação de tubos com válvulas e equipamentos e também nos pontos da tubulação que for necessário desmontagem;
2. Ligações correntes em tubulações de aço que possuam revestimento interno anticorrosivo.

COMO REGRA GERAL, OS FLANGES:

DEVEM SER USADAS NO MENOR NÚMERO POSSÍVEL, PORQUE SÃO PONTOS PASSÍVEIS DE VAZAMENTO E TAMBÉM PORQUE SÃO PEÇAS CARAS, PESADAS E VOLUMOSAS.

5.3.1 - TIPOS DE FLANGES PARA TUBOS

A) FLANGE INTEGRAL - OS FLANGES INTEGRAIS PARA TUBOS SÃO USADOS APENAS EM ALGUNS CASOS PARA TUBOS DE FERRO FUNDIDO E DE ALGUNS PLÁSTICOS LAMINADOS. É O TIPO MAIS ANTIGO DE FLANGE E PROPORCIONALMENTE MAIS RESISTENTE.

B) FLANGE DE PESCOÇO (WELDING-NECK) - É O TIPO DE FLANGE MAIS USADO EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS PARA QUAISQUER PRESSÕES E TEMPERATURAS, PARA DIÂMETROS DE 2", OU MAIORES. DE TODOS OS FLANGES NÃO INTEGRAIS É O MAIS RESISTENTE, COM MELHOR TRANSMISSÃO DE ESFORÇOS DO FLANGE PARA O TUBO, QUE PERMITE MELHOR APERTO, E QUE DÁ ORIGEM A MENORES TENSÕES RESIDUAIS EM CONSEQUÊNCIA DA SOLDAGEM E DAS DIFERENÇAS DE TEMPERATURAS.

C) FLANGE SOBREPOSTO (SLIP-ON) - É UM FLANGE MAIS BARATO E MAIS FÁCIL DE SE INSTALAR DO QUE O ANTERIOR, PORQUE A PONTA DO TUBO ENCAIXA NO FLANGE, FACILITANDO O ALINHAMENTO E EVITANDO A NECESSIDADE DO CORTE DO TUBO NA MEDIDA EXATA.

ESTE FLANGE SÓ PODE SER USADO PARA TUBULAÇÕES EM SERVIÇOS NÃO SEVEROS, PORQUE O APERTO ADMISSÍVEL É BEM MENOR, AS TENSÕES RESIDUAIS SÃO ELEVADAS E HÁ CONCENTRAÇÃO DE ESFORÇOS DEVIDO À DESCONTINUIDADE DE SEÇÃO.

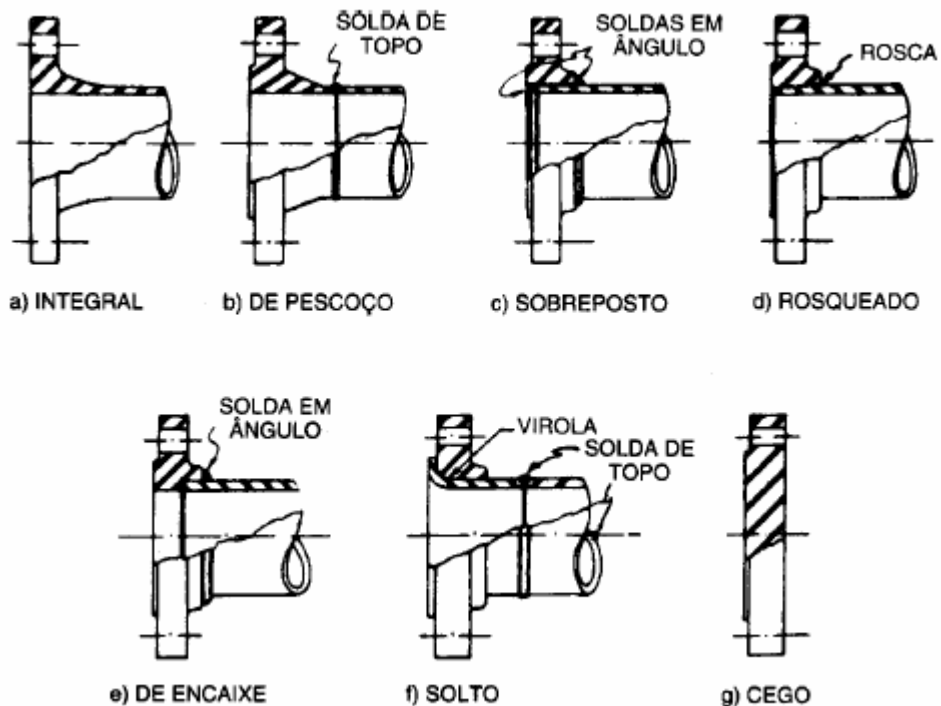
D) FLANGE ROSQUEADO (SCREWED) - EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS ESSES FLANGES SÃO USADOS APENAS PARA TUBOS DE METAIS NÃO-SOLDÁVEIS E PARA ALGUNS TIPOS DE TUBOS NÃO-METÁLICOS, E PARA TUBOS DE AÇO PARA SERVIÇOS SECUNDÁRIOS (ÁGUA, AR COMPRIMIDO) E EM REDES PREDIAIS.

E) FLANGE DE ENCAIXE (SOCKET-WELD) - ESSE FLANGE É SEMELHANTE AO SOBRE POSTO, PORÉM É MAIS RESISTENTE E TEM UM ENCAIXE COMPLETO PARA A PONTA DO TUBO, DISPENSANDO-SE POR ISSO A SOLDA INTERNA.

F) FLANGE SOLTO (LAP-JOINT) - ESSES FLANGES, QUE SÃO TAMBÉM CHAMADOS DE “VAN STONE”, NÃO FICAM COMO OS DE MAIS PRESOS À TUBULAÇÃO, ELES POSSUEM UMA PEÇA DENOMINADA “PESTANA” OU “VIOLA” (*STUB-END*) QUE SERVIRÁ DE BATENTE PARA O FLANGE. SÃO USADOS PARA SERVIÇOS QUE EXIJAM MATERIAIS MAIS CAROS (NOBRES), E TUBOS REVESTIDOS INTERNAMENTE, POIS PELO FATO DO FLANGE NÃO ENTRAR EM CONTATO COM O FLUIDO, PODE UTILIZAR FLANGES DE MATERIAIS MAIS BARATOS.

G) FLANGE CEGO (BLIND) - SÃO FLANGES FECHADOS EM FORMA DE DISCO, USADOS PARA EXTREMIDADES DE LINHAS OU FECHAMENTO DE BOCAIS FLANGEADOS.

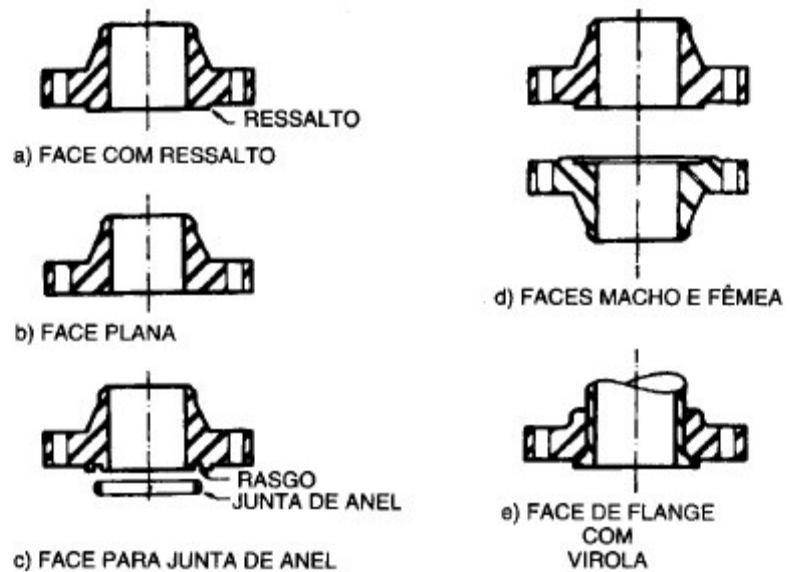
TIPOS DE FLANGES PARA TUBOS



5.3.2 - FACEAMENTO DOS FLANGES

A FACE DE ASSENTAMENTO DOS FLANGES PODE SER DE VÁRIOS TIPOS. O FACEAMENTO DOS FLANGES ESTÁ PADRONIZADO NA NORMA ASME/ANSI B.16.5.

FACEAMENTO DOS FLANGES



- A) FACE COM RESSALTO (RAISED FACE)** - É O TIPO DE FACE MAIS COMUM PARA FLANGES DE AÇO. PARA AS CLASSES DE PRESSÃO 150 E 300, O RESSALTO TEM 1/6" DE ALTURA. A SUPERFÍCIE DO RESSALTO PODE SER LISA OU RANHURADA. AS RANHURAS DEVERÃO DE ACORDO COM A NORMA MSS-SP-6.
- B) FACE PLANA (FLAT FACE)**- É O FACEAMENTO USUAL NOS FLANGES DE FERRO FUNDIDO E DE OUTROS MATERIAIS FRÁGEIS, COMO OS PLÁSTICOS, POR EXEMPLO. O APERTO DA JUNTA É MUITO INFERIOR AO OBTIDO EM IGUALDADE DE CONDIÇÕES COM OS FLANGES DE FACE COM RESSALTO.
- C) FACE PARA JUNTA DE ANEL (RING TYPE JOINT)** - ESSE TIPO DE FACE É USADO EM FLANGES DE AÇO PARA SERVIÇOS SEVEROS, DE ALTAS PRESSÕES E TEMPERATURAS, COMO, POR EXEMPLO, VAPOR OU HIDROGÊNIO (PARA FLANGES DE CLASSE 600 OU MAIS ALTAS), E, DE UM MODO GERAL, PARA TODOS OS SERVIÇOS EM TEMPERATURAS ACIMA DE 550°C, OU COM FLANGES DE CLASSE DE PRESSÃO 900, OU MAIS ALTAS.
- D) FACE DE MACHO E FÊMEA (MALE & FEMALE)**- ESSES FACEAMENTOS, BEM MAIS RAROS DO QUE OS ANTERIORES, SÃO USADOS PARA SERVIÇOS ESPECIAIS COM FLUIDOS CORROSIVOS.

5.3.3 - CLASSES DE PRESSÃO

DENOMINA-SE “CLASSE DE PRESSÃO” DE UM FLANGE A UM NÚMERO ARBITRÁRIO QUE DEFINE O INTERRELACIONAMENTO ENTRE OS VALORES DA PRESSÃO ADMISSÍVEL COM A QUAL O FLANGE PODE TRABALHAR, E A SUA RESPECTIVA TEMPERATURA. COMO A RESISTÊNCIA MECÂNICA DOS MATERIAIS DECRESCER COM O AUMENTO DA TEMPERATURA, A PRESSÃO ADMISSÍVEL DO FLANGE TAMBÉM DECRESCERÁ, QUALQUER QUE SEJA O MATERIAL.

A NORMA AMERICANA ASME/ANSI B.16.5, PARA FLANGES DE AÇO DEFINE SETE CLASSES DE PRESSÃO, DESIGNADOS PELOS NÚMEROS: 150, 300, 400, 600, 900, 1.500 e 2.500.

NA TABELA ABAIXO VERIFICAMOS UM EXEMPLO DE PRESSÕES ADMISSÍVEIS EM FUNÇÃO DAS TEMPERATURAS E DOS MATERIAIS. (ASME/ANSI B.16.5 P/ AS CLASSES DE PRESSÃO 300 E 600).

MATERIAL	TEMPERATURA (°C)	PRESSÕES ADMISSÍVEIS MPa(Kg/cm²)	
		CLASSE 300	CLASSE 600
AÇO-CARBONO	200	4,6(46)	8,9 (89)
	400	3,3(33)	6,5 (65)
	500	0,9(9)	1,6 (16)
AÇO INOXIDÁVEL TIPO 304	200	3,0(30)	6,2 (62)
	400	2,5(25)	5,3 (53)
	500	2,3(23)	5,0 (50)

FIGURA 19 - TABELA COM VALORES DE PRESSÕES ADMISSÍVEIS P/ CLASSES 300 e 600.

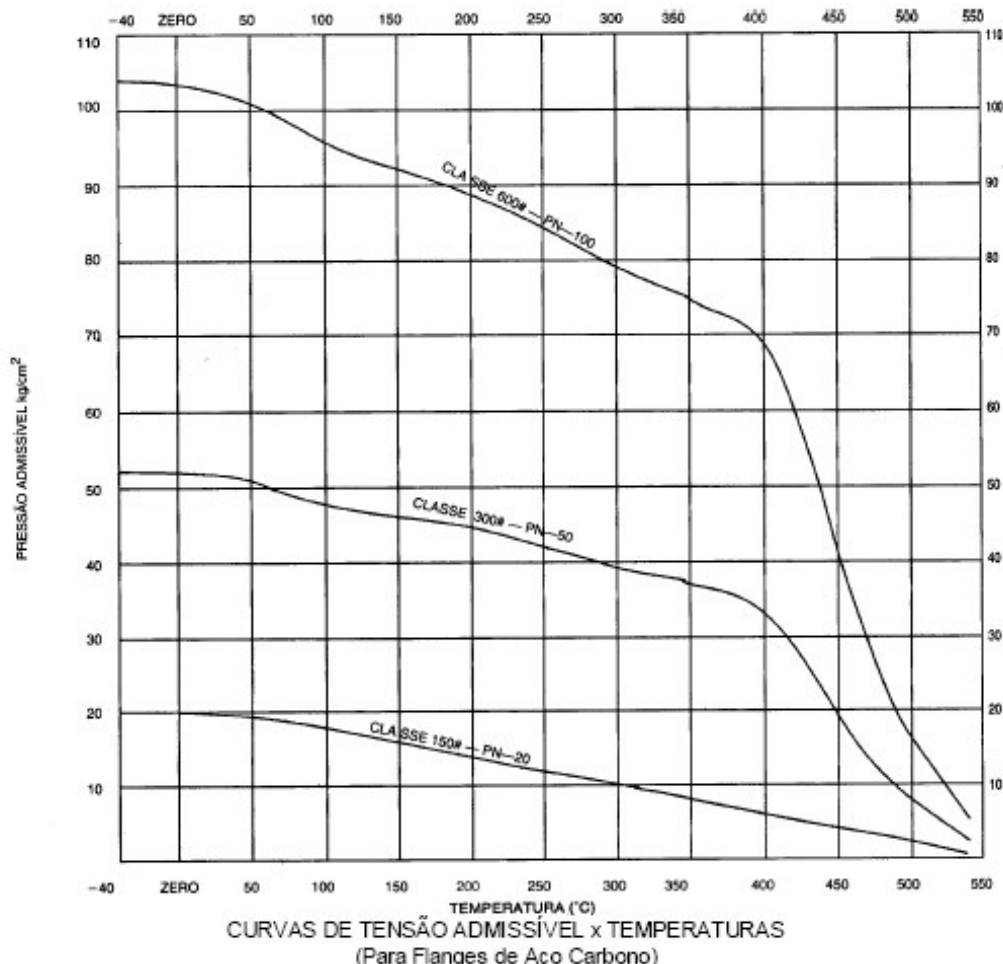


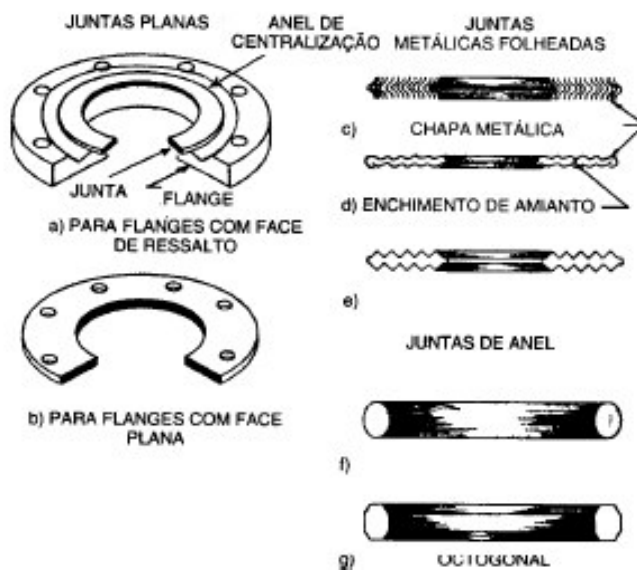
FIGURA 20 - CURVAS DE PRESSÕES ADMISSÍVEIS/TEMPERATURAS DE FLANGES (CS)

AS 7 CLASSES DE PRESSÃO NOMINAL ABRANGEM TODOS OS TIPOS DE FLANGES, DESDE O DIÂMETRO NOMINAL DE 1/2" ATÉ 24", COM AS SEGUINTE EXCEÇÕES:

- A CLASSE 2.500 SÓ VAI ATÉ O DIÂMETRO 12";
- OS FLANGES DE ENCAIXE SÓ SÃO FABRICADOS NAS CLASSES 150 A 600;
- OS FLANGES ROSCADOS DA CLASSE 1.500 SÓ VÃO ATÉ 12" DE DIÂMETRO;
- OS FLANGES DE DIÂMETROS NOMINAIS DE 3", OU MENORES DA CLASSE 400, SÃO IGUAIS AOS DA CLASSE 600;
- OS FLANGES DE DIÂMETROS NOMINAIS DE 2 1/2", OU MENORES, DA CLASSE 900, SÃO IGUAIS AOS DA CLASSE 1.500.

5.3.4 - JUNTAS PARA FLANGES

JUNTAS PARA FLANGE



JUNTAS NÃO METÁLICAS:

- Borracha Natural – Usada para água, ar e condensado até 60 °C.
- Borracha Sintética – Usada para óleos até 80 °C.
- Materiais Plásticos – Usados para fluidos corrosivos em baixas pressão e temperatura ambiente.
- Papelão Hidráulico (juntas de amianto comprimido, grafitado e com aglutinante) Existem vários tipos normalizados que podem trabalhar em temperaturas de até 500 °C e resistem a ácidos, álcalis e hidrocarbonetos

PARAFUSOS E ESTOJOS PARA FLANGES



APERTO INICIAL – Tem a finalidade de adaptar as juntas às faces do flange, amoldando-a às imperfeições.

Valores do Aperto Inicial:

- Juntas de Borracha de 2,5 a 4 MPa
- Juntas de Papelão Hidráulico de 8 a 12 MPa
- Juntas Metálicas de 20 a 40 MPa

APERTO RESIDUAL – Tem o objetivo de combater o efeito da pressão interna (P_1) na tubulação tendendo a separar os flanges.

Valor do Aperto Residual → 1,5 a 2 vezes P_1

APERTO FINAL – Para compensar os efeitos de dilatações devido a variações de temperatura

5.4 - LIGAÇÕES DE PONTA E BOLSA

A LIGAÇÃO DE PONTA E BOLSA É UM SISTEMA MUITO ANTIGO, MAIS AINDA USADO CORRENTEMENTE PARA AS SEGUINTESS CLASSES DE TUBOS:

LIGAÇÕES DE PONTA E BOLSA

UTILIZADAS EM

→ Tubulações de Ferro Fundido
Tubulações de Barro Vidrado e Cimento Amianto
Tubulações de Concreto
Tubulações de Materiais Plásticos

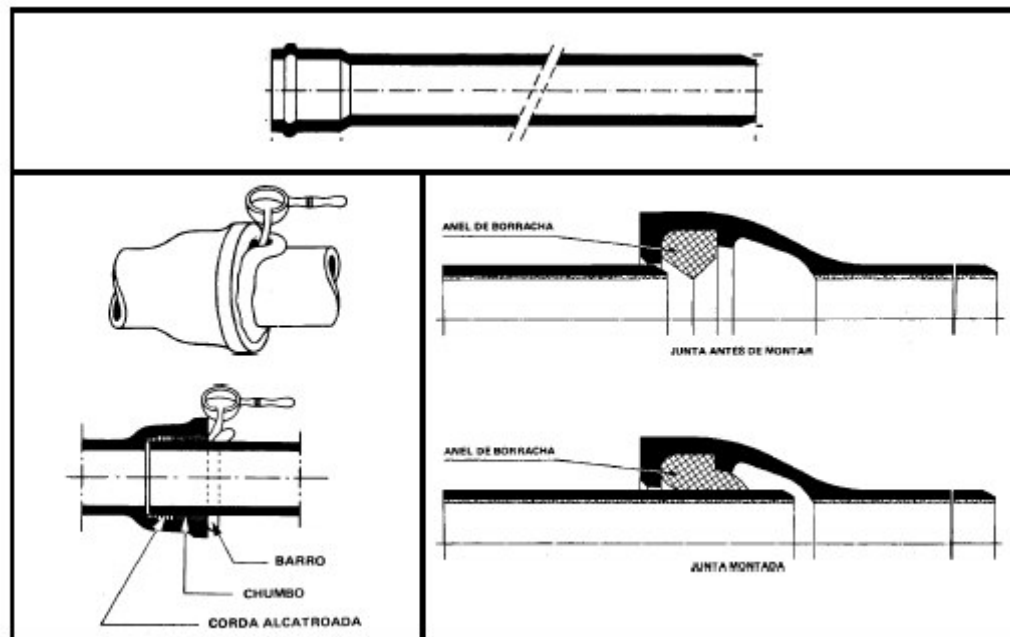


FIGURA 21 - LIGAÇÕES DE PONTA E BOLSA

5.5 - OUTROS MEIOS DE LIGAÇÃO DE TUBOS

5.5.1. - LIGAÇÕES PARA TUBOS DE PLÁSTICO REFORÇADOS COM FIBRA DE VIDRO (FRP-FIBERGLASS REINFORCED PLASTIC) - OS TUBOS DE FRP TÊM A PAREDE DE CONSTRUÇÃO LAMINADA, EM CAMADAS SUCESSIVAS DA RESINA PLÁSTICA E DE FIBRAS DE VIDRO LAMINADAS, PARA MELHORAR A RESISTÊNCIA MECÂNICA.

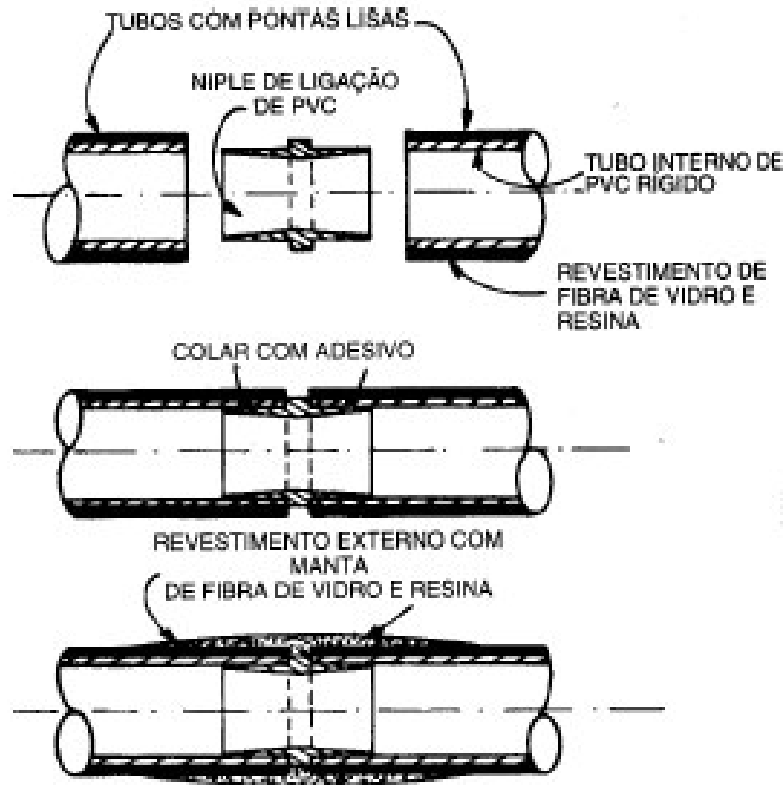


FIGURA 22 - LIGAÇÕES P/ TUBOS DE FRP.

5.5.2 - LIGAÇÕES DE COMPRESSÃO

AS LIGAÇÕES DE COMPRESSÃO SÃO SISTEMAS EMPREGADOS PARA TUBOS DE PEQUENOS DIÂMETROS (EM GERAL ATÉ 60 mm, DE AÇO-CARBONO, AÇOS-INOXIDÁVEIS, MUITOS FREQUENTES EM SISTEMAS DE INSTRUMENTAÇÃO, PODENDO TRABALHAR COM PRESSÕES DE ATÉ 200 MPa (2.000 Kg/cm²).

LIGAÇÕES DE COMPRESSÃO

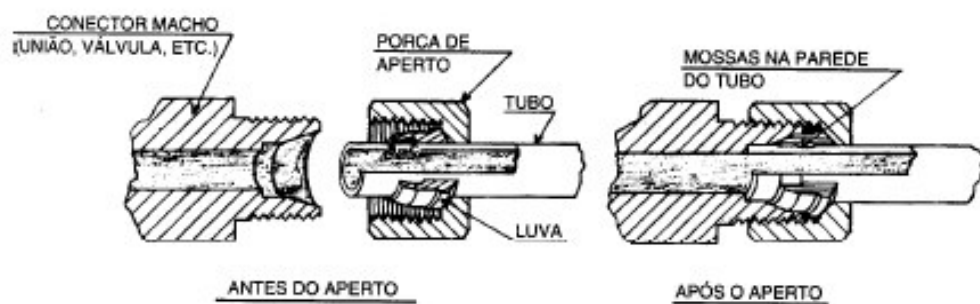


FIGURA 23 - LIGAÇÕES DE COMPRESSÃO.

5.6 - SISTEMAS DE LIGAÇÃO PARA TUBULAÇÕES DE AÇO

A TABELA ABAIXO RESUME OS SISTEMAS DE LIGAÇÃO RECOMENDADOS PARA TUBULAÇÕES DE QUALQUER TIPO DE AÇO 9 DE ACORDO COM AS BOAS PRÁTICAS DE PROJETO)

SISTEMAS DE LIGAÇÕES PARA TUBULAÇÕES DE AÇO			
Ligações corrente ao longo da tubulação	Serviços de baixa responsabilidade, ou não-severos	Diâmetros até 4"	Ligações rosqueadas com luvas
		Diâmetros de 6" ou maiores	Solda de topo
	Serviços severos	Diâmetros até 11/2"	Ligações de solda de encaixe com luvas
		Diâmetros de 2" ou maiores	Solda de topo
Ligações nos extremos da tubulação, ou onde for exigido facilidade de desmontagem	Serviços de baixa responsabilidade, ou não-severos	Diâmetros até 4"	Ligações rosqueadas com uniões
		Diâmetros de 6" ou maiores	Ligações flangeadas (flanges rosqueados ou sobrepostos)
	Serviços severos	Diâmetros até 11/2"	Ligações de solda de encaixe com uniões
		Diâmetros de 2" ou maiores	Ligações flangeadas (flanges de pescoço ou do tipo anel)

SERVIÇO NÃO-SEVERO: SIGNIFICA FLUIDO NÃO PERIGOSO EM PRESSÕES ATÉ 0,7 MPa (~7 Kg/cm²) E TEMPERATURA ATÉ 100°C.

SERVIÇO SEVERO: SIGNIFICA ALTA RESPONSABILIDADE (FLUIDOS INFLAMÁVEIS, TÓXICOS, ETC.) OU PRESSÕES E/OU TEMPERATURAS SUPERIORES AOS LIMITES CITADOS ACIMA

6.0 - VÁLVULAS

AS VÁLVULAS SÃO DISPOSITIVOS DESTINADOS A ESTABELECEM, CONTROLAR E INTERROMPER O FLUXO EM UMA TUBULAÇÃO.

SÃO OS ACESSÓRIOS MAIS IMPORTANTES EXISTENTES NAS TUBULAÇÕES, E QUE POR ISSO DEVEM MERECEM O MAIOR CUIDADO NA SUA ESPECIFICAÇÃO, ESCOLHA E LOCALIZAÇÃO. EM QUALQUER INSTALAÇÃO DEVE HAVER SEMPRE O MENOR NÚMERO POSSÍVEIS DE VÁLVULAS, COMPATÍVEL COM O FUNCIONAMENTO DA MESMA, PORQUE AS VÁLVULAS SÃO PEÇAS CARAS, ONDE SEMPRE HÁ POSSIBILIDADE DE VAZAMENTOS (EM JUNTAS, GAXETAS, ETC.) E QUE INTRODUEM PERDAS DE CARGA, ÀS VEZES DE GRANDE VALOR. AS VÁLVULAS SÃO ENTRETANTO PEÇAS INDISPENSÁVEIS, SEM AS QUAIS AS TUBULAÇÕES SERIAM INTEIRAMENTE INÚTEIS.

AS VÁLVULAS REPRESENTAM, EM MÉDIA, CERCA DE 8% DO CUSTO TOTAL DE UMA INSTALAÇÃO DE PROCESSO.

6.1 - CLASSIFICAÇÃO DAS VÁLVULAS

EXISTE UMA GRANDE VARIEDADE DE TIPOS DE VÁLVULAS, ALGUMAS PARA USO GERAL, E OUTRAS PARA FINALIDADES ESPECÍFICAS. SÃO OS SEGUINTE OS TIPOS MAIS IMPORTANTES DE VÁLVULAS:

1ª – VÁLVULAS DE BLOQUEIO (*BLOCK-VALVES*)

DESTINAM-SE PRIMORDIALMENTE A APENAS ESTABELECEM OU INTERROMPER O FLUXO, OU SEJA SÓ DEVEM TRABALHAR COMPLETAMENTE ABERTAS OU COMPLETAMENTE FECHADAS. AS VÁLVULAS DE BLOQUEIO COSTUMAM SER SEMPRE DO MESMO DIÂMETRO NOMINAL DA TUBULAÇÃO, E TÊM UMA ABERTURA DE PASSAGEM DE FLUIDO COM SEÇÃO TRANSVERSAL COMPARÁVEL COM A DA PRÓPRIA TUBULAÇÃO.

- VÁLVULAS DE GAVETA (*GATE VALVES*);
- VÁLVULAS DE MACHO (*PLUG VALVES*);
- VÁLVULAS DE ESFERA (*BALL VALVES*);
- VÁLVULAS DE COMPORTA (*SLIDE VALVES*).

2ª – VÁLVULAS DE REGULAGEM

VÁLVULAS DE REGULAGEM SÃO AS DESTINADAS ESPECIFICAMENTE PARA CONTROLAR O FLUXO, PODENDO POR ISSO TRABALHAR EM QUALQUER POSIÇÃO DE FECHAMENTO PARCIAL.

ESSAS VÁLVULAS SÃO ÀS VEZES, POR MOTIVO DE ECONOMIA, DE DIÂMETRO NOMINAL MENOR DO QUE A TUBULAÇÃO.

AS VÁLVULAS DE **BORBOLETA** E DE **DIAPHRAGMA**, EMBORA SEJAM ESPECIFICAMENTE VÁLVULAS DE REGULAGEM, TAMBÉM PODEM TRABALHAR COMO VÁLVULAS DE BLOQUEIO.

- 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*).

3ª – VÁLVULAS QUE PERMITEM O FLUXO EM UM SÓ SENTIDO

- VÁLVULAS DE RETENÇÃO (*CHECK VALVES*);
- VÁLVULAS DE RETENÇÃO E FECHAMENTO (*STOP-CHECK VALVES*);
- VÁLVULAS DE PÉ (*FOOT VALVES*).

4ª – VÁLVULAS QUE CONTROLAM A PRESSÃO DE MONTANTE

- VÁLVULAS DE SEGURANÇA E DE ALÍVIO (*SAFETY, RELIEF VALVES*);
- VÁLVULAS DE CONTRAPRESSÃO (*BACK-PRESSURE VALVES*);
- VÁLVULAS DE EXCESSO DE VAZÃO (*EXCESS FLOW VALVES*).

5ª – VÁLVULAS QUE CONTROLAM A PRESSÃO DE JUSANTE

- VÁLVULAS REDUTORAS E REGULADORAS DE PRESSÃO;
- VÁLVULAS DE QUEBRA-VÁCUO (VENTOSAS).

6.2 - CONSTRUÇÃO DAS VÁLVULAS

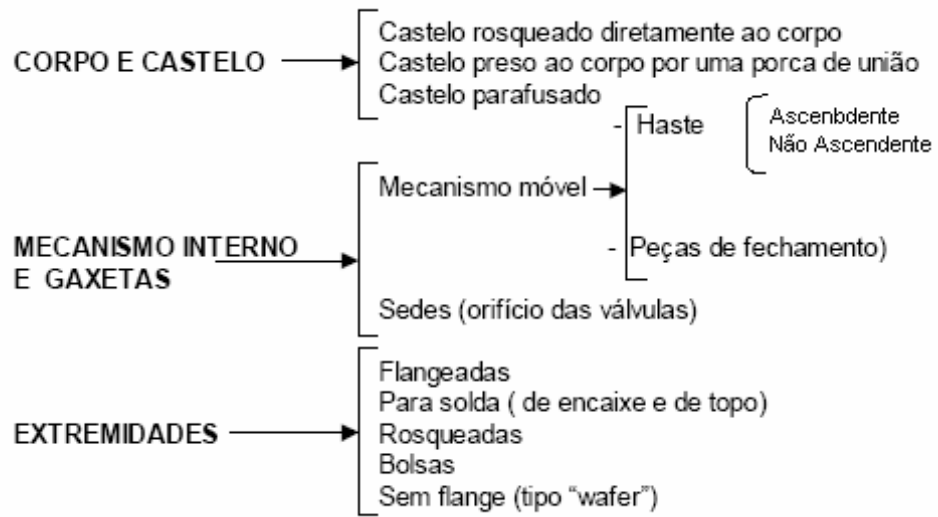
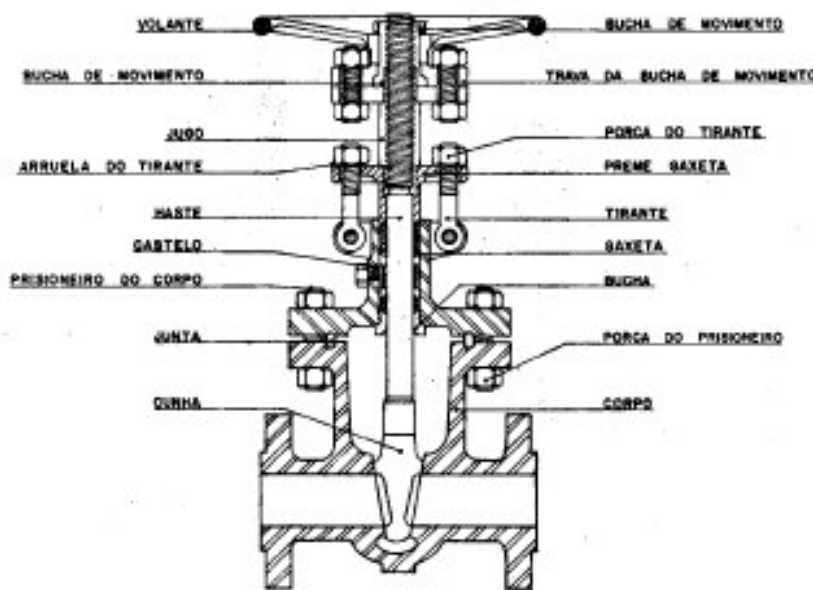
6.2.1 - CORPO E CASTELO

A PAREDE EXTERNA DE PRESSÃO DE UMA VÁLVULA, ISTO É, A SUA CARÇAÇA, COMPÕE-SE DE DUAS PARTES DENOMINADAS DE CORPO E DE CASTELO.

O CORPO (**BODY**) É A PARTE PRINCIPAL DA CARÇAÇA, NA QUAL ESTÃO AS SEDES, ONDE SE ASSENTA A PEÇA DE FECHAMENTO (OBTURADOR), BEM COMO AS EXTREMIDADES (FLANGEADAS, ROSCADAS, ETC.).

O CASTELO (**BONNET**) É A PARTE SUPERIOR DA CARÇAÇA, QUE SE DESMONTA PARA ACESSO AO INTERIOR DA VÁLVULA. TRÊS MEIOS MAIS USUAIS SÃO EMPREGADOS PARA A FIXAÇÃO DO CASTELO AO CORPO DA VÁLVULA:

CONSTRUÇÃO DAS VÁLVULAS



E N Gº A L E X A N D R E M A R C H O N R E D D O

- a) **CASTELO ROSQUEADO DIRETAMENTE AO CORPO (SCREWED BONNET)** - É O SISTEMA MAIS BARATO, USADO, NA PRÁTICA CORRENTE, APENAS EM PEQUENAS VÁLVULAS PARA SERVIÇOS DE BAIXA RESPONSABILIDADE.
- b) **CASTELO PRESO AO CORPO POR UMA PORCA SOLTA DE UNIÃO (UNION BONNET)** - ESSE SISTEMA É EMPREGADO PARA VÁLVULAS PEQUENAS (ATÉ 2") DE BOA QUALIDADE, PARA SERVIÇOS SEVEROS OU ALTAS PRESSÕES, TAMBÉM PARA VÁLVULAS DE DESMONTAGEM FREQUENTE.
- c) **CASTELO APARAFUSADO AO CORPO (BOLTED BONNET)** - É O SISTEMA USADO PARA VÁLVULAS GRANDES (3" EM DIANTE) E PARA QUALQUER PRESSÃO, POR SER MAIS ROBUSTO E PERMITIR MELHOR VEDAÇÃO.

6.2.2 - SISTEMA DE CONSTRUÇÃO DE VÁLVULAS

A GRANDE MAIORIA DAS VÁLVULAS DE AÇO (QUALQUER TIPO DE AÇO) TEM O CORPO E O CASTELO DE CONSTRUÇÃO FORJADA, PARA OS DIÂMETROS PEQUENOS (ATÉ 2"), E DE CONSTRUÇÃO FUNDIDA, PARA DIÂMETROS MAIORES. AS VÁLVULAS DE MATERIAIS NÃO FERROSOS TAMBÉM PODEM SER FORJADAS OU FUNDIDAS.

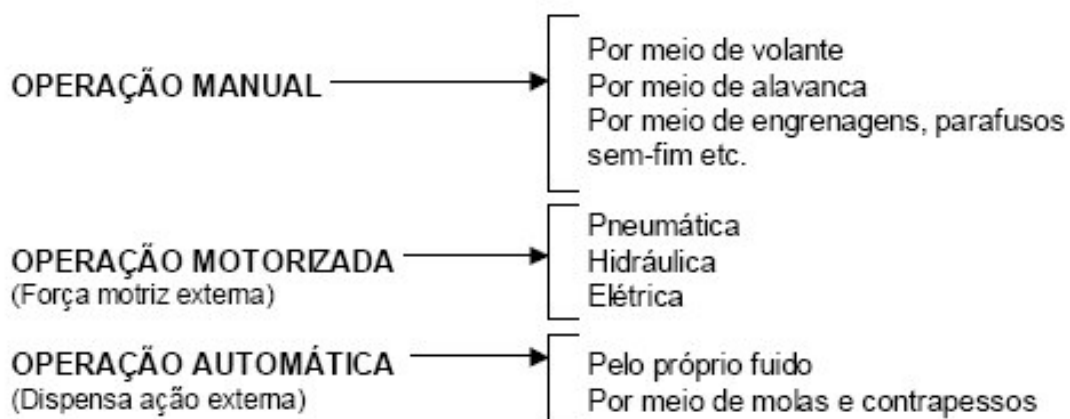
6.2.3 - MECANISMO INTERNO E GAXETAS

O MECANISMO MÓVEL INTERNO DA VÁLVULA (HASTE, PEÇAS DE FECHAMENTO) E AS SEDES, NO ORIFÍCIO DA VÁLVULA, ONDE O MESMO SE ASSENTA, CHAMA-SE "TRIM" DA VÁLVULA. ESSAS PEÇAS, QUE SÃO AS PARTES MAIS IMPORTANTES DA VÁLVULA, ESTÃO SUJEITAS A GRANDES ESFORÇOS MECÂNICOS E DEVEM TER UMA USINAGEM CUIDADOSA PARA QUE A VÁLVULA TENHA FECHAMENTO ESTANQUE, ALÉM DISSO, NÃO PODEM SOFRER DESGASTE POR CORROSÃO OU EROSÃO NEM DEFORMAÇÕES POR FLUÊNCIA, QUE COMPROMETERIAM A ESTANQUEIDADE DA VÁLVULA. POR TODAS ESTAS RAZÕES O "TRIM" É FREQUENTEMENTE DE MATERIAL MAIS NOBRE QUE O DA CARÇAÇA.

6.2.4 - MEIOS DE OPERAÇÃO DAS VÁLVULAS

HÁ UMA VARIEDADE MUITO GRANDE DE SISTEMAS USADOS PARA A OPERAÇÃO DAS VÁLVULAS, OS PRINCIPAIS SÃO OS SEGUINTE:

MEIOS DE OPERAÇÃO DAS VALVULAS



OBS: **PELO PRÓPRIO FLUIDO** (POR DIFERENÇA DE PRESSÕES GERADA PELO ESCOAMENTO).

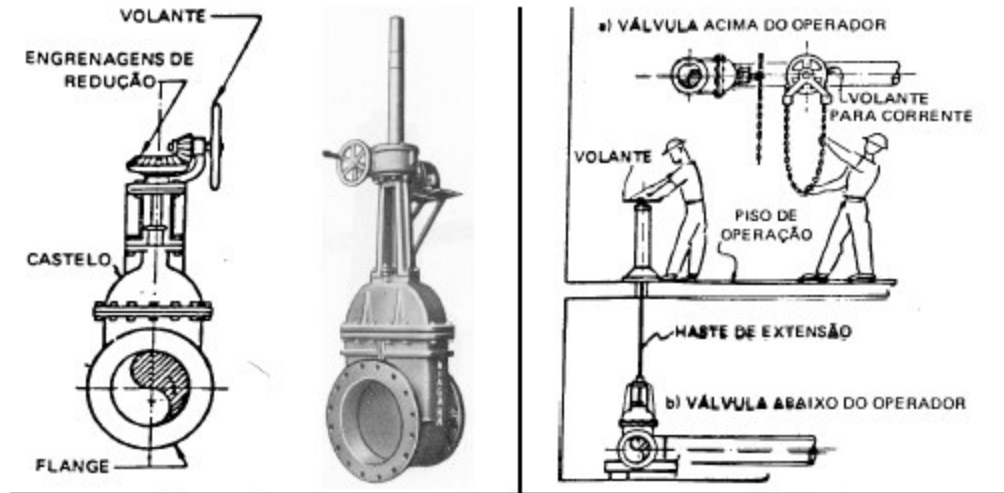


FIGURA 24 - VÁLVULA DE GAVETA COM REDUÇÃO DE ENGRENAGEM.

FIGURA 25 - VÁLVULAS COM VOLANTE COM CORRENTE E COM HASTE DE EXTENSÃO.



FIGURA 26 - VÁLVULA DE ESFERA COM POSSIBILIDADE DE OPERAÇÃO MANUAL E MOTORIZADA.



FIGURA 27 - VÁLVULA DE CONTROLE (OPERAÇÃO MOTORIZADA)



6.3 - VÁLVULAS DE GAVETA

ESSE É O TIPO DE VÁLVULAS MAIS IMPORTANTE E DE USO MAIS GENERALIZADO. ATÉ A ALGUNS ANOS ATRÁS AS VÁLVULAS DE GAVETA DOMINAVAM LARGAMENTE A MAIOR PARTE DAS VÁLVULAS DE USO INDUSTRIAL, CHEGANDO A REPRESENTAR CERCA DE 75% DO TOTAL.

ATUALMENTE, O DESENVOLVIMENTO DE OUTROS TIPOS DE VÁLVULAS DE BLOQUEIO, MAIS LEVES, MAIS RÁPIDAS, E MAIS BARATAS (VÁLVULAS DE ESFERA E DE BORBOLETA PRINCIPALMENTE), FEZ COM QUE A PARTICIPAÇÃO DAS VÁLVULAS DE GAVETA CAÍSSE BASTANTE, ESTANDO AINDA EM MÉDIA COM GRANDE EMPREGO NA ÁREA INDUSTRIAL.

OS PRINCIPAIS EMPREGOS DAS VÁLVULAS DE GAVETA SÃO:

- EM QUALQUER DIÂMETRO, PARA 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;
- EM DIÂMETROS ACIMA DE 8" PARA BLOQUEIO EM LINHAS DE VAPOR;
- EM DIÂMETROS ACIMA DE 2" PARA BLOQUEIO EM LINHAS DE AR.

EM QUALQUER UM DESTES SERVIÇOS, AS VÁLVULAS DE GAVETA SÃO USADAS PARA QUAISQUER E TEMPERATURAS. ESSAS VÁLVULAS NÃO SÃO ADEQUADAS PARA VELOCIDADES DE ESCOAMENTO MUITO ALTAS, ISTO É, MUITO ACIMA DOS VALORES USUAIS.

O FECHAMENTO NESSAS VÁLVULA É FEITO PELO MOVIMENTO DE UMA PEÇA CHAMADA DE GAVETA (OBTURADOR), EM CONSEQÜÊNCIA DA ROTAÇÃO DA HASTE, A GAVETA DESLOCA-SE PARALELAMENTE AO ORIFÍCIO DA VÁLVULA E PERPENDICULARMENTE AO SENTIDO DE ESCOAMENTO DO FLUIDO, E ASSENTA-SE SOBRE DUAS SEDES, UMA DE CADA LADO.

QUANDO TOTALMENTE ABERTAS, A TRAJETÓRIA DE CIRCULAÇÃO DO FLUIDO FICA RETA E INTEIRAMENTE DESIMPEDIDA, DE FORMA QUE A PERDA DE CARGA CAUSADA É MUITO PEQUENA. ESSAS VÁLVULAS SÓ DEVEM TRABALHAR TOTALMENTE ABERTAS OU TOTALMENTE FECHADAS. QUANDO PARCIALMENTE ABERTAS, CAUSAM PERDAS DE CARGA MUITO ELEVADAS E TAMBÉM LAMINAGEM DA VEIA FLUIDA, ACOMPANHADA MUITAS VEZES DE CAVITAÇÃO E VIOLENTA CORROSÃO E EROSÃO.

AS VÁLVULAS DE GAVETA SÃO SEMPRE DE FECHAMENTO LENTO, E SEU FECHAMENTO SERÁ MAIS LENTO QUANTO MAIOR FOR SEU TAMANHO. ESSA É UMA DAS VANTAGENS DA VÁLVULA GAVETA, POIS ASSIM CONTROLAM-SE OS GOLPES DE ARIETE.

EMPREGAM-SE NAS VÁLVULAS DE GAVETA TRÊS SISTEMAS PRINCIPAIS DE MOVIMENTAÇÃO DA HASTE:

- HASTE ASCENDENTE COM ROSCA EXTERNA (*OUTSIDE SCREW AND YOKE*)
- HASTE E VOLANTE ASCENDENTE (*RISING STEM*)
- HASTE NÃO ASCENDENTE (*NON RISING STEM*)

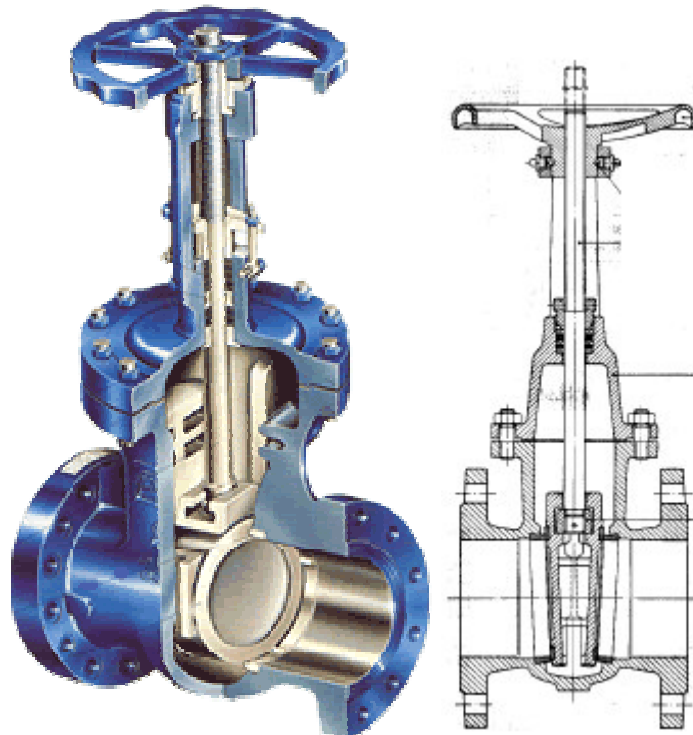


FIGURA 28 - VÁLVULA DE GAVETA EM CORTE.

VARIANTES DA VÁLVULA DE GAVETA

1 – Válvulas de comporta ou de guilhotina

NÃO DÃO FECHAMENTO ESTANQUE

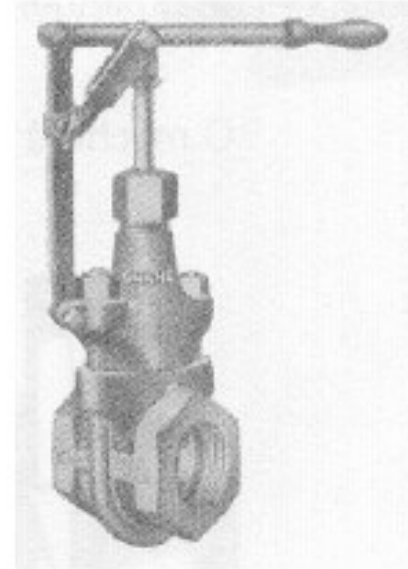
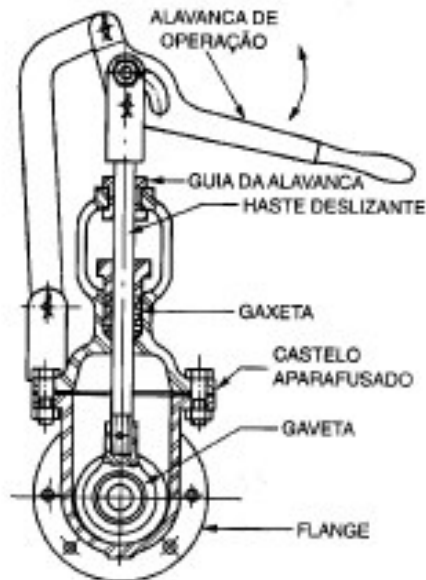
SÃO USADAS EM: →

EM GRANDES DIÂMETROS	→	Ar, Gases e Água em baixa pressão
EM QUALQUER DIÂMETRO	→	Para produtos espessos ou de alta viscosidade e para fluidos abrasivos



2 – Válvulas de fecho rápido

USADAS APENAS EM PEQUENOS DIÂMETROS EM SERVIÇOS QUE EXIJA O FECHAMENTO RÁPIDO (enchimento de carros, vasilhames etc.)



6.4 - VÁLVULAS DE MACHO

AS VÁLVULAS DE MACHO REPRESENTAM EM MÉDIA CERCA DE 10% DE TODAS AS VÁLVULAS USADAS EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS. 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 DEIXAM SEDIMENTOS OU QUE TENHAM SÓLIDOS EM SUSPENSÃO. OCUPAM MENOR ESPAÇO QUE AS VÁLVULAS DE GAVETA.

NESSAS VÁLVULAS O FECHAMENTO É FEITO PELA ROTAÇÃO DE UMA PEÇA (MACHO), ONDE HÁ UM ORIFÍCIO BROQUEADO, NO INTERIOR DO CORPO DA VÁLVULA. SÃO VÁLVULAS DE FECHO RÁPIDO, PORQUE SE FECHAM COM $\frac{1}{4}$ DE VOLTA DO MACHO OU DA HASTE. DEVEM SER USADAS SOMENTE COMO VÁLVULAS, POIS QUANDO TOTALMENTE ABERTAS, A PERDA DE CARGA É BASTANTE PEQUENA.

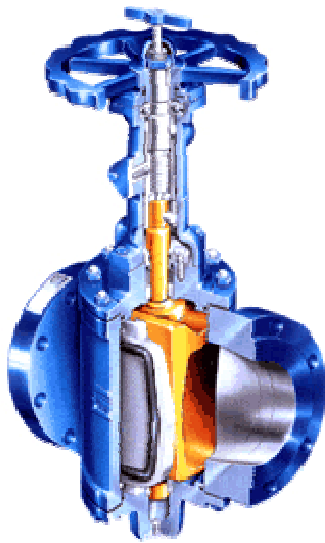


FIGURA 29 - VÁLVULA DE MACHO DUPLO-BLOQUEIO

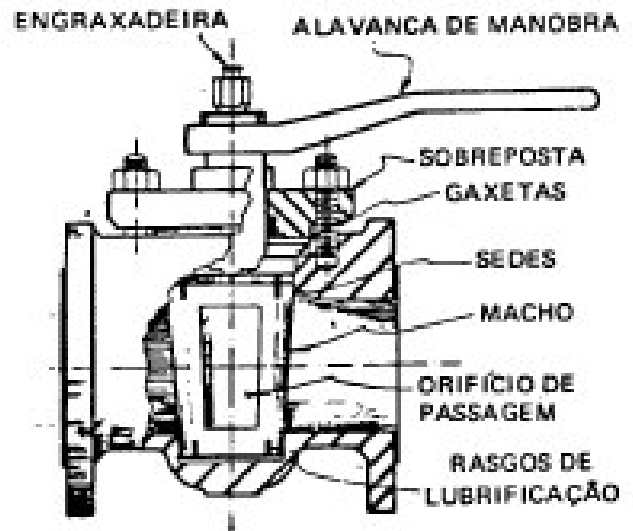


FIGURA 30 - VÁLVULA DE MACHO CONVENCIONAL



6.5 - VÁLVULAS DE ESFERA

O OBTURADOR NESSAS VÁLVULAS É UMA ESFERA QUE GIRA SOBRE UM DIÂMETRO, DESLIZANDO ENTRE ANÉIS RETENTORES DE MATERIAIS RESILIENTE NÃO METÁLICO, OU VEDAÇÃO METAL x METAL.

ESTA VÁLVULA SUBSTITUI A VÁLVULA DE GAVETA, EM INÚMEROS CASOS DE BLOQUEIO DE LÍQUIDOS E GASES. ELAS APRESENTAM MENOR TAMANHO, PESO E CUSTO, MELHOR VEDAÇÃO, MAIOR FACILIDADE DE OPERAÇÃO E MENOR PERDA DE CARGA, QUANDO COMPARADAS COM AS VÁLVULAS DE GAVETA ESPECIFICADAS PARA O MESMO SERVIÇO.

TAMBÉM SE APLICAM MELHOR PARA FLUIDOS QUE DEIXEM SÓLIDOS EM SUSPENSÃO QUE AS VÁLVULAS DO TIPO GAVETA.

AS VÁLVULAS DE ESFERA PODEM SER DE "PASSAGEM PLENA" OU DE "PASSAGEM REDUZIDA", NAS PRIMEIRAS, O ORIFÍCIO DA VÁLVULA É EQUIVALENTE À SEÇÃO INTERNA DO TUBO E, NAS OUTRAS, É MENOR. ESSAS ÚLTIMAS SÃO BASTANTE UTILIZADAS POR MOTIVO DE ECONOMIA.

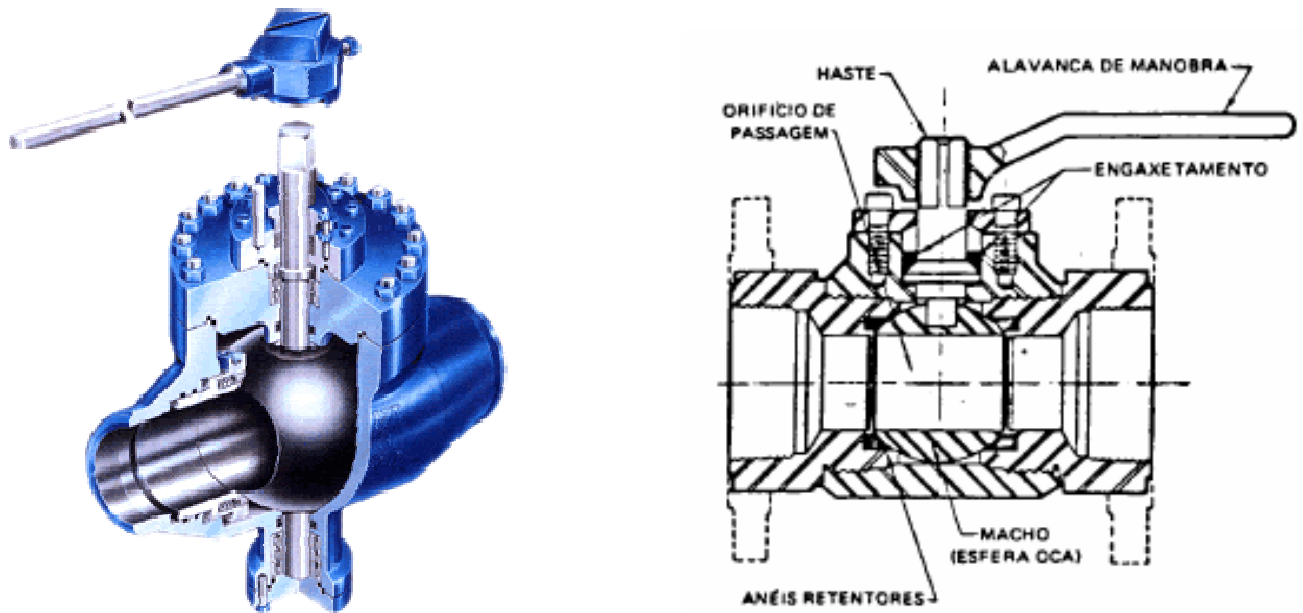


FIGURA 30 - VÁLVULA DE ESFERA

6.6 - VÁLVULAS DE GLOBO

NAS VÁLVULAS DE GLOBO O FECHAMENTO É FEITO POR MEIO DE UM TAMPÃO (OBTURADOR) QUE SE AJUSTA CONTRA UMA ÚNICA SEDE, CUJO ORIFÍCIO ESTÁ GERALMENTE EM POSIÇÃO PARALELA AO SENTIDO GERAL DE ESCOAMENTO DO FLUIDO.

O TAMPÃO PODE TER SUPERFÍCIE DE ASSENTAMENTO CÔNICA, PLANA, ESFÉRICA. AS VÁLVULAS GLOBO PODEM TRABALHAR EM QUALQUER POSIÇÃO INTERMEDIÁRIA DE FECHAMENTO, ISTO É, SÃO VÁLVULAS DE REGULAGEM, CAUSANDO ENTRETANTO FORTE PERDA DE CARGA, DEVIDO À MUDANÇA DE DIREÇÃO E TURBILHONAMENTO DO FLUIDO DENTRO DA VÁLVULA.

AS VÁLVULAS GLOBO DÃO UMA MELHOR VEDAÇÃO SE COMPARADAS COM A VÁLVULA DE GAVETA. NA MAIORIA DAS VÁLVULAS GLOBO ESTA VEDAÇÃO É METAL x METAL.

EM ALGUMAS VÁLVULAS DE PEQUENO DIÂMETRO, TEM-SE O TAMPÃO COM UM ANEL NÃO METÁLICO, DE BORRACHA, NEOPRENE, PLÁSTICOS, ETC.

ESSAS VÁLVULAS, QUE ESTÃO LIMITADAS ÀS TEMPERATURAS DE TRABALHO DOS MATERIAIS NÃO METÁLICOS DO TAMPÃO, DÃO UMA VEDAÇÃO MUITO BOA E DESTINAM-SE, ENTRE OUTRAS APLICAÇÕES, A SERVIÇOS COM FLUIDOS CORROSIVOS. NAS VÁLVULAS MAIORES E MAIS CARAS A SEDE COSTUMA SER UM ANEL SUBSTITUÍVEL FIXADO NO CORPO DA VÁLVULA. AS VÁLVULAS GLOBO SÃO USADAS PRINCIPALMENTE PARA SERVIÇOS DE REGULAGEM E DE FECHAMENTO ESTANQUE EM LINHAS DE ÁGUA, ÓLEOS, LÍQUIDOS EM GERAL (NÃO MUITO CORROSIVO), E PARA O BLOQUEIO E REGULAGEM EM LINHAS DE VAPOR E DE GASES. AS VÁLVULAS GLOBO SÃO GERALMENTE EMPREGADAS PARA DIÂMETROS ATÉ 8", ACIMA DESTES VALORES AS MESMAS SERIAM MUITO CARAS E DIFICILMENTE DARIAM UMA BOA VEDAÇÃO.

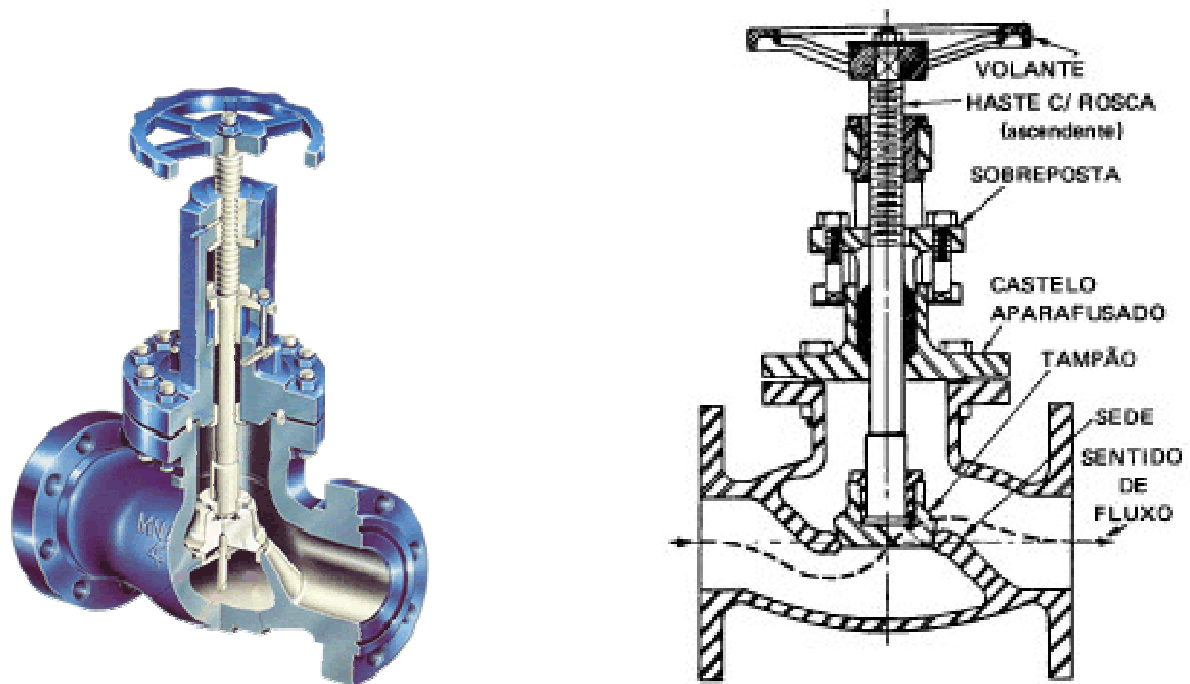
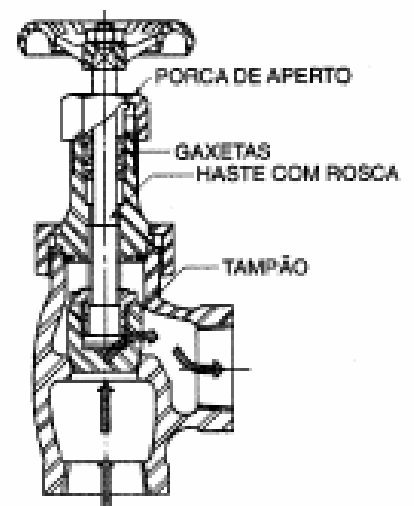


FIGURA 31 - VÁLVULA GLOBO

VARIANTES DAS VÁLVULAS DE GLOBO

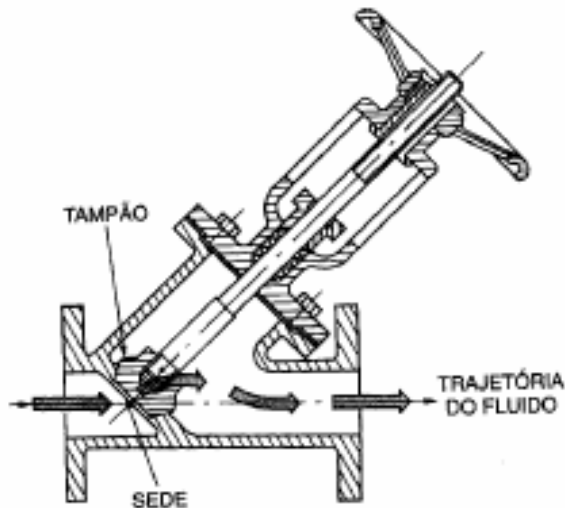
Válvulas angulares

SÓ DEVEM SER USADAS EM UMA EXTREMIDADE LIVRE DA LINHA, PRINCIPALMENTE TRATANDO-SE DE LINHAS QUENTES.



Válvulas em "Y" (Passagem reta)

RECOMENDADAS PARA BLOQUEIO E REGULAGEM DE VAPOR E TAMBÉM PARA SERVIÇOS CORROSIVOS E EROSIVOS

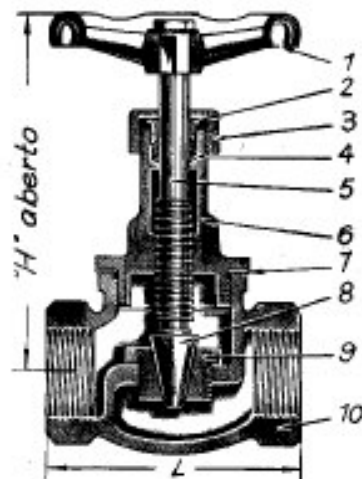


VÁLVULAS DE AGULHA

O TAMPÃO NESSAS VÁLVULAS É SUBSTITUÍDO POR UMA PEÇA CÔNICA, A AGULHA, PERMITINDO UM CONTROLE DE PRECISÃO DO FLUXO, SÃO UTILIZADAS PARA REGULAGEM "FINA" DE FLUIDOS, PARA DIÂMETROS DE ATÉ 2".

Válvulas de Agulha

USADAS PARA REGULAGEM FINA DE LÍQUIDOS E GASES EM Ø DE ATÉ 2"



6.7 - 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 CONSEQÜÊNCIA DO PRÓPRIO ESCOAMENTO, SE HOUVER TENDÊNCIA À INVERSÃO NO SENTIDO DO FLUXO. SÃO, PORTANTO, VÁLVULAS DE OPERAÇÃO AUTOMÁTICA.

EMPREGAM-SE AS VÁLVULAS DE RETENÇÃO QUANDO SE QUER IMPEDIR EM DETERMINADA LINHA QUALQUER POSSIBILIDADE DE RETORNO DO FLUIDO POR INVERSÃO DO SENTIDO DE ESCOAMENTO. COMO TODAS ESSAS VÁLVULAS PROVOCAM UMA PERDA DE CARGA MUITO ELEVADA, SÓ DEVEM SER USADAS QUANDO FOREM DE FATO IMPRESCINDÍVEIS.

AS VÁLVULAS DE RETENÇÃO DEVEM SEMPRE SER INSTALADAS DE TAL MANEIRA QUE A AÇÃO DA GRAVIDADE TENHA A FECHAR A VÁLVULA. POR ESSE MOTIVO, QUASE TODAS ESSAS VÁLVULAS (**COM EXCEÇÃO DE ALGUNS MODELOS DE PORTINHOLA DUPLA COM MOLA**), SÓ DEVEM SER INSTALADAS EM TUBOS VERTICAIS.

A SEGUIR ESTÃO LISTADOS ALGUNS CASOS TÍPICOS DE USO DESTAS VÁLVULAS:

- LINHAS DE RECALQUE DE BOMBAS (IMEDIATAMENTE APÓS A BOMBA):

QUANDO SE TIVER MAIS DE UMA BOMBA EM PARALELO DESCARREGANDO NO MESMO TRONCO . AS VÁLVULAS DE RETENÇÃO SERVIRÃO NESSE CASO PARA EVITAR A POSSIBILIDADE DO GOLPE DA COLUNA DE LÍQUIDO NO ROTOR DAS BOMBAS QUE ESTÃO PARADAS, POR EXEMPLO.

- LINHA DE RECALQUE DE UMA BOMBA PARA UM RESERVATÓRIO ELEVADO:

A VÁLVULA DE RETENÇÃO EVITARÁ O RETORNO DE LÍQUIDO NO CASO DE OCORRER UMA PARALISAÇÃO SÚBITA NO FUNCIONAMENTO DA BOMBA.

- EXTREMIDADE LIVRE DA LINHA DE SUCÇÃO DE UMA BOMBA:

NO CASO DE SISTEMAS COM SUCÇÃO POSITIVA (NÃO AFOGADA), A VÁLVULA DE TENÇÃO, DENOMINADA “VÁLVULA DE PÉ”, DEVERÁ ESTAR COMPLETAMENTE MERGULHADA NO LÍQUIDO PARA MANTER A ESCORVA NA TUBULAÇÃO (EVITAR O SEU ESAZIAMENTO).

6.7.1 - VÁLVULAS DE RETENÇÃO TIPO PORTINHOLA (SWING-CHECK VALVES)

É O TIPO MAIS USUAL DE VÁLVULAS DE RETENÇÃO; O FECHAMENTO É FEITO POR UMA PORTINHOLA ARTICULADA QUE ASSENTA NA SEDE DA VÁLVULA. DEVIDO À NECESSIDADE DE FECHAMENTO POR GRAVIDADE, EXISTEM MODELOS DIFERENTES PARA INSTALAÇÃO EM TUBULAÇÕES HORIZONTAIS.

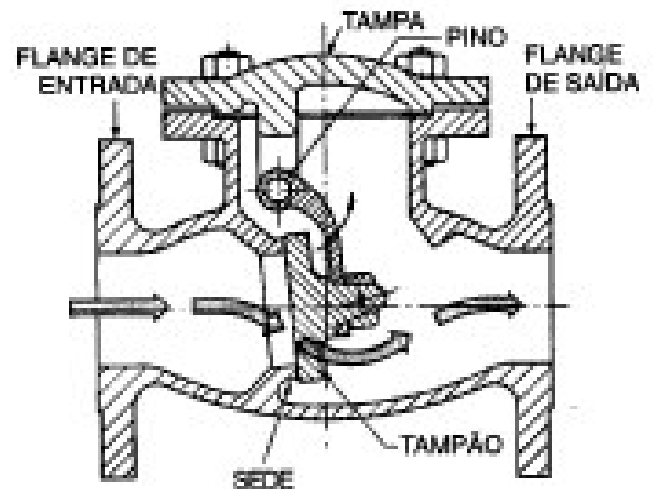
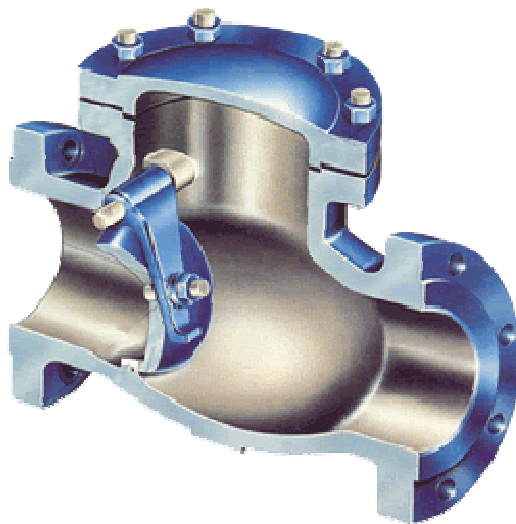


FIGURA 32 - VÁLVULA DE RETENÇÃO DE PORTINHOLA SIMPLES

6.7.2 - VÁLVULAS DE RETENÇÃO DE PISTÃO (LIFT-CHECK VALVE)

O FECHAMENTO DESSAS VÁLVULAS É FEITO POR MEIO DE UM TAMPÃO, SEMELHANTE AOS DA VÁLVULA GLOBO, CUJA HASTE DESLIZA EM UMA GUIA INTERNA. TODAS ESSAS VÁLVULAS CAUSAM PERDAS DE CARGA BASTANTE ELEVADAS, NÃO SENDO POR ISSO FABRICADAS PARA DIÂMETROS MAIORES QUE 6".

SÃO ADEQUADAS PARA TRABALHAR COM GASES E VAPORES, NÃO SENDO INDICADAS PARA TRABALHAR COM FLUIDOS QUE DEIXAM SÓLIDOS EM SUSPENSÃO.

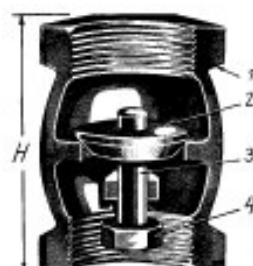
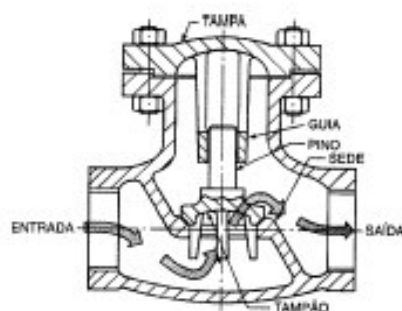


FIGURA 33 - VÁLVULA DE RETENÇÃO DE PISTÃO

6.7.3 - VÁLVULAS DE RETENÇÃO DE ESFERA (BALL-CHECK VALVES)

SÃO SEMELHANTES ÀS VÁLVULAS DE RETENÇÃO DE PISTÃO, SENDO O OBTURADOR (TAMPÃO) SENDO SUBSTITUÍDO POR UMA ESFERA. É O TIPO DE VÁLVULA DE RETENÇÃO DE FECHAMENTO MAIS RÁPIDO. SÃO UTILIZADAS PARA FLUIDOS DE ALTA VISCOSIDADE, E FABRICADAS PARA DIÂMETROS ATÉ 2”.

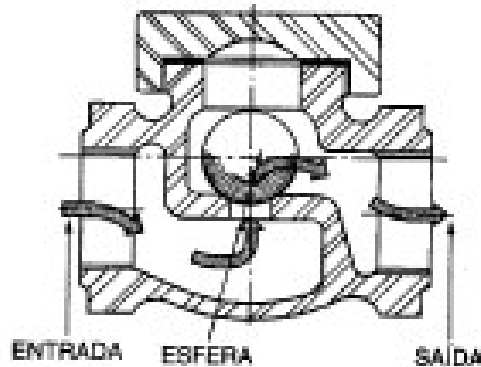
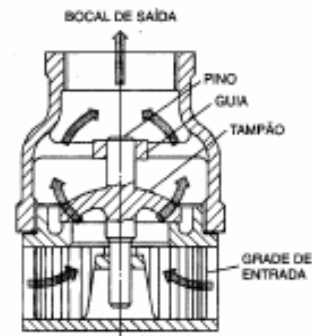


FIGURA 34 - VÁLVULA DE RETENÇÃO DE ESFERA

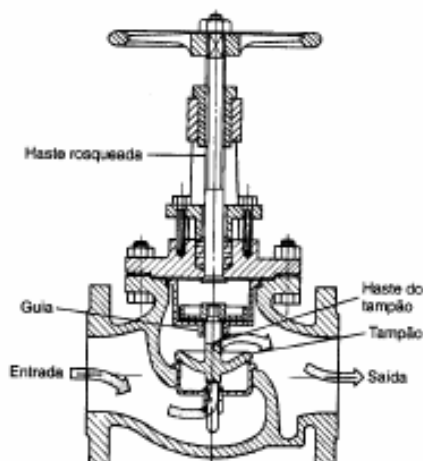
VARIANTES DA VÁLVULAS DE RETENÇÃO

Válvula de Pé

UTILIZADAS PARA MANTER ESCORVA EM LINHAS DE SUÇÃO DE BOMBAS.



Válvula de retenção e fechamento



EMPREGADAS NAS LINHAS DE SAÍDA DE CALDEIRAS

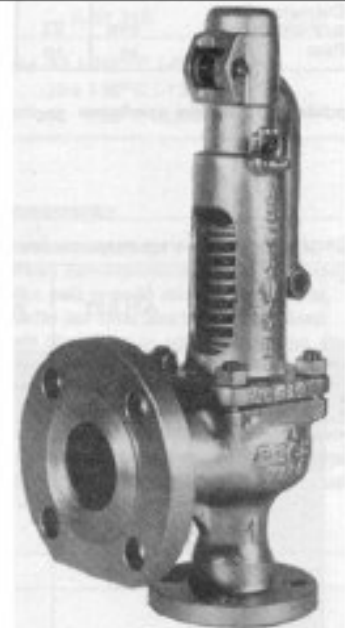
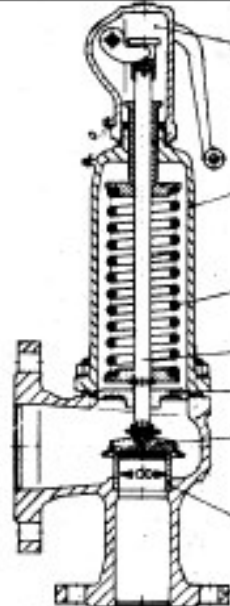
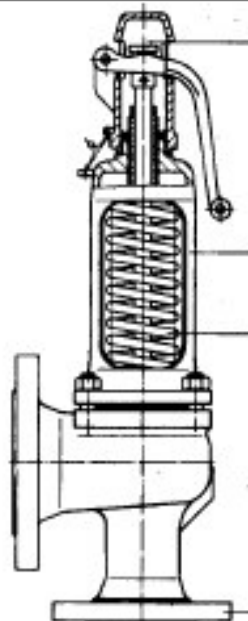
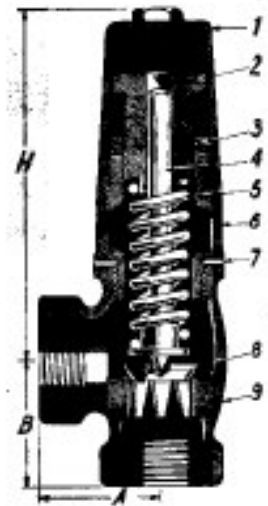
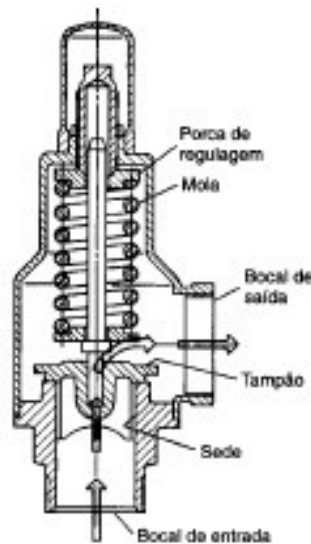
6.8 - VÁLVULAS DE SEGURANÇA E DE ALÍVIO

VÁLVULAS DE SEGURANÇA E DE ALÍVIO

CONTROLAM A PRESSÃO A MONTANTE ABRINDO-SE AUTOMATICAMENTE, QUANDO ESSA PRESSÃO ULTRAPASSAR UM DETERMINADO VALOR PARA O QUAL A VÁLVULA FOI CALIBRADA (Pressão de abertura da válvula).

SÃO CHAMADAS DE "SEGURANÇA" QUANDO TRABALHAM COM FLUIDOS ELÁSTICOS, E DE "ALÍVIO" QUANDO TRABALHAM COM LÍQUIDOS.

VÁLVULAS COM MOLA

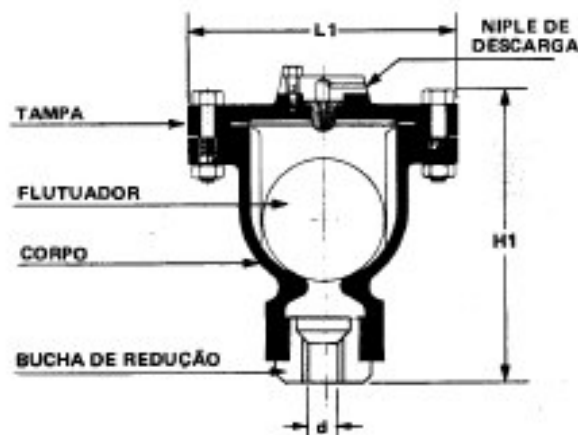


6.9 - VENTOSAS

VENTOSAS

DESTINAM-SE A:

- Descarregar o ar quando a tubulação se enche de água
- Descarregar continuamente o ar durante o funcionamento das bombas
- Dar entrada de ar quando for descarregada a água



6.10 - VÁLVULAS DE CONTROLE

“VÁLVULA DE CONTROLE” É UM NOME GENÉRICO PARA DESIGNAR UMA VARIEDADE DE VÁLVULAS USADAS EM COMBINAÇÃO COM INSTRUMENTOS AUTOMÁTICOS, E COMANDADO A DISTÂNCIA POR ESSES INSTRUMENTOS, PARA CONTROLAR A VAZÃO OU A PRESSÃO DE UM FLUIDO. A VÁLVULA TEM SEMPRE UM ATUADOR (PNEUMÁTICO HIDRÁULICO, ELÉTRICO, ETC) QUE COMANDA DIRETAMENTE A PEÇA DE FECHAMENTO DA VÁLVULA, E QUE POR SUA VEZ É COMANDADA POR UM SINAL (PRESSÃO DE AR COMPRIMIDO, POR EXEMPLO), ENVIADO POR UM INSTRUMENTO QUE ESTÁ MEDINDO A GRANDEZA QUE SE DESEJA CONTROLAR.

O CORPO DA VÁLVULA É QUASE SEMPRE SEMELHANTE A UMA VÁLVULA GLOBO. PARA DIMINUIR O ESFORÇO NECESSÁRIO À OPERAÇÃO, E ASSIM FACILITAR O CONTROLE, ESSAS VÁLVULAS TEM FREQUENTEMENTE DOIS TAMPÕES SUPERPOSTOS NA MESMA HASTE, QUE SE ASSENTAM EM DUAS SEDES COLOCADAS DE TAL MANEIRA QUE A PRESSÃO DO FLUIDO EXERCIDA SOBRE UM TAMPÃO CONTRABALANÇA A PRESSÃO EXERCIDA SOBRE O OUTRO.

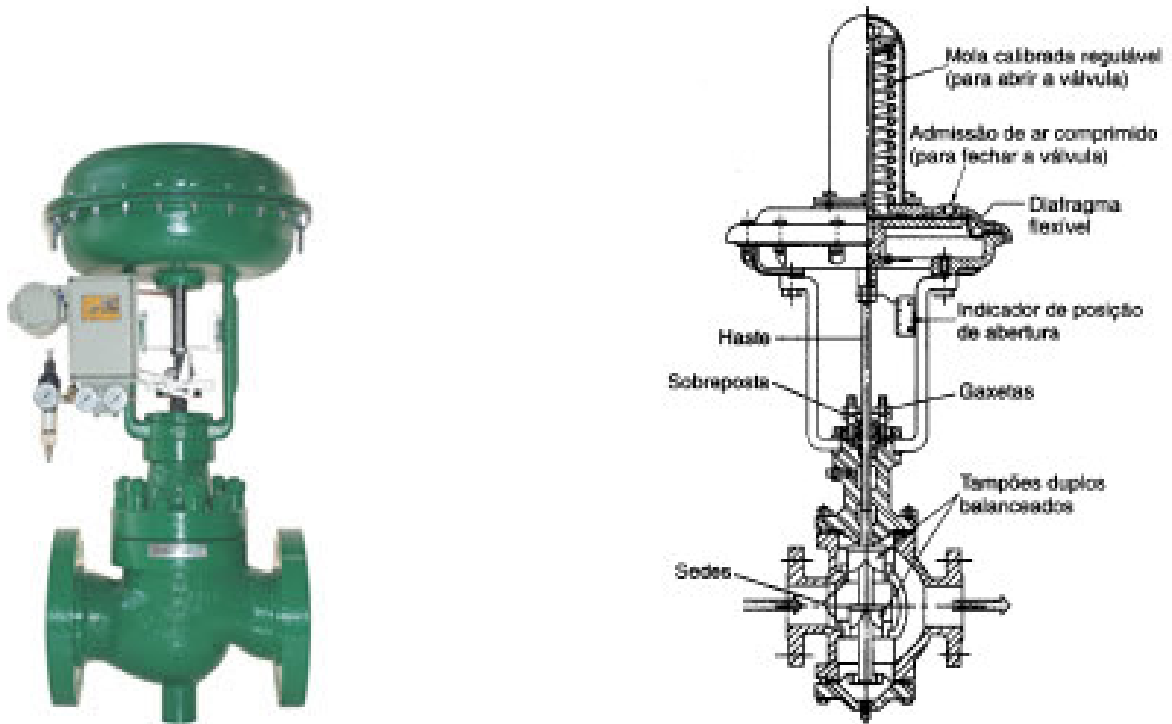


FIGURA 35 - VÁLVULA DE CONTROLE



FIGURAS 36 - SOBRESSALENTES DE VÁLVULA DE CONTROLE

É EVIDENTE QUE PARA QUALQUER TIPO DE VÁLVULA A PERCENTAGEM DE FLUXO PERMITIDO É FUNÇÃO DA PERCENTAGEM DE ABERTURA DA VÁLVULA, ISTO É, EXISTE SEMPRE UMA RELAÇÃO DE INTERDEPENDÊNCIA ENTRE O FLUXO PERMITIDO E A POSIÇÃO DE ABERTURA: QUANDO A ABERTURA É ZERO O FLUXO TAMBÉM É ZERO; QUANDO A ABERTURA É 100% O FLUXO É 100%. NAS POSIÇÕES INTERMEDIÁRIAS A PERCENTAGEM DE FLUXO PODE SER MAIOR OU MENOR DO QUE A PERCENTAGEM DE ABERTURA, DEPENDENDO DO TIPO DE VÁLVULA E DOS PERFIS DA SEDE E DA PEÇA DE FECHAMENTO.

NO CASO DAS VÁLVULAS DE CONTROLE, ESSA RELAÇÃO DE INTERDEPENDÊNCIA É MUITO IMPORTANTE, POR SE TRATAR DE VÁLVULAS DESTINADAS À REGULAGEM RIGOROSA DO FLUXO EM QUALQUER POSIÇÃO. OS TAMPÕES E SEDES DESSAS VÁLVULAS TÊM POR ISSO PERFIS ESPECIALMENTE PROJETADOS E CUIDADOSAMENTE CONSTRUÍDOS PARA RESULTAR EM FUNÇÕES PREDETERMINADAS. OS PERFIS MAIS COMUNS SÃO OS DE IGUAL PERCENTAGEM E OS DE ABERTURA RÁPIDA. AS VÁLVULAS DE CONTROLE SÃO CARACTERIZADAS PELO VALOR DE UM COEFICIENTE (COEFICIENTE DE VAZÃO DA VÁLVULA, CV), QUE VARIA EM FUNÇÃO DAS DIMENSÕES DA VÁLVULA E DOS DIVERSOS TIPOS E MODELOS. ESSE COEFICIENTE, APLICADO EM FÓRMULAS APROPRIADAS, JUNTAMENTE COM OUTRAS VARIÁVEIS RELACIONADAS AO FLUIDO E ÀS CONDIÇÕES OPERACIONAIS, PERMITE A SELEÇÃO DA VÁLVULA DE CONTROLE ADEQUADA A CADA CASO.

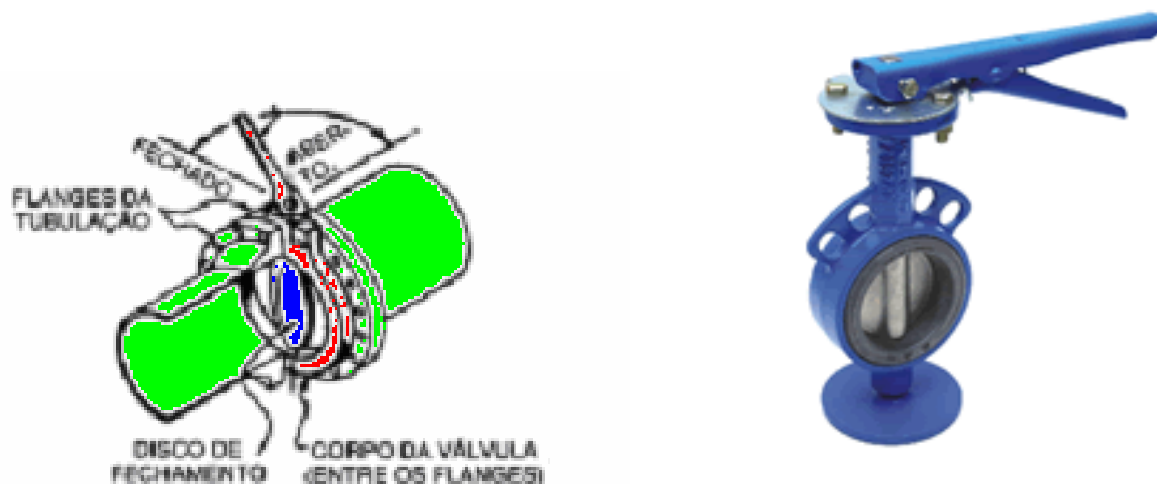
Coeficientes de Vazão (CV)

Diâmetro da válvula	Angulo de abertura do disco								
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
2"	1	5	9	17	29	48	74	89	95
2.1/2"	2	8	16	28	48	79	124	149	157
3"	4	11	24	43	73	121	184	222	233
4"	8	23	47	88	144	236	385	443	470
5"	13	38	79	139	239	389	606	735	779
6"	19	48	113	210	390	662	965	1387	1511
8"	34	84	197	367	683	1153	1680	2412	2622
10"	55	135	317	594	1102	1872	2713	3903	4232
12"	81	199	467	869	1619	2742	3988	5686	6232
14"	98	243	569	1060	1973	3344	4858	6978	7586
16"	131	326	764	1430	2652	4488	6616	9390	10160
18"	165	407	956	1784	3317	5603	8158	11717	12744
20"	208	513	1207	2294	4178	7072	10251	14730	16027
24"	315	763	1791	3342	6202	10513	15246	21966	23860
28"	420	1035	2431	4539	9548	14278	20702	29819	32400
30"	482	1189	2791	5211	10962	16394	28768	34237	37200
36"	696	1716	4028	7520	15818	23655	34295	49400	53675
42"	905	2326	5015	9490	17950	31010	47999	60420	67500

FIGURAS 37 - TABELA DE CV's DE VÁLVULA DE CONTROLE

6.11 - VÁLVULAS DE BORBOLETA

AS VÁLVULAS DE BORBOLETA SÃO BASICAMENTE VÁLVULAS DE REGULAGEM, MAS TAMBÉM PODEM TRABALHAR COMO VÁLVULAS DE BLOQUEIO. O FECHAMENTO DA VÁLVULA É FEITO PELA ROTAÇÃO DE UMA PEÇA CIRCULAR (DISCO), EM TORNO DE UM EIXO DIAMETRAL, PERPENDICULAR À DIREÇÃO DE ESCOAMENTO DO FLUIDO.



FIGURAS 38 - VÁLVULA BORBOLETA TIPO “WAFER”

A VÁLVULA MOSTRADA NA FIGURA ACIMA É DO TIPO “WAFER”, QUE É UM MODELO LEVE E ECONÔMICO, DESTINADO A SER INSTALADO ENTRE DOIS FLANGES DA TUBULAÇÃO, COM OS PARAFUSOS PASSANDO EM TORNO DO CORPO DA VÁLVULA.

EXISTEM TAMBÉM AS VÁLVULAS DE CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL, COM EXTREMIDADES FLANGEADAS, QUE SÃO EVIDENTEMENTE MAIS PESADAS, EMPREGADAS PARA ALTAS PRESSÕES E PARA GRANDES DIÂMETROS, SÃO MAIS COMPRIDAS E MAIS CARAS QUANDO COMPARADAS COM AS VÁLVULAS DO TIPO “WAFER”.

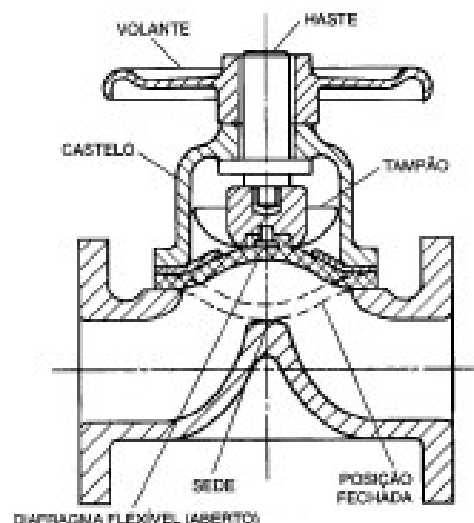
AINDA EXISTE A VÁLVULA BORBOLETA DO TIPO “LUG”, A QUAL POSSUI CORPO APROPRIADO PARA INSTALAÇÃO EM FIM DE LINHA SEM CONTRA-FLANGE.



FIGURAS 38 - VÁLVULA BORBOLETA TIPO “LUG” E FLANGEADA

6.12 - VÁLVULAS DE DIAFRAGMA

SÃO VÁLVULAS SEM ENGAXETAMENTO, MUITO USADAS PARA BLOQUEIO E REGULAGEM DE FLUIDOS CORROSIVOS, TÓXICOS, OU PERIGOSOS DE UM MODO GERAL, BEM COMO PARA FLUIDOS MUITO VOLÁTEIS, OU QUE EXIJAM TOTAL SEGURANÇA CONTRA VAZAMENTOS. O FECHAMENTO DA VÁLVULA É FEITO PELA DEFORMAÇÃO DE UM DIAFRAGMA NÃO-METÁLICO FLEXÍVEL, QUE É APERTADO CONTRA A SEDE, O MECANISMO MÓVEL FICA COMPLETAMENTE FORA DE CONTATO COM O FLUIDO, NÃO HAVENDO ASSIM O RISCO DE VAZAMENTO PELA HASTE. SÃO QUASE SEMPRE DE PEQUENO DIÂMETRO (ATÉ 6"), FREQUENTEMENTE DE MATERIAIS NÃO-METÁLICOS, OU DE METAIS REVESTIDOS CONTRA CORROSÃO (EBONITE, BORRACHA, PLÁSTICO, VIDRO, ETC.) A TEMPERATURA DE EMPREGO DA VÁLVULA É FUNÇÃO DO MATERIAL DO DIAFRAGMA, QUE VARIA CONFORME O FLUIDO CONDUZIDO (BORRACHA NATURAL, BORRACHAS SINTÉTICAS, NEOPRENE, PTFE, ETC.)



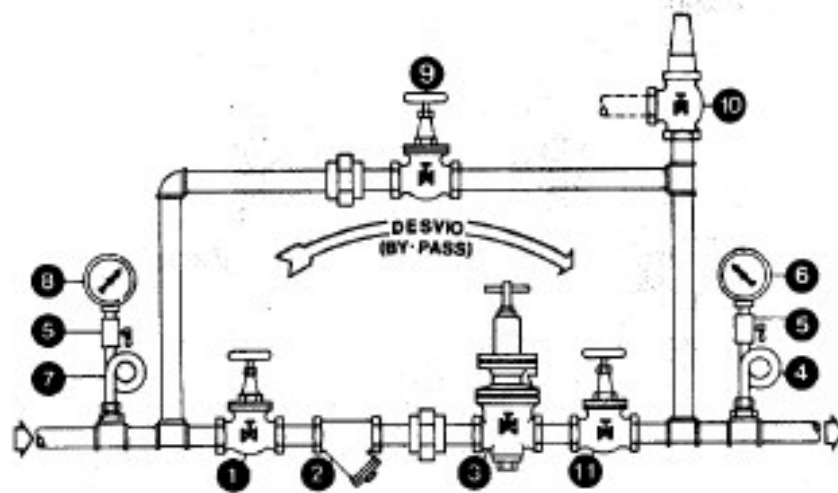
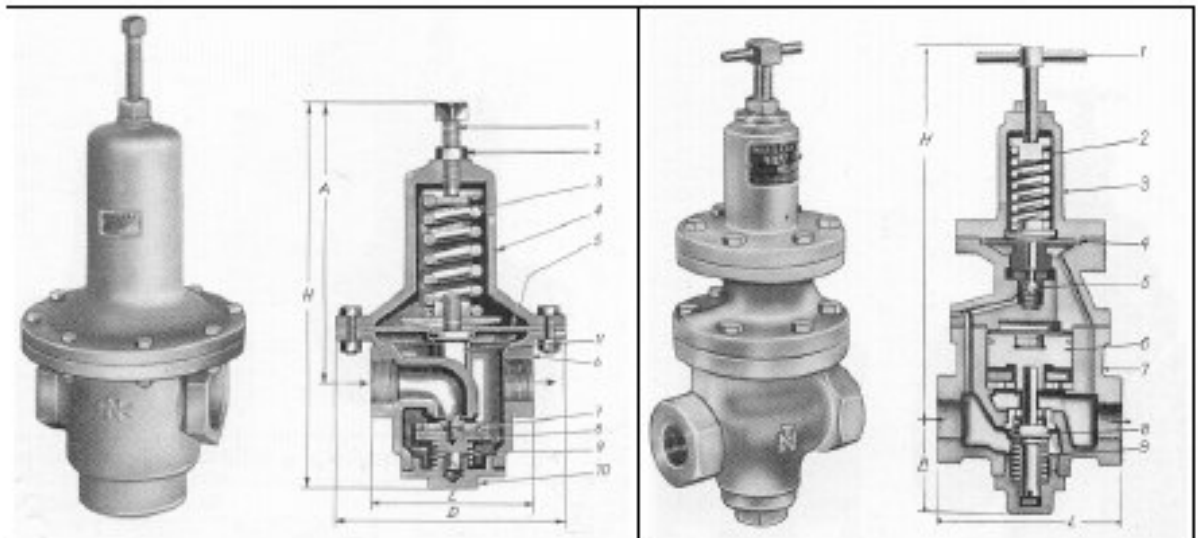
FIGURAS 39 - VÁLVULA DE DIAFRAGMA

6.13 - VÁLVULAS REDUTORA DE PRESSÃO

AS VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO REGULAM A PRESSÃO A JUSANTE DA VÁLVULA, FAZENDO COM QUE ESSA PRESSÃO MANTENHA-SE DENTRO DE LIMITES PREESTABELECIDOS. ESSAS VÁLVULAS SÃO AUTOMÁTICAS, ISTO É, FUNCIONAM SEM INTERVENÇÃO DE QUALQUER AÇÃO EXTERNA.

VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO

REGULAM, SEM INTERVENÇÃO DE QUALQUER AÇÃO EXTERNA, A PRESSÃO DE JUSANTE DA VÁLVULA (São válvulas automáticas)



ESQUEMA DE INSTALAÇÃO TÍPICA DE VÁLVULA AUTOMÁTICA DE REDUÇÃO DE PRESSÃO

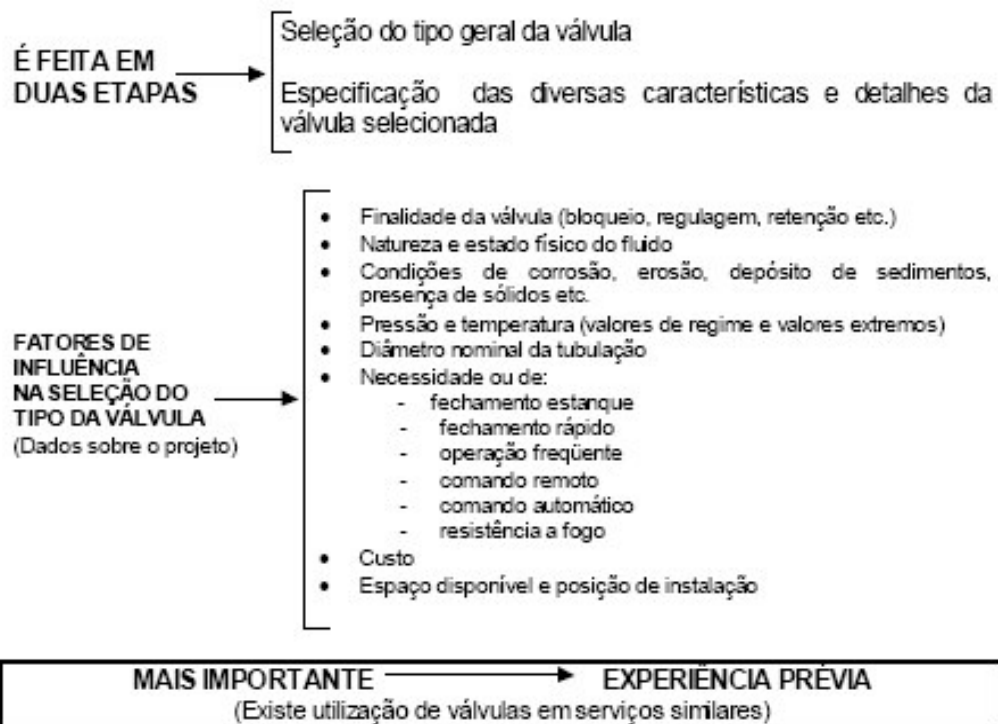
- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 1 — válvula globo | 7 — tubo sifão trombeta |
| 2 — filtro | 8 — manômetro pressão primária |
| 3 — válvula de redução | 9 — válvula globo "by-pass" |
| 4 — tubo sifão | 10 — válvula de segurança |
| 5 — torneira de manômetro | 11 — válvula globo |
| 6 — manômetro pressão secundária | |

6.14 - SELEÇÃO E ENCOMENDA DE VÁLVULAS

A SELEÇÃO DA VÁLVULA ADEQUADA A UM DETERMINADO SERVIÇO É FEITA EM DUAS ETAPAS:

- SELEÇÃO DO TIPO GERAL DA VÁLVULA;
- ESPECIFICAÇÃO DAS DIVERSAS CARACTERÍSTICAS E DETALHES INERENTES À VÁLVULA SELECIONADA.

SELEÇÃO DE VÁLVULAS



AS DIVERSAS CARACTERÍSTICAS E DETALHES DO TIPO DE VÁLVULA SELECIONADA SÃO REFERENTES À ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS, AO TIPO DE EXTREMIDADE, TIPO DE MOVIMENTAÇÃO DA HASTE, SISTEMA DE ACIONAMENTO ETC. QUE ESTÃO MELHOR DETALHADOS NOS DADOS PARA ENCOMENDA OU REQUISIÇÃO DE VÁLVULAS.

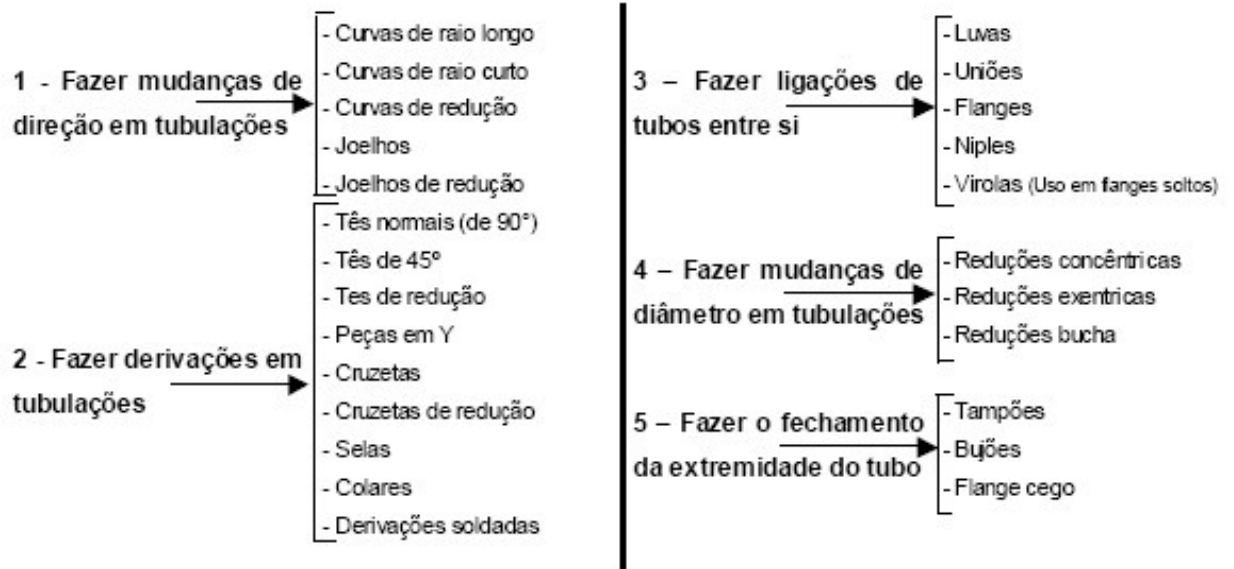
PARA A ENCOMENDA OU REQUISIÇÃO DE VÁLVULAS, DEVEM SER OBRIGATORIAMENTE FORNECIDOS OS SEGUINTE DADOS

DADOS PARA ENCOMENDA OU REQUISIÇÃO DE VÁLVULAS

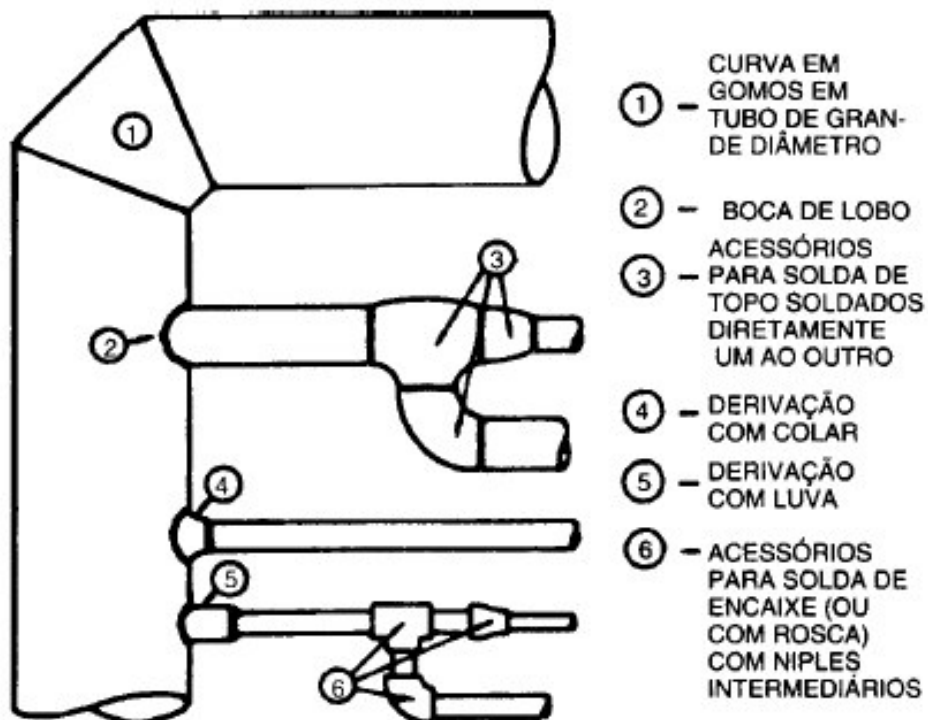
1. QUANTIDADE
2. TIPO GERAL DA VÁLVULA (Gaveta, Globo, Macho etc.)
3. DIÂMETRO NOMINAL (Em alguns casos é diferente do Ø do tubo)
4. CLASSE DE PRESSÃO NOMINAL
5. TIPO DE EXTREMIDADE E NORMA DIMENSIONAL RESPECTIVA
6. ESPECIFICAÇÃO COMPLETA DE TODOS OS MATERIAIS (Corpo e castelo, mecanismo interno, anéis de sede, anéis retentores, juntas, gaxetas, revestimento anticorrosivo, parafusos, porcas etc.)
7. TIPO DE LIGAÇÃO DO CORPO-CASTELO
8. SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DA HASTE

7.0 - ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO

7.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO



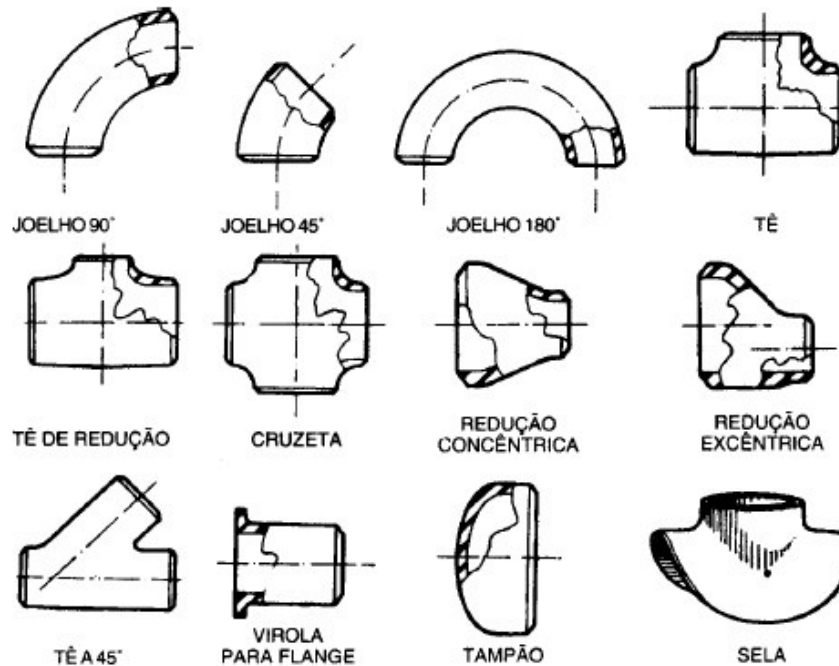
EXEMPLOS DE EMPREGO



7.2 ACESSÓRIOS PARA SOLDA DE TOPO

SÃO DESSE TIPO QUASE TODOS OS ACESSÓRIOS USADOS EM TUBULAÇÕES DE 2" (INCLUSIVE) OU MAIS, NA PRÁTICA INDUSTRIAL. FABRICAM-SE EM AÇO CARBONO E AÇOS-LIGA (ASTM A-234) E AÇOS INOXIDÁVEIS (ASTM A-403), A PARTIR DE TUBOS, CHAPAS E TARUGOS FORJADOS.

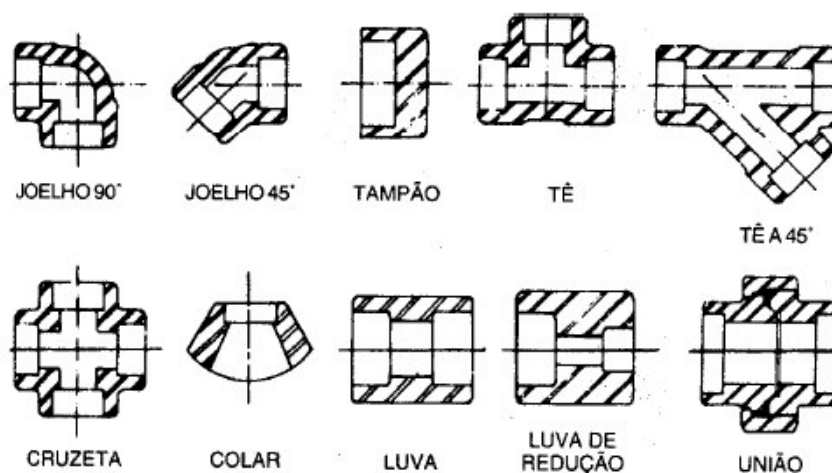
➤ AÇO-CARBONO (MAIORIA): ½" ATÉ 42".



FIGURAS 40 - ACESSÓRIOS PARA SOLDA DE TOPO.

7.3 ACESSÓRIOS PARA SOLDA DE ENCAIXE

OS ACESSÓRIOS PARA SOLDA DE ENCAIXE SÃO GERALMENTE USADOS NA PRÁTICA INDUSTRIAL, EM TUBULAÇÕES ATÉ 1 ½" INCLUSIVE. SÃO FABRICADOS EM AÇO-CARBONO FORJADO (ASTM-A-105, ASTM-A-181 e ASTM-A-350), AÇOS-LIGA E AÇOS INOXIDÁVEIS (ASTM-A-182), METAIS NÃO FERROSOS E DIVERSOS PLÁSTICOS.



FIGURAS 41 - ACESSÓRIOS PARA SOLDA DE ENCAIXE

7.4 ACESSÓRIOS ROSQUEADOS

OS ACESSÓRIOS ROSQUEADOS SÃO USADOS NORMALMENTE EM TUBULAÇÕES PREDIAIS E EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS SECUNDÁRIAS (ÁGUA, AR, CONDENSADO DE BAIXA PRESSÃO, ETC.), COM DIÂMETRO ATÉ 4". PODENDO SER FABRICADOS EM AÇO CARBONO, FERRO FUNDIDO, FERRO FORJADO, MATERIAIS PLÁSTICOS, NÃO FERROSOS, ETC.

OS ACESSÓRIOS DE AÇO FORJADO DE CLASSES 2.000, 3.000 E 6.000, CORRESPONDEM, RESPECTIVAMENTE, AOS TUBOS DE ESPESSURA SÉRIES 80, 160 E XXS.

NO BRASIL FABRICAM-SE ACESSÓRIOS DE FERRO MALEÁVEL, PRETO OU GALVANIZADO, DE CLASSES 150 E 300, DE 1/2" ATÉ 4"; DE AÇO FORJADO DE CLASSES 2.000, 3.000 E 6.000. DE 1/2" A 4"; DE PLÁSTICO PVC, SÉRIE 40, ATÉ 4".

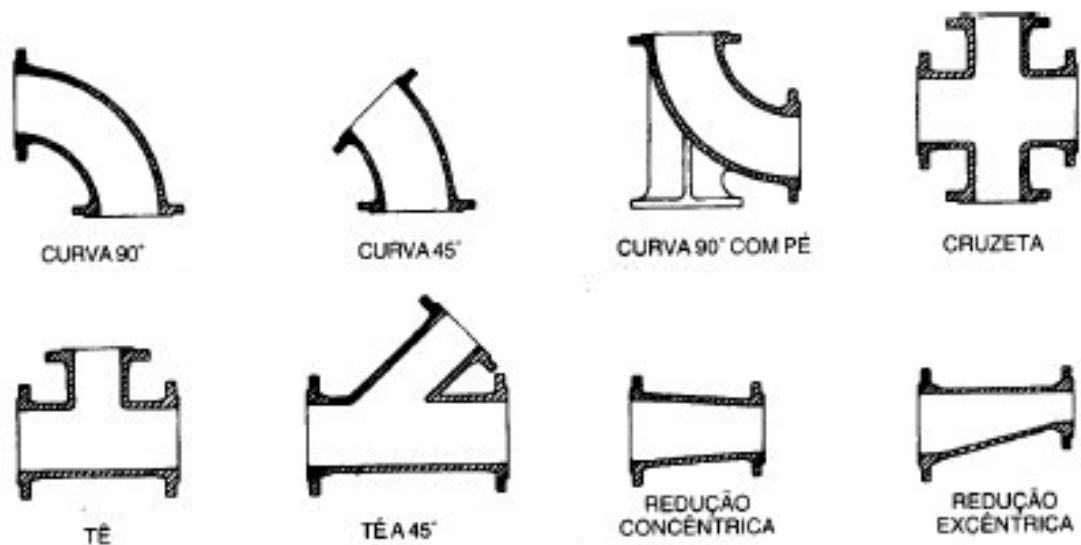


FIGURAS 42 - ACESSÓRIOS ROSQUEADOS

7.5 ACESSÓRIOS FLANGEADOS

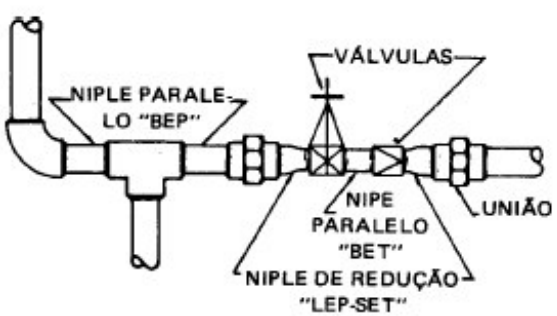
OS ACESSÓRIOS FLANGEADOS FABRICADOS PRINCIPALMENTE DE FERRO FUNDIDO SÃO DE USO BEM MAIS RARO DO QUE OS FLANGES FORJADOS E DOS QUE OS OUTROS ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO.

OS ACESSÓRIOS DE FERRO FUNDIDO SÃO EMPREGADOS EM TUBULAÇÕES DE GRANDE DIÂMETRO (ADUTORAS, LINHAS DE ÁGUA E DE GÁS) E BAIXA PRESSÃO, ONDE SEJA NECESSÁRIO GRANDE FACILIDADE DE DESMONTAGEM.



7.6 ACESSÓRIOS DE LIGAÇÃO - NIPLE

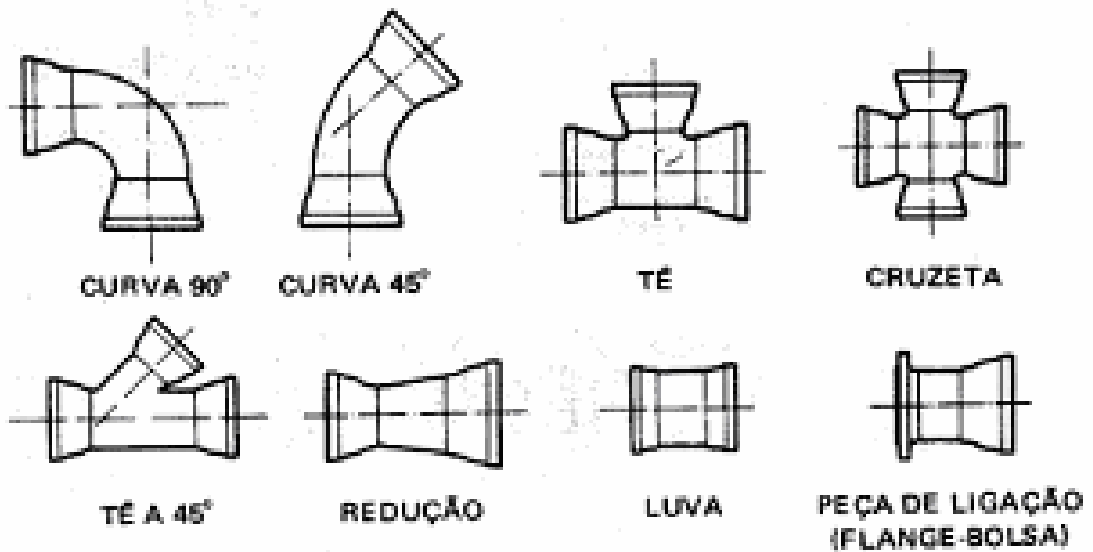
OS NIPLES SÃO TRECHOS CURTOS DE TUBOS PREPARADOS ESPECIALMENTE PARA PERMITIR A LIGAÇÃO DE DOIS ACESSÓRIOS ENTRE SI, OU DE UMA VÁLVULA COM UM ACESSÓRIO, EM TUBULAÇÕES ONDE SE EMPREGAM LIGAÇÕES ROSQUEADAS, PARA SOLDA DE TOPO E ENCAIXE.

<p>NIPLES PARALELOS</p>	<p>Ambos os extremos rosqueados</p> <p>Ambos os extremos lisos</p> <p>Um extremo rosqueado e outro liso</p>	 <p>O COMPRIMENTO DOS NIPLES VARIA DE 50 a 150 mm</p>
<p>NIPLES DE REDUÇÃO</p>	<p>Ambos os extremos rosqueados</p> <p>Ambos os extremos lisos</p> <p>Extremo maior rosqueado e menor liso</p> <p>Extremo maior liso e menor rosqueado</p>	

7.7 OUTROS TIPOS DE ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO

7.7.1 ACESSÓRIOS DE PONTA E BOLSA

OS ACESSÓRIOS DE FERRO FUNDIDO DE PONTA E BOLSA SÃO FABRICADOS DE 2" A 24", NAS CLASSES DE PRESSÃO 125 E 250.

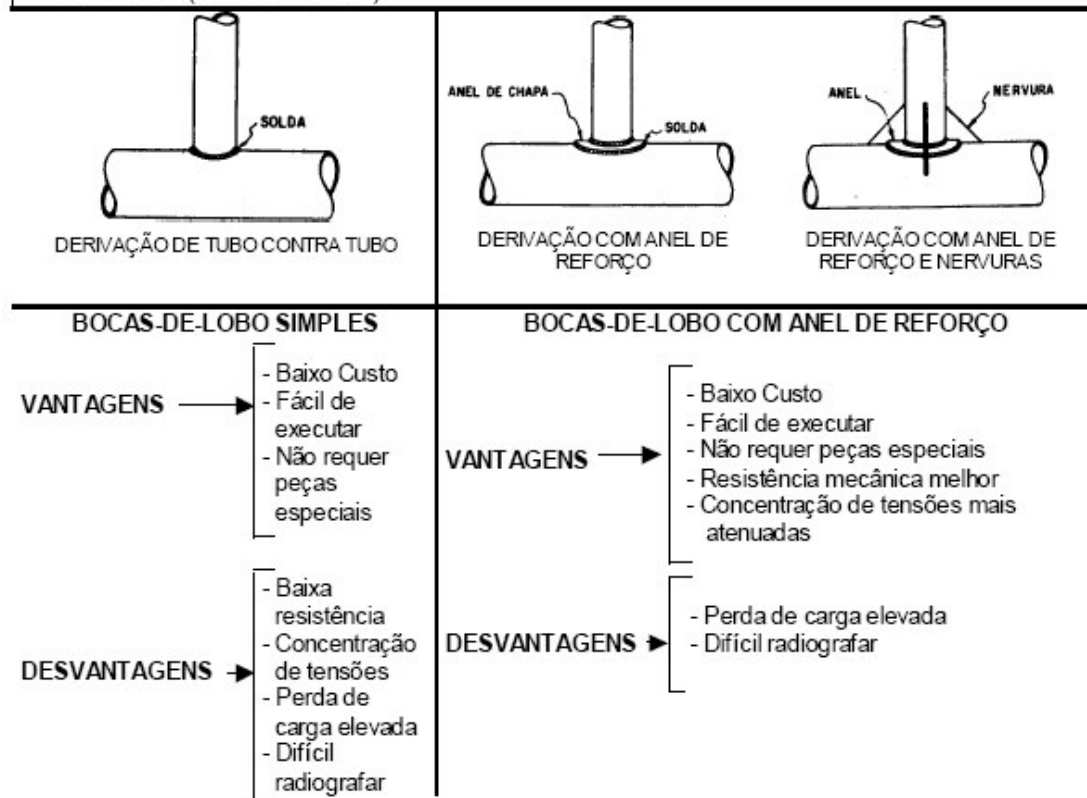


7.7.2 DERIVAÇÕES SOLDADAS

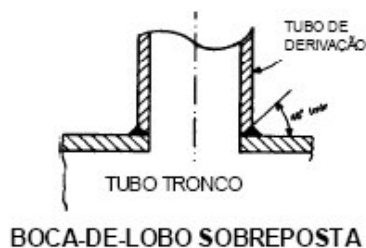
EXISTEM MUITOS TIPOS DE DERIVAÇÕES FEITAS DE TUBOS SOLDADOS UM CONTRA O OUTRO, QUE PODEM SER EMPREGADOS EM TUBULAÇÕES DE QUALQUER TIPO DE AÇO-CARBONO, AÇOS-LIGA, E INOXIDÁVEIS.

DERIVAÇÕES SOLDADAS (Boca-de-Lobo)

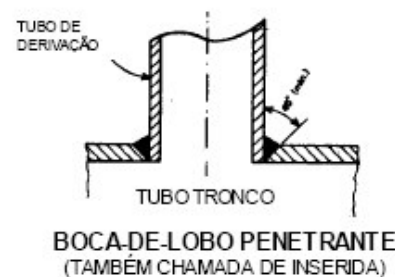
Para ramais de 2" ou mais, desde que o diâmetro do tubo tronco seja maior que o do ramal, o sistema mais usado em tubulações industriais é a solda direta de um tubo no outro (Boca-de-Lobo)



TIPOS DE BOCA-DE-LOBO

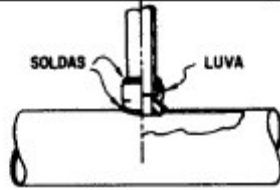


Embora tenham menor resistência mecânica, são empregadas na maioria dos casos porque são mais baratas, mais fácil de executar e dão menores tensões residuais de soldagem.



Tem maior resistência, porem, resultando em maiores tensões residuais de soldagem. São utilizadas em tubulações de parede espessa, para pressões altas.

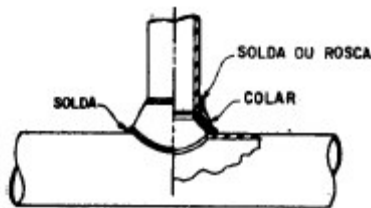
DERIVAÇÕES COM LUVA, COLAR E SELA



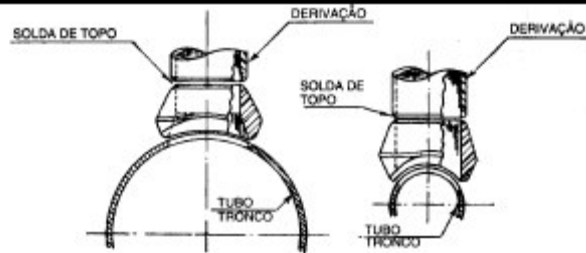
DERIVAÇÃO COM LUVA

- Utilizada para ramais de até 1 1/2", sem limite de pressão e temperatura, desde que a relação entre os diâmetros nominais do tubo-tronco e da derivação seja igual ou superior a 4.

- A resistência da luva tem que ser compatível com a pressão de trabalho



DERIVAÇÃO COM COLAR

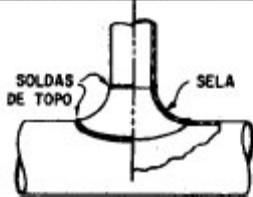


DERIVAÇÃO COM REDUÇÃO
PARA SOLDA DE TOPO

DERIVAÇÃO DE
MESMO DIÂMETRO

VANTAGENS: Boa resistência mecânica, melhor distribuição de tensões, não há limitações de serviço ou de pressão e temp..

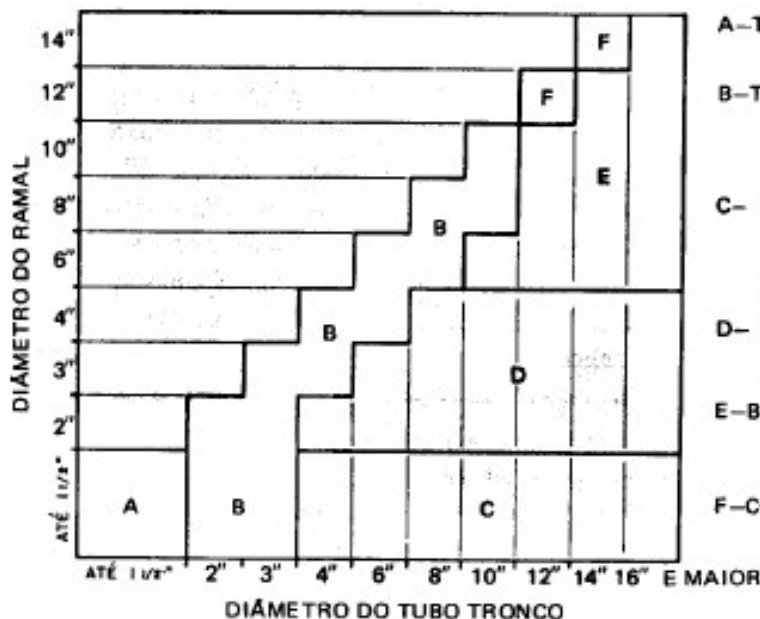
DESVANTAGENS: Custo alto e necessidade de estoque de uma grande quantidade de peças



VANTAGENS: Excelente resistência mecânica, baixa perda de carga, melhor distribuição de tensões, não há limitações de serviço ou de pressão e temperatura.

DESVANTAGENS: Custo elevado (peças importadas), montagem difícil.

RESUMO DAS RECOMENDAÇÕES PARA DERIVAÇÕES



A-TÉS (SOLDA DE ENCAIXE OU ROSCA)

B-TÉS (SOLDA DE TOPO) OU COLARES

C- { LUVAS: PRESSÕES E TEMPERATURAS MODERADAS
COLARES: PRESSÕES OU TEMPERATURAS ALTAS

D- { BOCAS DE LOBO: PRESSÕES E TEMPERAT. MODERADAS
COLARES: PRESSÕES OU TEMP. ALTAS

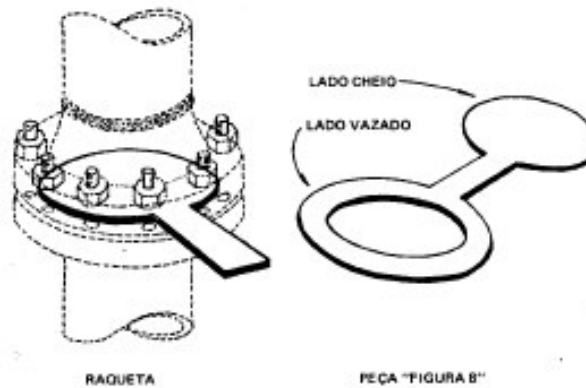
E-BOCAS DE LOBO (COLARES OU SELAS PARA SERVIÇOS MUITO SEVEROS).

F-COLARES (EXCEPCIONALMENTE BOCAS DE LOBO)

7.7.3 RAQUETE, FIGURA “8” E DISCO DE RUPTURA

OUTROS ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO

- | | | |
|------------------------------|---|---|
| PEÇAS “Figura 8”
RAQUETAS | → | São empregadas quando se deseja um bloqueio rigoroso e absoluto na tubulação. |
| DISCOS DE RUPTURA | → | São empregados para proteger a tubulação contra sobrepressões internas |



FIGURAS 42 - RAQUETE (“PADDLE BLINDS”) E “FIGURA 8” (“SPECTACLE FLANGES”)

DISCOS DE RUPTURA - SÃO PEÇAS MUITO SIMPLES, DESTINADAS A PROTEGER UMA TUBULAÇÃO CONTRA SOBREPRESSÕES INTERNAS, FAZENDO, PORTANTO, O MESMO SERVIÇO DAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA E DE ALÍVIO. SÃO DISCOS DE CHAPA FINA RESISTENTE À CORROSÃO, COLOCADOS EM UM EXTREMO LIVRE DA LINHA, IMPRENSADOS ENTRE DOIS FLANGES. A CHAPA FINA É CALCULADA E CONSTRUÍDA PARA SE ROMPER COM UM DETERMINADO VALOR DE PRESSÃO INTERNA., SÃO USADOS FREQUENTEMENTE EM COMBINAÇÃO COM UMA VÁLVULA DE SEGURANÇA E MONTADOS A MONTANTE DA MESMA.



FIGURAS 43 - DISCO DE RUPTURA (“BURSTING-DISC”)

8.0 PURGADORES DE VAPOR E FILTROS

8.1 PURGADORES DE VAPOR

OS PURGADORES DE VAPOR (*STEAM-TRAPS*) SÃO DISPOSITIVOS AUTOMÁTICOS QUE SEPARAM E ELIMINAM O CONDENSADO FORMADO NAS TUBULAÇÕES DE VAPOR E NOS EQUIPAMENTOS DE AQUECIMENTO, SEM DEIXAR ESCAPAR O VAPOR. POR ESTA RAZÃO ESTES DISPOSITIVOS DEVERIAM SER CHAMADOS, COM MAIS PROPRIEDADE DE “PURGADORES DE CONDENSADO”. A MAIORIA DOS PURGADORES, ALÉM DE REMOVEREM O CONDENSADO, ELIMINAM TAMBÉM O AR E OUTROS GASES INCONDENSÁVEIS (CO_2 , POR EXEMPLO) QUE POSSAM ESTAR PRESENTES.

OS PURGADORES DE VAPOR SÃO OS DISPOSITIVOS DE SEPARAÇÃO MAIS IMPORTANTES E DE EMPREGO MAIS COMUM EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS.

SÃO AS SEGUINTE AS CAUSAS DE APARECIMENTO DE CONDENSADO EM TUBULAÇÕES DE VAPOR:

- EM TUBULAÇÕES DE VAPOR ÚMIDO ($X < 0$) O CONDENSADO SE FORMA POR PRECIPITAÇÃO DA PRÓPRIA UMIDADE;
- EM TUBULAÇÕES DE VAPOR SATURADO ($X = 1$) O CONDENSADO APARECE EM CONSEQÜÊNCIA DAS PERDAS DE CALOR POR IRRADIAÇÃO AO LONGO DA LINHA;
- EM TUBULAÇÕES DE VAPOR SATURADO OU SUPERAQUECIDO O CONDENSADO PODE APARECER EM CONSEQÜÊNCIA DO ARRASTAMENTO DE ÁGUA, PROVENIENTE DA CALDEIRA;
- EM QUAISQUER TUBULAÇÕES DE VAPOR, O CONDENSADO SEMPRE SE FORMA NA ENTRADA EM OPERAÇÃO, QUANDO TODO O SISTEMA ESTÁ FRIO (*WARM-UP*) E, TAMBÉM, QUANDO O SISTEMA É TIRADO DE OPERAÇÃO E O VAPOR VAI-SE CONDENSANDO AOS POUCOS NO INTERIOR DOS TUBOS.

A REMOÇÃO DO CONDENSADO DO AR E DE OUTROS GASES EXISTENTES NAS LINHAS DE VAPOR DEVE SER FEITA PELAS SEGUINTE RAZÕES:

**MOTIVOS PELOS QUAIS
O CONDENSADO DEVE
SER RETIRADO
DA LINHA DE VAPOR**

Conservar a energia do vapor (O CONDENSADO NÃO TEM AÇÃO MOTORA E NEM AÇÃO AQUECEDORA EFICIENTE)

Evitar vibrações e golpes de ariete nas tubulações causados pelo condensado arrastado pelo vapor em alta velocidade

Evitar erosão causada pelo impacto das gotas de condensado

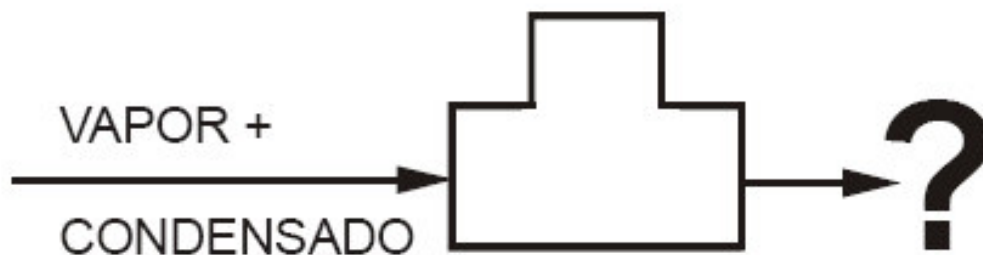
Diminuir os efeitos da corrosão evitando a formação de ácido carbônico ($\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$)

Evitar o resfriamento do vapor

Evitar a diminuição da seção útil de escoamento

PURGADORES DE VAPOR

SÃO DISPOSITIVOS AUTOMÁTICOS QUE SEPARAM E ELIMINAM O CONDENSADO DAS LINHAS DE VAPOR E DOS APARELHOS DE AQUECIMENTO.



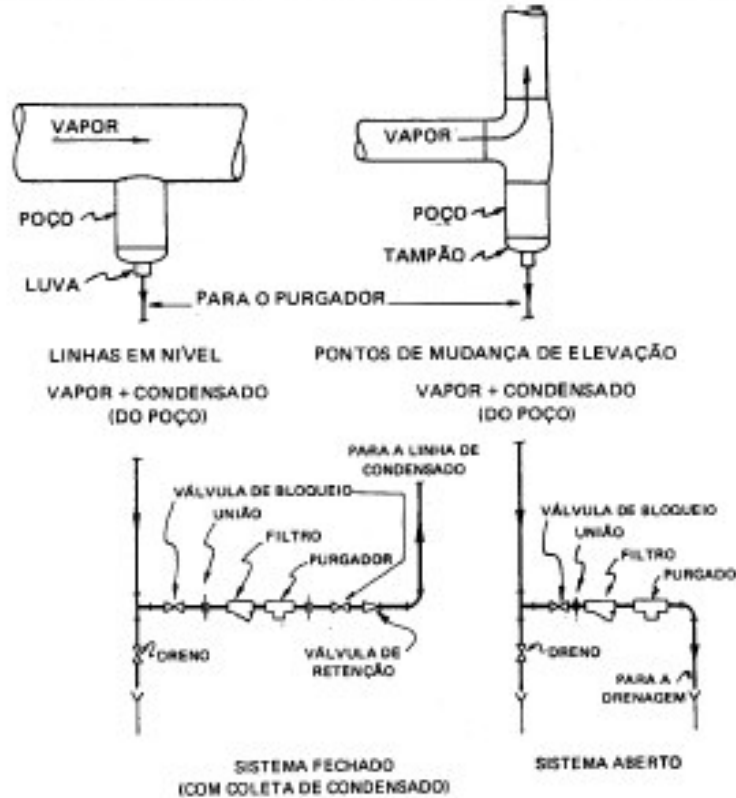
CASOS TÍPICOS DE EMPREGO

1. Eliminação de condensado das tubulações de vapor (drenagem de tubulações de vapor).
2. Reter vapor nos aparelhos de aquecimento a vapor (aquecedores, refervedores, serpentinas de aquecimento, autoclaves, estufas etc.).

A INSTALAÇÃO DO PURGADOR É DIFERENTE PARA CADA CASO TÍPICO DE EMPREGO

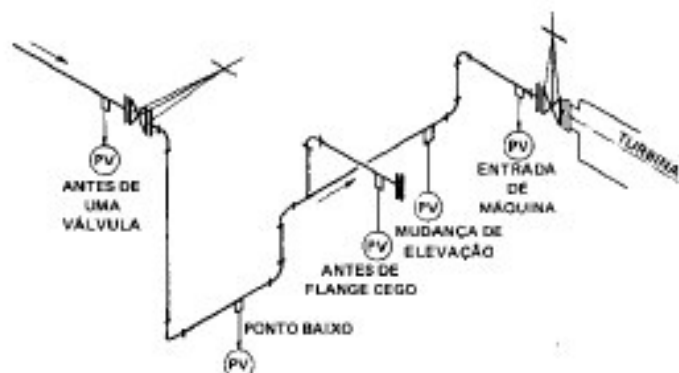
APESAR DAS INSTALAÇÕES SEREM DIFERENTES, EM QUALQUER UM DOS DOIS CASOS A DESCARGA DOS PURGADORES PODE SER FEITA DIRETAMENTE PARA A ATMOSFERA (Descarga livre) OU PARA UMA LINHA DE CONDENSADO (Descarga fechada)

1- Instalação de purgadores para drenagem de tubulações de vapor

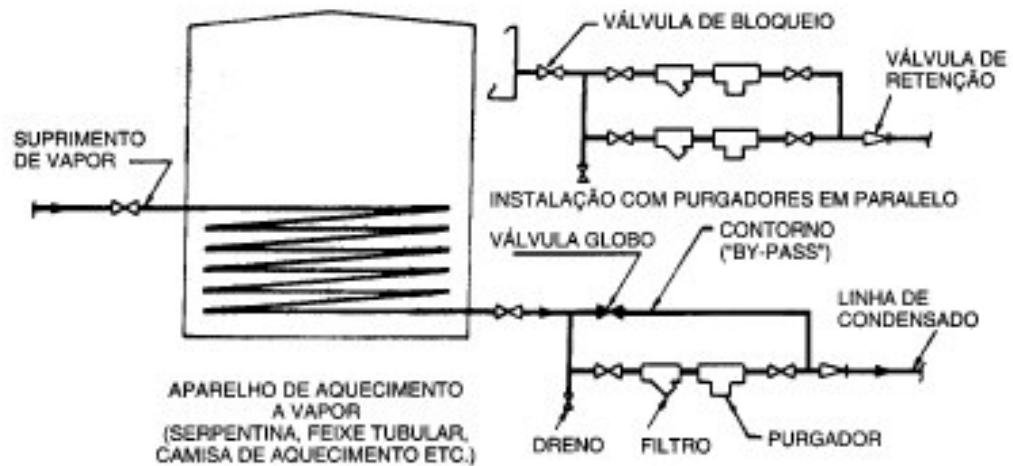


PONTOS DE DRENAGEM DAS TUBULAÇÕES DE VAPOR

1. Todos os pontos baixos e todos os pontos de aumento de elevação
2. Nos trechos de tubulação em nível em cada 100 a 250 m (QUANTO MAIS BAIXA FOR A PRESSÃO DE VAPÓR MAIS NUMEROSOS DEVERÃO SER OS PURGADORES)
3. Imediatamente antes de todas as válvulas de bloqueio, válvulas de retenção, válvulas de controle e válvulas redutoras de pressão
4. Próximo à entrada de qualquer máquina a vapor.



2 – Instalação para reter vapor em aparelhos de aquecimento



ALGUNS CUIDADOS PARA INSTALAÇÃO DE PURGADORES

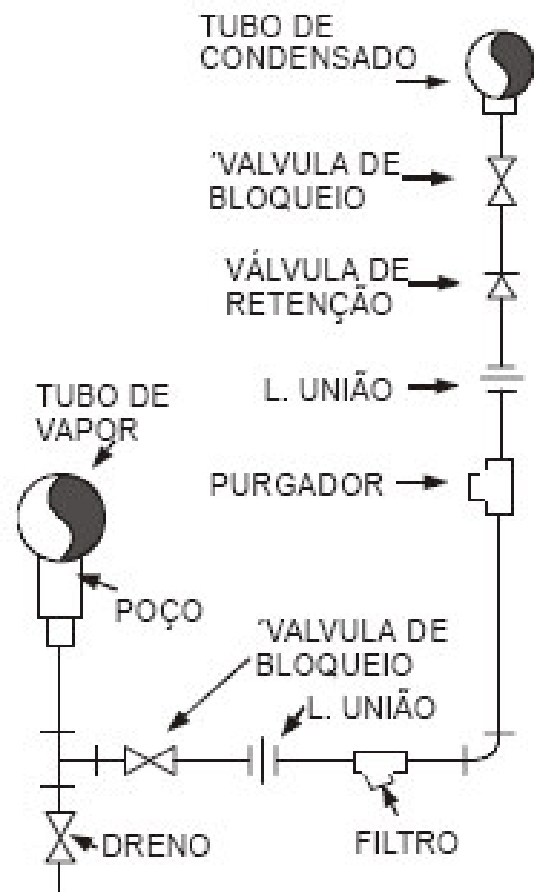
O CONDENSADO DEVE, SEMPRE QUE POSSÍVEL, CORRER POR GRAVIDADE PARA O PURGADOR

QUANDO NÃO EXISTIR ESCOAMENTO POR GRAVIDADE, DEVE SER COLOCADO UMA VÁLVULA DE RETENÇÃO (Como mostra a figura ao lado)

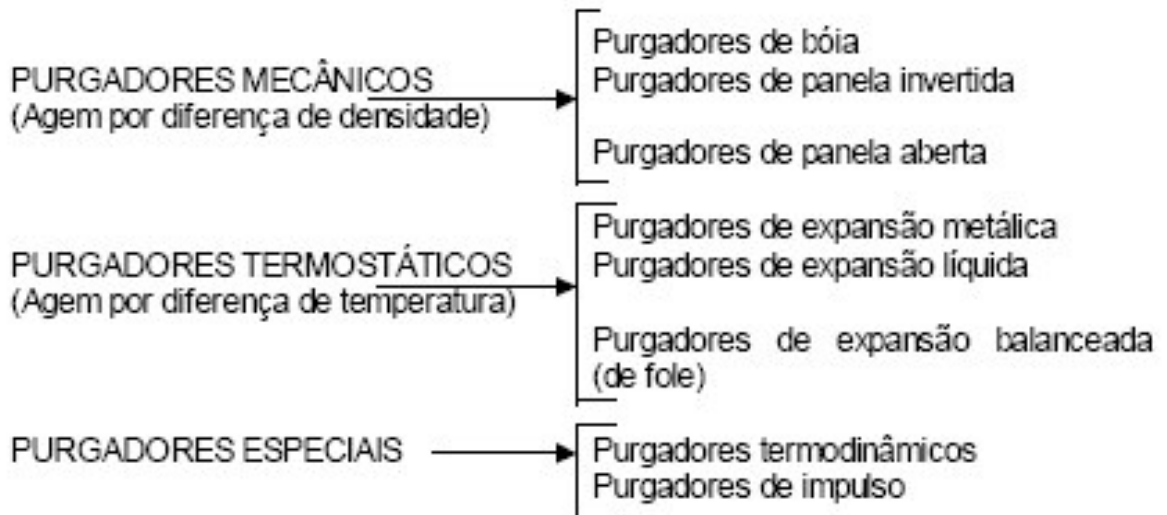
AS TUBULAÇÕES DE ENTRADA E SAÍDA DOS PURGADORES DEVE TER O MENOR COMPRIMENTO POSSÍVEL

QUANDO HOUVER DESCARGA PARA A ATMOSFERA, O PURGADOR DEVE SER COLOCADO DE MODO QUE O JATO QUENTE DE CONDENSADO NÃO ATINJA PESSOAS OU EQUIPAMENTOS

OS PURGADORES DEVEM SER MONTADOS EM LOCAIS QUE PERMITAM ACESSO E MANUTENÇÃO



PRINCIPAIS TIPOS DE PURGADORES A VAPOR

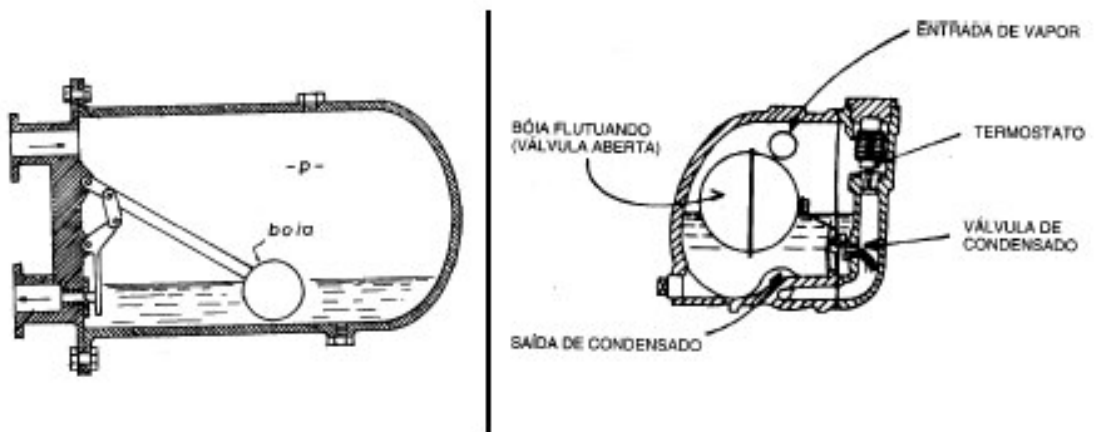


1 - Purgador de bóia

NÃO PERMITE A SAÍDA DE AR E OUTROS GASES INCONDENSÁVEIS
(Alguns purgadores possuem uma válvula termostática para eliminação de ar)

DEPENDENDO DA QUANTIDADE DE CONDENSADO A DESCARGA PODE SER CONTÍNUA OU INTERMITENTE

DEVIDO A POSSIBILIDADE DE DESCARGA CONTÍNUA, SÃO EMPREGADOS PARA RETER O VAPOR NA SAÍDA DE APARELHOS DE AQUECIMENTO

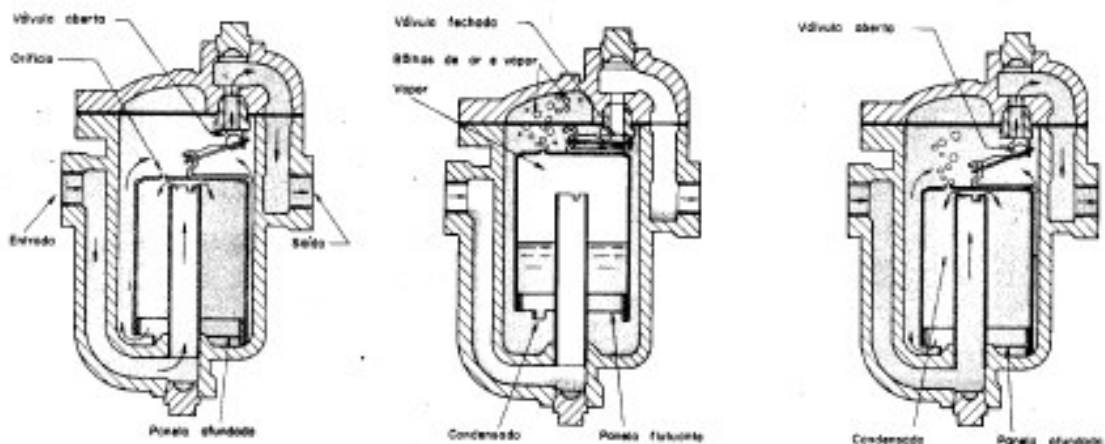


2 - Purgador de panela invertida

É UTILIZADO NA DRENAGEM DE TUBULAÇÕES DE VAPOR PARA QUAISQUER VALORES DE PRESSÃO E TEMPERATURA

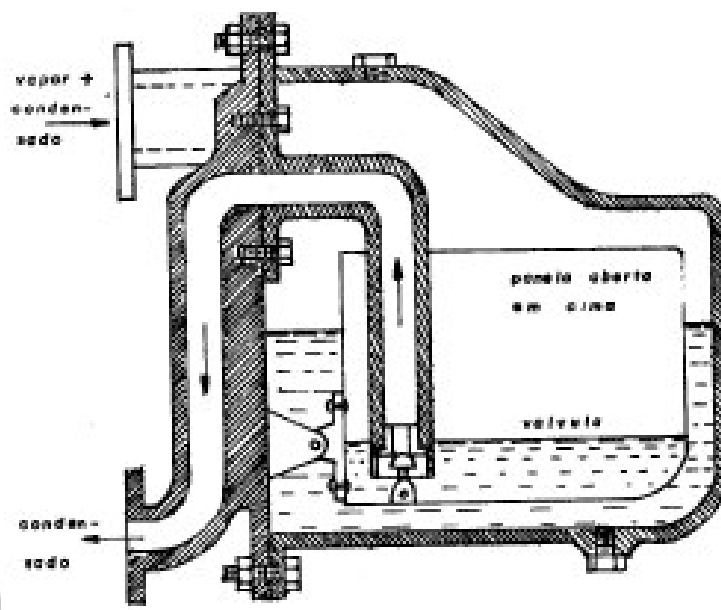
PRECISA ESTAR ESCORVADO PARA ENTRAR EM FUNCIONAMENTO

A ELIMINAÇÃO DE AR É MODERADA E SÓ OCORRE SE A SAÍDA DE CONDENSADO NÃO FOR CONTÍNUA



3 - Purgador de panela aberta

Utilização e funcionamento semelhante ao purgador de panela invertida



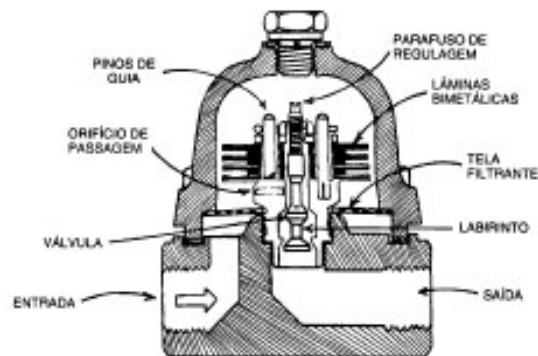
4 – Purgador de expansão metálica

FUNCIIONAM PELA DIFERENÇA DE TEMPERATURA QUE EXISTE, NA MESMA PRESSÃO, ENTRE O VAPOR E O CONDENSADO.

VANTAGENS

- São pequenos e leves
- Removem ar com grande facilidade
- Suportam bem os golpes de ariete
- Podem trabalhar com qualquer pressão
- Vibrações e movimentos da tubulação não perturbam seu funcionamento

SÃO UTILIZADOS PARA ELIMINAR AR E OUTROS GASES INCONDENSÁVEIS DAS LINHAS DE VAPOR DE GRANDE DIÂMETRO

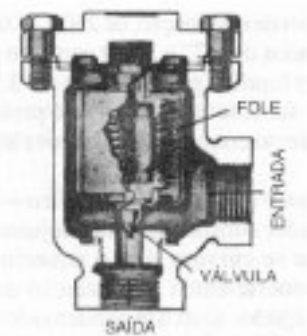


5 – Purgador, termostático de fole

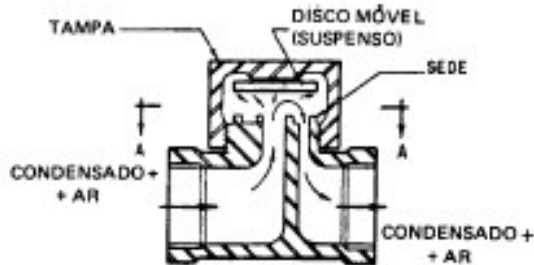
É EMPREGADO EM BAIXAS PRESSÕES (Até 3,5 MPa) PRINCIPALMENTE QUANDO EXISTE GRANDE VOLUME DE AR A ELIMINAR

NAO SERVEM PARA TRABALHAR COM VAPOR SUPERAQUECIDO

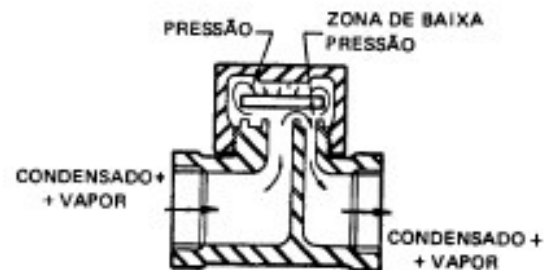
A DESCARGA DE CONDENSADO É INTERMITENTE, DEMORADA, E A PERDA DE VAPOR É RELATIVAMENTE GRANDE



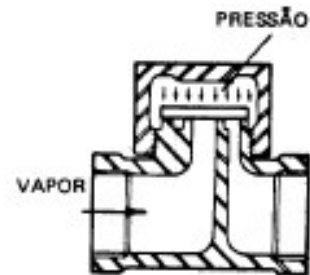
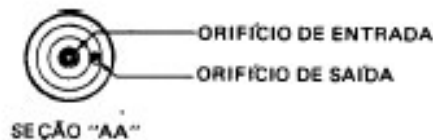
6 – Purgador termodinâmico



PURGADOR ABERTO
(DESCARGA DE CONDENSADO)



PURGADOR FECHANDO-SE
(CHEGADA DE VAPOR)



PURGADOR FECHADO

TABELA DE CAPACIDADES					
PRESSÃO NA ENTRADA		TAMANHO			
kgf/cm ²	lb _f /pol ²	3/8"	1/2"	3/4"	1"
0,5	7	68	80	562	800
1	14	97	115	681	1150
1,5	21	118	140	727	1300
2	28	137	161	763	1400
3	43	164	195	835	1550
4	57	184	221	905	1740
6	85	213	261	1000	1980
8	114	238	288	1090	2200
10	142	259	308	1160	2350
15	213	295	349	1280	2700
20	284	322	386	1365	3050
30	427	367	440	1470	3500
35	498	390	467	1510	3700
42	600	413	499	1542	4000

Descarga máxima contínua em kg/hora a 17° C ou 30° F, abaixo da temperatura do vapor

EMPREGADO PARA DRENAGEM DE LINHAS DE VAPOR E PARA LINHAS DE AQUECIMENTO DESDE QUE A QUANTIDADE DE CONDENSADO NÃO SEJA MUITO GRANDE.

NÃO DEVE SER USADO QUANDO A CONTRAPRESSÃO DO CONDENSADO FOR MAIOR QUE 50% DA PRESSÃO DO VAPOR

SELEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS PURGADORES DE VAPOR

FATORES QUE INFLUEM NA SELEÇÃO DE PURGADORES

- Natureza da instalação e finalidade do purgador
- Pressão e temperatura do vapor na entrada do purgador
- Tipo de descarga do condensado (aberta ou fechada), pressão e temperatura do condensado no caso do sistema ser fechado.
- Quantidade de condensado a ser eliminado
- Perda admitida de vapor vivo
- Ocorrências de golpe de aríete ou vibrações na tubulação
- Ação corrosiva ou erosiva do vapor ou do condensado
- Custo inicial

PARA DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DO VAPOR NA ENTRADA DO PURGADOR DEVEM SER CONSIDERADAS AS PERDAS DE CARGAS EXISTENTES ANTES DO PURGADOR

O MESMO CUIDADO DEVE-SE TER PARA DETERMINAR A PRESSÃO DO CONDENSADO EM SISTEMAS DE DESCARGA FECHADA

SE AS CONDIÇÕES DE PRESSÃO DO VAPOR E/OU DO CONDENSADO FOREM VARIÁVEIS, O PURGADOR DEVERÁ SER SELECIONADO PARA A MÍNIMA PRESSÃO DO VAPOR E PARA A MÁXIMA PRESSÃO DO CONDENSADO

CARACTERÍSTICAS DOS PURGADORES

TIPO	Pressão máxima do vapor (kgf/cm ²)	Capacidade Máxima (kg/h)	Permite descarga contínua ?	Eliminação de ar	Resistência a golpes de aríete	Perda de vapor	Necessidade de manutenção
Bóia	35	50.000	sim	pode ser	não	pouca	regular
Panela invertida	180	15.000	não	sim	sim	pouca	bastante
Panela aberta	100	6.000	não	sim	sim	pouca	bastante
Expansão metálica	50	4.000	pode ser	sim	sim	bastante	regular
Expansão líquida	35	4.000	pode ser	sim	não	bastante	regular
Expansão balanceada (fole)	35	1.000	pode ser	sim	não	bastante	regular
Termodinâmico	100	3.000	não	sim	sim	regular	quase nenhuma
Impulso	100	5.000	não	não	sim	regular	quase nenhuma

PARA QUALQUER PURGADOR A CAPACIDADE DE ELIMINAÇÃO DE CONDENSADO É SEMPRE FUNÇÃO DA PRESSÃO DIFERENCIAL ATRAVÉS DO PURGADOR E DA TEMPERATURA DO CONDENSADO

CASOS TÍPICOS DE EMPREGO DE PURGADORES

Serviço	Condições de trabalho		Tipos recomendados	Coefficiente de segurança
Drenagem de tubulação de vapor (com retorno de condensado)	Vapor saturado	Alta pressão: mais de 2 MPa ($\cong 20 \text{ Kgf/cm}^2$)	B	2
		Média pressão: até 2 MPa	B - C	2
		Baixa pressão: até 0,2 MPa	C - B	3
	Vapor superaquecido	Alta pressão: mais de 2 MPa	B - C	2
		Média pressão: até 2 MPa	C - B	2
		Baixa pressão: até 0,2 MPa	C - B	3
Drenagem de tubulação de vapor (descarga aberta)	Vapor superaquecido ou saturado	Pressões até 0,1 MPa ($\cong 1 \text{ Kgf/cm}^2$)	C	2
		Pressões acima de 0,1 MPa	D	3
Aquecimento de tubulações	-	-	D	3
Aparelhos de aquecimento a vapor	Altas vazões (mais de 4.000 Kg/h)	Vazão constante	A - B	2
		Vazão variável	A - B	4
Serpentinas de tanques	Médias e baixas vazões (até 4000 Kg/h)	Vazão constante	A - B	2
		Vazão variável	C - A	4
	-	-	B - A	3
A - purgador de bóia		C - purgador termostático ou de expansão metálica		
B - purgador de panela invertida		D - purgador termodinâmico		

FIXADO O TIPO DE PURGADOR E CALCULADO A PRESSÃO DIFERENCIAL MÍNIMA E A QUANTIDADE DE CONDENSADO A ESCOLHA DO MODELO ADEQUADO RESUME-SE A UMA CONSULTA A CATÁLOGOS

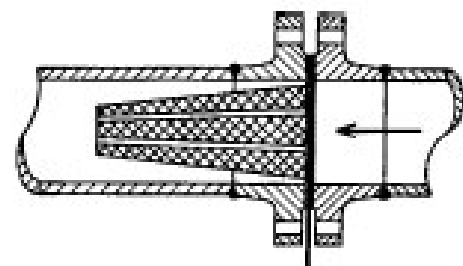
8.2 FILTROS

OS FILTROS PARA TUBULAÇÕES (*STRAINERS, FILTERS*) SÃO TAMBÉM EQUIPAMENTOS SEPARADORES DESTINADOS A RETER SÓLIDOS EM SUSPENSÃO E CORPOS ESTRANHOS, EM CORRENTES DE LÍQUIDOS OU DE GASES. SÃO DE USO COMUM EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS DUAS CLASSES DE FILTROS: PROVISÓRIOS E PERMANENTES.

OS FILTROS PROVISÓRIOS SÃO PEÇAS QUE SE INTERCALAM NAS TUBULAÇÕES, PRÓXIMO AOS BOCAIS DE ENTRADA DOS EQUIPAMENTOS (BOMBAS, COMPRESSORES, TURBINAS, ETC), PARA EVITAR QUE SUJEIRAS E CORPOS ESTRANHOS DEIXADOS NAS TUBULAÇÕES DURANTE A MONTAGEM, PENETREM NESSES EQUIPAMENTOS QUANDO O SISTEMA FOR POSTO EM OPERAÇÃO. DEPOIS QUE AS TUBULAÇÕES JÁ ESTIVEREM EM FUNCIONAMENTO NORMAL POR ALGUM TEMPO E, PORTANTO, TIVEREM SIDO COMPLETAMENTE LAVADAS PELO PRÓPRIO FLUIDO CIRCULANTE, OS FILTROS PROVISÓRIOS PODEM SER DISPENSADOS E DEVEM SER REMOVIDOS.

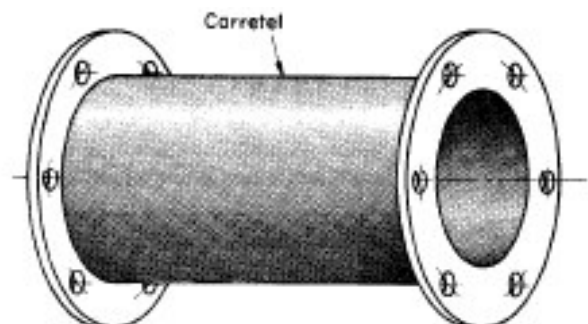
OS FILTROS PERMANENTES, COMO O PRÓPRIO NOME INDICA, SÃO ACESSÓRIOS INSTALADOS NA TUBULAÇÃO DE UM MODO DEFINITIVO.

1 – Filtros provisórios



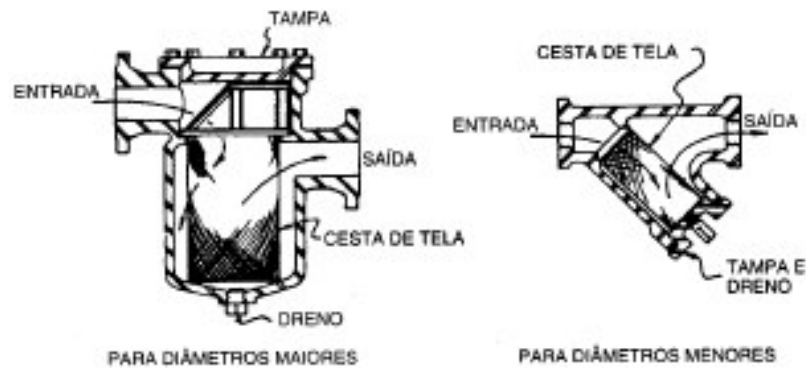
FILTRO COLOCADO NA TUBULAÇÃO

Para facilitar a colocação e posterior retirada dos filtros provisórios, deve-se utilizar um carretel



A CESTA DE TELA DEVE TER UMA ÁREA FILTRANTE DE NO MÍNIMO 3 A 4 VEZES A ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL ÚTIL DA TUBULAÇÃO

2 – Filtros permanentes



OS ELEMENTOS FILTRANTES (*mesmo nos filtros provisórios*) DEVEM SER SEMPRE DE MATERIAIS RESISTENTES À CORROSÃO

EM LINHAS DE FUNCIONAMENTO CONTINUO E COM NECESSIDADE DE FILTRAGEM CONSTANTE, COLOCA-SE FILTROS EM PARALELO

OS FILTROS CAUSAM PERDAS DE CARGA MUITO ELEVADAS

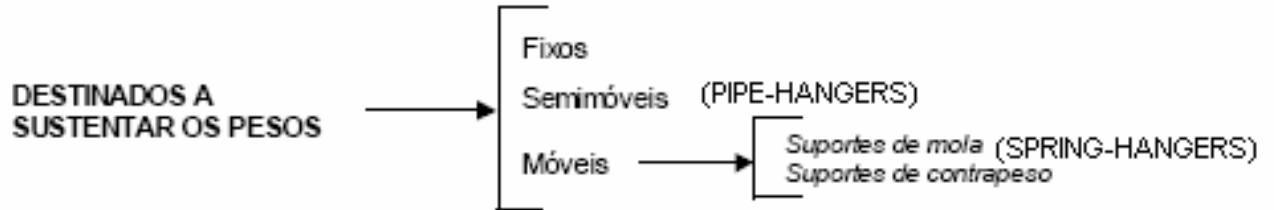
9.0 SUPORTES DE TUBULAÇÃO

OS SUPORTES DE TUBULAÇÃO (*PIPE-SUPPORTS*) SÃO OS DISPOSITIVOS DESTINADOS A SUPORTAR OS PESOS E OS DEMAIS ESFORÇOS EXERCIDOS PELOS TUBOS OU SOBRE OS TUBOS, TRANSMITINDO ESSES ESFORÇOS DIRETAMENTE AO SOLO, ÀS ESTRUTURAS VIZINHAS, A EQUIPAMENTOS OU, AINDA, A OUTROS TUBOS PRÓXIMOS.

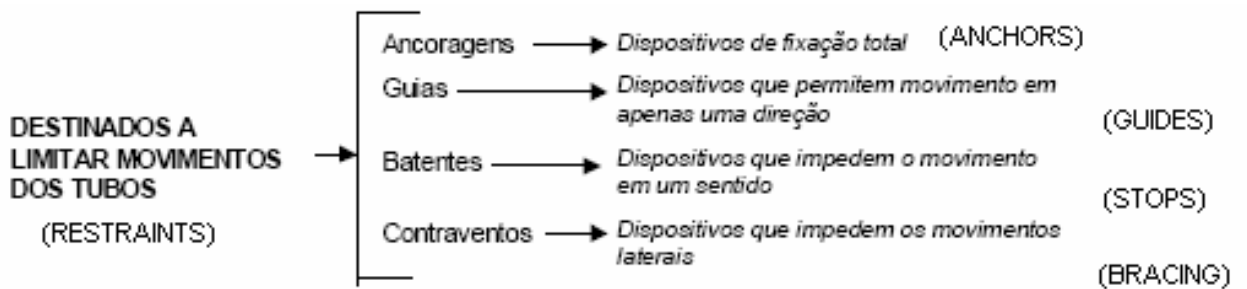
A ESPECIFICAÇÃO E O PROJETO DO CONJUNTO DE SUPORTES É UMA DAS ETAPAS MAIS IMPORTANTES DO PROJETO GLOBAL DE UM SISTEMA DE TUBULAÇÕES, PORQUE, ALÉM DOS SUPORTES, INCLUINDO SUAS ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES, REPRESENTAREM MUITAS VEZES UM CUSTO ELEVADO, OS SUPORTES QUANDO MAL ESPECIFICADOS OU MAL PROJETADOS, PODEM COMPROMETER SERIAMENTE O FUNCIONAMENTO E A SEGURANÇA DA INSTALAÇÃO, E MESMO CAUSAR ACIDENTES E DESASTRES.

NÃO SÃO RAROS OS CASOS EM QUE O PROJETO DOS SUPORTES É MAL ESTUDADO, OU DE TODO NEGLIGENCIADO, E ATÉ DEIXADO INTEIRAMENTE À IMPROVISAÇÃO DO MONTADOR, MESMO EM INSTALAÇÕES IMPORTANTES E COM TUBOS DE MATERIAIS CAROS, TENDO COMO CONSEQUÊNCIA FLECHAS EXCESSIVAS E DISTORÇÕES NOS TUBOS, FLEXÃO EXCESSIVA E VAZAMENTOS EM VÁLVULAS, FLANGES E OUTROS ACESSÓRIOS, CARGAS EXAGERADAS SOBRE EQUIPAMENTO, ETC.

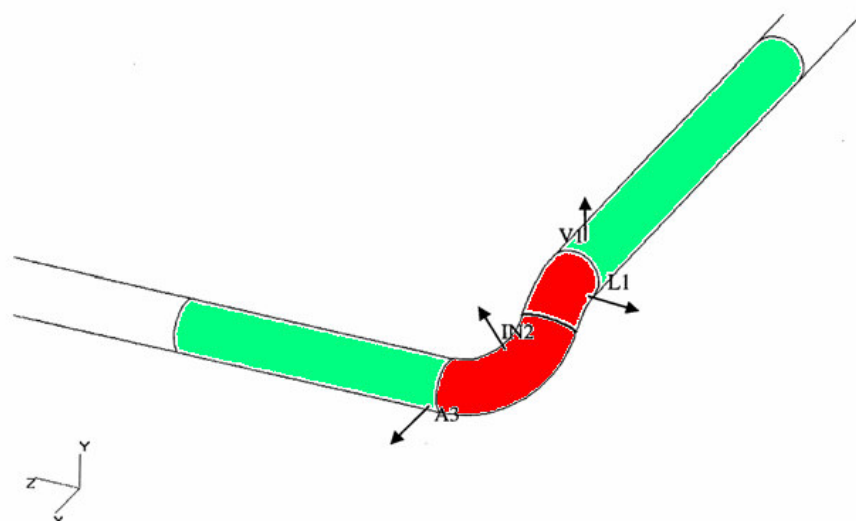
EXISTE UMA GRANDE VARIEDADE DE TIPOS E DE MODELOS DIFERENTES DE SUPORTES DE TUBULAÇÃO. DE ACORDO COM A FUNÇÃO PRINCIPAL QUE EXERCEM, OS SUPORTES PODEM SER CLASSIFICADOS EM:



TODOS ESTES SUPORTES PODEM SER APOIADOS, ISTO É, TRANSMITINDO OS PESOS PARA BAIXO (DIRETAMENTE AO SOLO OU A ALGUMA ESTRUTURA, BASE DE EQUIPAMENTO, VASO, ETC), OU PENDURADOS, ISTO É, TRANSMITINDO OS PESOS PARA CIMA.



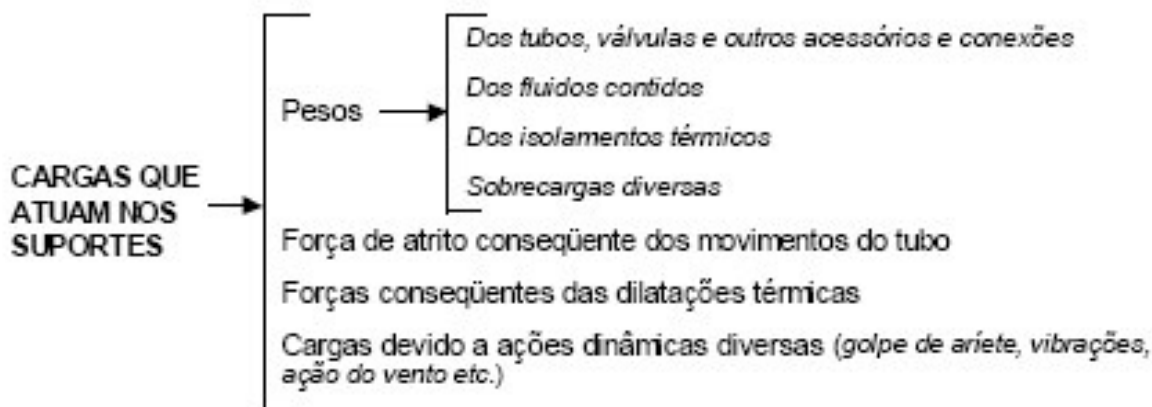
DESTINADOS A ABSORVER VIBRAÇÕES → Amortecedores (DAMPERS)



FIGURAS 44 - ANÁLISE UTILIZANDO SIMULAÇÃO POR ELEMENTOS FINITOS DE TRECHO DE TUBULAÇÃO SUJEITO À VIBRAÇÃO.

9.1 CARGAS QUE ATUAM SOBRE OS SUPORTES

AS CARGAS QUE ATUAM SOBRE OS SUPORTES SÃO AS SEGUINTE:



O PESO DO FLUIDO, NA MAIORIA DOS CASOS CONSIDERA-SE O PESO DA ÁGUA (teste hidrostático) QUANDO O PESO DO FLUIDO FOR INFERIOR AO PESO DA ÁGUA, OU O PRÓPRIO PESO DO FLUIDO QUANDO SUPERIOR AO DA ÁGUA.

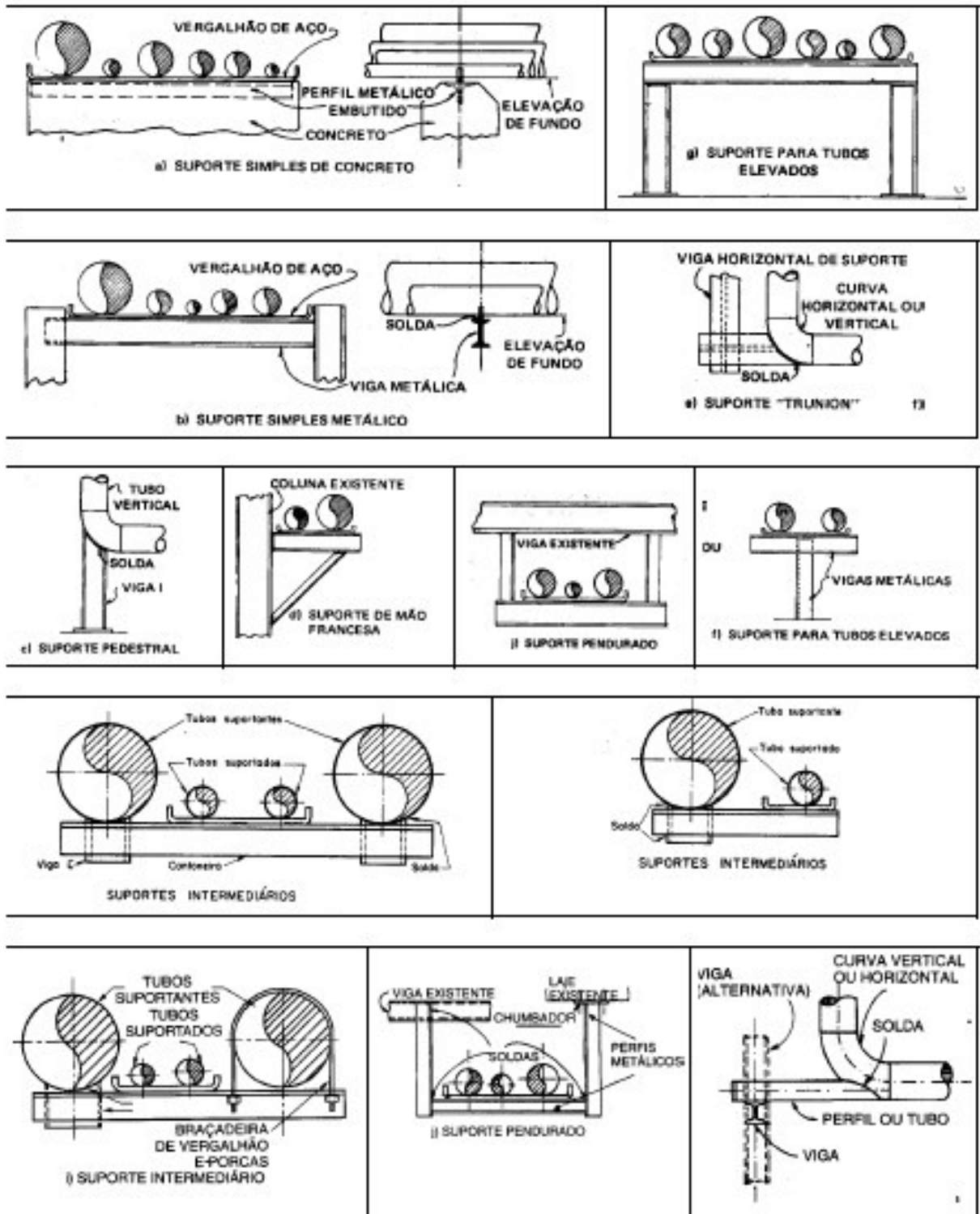
9.2 SUPORTES FIXOS

CHAMAM-SE SUPORTES FIXOS OS QUE NÃO SE DESLOCAM VERTICALMENTE, NÃO PERMITINDO ASSIM QUE A TUBULAÇÃO TENHA MOVIMENTOS VERTICAIS. SÃO OS MAIS COMUNS DE TODOS OS TIPOS DE SUPORTES.

ESSES SUPORTES PODEM SER APOIADOS OU PENDURADOS, CONFORME TRANSMITAM OS PESOS PARA BAIXO OU PARA CIMA.

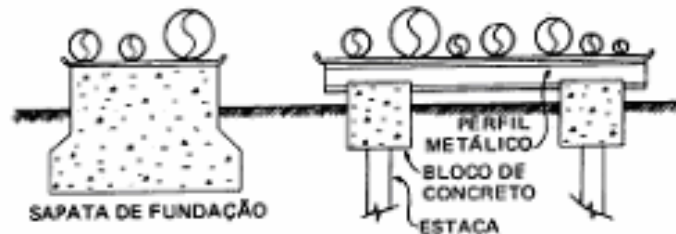
SUPORTES FIXOS

NÃO SE DESLOCAM VERTICALMENTE
E PODEM SER APOIADOS OU PENDURADOS



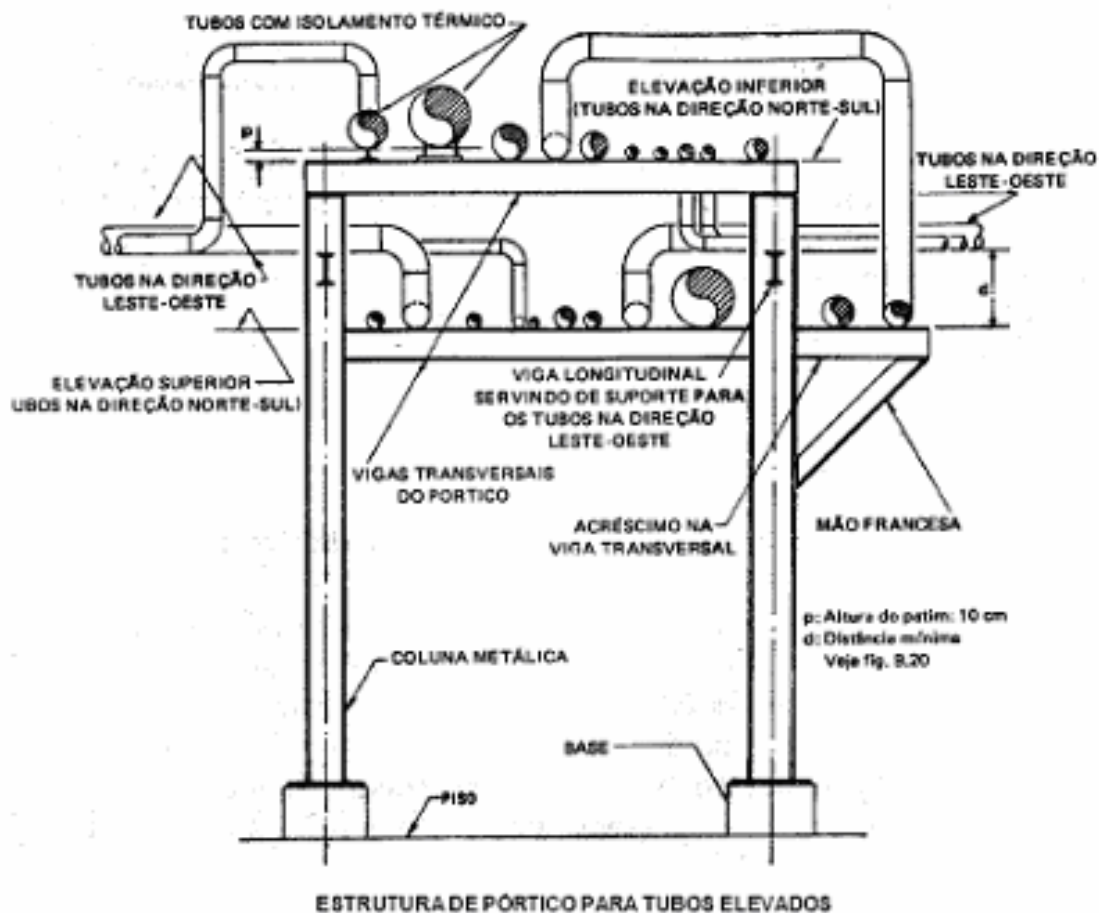
FIGURAS 45 - SUPORTES FIXOS.

DEPENDENDO DO TIPO DE CONSTRUÇÃO E DAS CONDIÇÕES DO SOLO, PODE-SE TER A FUNDAÇÃO EM SAPATAS OU EM ESTACAS



AS ESTRUTURAS DE PÓRTICOS COSTUMA SER INTERLIGADAS POR VIGAS LONGITUDINAIS, PARALELAS AOS TUBOS, COM AS SEGUINTE FINALIDADES:

- Absorver os esforços axiais das tubulações (reações de atrito e de dilatação)
- Suportar tubulações na direção perpendicular às tubulações principais
- Suportar os suportes transversais intermediários para os tubos de pequeno \varnothing



FIGURAS 46 - ESTRUTURA DE PÓRTICO.

9.3 CONTATO ENTRE OS TUBOS E OS SUPORTES

NOS SUPORTES DE TUBULAÇÃO PROCURA-SE GERALMENTE EVITAR O CONTATO DIRETO ENTRE OS TUBOS E A SUPERFÍCIE DE APOIO, COM A FINALIDADE DE PERMITIR A PINTURA DA FACE INFERIOR DOS TUBOS E DA PRÓPRIA SUPERFÍCIE DE APOIO. UM DOS RECURSOS USADOS PARA EVITAR ESSE CONTATO DIRETO É A COLOCAÇÃO DE UM VERGALHÃO DE AÇO (GERALMENTE DE 3/4”), TRANSVERSALMENTE AOS TUBOS, SOLDADO NA SUPERFÍCIE METÁLICA DO SUPORTE. O VERGALHÃO COSTUMA TER AS EXTREMIDADES COM AS PONTAS VIRADAS PARA CIMA, DE MODO A IMPEDIR QUE OS TUBOS POSSAM CAIR FORA DO SUPORTE.

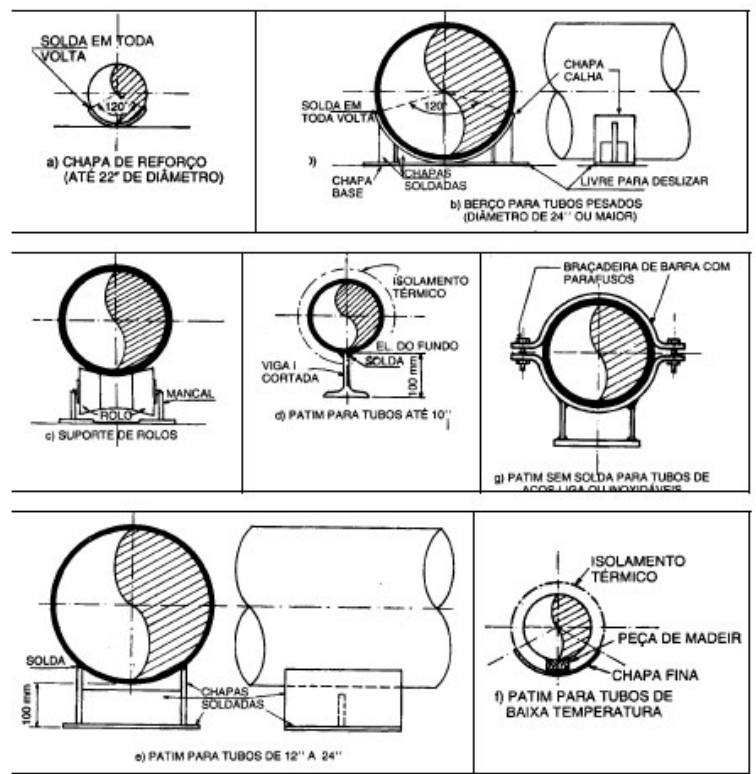
TRATANDO-SE DE TUBOS PESADOS (ACIMA DE 14”), OU DE TUBOS COM PAREDES MUITO FINAS, A CARGA CONCENTRADA RESULTANTE DO CONTATO COM O VERGALHÃO PODERIA DANIFICAR OU MESMO CAUSAR O COLAPSO DO TUBO. ADOTAM-SE, ENTÃO, CHAPAS DE REFORÇOS OU BERÇOS CONSTRUÍDOS DE CHAPA, SOLDADOS NA PAREDE DO TUBO COM O OBJETIVO DE MELHORAR A DISTRIBUIÇÃO DA CARGA CONCENTRADA. OS TUBOS DE MATERIAIS PLÁSTICOS, INCLUSIVE OS PLÁSTICOS REFORÇADOS (FRP) DEVEM TER UMA CHAPA DE REFORÇO DE PLÁSTICO, COLADA AO TUBO, QUANDO APOIADOS SOBRE SUPORTES DE SUPERFÍCIE PLANA.

EM TRECHOS LONGOS DE TUBULAÇÕES PESADAS É ÀS VEZES NECESSÁRIO O EMPREGO DE DISPOSITIVOS ESPECIAIS PARA REDUZIR O ATRITO DO TUBO NOS SUPORTES, FACILITANDO OS MOVIMENTOS DE DILATAÇÃO.

CONTATO ENTRE OS TUBOS E OS SUPORTES

NORMALMENTE EVITA-SE O CONTATO DIRETO DO TUBO COM A SUPERFÍCIE DO SUPORTE COM A FINALIDADE DE PERMITIR A INSPEÇÃO E A PINTURA DA FACE INFERIOR DO TUBO E DA PRÓPRIA SUPERFÍCIE DE APOIO

PARA TUBOS COM ATÉ 12” DE DIÂMETRO É UTILIZADO UM VERGALHÃO DE AÇO Ø 3/4”



FIGURAS 47 - CONTATO ENTRE TUBOS E SUPORTES.

E N Gº A L E X A N D R E M A R C H O N R E D D O

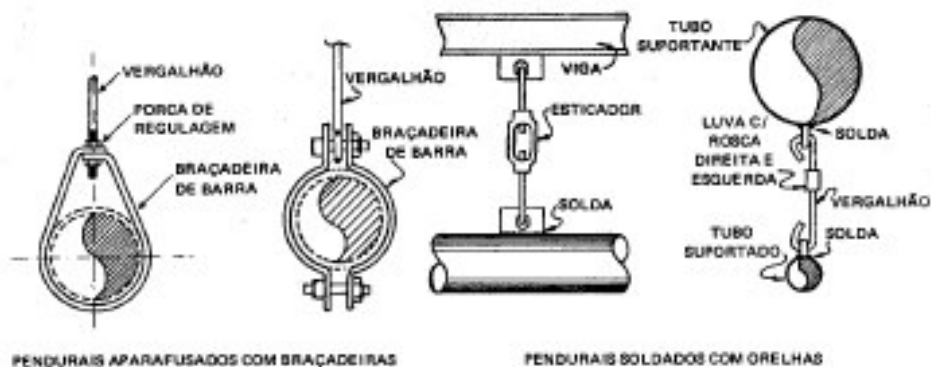
9.4 SUPORTES SEMIMÓVEIS

OS SUPORTES SEMIMÓVEIS (PENDURAIIS) SÃO SUPORTES QUE TRANSMITEM OS PESOS PARA CIMA, EMPREGADOS PRINCIPALMENTE PARA TUBOS LEVES, DENTRO DE PRÉDIOS OU EM ÁREAS DE PROCESSO. PARA OS TUBOS DE PLÁSTICOS, INCLUSIVE OS PLÁSTICOS REFORÇADOS, OS SUPORTES TIPO BRAÇADEIRA DEVEM SER USADOS PREFERENCIALMENTE, RECOMENDANDO-SE QUE TENHAM UM ÂNGULO MÍNIMO DE 120°, NO CONTATO COM O TUBO.

TODOS ESSES SUPORTES DÃO GRANDE LIBERDADE DE MOVIMENTOS AOS TUBOS, POR ESSA RAZÃO NÃO DEVEM SER EMPREGADOS PARA TUBOS SUJEITOS A VIBRAÇÃO, CHOQUES DINÂMICOS, GOLPES DE ARIETE, ETC. QUANDO FOR NECESSÁRIO LIMITAR OS MOVIMENTOS LATERAIS DE TUBOS SUPORTADOS POR PENDURAIIS, DEVEM SER COLOCADOS CONTRAVENTAMENTOS.

SUPORTES SEMIMÓVEIS (pendurais)

SÃO EMPREGADOS PARA TUBOS LEVES SITUADOS DENTRO DE PRÉDIOS OU GALPÕES PRESOS ÀS LAGES E OUTRAS ESTRUTURAS.



FIGURAS 48 - SUPORTES SEMIMÓVEIS.

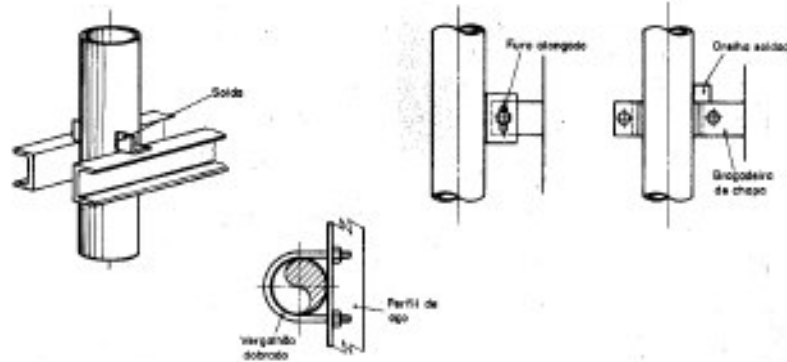
9.5 SUPORTES PARA TUBOS VERTICAIS

OS SUPORTES PARA TUBOS VERTICAIS CONSISTEM GERALMENTE EM PEDAÇOS DE PERFIS OU EM ORELHAS SOLDADAS À PAREDE DO TUBO, DESCANSANDO EM VIGAS HORIZONTAIS, OU PRESAS POR PARAFUSOS. NO CASO DE TUBOS LEVES PODEMOS SUSTENTAR O TUBO SIMPLEMENTE POR MEIO DE BRAÇADEIRAS OU ORELHAS APARAFUSADAS. PARA TUBOS MUITO PESADOS USAM-SE SAIAS E REFORÇOS ABRAÇANDO TODO O TUBO, PARA MELHOR DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS.

NOTE-SE QUE PARA A SIMPLES SUSTENTAÇÃO DO PESO DE UM TUBO VERTICAL, QUALQUER QUE SEJA O SEU DIÂMETRO E COMPRIMENTO, BASTA UM ÚNICO SUPORTE, COLOCADO PRÓXIMO A SUA EXTREMIDADE SUPERIOR, DESDE QUE DEVIDAMENTE DIMENSIONADO ESSE É O PROCEDIMENTO ADOTADO NA MAIORIA DOS CASOS. PARA TUBOS LONGOS, CONVÉM QUE SEJAM COLOCADAS TAMBÉM GUIAS, PARA CONTROLAR VIBRAÇÕES E MOVIMENTOS HORIZONTAIS.

SUORTES PARA TUBOS VERTICAIS

PARA SUSTENTAÇÃO DO TUBO VERTICAL, QUALQUER QUE SEJA SEU DIÂMETRO, SEU PESO OU SEU COMPRIMENTO, BASTA UM ÚNICO SUPORTE COLOCADO NA SUA EXTREMIDADE SUPERIOR.



FIGURAS 49 - SUPORTES PARA TUBOS VERTICAIS.

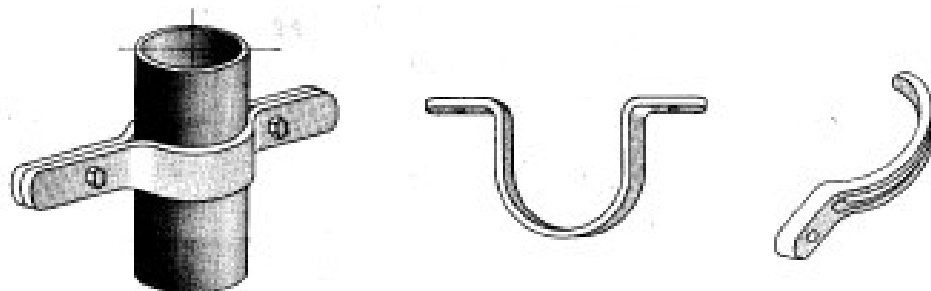
9.6 SUPORTES ESPECIAIS PARA TUBOS LEVES

PARA O SUPORTE DE TUBOS LEVES E POUCOS IMPORTANTES (ATÉ 1 ½" DE DIÂMETRO), TANTO HORIZONTAL COMO VERTICAIS, É FREQUENTEMENTE MAIS ECONÔMICO O EMPREGO DE FERRAGENS COMPRADAS PRONTAS NO COMÉRCIO, PRINCIPALMENTE NO CASO DE TUBOS QUE CORREM ISOLADAMENTE.

HÁ UMA GRANDE VARIEDADE DESSAS FERRAGENS: BRAÇADEIRAS, GRAMPOS, COLARES, PENDURAS, ETC.

SUORTES ESPECIAIS PARA TUBOS LEVES

PARA TUBOS DE PEQUENO DIÂMETRO (\varnothing até 1 ½") QUE CORREM ISOLADOS, É MAIS ECONÔMICO O EMPREGO DE FERRAGENS COMPRADAS PRONTAS.
(braçadeiras, grampos, pendurais etc.)



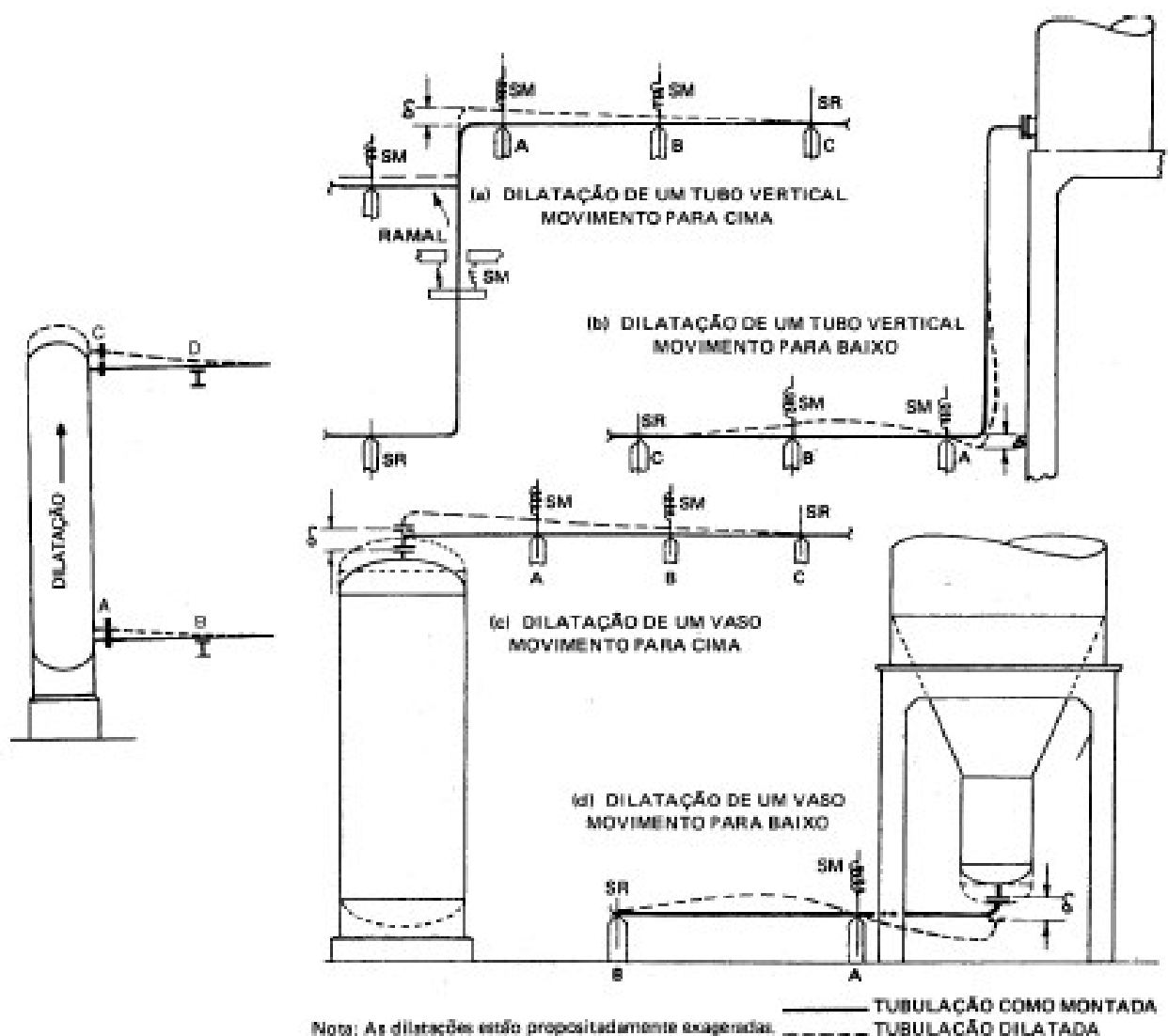
FIGURAS 50 - SUPORTES PARA TUBOS LEVES.

9.7 SUPORTES MÓVEIS

OS SUPORTES MÓVEIS SÃO DISPOSITIVOS CAPAZES DE SE DESLOCAR VERTICALMENTE, CONTINUANDO, AO MESMO TEMPO, A SUSTENTAR O PESO DA TUBULAÇÃO. ESSES SUPORTES SÃO BEM MAIS CAROS E COMPLICADOS DO QUE OS SUPORTES FIXOS, E POR ISSO EMPREGADOS SOMENTE NOS CASOS EM QUE FOREM INDISPENSÁVEIS, ISTO É, NOS PONTOS DE SUPORTE EM QUE A TUBULAÇÃO TIVER UM MOVIMENTO VERTICAL DE AMPLITUDE TAL QUE NÃO POSSA SER ABSORVIDO PELA SIMPLES FLEXÃO DO TRECHO DE TUBO ENTRE DOIS SUPORTES CONSECUTIVOS.

SUPORTES MÓVEIS

Admitem movimentos verticais sem deixar de sustentar o peso da tubulação



ENGR. ALEXANDRE MARCHON REDDO

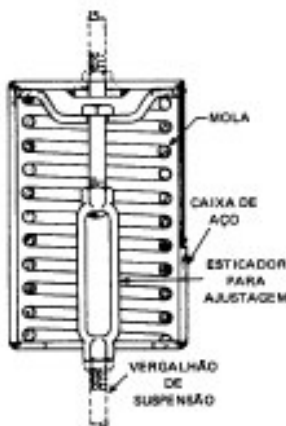
FIGURAS 51 - SUPORTES MÓVEIS.

EXISTEM TRÊS TIPOS GERAIS DE SUPORTES MÓVEIS:

TIPOS DE
SUPORTES
MÓVEIS

- ↳ Suporte de mola simples ou de carga variável. (SPRING-HANGERS)
- ↳ Suporte de mola de carga constante.
- ↳ Suportes de contrapeso.

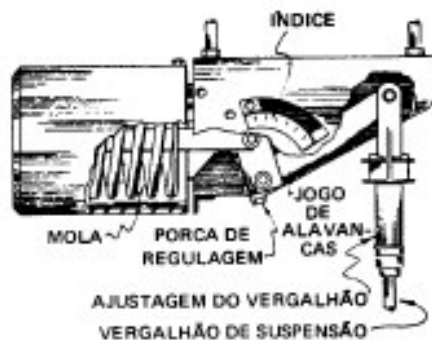
SUPORTE DE MOLA



DE CARGA VARIÁVEL

(A força para comprimir a mola aumenta à medida que aumenta o deslocamento.)

HÁ SEMPRE ALGUMA TRANSFERÊNCIA DE CARGA PARA OS SUPORTES VIZINHOS.

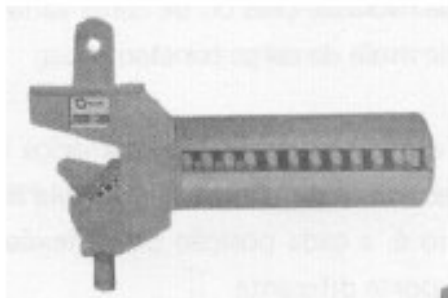


DE CARGA CONSTANTE

(Através da ação de alavancas, a capacidade do suporte é praticamente constante.)

APLICAÇÕES:

- Grandes deslocamentos ≥ 150 mm
- Quando a carga suportada for muito grande
- Quando a colocação de um suporte de carga variável resultar em variação de carga superior a 12%

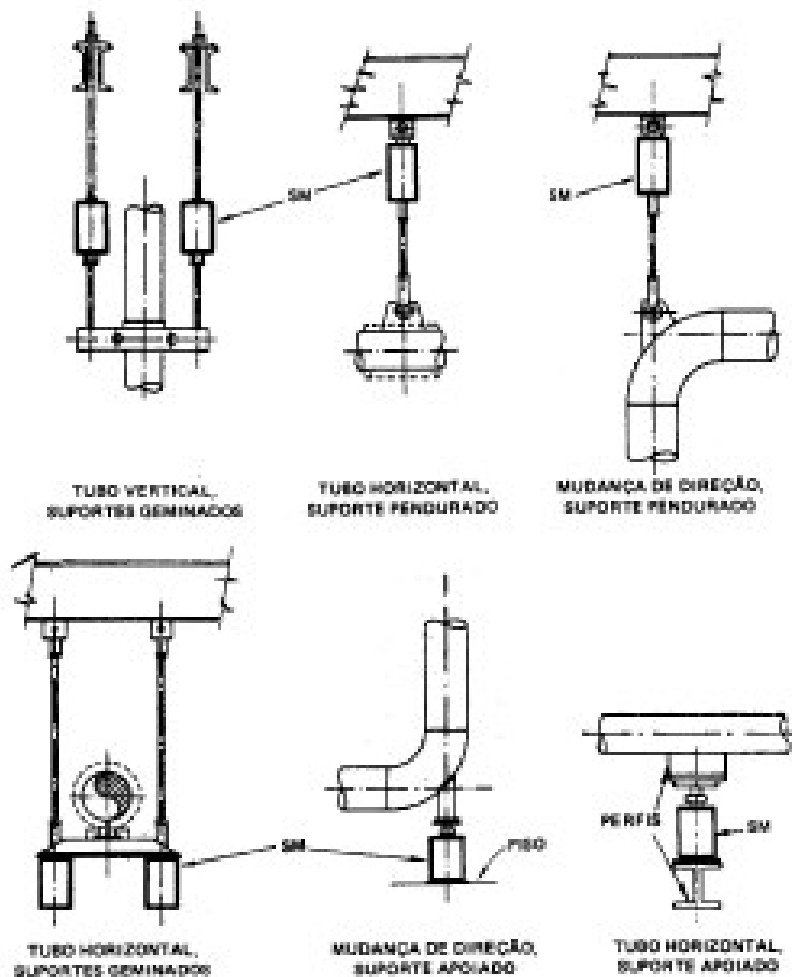


FIGURAS 52 - SUPORTES DE CARGAS CONSTANTE E VARIÁVEL.

DADOS
NECESSÁRIOS
PARA
ENCOMENDA

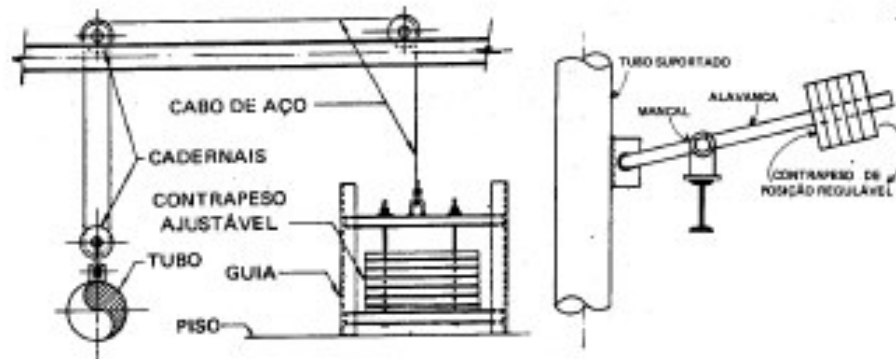
- 1 - Tipo de suporte (*carga variável ou carga constante*)
- 2 - Carga a suportar e "K" da mola
- 3 - Dimensão e direção do movimento vertical
- 4 - Disposição de montagem
- 5 - Espaço disponível
- 6 - Esquema da tubulação (*isométrico mostrando a dimensão e localização de todos os suportes*).
- 7 - Existência ou não de vibrações

DISPOSIÇÕES USUAIS DE SUPORTES DE MOLA EM TUBULAÇÕES HORIZONTAIS E VERTICAIS



SUPTORES DE CONTRAPESO

SÃO USADOS QUANDO SE TEM GRANDES CARGAS SIMULTANEAMENTE COM GRANDES DESLOCAMENTOS.



PRINCIPAIS
DESvantagens

- 1 - O contrapeso aumenta a carga na estrutura
- 2 - Tendência a vibrações
- 3 - Ocupa muito espaço

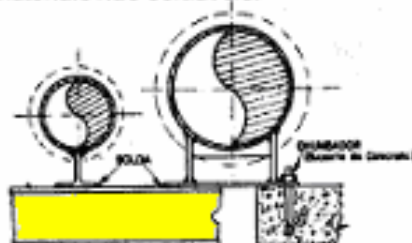
9.8 SUPORTES QUE LIMITAM OS MOVIMENTOS DOS TUBOS

SÃO QUATRO OS TIPOS GERAIS MAIS IMPORTANTES DE SUPORTES QUE RESTRINGEM OS MOVIMENTOS DO TUBOS:

- ANCORAGENS;
- GUIAS;
- BATENTES;
- CONTRAVENTOS.

1 - ANCORAGENS

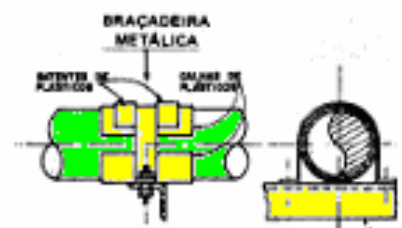
- Soldagem direta do tubo na viga de apoio.
- Chumbadores presos no concreto.
- Braçadeiras aparafusadas para materiais não soldáveis.



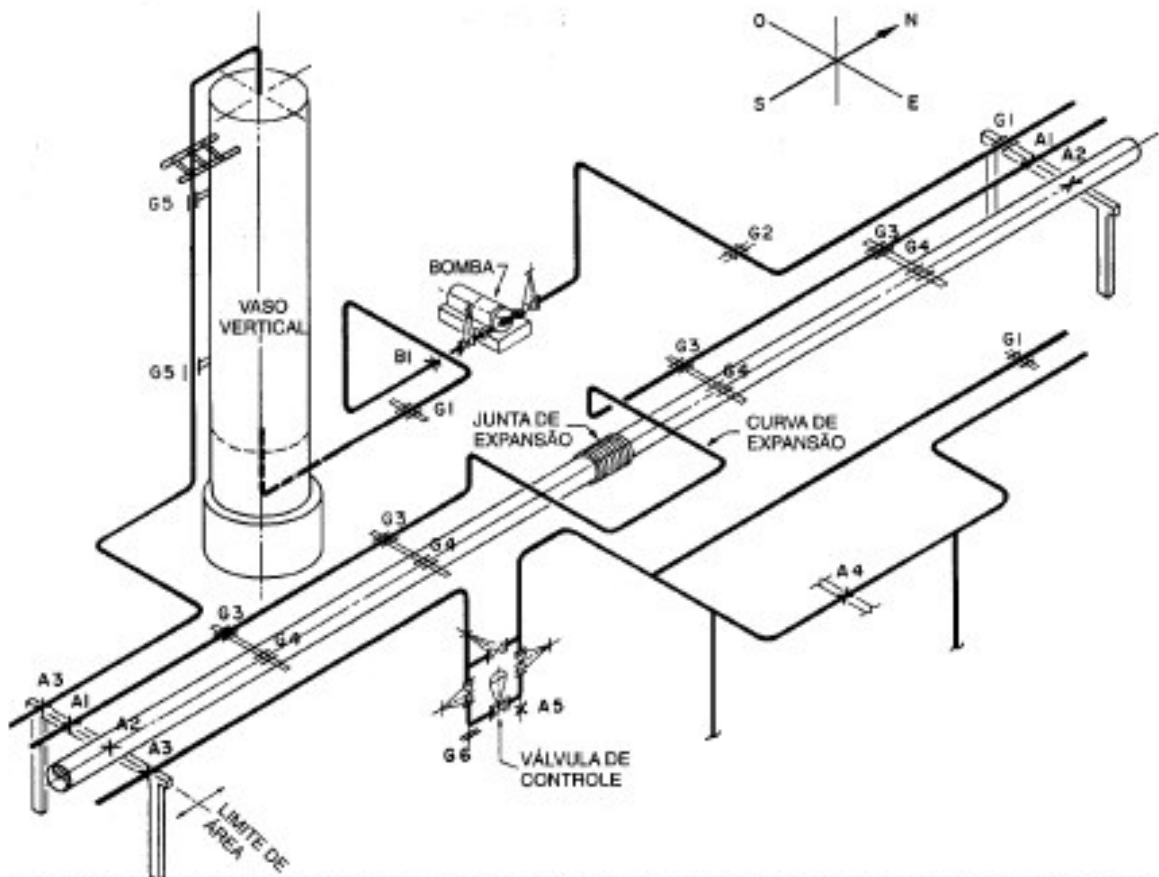
ANCORAGEM PARA TUBOS SOLDADOS



ANCORAGEM PARA TUBOS NÃO ISOLADOS



ANCORAGEM PARA TUBOS FLANGEADOS
(AS CALHAS SÃO COLADAS AO TUBO)



EXEMPLOS DE EMPREGO E LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE LIMITAÇÃO DE MOVIMENTOS

ANCORAGENS (Casos de emprego):

1. Subdivisão de linhas longas.
2. Tubulações com juntas de expansão.
3. Limites de áreas.
4. Subdivisão de sistemas complexos.
5. Estações de válvulas de controle.
6. Tubulações de ponta e bolsa.
7. Isolar vibrações
8. Válvulas de segurança

NÃO SE DEVE COLOCAR
ANCORAGENS PRÓXIMAS DE BOCAIS
DE VASOS E EQUIPAMENTOS

GUIAS (Casos de emprego):

1. Trechos retos e longos.
2. Proteção de equipamentos e outros pontos fracos.
3. Orientação de dilatações (juntas de expansão)
4. Estações de válvulas de controle



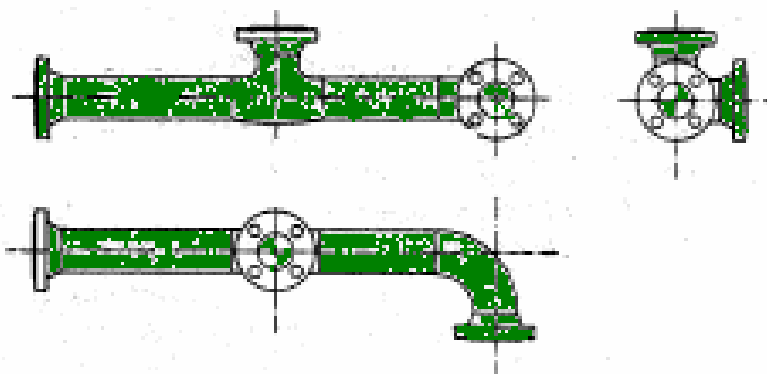
NÃO SE DEVE
COLOCAR GUIAS
PRÓXIMO DE
PONTOS DE
MUDANÇA DE
DIREÇÃO

BATENTES → São utilizados para proteção de pontos fracos e orientação das dilatações

FIGURAS 53 - EMPREGO E LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE LIMITAÇÃO DE MOVIMENTOS.

10.0 MONTAGEM E TESTES DE TUBULAÇÕES

EM MONTAGENS DE TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS É USUAL FAZER-SE O QUE SE DENOMINA DE “PRÉ-MONTAGEM DE PEÇAS DE TUBULAÇÃO”, QUE CONSISTE NA MONTAGEM PRÉVIA DE SUBCONJUNTOS COMPOSTOS DE UM CERTO NÚMERO DE TRECHOS DE TUBOS RETOS E DE ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO. CADA UM DESSES SUBCONJUNTOS DENOMINA-SE “PEÇA” (SPOOL).



FIGURAS 54 - EXEMPLO DE SPOOL.

10.1 MONTAGEM DE TUBULAÇÕES

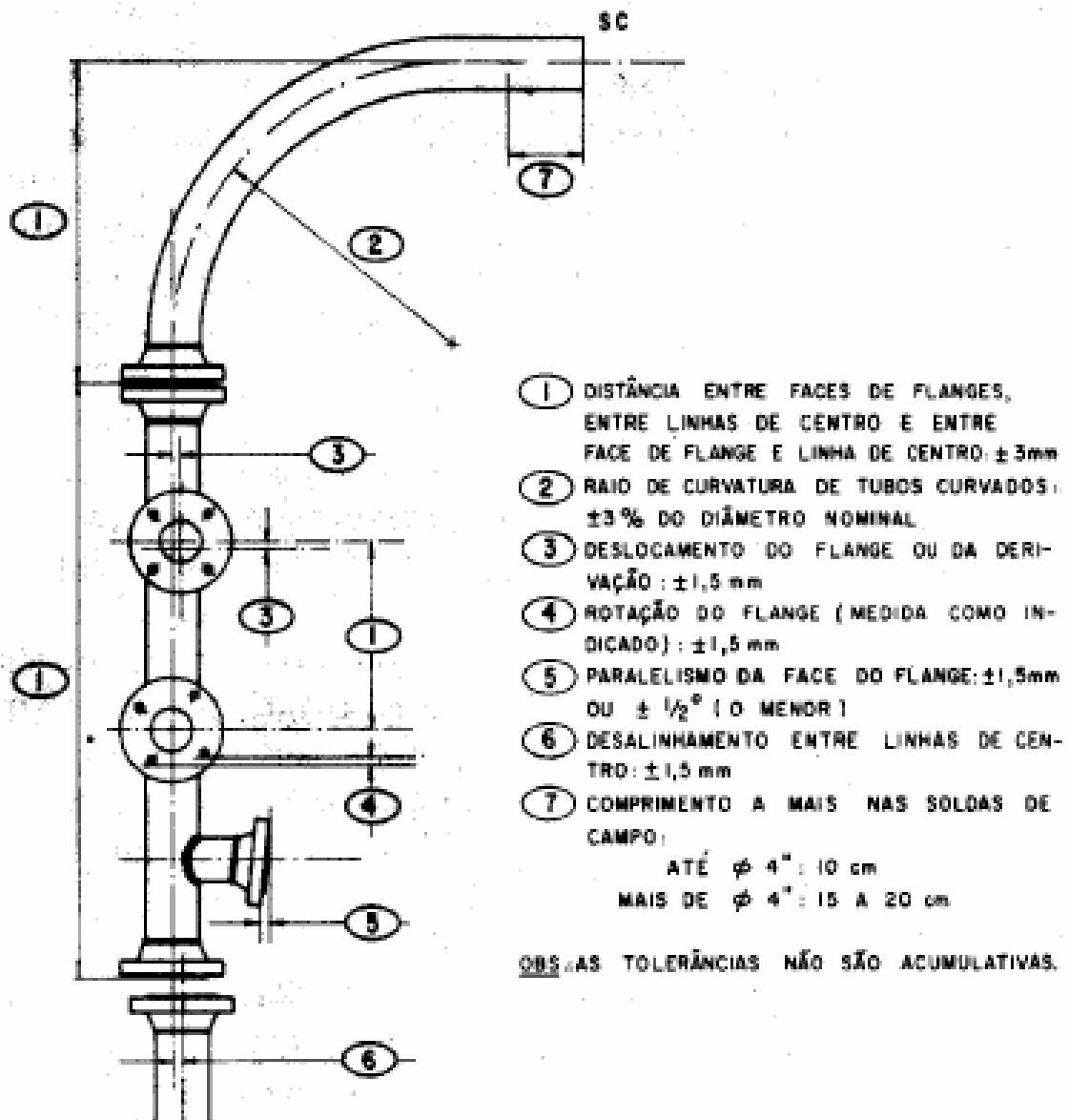
A MONTAGEM DE TUBULAÇÕES É UM PROBLEMA DIRETAMENTE LIGADO À ENGENHARIA MECÂNICA, FAREMOS, A SEGUIR, OBSERVAÇÕES SOBRE CUIDADOS QUE DEVEM SER OBSERVADOS PARA NÃO COMPROMETER A TUBULAÇÃO.

A MONTAGEM É FEITA A PARTIR DE DESENHOS (ISOMÉTRICOS E PLANTAS) SEGUINDO A LISTA DE ESPECIFICAÇÕES DE MONTAGEM E DE INSPEÇÃO. AS LISTAS DE ESPECIFICAÇÕES DEVEM DISCRIMINAR AS NORMAS E EXIGÊNCIAS ADICIONAIS DE RECEBIMENTO, PREPARAÇÃO, MONTAGEM, SOLDAGEM, ARMAZENAGEM ETC. DE TODO O MATERIAL QUE COMPÕE AS TUBULAÇÕES.

OS FLANGES DEVEM SER MONTADOS DE MODO QUE OS FUIROS SEMPRE ESTEJAM SIMETRICAMENTE DISTRIBUÍDOS EM RELAÇÃO AOS EIXOS VERTICAL E HORIZONTAL DO FLANGE.

PARA EVITAR DANOS NAS FACES DOS FLANGES, ANTES, DURANTE E DEPOIS DA MONTAGEM OS FLANGES SÃO COBERTOS COM MADEIRA OU MATERIAL DE RESISTÊNCIA EQUIVALENTE.

A SEGUIR, SERÃO INDICADAS ALGUMAS TOLERÂNCIAS DE MONTAGEM OU PRÉ-MONTAGEM.



FIGURAS 55 - TOLERÂNCIAS DE MONTAGEM E PRÉ-MONTAGEM DE TUBULAÇÕES.

ANTES DE INICIAR QUALQUER SERVIÇO DE SOLDAGEM EM TUBULAÇÕES DE RESPONSABILIDADE DEVE SER FEITA A QUALIFICAÇÃO DE TODOS OS PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM E DE TODOS OS SOLDADORES.

NÃO SE DEVE FAZER NENHUMA SOLDA DEBAIXO DE CHUVA, NEVOEIRO OU DE VENTO FORTE.

OS PONTOS DE SOLDA PARA FIXAÇÃO PRÉVIA DE TUBOS, CURVAS, FLANGES ETC. DEVEM SER FEITOS POR SOLDADORES QUALIFICADOS E COM OS MESMOS CUIDADOS DAS SOLDAS DEFINITIVAS.

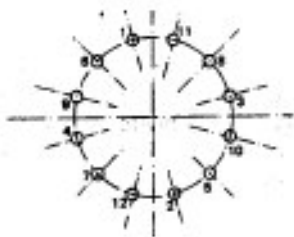
TODAS AS SOLDAS DE TUBULAÇÃO, DEPOIS DE COMPLETADAS, DEVEM SER SUBMETIDAS A EXAMES NÃO DESTRUTIVOS PARA A VERIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS DEFEITOS(DESCONTINUIDADES).

ANTES DO INÍCIO DA MONTAGEM DAS TUBULAÇÕES DEVEM SER INSTALADOS TODOS OS EQUIPAMENTOS (VASOS, TANQUES, REATORES, TROCADORES DE CALOR, BOMBAS ETC.)

ARMAZENAGEM
(feita em local aberto)
E MANUSEIO

- Tomar precauções para não entrar terra nas varas de tubo quando elas estão sendo arrastadas.
- As válvulas devem ter os bocais tamponados e armazenadas fechadas com a haste para cima.
- Cuidado para não provocar danos nos tubos e peças com revestimento de proteção.

NAS MONTAGENS DE TUBULAÇÕES É NECESSÁRIO QUE SEJA OBSERVADO COM O MAIOR RÍGOR POSSÍVEL O ALINHAMENTO ENTRE AS VARAS DE TUBO E AS PEÇAS PRÉ-MONTADAS.

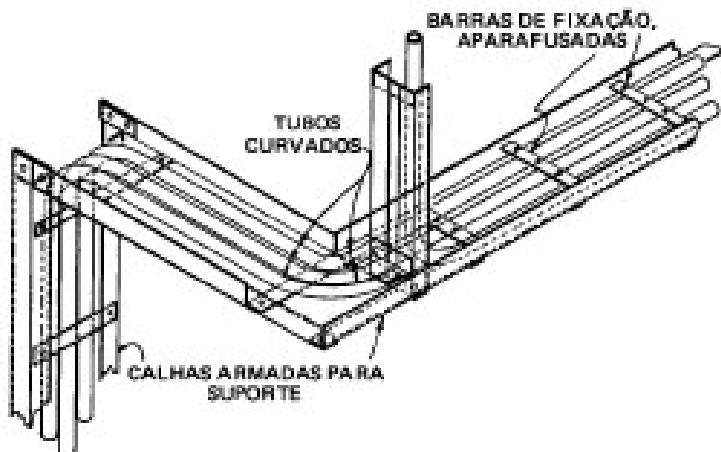


O aperto dos flanges deve ser feito por igual, pelos parafusos diametralmente opostos, até a tensão recomendada

Não se deve tentar corrigir desalinhamentos dos flanges pelo aperto excessivo dos parafusos.

AS JUNTAS DE EXPANSÃO DEVEM SER MONTADAS PROTEGIDAS E MANTIDAS TRAVADAS ATÉ A CONCLUSÃO DO TESTE HIDROSTÁTICO DA TUBULAÇÃO.

AS ANCORAGENS SÓ DEVEM SER SOLDADAS APÓS A CONCLUSÃO DE TODA A MONTAGEM E ALINHAMENTO DAS TUBULAÇÕES, PORÉM ANTES DO TESTE HIDROSTÁTICO.



As tubulações de instrumentação são instaladas em calhas especiais (de chapa dobrada ou de plástico).

As calhas são montadas nos suportes das tubulações de processo.

FIGURAS 56 - CALHAS PARA TUBULAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO.

A MONTAGEM DE TUBOS COM PONTA E BOLSA NOS TRECHOS COM FORTE DECLIVE, AS BOLSAS SEMPRE DEVEM ESTAR VOLTADAS PARA O PONTO ALTO DA LINHA.

10.2 LIMPEZA DAS TUBULAÇÕES

APÓS O TÉRMINO DA MONTAGEM É NECESSÁRIO FAZER A LIMPEZA DAS TUBULAÇÕES PARA RETIRAR DEPÓSITOS DE FERRUGEM, PONTAS DE ELETRODO, RESPINGOS DE SOLDA, POEIRAS E OUTROS DETRITOS.

A LIMPEZA GERALMENTE É FEITA COM ÁGUA E DEVEM SER COLOCADOS FILTROS PROVISÓRIOS NA ENTRADA DE BOMBAS, MEDIDORES, E OUTROS EQUIPAMENTOS. (PARA TUBULAÇÕES DE AÇO INOXIDÁVEIS A ÁGUA PODE TER NO MÁXIMO 30 PPM DE CLORETOS) QUANDO A NECESSIDADE DO SERVIÇO EXIGIR PODE-SE RECORRER A LIMPEZAS MECÂNICAS OU QUÍMICAS.

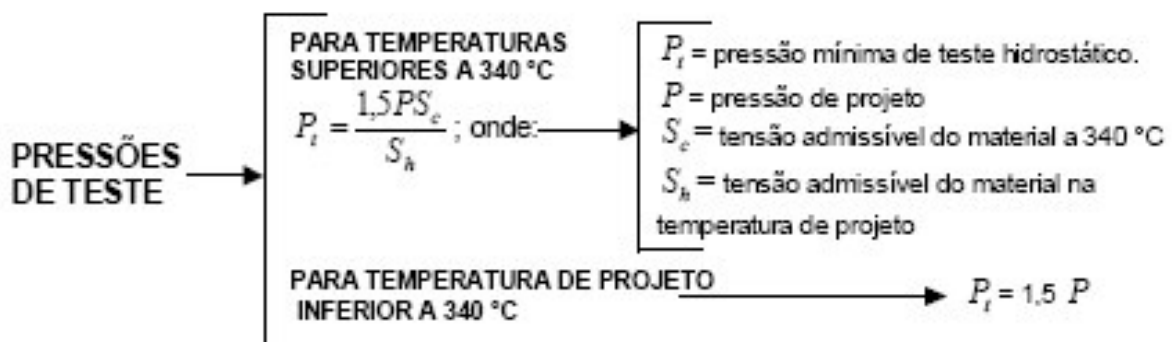
ANTES DA LIMPEZA DEVEM SER RETIRADAS DA TUBULAÇÃO AS VÁLVULAS DE RETENÇÃO E DE CONTROLE, AS PLACAS DE ORIFÍCIO E TAMBÉM AS VÁLVULAS DE SEGURANÇA E DE ALIMO.

AS TUBULAÇÕES DESTINADAS A ÁGUA POTÁVEL DEVEM SOFRER DESINFECÇÃO FEITA COM SOLUÇÃO COM NO MÍNIMO 50 MG/LITRO DE CLORO.

10.3 TESTE DE PRESSÃO EM TUBULAÇÕES

NA GRANDE MAIORIA DOS CASOS O TESTE É FEITO POR PRESSÃO DE ÁGUA (*TESTE HIDROSTÁTICO*); E EM ALGUNS CASOS ESPECIAIS COM AR COMPRIMIDO.

UM DOS CASOS DE UTILIZAÇÃO DE AR COMPRIMIDO É EM TUBULAÇÕES DE GRANDE DIÂMETRO PARA GASES, CUJOS SUPORTES NÃO SUPOUARIAM O PESO DA ÁGUA DO TESTE. NOS TESTES HIDROSTÁTICOS A PRESSÃO DE TESTE DEVE SER SEMPRE SUPERIOR À PRESSÃO DE OPERAÇÃO DA TUBULAÇÃO.



A PRESSÃO DE TESTE COM AR COMPRIMIDO DEVERÁ SER 10% ACIMA DA PRESSÃO DE PROJETO.

O MENOR VALOR PARA PRESSÃO DE TESTE DEVE SER 0,1 MPa ($\cong 1 \text{ kgf/cm}^2$)

QUALQUER QUE SEJA
O TIPO DE TESTE DE PRESSÃO,
O MESMO SÓ DEVE
SER REALIZADO:

Pelo menos 48 horas depois de completada a última soldagem
Depois de todos os tratamentos térmicos.
Antes da pintura ou de aplicação de qualquer revestimento

PREPARAÇÃO
PARA O TESTE
DE PRESSÃO

- 1 – Todo o sistema de tubulações deve ser subdividido em seções (*utilizar, raquetas, flanges cegos, tampões, bujões etc.*)
- 2 – As placas de orifício e todas as outras restrições de fluxo devem ser retiradas.
- 3 – Todas as válvulas devem ser completamente abertas ou travadas abertas (*válvulas de controle, retenção etc.*).
- 4 – As válvulas de bloqueio das ramais para instrumentos devem ser fechadas.
- 5 – As válvulas de segurança devem ser removidas.
- 6 – Os instrumentos e outros equipamentos que não possam ser submetidos à pressão de teste devem ser retirados.
- 7 – As juntas de expansão de fole devem ser escoradas para evitar a deformação do fole.
- 8 – Todas as soldas, roscas e quaisquer outras ligações da tubulação devem ser deixadas expostas.
- 9 – Todas as emendas em tubos enterrados devem ficar expostas.

AO ENCHER A TUBULAÇÃO DE ÁGUA DEVE-SE ABRIR TODOS OS RESPIROS
PARA PURGA DO AR

RECOMENDAÇÕES
PARA O TESTE
COM AR COMPRIMIDO

- 1 – Testar preliminarmente com uma pressão máxima de 0,18 MPa ($\cong 1,8 \text{ kgf/cm}^2$)
- 2 – Subir vagarosamente a pressão a até 50% do valor final e verificar com água e sabão se há vazamentos nas juntas.
- 3 – Repete-se o mesmo procedimento para 75% e para 100% da pressão de teste.
- 4 – Toda a área em volta da tubulação deve ser interditada e os teste devem ser acompanhados de longe sem que ninguém se aproxime das tubulações.

ESTIMATIVA DE SERVIÇOS DE TUBULAÇÃO

FATORES QUE INTERFEREM NO TEMPO E NO CUSTO DO SERVIÇO

- Trabalho único ou feito em série.
- Trabalho na oficina ou no campo.
- Competência dos profissionais e qualidade da supervisão.
- Ferramentas e equipamentos adequados em qualidade e em quantidade.
- Facilidade de obtenção dos materiais e de transporte.
- Serviço feito de dia ou a noite, em horário normal ou em horas extras.
- Serviço feito em local abrigado ou sujeito a sol, chuva e vento.

O SERVIÇO DE CAMPO AINDA SERÁ INFLUENCIADO POR:

- Instalação nova ou já em operação.
- Local de fácil ou de difícil acesso.
- Maior ou menor grau de insalubridade e periculosidade.

A MENOR OU MAIOR PRECISÃO DE ESTIMATIVA DEPENDERÁ DA PRÁTICA DE QUEM ANALISA OS FATORES DE INFLUÊNCIA EXISTENTES E DA SENSIBILIDADE PARA AVALIAR A IMPORTÂNCIA DE CADA UM DELES.

QUANTIDADE DE HOMENS HORA PARA SERVIÇOS DE TUBULAÇÃO

Diâmetro Nominal	Tubo corrido por m		Soldas de topo		Ligações flangeadas		Válvulas flangeadas		Ligações rosqueadas
	Série 40	Série 80	Série 40	Série 80	150 #	300 #	150 #	300 #	
¾	0,21	0,24	-	-	-	-	-	-	0,4
1	0,24	0,27	-	-	-	-	-	-	0,5
1 ½	0,30	0,38	1,1	1,3	1,5	1,7	0,5	0,7	0,8
2	0,39	0,45	1,3	1,5	1,7	2,0	0,6	0,8	1,2
3	0,61	0,75	2,0	2,2	2,0	2,3	0,8	1,0	-
4	0,81	0,99	2,5	2,8	2,2	2,6	1,0	1,3	-
6	1,17	1,56	3,3	4,0	2,5	3,0	1,5	2,0	-
8	1,56	2,04	4,0	5,0	2,7	3,2	2,0	2,5	-
10	1,98	2,54	5,0	6,0	3,0	3,5	2,5	3,3	-
12	2,28	2,70	6,5	7,8	3,2	3,7	3,0	4,0	-
14	2,40	3,00	7,2	8,5	3,3	4,0	3,6	4,9	-
16	2,70	3,30	7,8	9,0	3,5	4,2	4,3	6,0	-
18	3,00	3,55	9,0	10,2	3,7	4,4	5,0	7,2	-
20	3,25	3,75	10,0	12,0	4,0	4,6	5,8	8,4	-
24	3,60	4,10	12,0	14,5	4,2	4,8	7,0	9,6	-

Os dados desta tabela baseia-se em valores médios, onde o serviço é feito no campo, em local de acesso razoável e onde existem recursos adequados de mão de obra, transporte e materiais de almoxarifado. A tabela aplica-se somente a serviços diurnos e em horário normal

11.0 DESENHO DE TUBULAÇÕES

EM UM PROJETO DE TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS, FAZEM-SE GERALMENTE OS SEGUINTE TIPOS PRINCIPAIS DE DESENHOS DE TUBULAÇÕES:

- FLUXOGRAMAS (*FLOW-SHEETS*);
- PLANTAS DE TUBULAÇÃO (*PIPING PLANS*);
- DESENHOS ISOMÉTRICOS;
- DESENHOS DE DETALHES E DE FABRICAÇÃO, DESENHOS DE SUPORTES, FOLHAS DE DADOS, ETC.

11.1 IDENTIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES

EM TODAS AS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS DEVE EXISTIR UM SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO PARA TODAS AS TUBULAÇÕES, VASOS, EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS.

A IDENTIFICAÇÃO É UTILIZADA NA FASE DE PROJETO E MONTAGEM E TAMBÉM POSTERIORMENTE PARA CONTROLE DA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

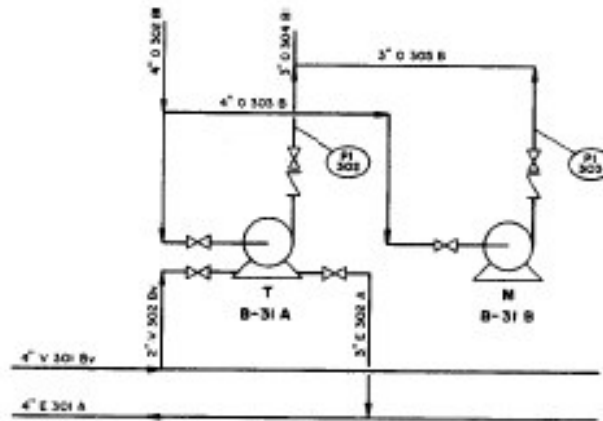
Exemplo para
tubulações
8" V 453 Ac

8" – Diâmetro nominal
V – Classe de fluido (*vapor*)
453 – Número de ordem da linha (*dentro de cada área*)
Ac – Sigla indicativa da especificação do material do tubo

A NUMERAÇÃO DA TUBULAÇÃO COSTUMA SER FEITA COM SÉRIES NUMÉRICAS DIFERENTES PARA CADA CLASSE DE FLUIDO E CADA ÁREA.

A IDENTIFICAÇÃO DE VASOS E EQUIPAMENTOS NORMALMENTE É FEITA ADOTANDO-SE PARA CADA TIPO E PARA CADA ÁREA UMA SÉRIE NUMÉRICA DIFERENTE PRECEDIDA DE LETRAS INDICATIVAS.

ÁREA 1	ÁREA 2	QUANDO SE TEM MAIS DE UM EQUIPAMENTO EXECUTANDO O MESMO SERVIÇO UTILIZA-SE MAIS UMA LETRA: B-101A, B-101B
Bombas: B-101, B-102	Bombas: B-201, B-202	
Permutadores: P-101, P-102	Torres: T-201, T-202, T-203	
Tanques: TQ-101, TQ-102	Vasos: V-201, V-202, V-203	




A PADRONIZAÇÃO É FEITA POR NORMAS INTERNAS DA PRÓPRIA EMPRESA.

A IDENTIFICAÇÃO DE VÁLVULAS DE CONTROLE E INSTRUMENTOS É FEITA COM SÉRIES NUMÉRICAS PARA CADA TIPO EM CADA ÁREA ASSOCIADAS ÀS SIGLAS ESTABELECIDAS PELAS NORMAS ISA (*Instrumentation Society of América*).

SIGLAS CONVENCIONAIS MAIS UTILIZADAS		
SIGLA	DENOMINAÇÃO	
	Inglês	Português
FC	Flow controller	Controlador de fluxo
FCV	Flow control valve	Válvula controladora de fluxo
FM	Flow meter	Medidor de fluxo
FRC	Flow record controller	Controlador registrador de fluxo
FRCV	Flow record control valve	Válvula controladora registradora de fluxo
G	Gauge – pressure gauge	Manômetro
HCV	Hand control valve	Válvula de controle manual
LC	Level controller	Controlador de nível
LCV	Level control valve	Válvula controladora de nível
LI	Level indicator	Indicador de nível
LRC	Level record controller	Controlador registrador de nível
LRCV	Level record control valve	Válvula controladora registradora de nível
OF	Orifice flange	Flanges com placa de orifício
PC	Pressure controller	Controlador de pressão
PCV	Pressure control valve	Válvula controladora de pressão
PdCV	Pressure-diferencial control valve	Válvula controladora de pressão diferencial
PI	Pressure indicator	Indicador de pressão (<i>manômetro</i>)
PRC	Pressure record controller	Controlador registrador de pressão
PRCV	Pressure record control valve	Válvula controladora registradora de pressão
PSV	Pressure safety valve	Válvula de segurança de pressão
RV	Relief valve	Válvula de alívio
TA	Temperature alarm	Alarme de temperatura
TC	Temperature controller	Controlador de temperatura
TCV	Temperature control valve	Válvula controladora de temperatura
TI ou ThI	Temperature indicator	Indicador de temperatura (<i>termômetro</i>)
TRC	Temperatura record controller	Controlador registrador de temperatura
TRCV	Temperature record control valve	Válvula controladora registradora de temperatura
TW	Temperature well	Poço para termômetro
WR	Weight record	Registrador de peso

E N Gº A L E X A N D R E M A R C H O N R E D D O

TIPOS DE DESENHOS
DE TUBULAÇÕES

- 
- 1 – Fluxogramas.
 - 2 – Plantas de tubulações.
 - 3 – Desenhos isométricos.
 - 4 – Desenho de detalhes e de fabricação, desenhos de suportes, folhas de dados etc..

11.2 FLUXOGRAMAS

SÃO DESENHOS ESQUEMÁTICOS, SEM ESCALA, QUE MOSTRAM TODO UM SISTEMA CONSTITUÍDO POR DIVERSOS VASOS, EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS, E A RESPECTIVA REDE DE TUBULAÇÕES A ELES LIGADA. OS FLUXOGRAMAS TÊM APENAS A FINALIDADE DE MOSTRAR O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA, NÃO SE DESTINANDO A NENHUM EFEITO DE FABRICAÇÃO, CONSTRUÇÃO OU MONTAGEM. COSTUMAM SER FEITOS DOIS TIPOS GERAIS DE FLUXOGRAMAS:

11.2.1 FLUXOGRAMAS DE PROCESSOS (*PROCESS FLOW-SHEET*): ELABORADOS PELA EQUIPE DE PROCESSO, NA FASE INICIAL DO PROJETO, E DEVEM CONTER:

- EQUIPAMENTOS DE CALDEIRARIA IMPORTANTES (TANQUES, TORRES, VASOS, REATORES, FORNOS, PERMUTADORES DE CALOR, ETC.), COM A INDICAÇÃO DE SUAS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS, TAIS COMO TIPOS, DIMENSÕES GERAIS, PRESSÃO E TEMPERATURA DE OPERAÇÃO, NÚMERO DE BANDEJAS, CARGA TÉRMICA, ETC;
- MÁQUINAS IMPORTANTES (BOMBAS, COMPRESSORES, EJETORES, ETC.), COM INDICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS, TAIS COMO VAZÃO, PRESSÃO E TEMPERATURA DE OPERAÇÃO, ETC;
- AS PRINCIPAIS TUBULAÇÕES COM A INDICAÇÃO DO FLUIDO CONDUZIDO E DO SENTIDO DO FLUXO;
- PRINCIPAIS VÁLVULAS DE BLOQUEIO, REGULAGEM, CONTROLE, SEGURANÇA E ALÍVIO;
- OS PRINCIPAIS INSTRUMENTOS.

EM PRINCÍPIO, O QUE DEVE SER MOSTRADO NESSES FLUXOGRAMAS SÃO OS ELEMENTOS (EQUIPAMENTOS, MÁQUINAS, TUBULAÇÕES, INSTRUMENTOS, ETC.) QUE FAZEM PARTE, OU QUE SEJAM ESSENCIAIS, AOS CIRCUITOS PRINCIPAIS DE PROCESSO.



**11.2.1 FLUXOGRAMAS MECÂNICOS OU DE DETALHAMENTO OU “DE ENGENHARIA”
(ENGINEERING FLOW-SHEETS)**


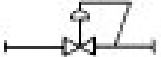




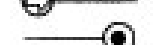
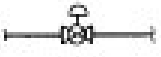











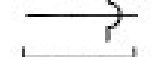


















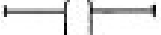


















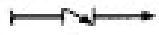


ESSES DESENHOS SÃO TAMBÉM PREPARADOS PELA EQUIPE DE PROCESSO, EM FASE MAIS ADIANTADA DO PROJETO, COM A COLABORAÇÃO DA EQUIPE DE PROJETO MECÂNICO. SÃO OS DESENHOS BÁSICOS A PARTIR DOS QUAIS SERÁ FEITO TODO O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE TUBULAÇÕES.

DEVEM CONTER AS SEGUINTE INFORMAÇÕES:

- TODOS OS EQUIPAMENTOS DE CALDEIRARIA, COM SUA IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS, INCLUSIVE OS EQUIPAMENTOS PEQUENOS E SIMPLES (FILTROS, SEPARADORES, ETC), DESDE QUE TENHAM ALGUMA FUNÇÃO NO SISTEMA;
- TODAS AS MÁQUINAS, COM SUA IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS, AINDA QUE SEJAM, PEQUENAS E SIMPLES;
- TODAS AS TUBULAÇÕES, INCLUSIVE SECUNDÁRIAS E AUXILIARES, COM INDICAÇÃO DO DIÂMETRO, SENTIDO DE FLUXO, IDENTIFICAÇÃO COMPLETA, BEM COMO CONDIÇÕES OU EXIGÊNCIAS ESPECIAIS DE SERVIÇO, SE HOUVEREM;
- TODAS AS VÁLVULAS INSTALADAS NAS RESPECTIVAS LINHAS E COM INDICAÇÃO DO TIPO GERAL, POR MEIO DE CONVENÇÕES. DEVEM CONSTAR TAMBÉM NO FLUXOGRAMA TODOS OS ACESSÓRIOS ESPECIAIS;
- TODOS OS INSTRUMENTOS (DE ACORDO COM AS CONVENÇÕES DO **I.S.A-*INSTRUMENTATION SOCIETY OF AMERICA***), COM INDICAÇÃO DE TIPO, IDENTIFICAÇÃO, TAMANHO, ARRANJO RESPECTIVO DAS VÁLVULAS, ETC.

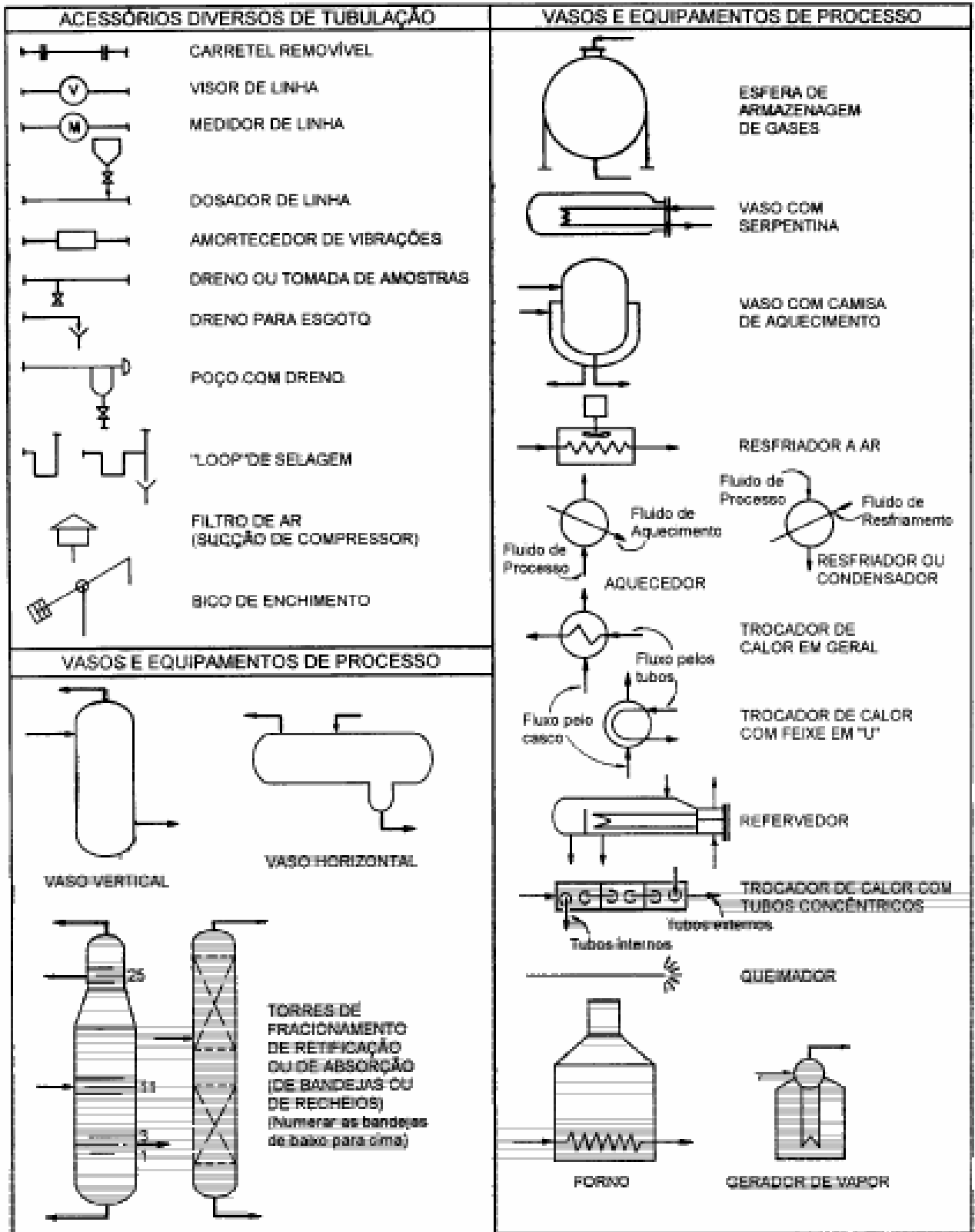
23. CONVENÇÕES DE DESENHOS DE FLUXOGRAMAS

Nota: 1. Não existe norma para essas convenções; as apresentadas aqui constituem a prática de muitos projetistas e usuários de tubulações.
2. Para convenções e abreviaturas de instrumentos veja tabela 28.

SÍMBOLOS GERAIS		VÁLVULAS (continuação)	
	LINHAS DE PROCESSO		VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO
	LINHAS DE UTILIDADES		VÁLVULA DE CONTROLE (CONVENCIONAL)
	LINHAS FUTURAS		VÁLVULA DE CONTROLE (BORBOLETA)
	INÍCIO DE UM SISTEMA OU DE UM PROCESSO		VÁLVULA DE CONTROLE (ESFERA)
	FINAL DE UM SISTEMA OU DE UM PROCESSO		VÁLVULA ACIONADA POR ÊMBOLO
	VAZÃO DE LÍQUIDO		VÁLVULA ACIONADA POR MOTOR
	VAZÃO DE GÁS		VÁLVULA ACIONADA POR SOLENÓIDE
	VAZÃO DE VAPOR		VÁLVULA DE CONTROLE MANUAL
	TEMPERATURA		VÁLVULA COM CAMISA DE VAPOR
	PRESSÃO	ACESSÓRIOS DIVERSOS DE TUBULAÇÃO	
	CRUZAMENTOS NÃO CONECTADOS		REDUÇÃO
	DUTOS		TAMPÃO SOLDADO
	PNEUMÁTICA		TAMPÃO ROSQUEADO
	ELÉTRICA		FLANGE CEGO
	CAPILAR		ANEL DE DRENAGEM
	LINHAS COM ADQUECIMENTO DE VAPOR PARALELO		DISCO DE RUPTURA
	LINHAS COM CAMISA DE VAPOR		BUJÃO REMOVÍVEL
	VÁLVULAS		CONEXÃO DE MANGUEIRA
	VÁLVULA DE GAVETA		MANGOTE FLEXÍVEL
	VÁLVULA DE GLOBO		CARRETEL REMOVÍVEL
	VÁLVULA DE AGULHA		JUNTA DE EXPANSÃO
	VÁLVULA DE 3 VIAS		PURGADOR DE VAPOR
	VÁLVULA ANGULAR		SEPARADOR (ÁGUA, ÓLEO, VAPOR, ETC)
	VÁLVULA MACHO		FLANGES PARA PLACA DE ORIFÍCIO
	VÁLVULA DE ESFERA		FILTRO SIMPLES
	VÁLVULA DE DIAFRAGMA		FILTRO DUPLO
	VÁLVULA DE FECHO RÁPIDO		FILTRO EM "Y"
	VÁLVULA BORBOLETA		RAQUETE
	VÁLVULA DE RETENÇÃO		PEÇA "FIGURA 8"
	VÁLVULA DE PÉ		VÁLVULA DE FLANGE CEGO
	VÁLVULA DE RETENÇÃO E FECHAMENTO		

FIGURAS 59 - CONVENÇÕES DE FLUXOGRAMA.

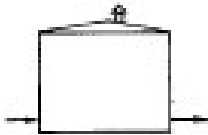
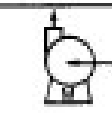
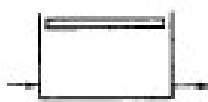
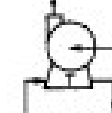


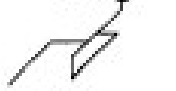

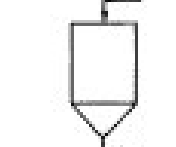

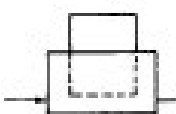
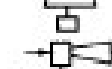
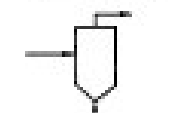
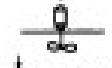
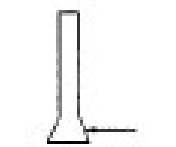

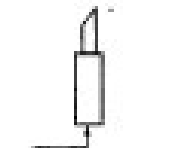










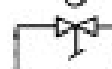






23. CONVENÇÕES DE DESENHO DE FLUXOGRAMAS (continuação)
(veja Notas na pág. 67)



FIGURAS 60 - CONVENÇÕES DE FLUXOGRAMA (CONTINUAÇÃO).

23. CONVENÇÕES DE DESENHO DE FLUXOGRAMAS (continuação)

(Veja Notas na pág. 67)

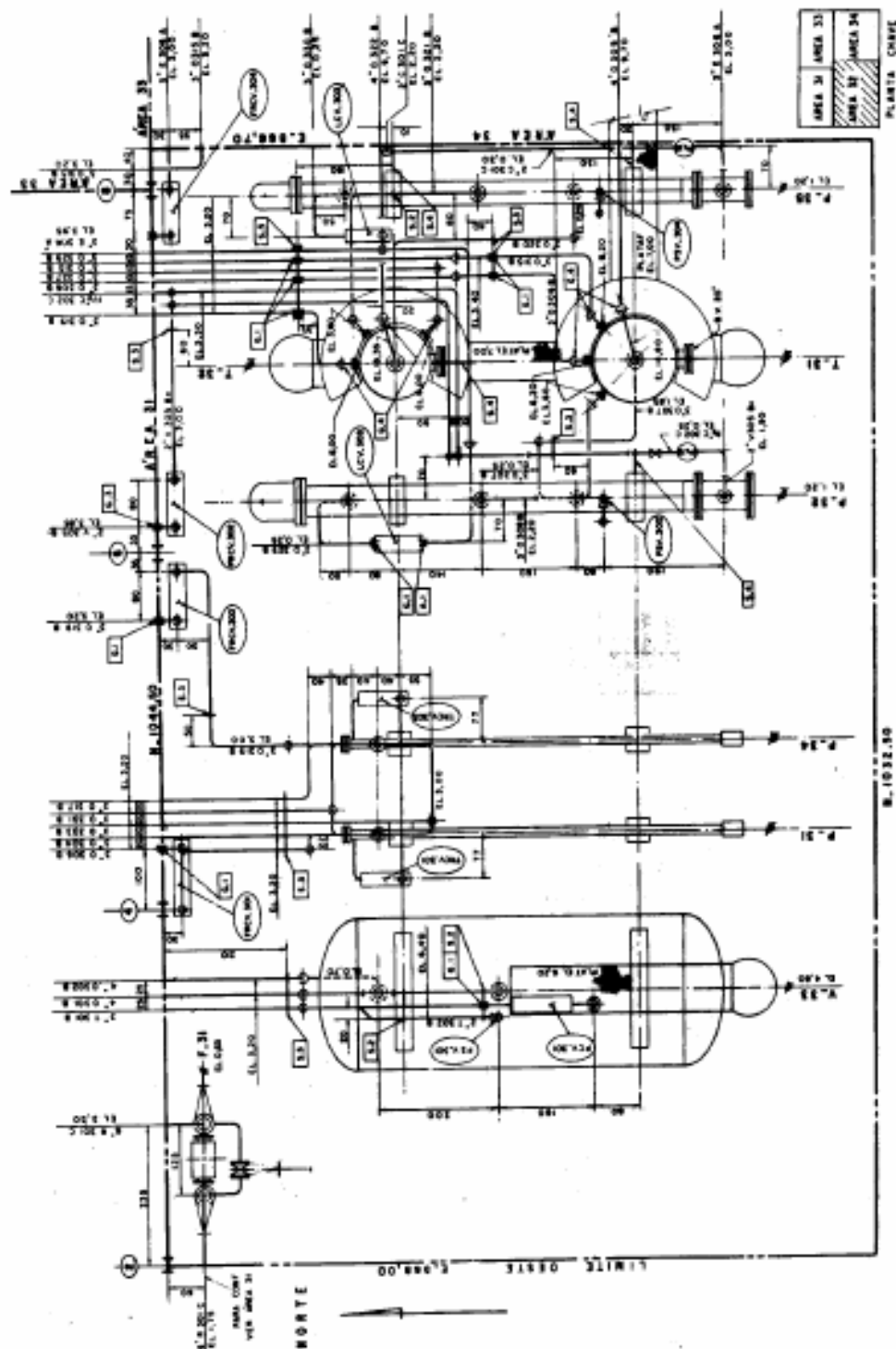
VASOS E EQUIPAMENTOS DE PROCESSO		MÁQUINAS	
	TANQUE ATMOSFÉRICO (TETO FIXO)		BOMBA CENTRÍFUGA A MOTOR
	TANQUE ATMOSFÉRICO (TETO FLUTUANTE)		BOMBA CENTRÍFUGA A TURBINA
	BOIA		BOMBA VOLUMÉTRICA
	SUCÇÃO FLUTUANTE		BOMBA DE ENGRENAGEM
	SILO		BOMBA PROPORCIONADORA COMPRESSOR
	GASÔMETRO		EJETOR-EDUTOR
	CICLONE		MISTURADOR
	CHAMINÉ		TRANSPORTADOR DE SÓLIDOS
	SILENCIADOR		ELEVADOR
	ESCOTILHA DE MEDIÇÃO		VIBRADOR
	BOCA DE VISITA		BALANÇA
	ABAFADOR DE CHAMAS	COMBATE A INCÊNDIO, SEGURANÇA, TOCHA	
	DIFUSOR		HIDRANTE DE 2 BOCAS
ACESSÓRIOS DE TANQUES E VASOS			HIDRANTE DE 4 BOCAS
			CANHÃO MONITOR
			CÂMARA DE ESPUMA
			CHUVEIRO DE RESFRIAMENTO
			CHUVEIRO DE EMERGÊNCIA
			LAVADOR DE OLHOS
			PILOTO DA TOCHA
			IGNIÇÃO DA TOCHA
			TOCHA

FIGURAS 61 - CONVENÇÕES DE FLUXOGRAMA(CONTINUAÇÃO).

11.3 PLANTAS DE TUBULAÇÃO

AS PLANTAS DE TUBULAÇÃO SÃO DESENHOS FEITOS EM ESCALA, CONTENDO TODAS AS TUBULAÇÕES DE UMA DETERMINADA ÁREA, REPRESENTADAS EM PROJEÇÃO HORIZONTAL, OLHANDO-SE DE CIMA PARA BAIXO.

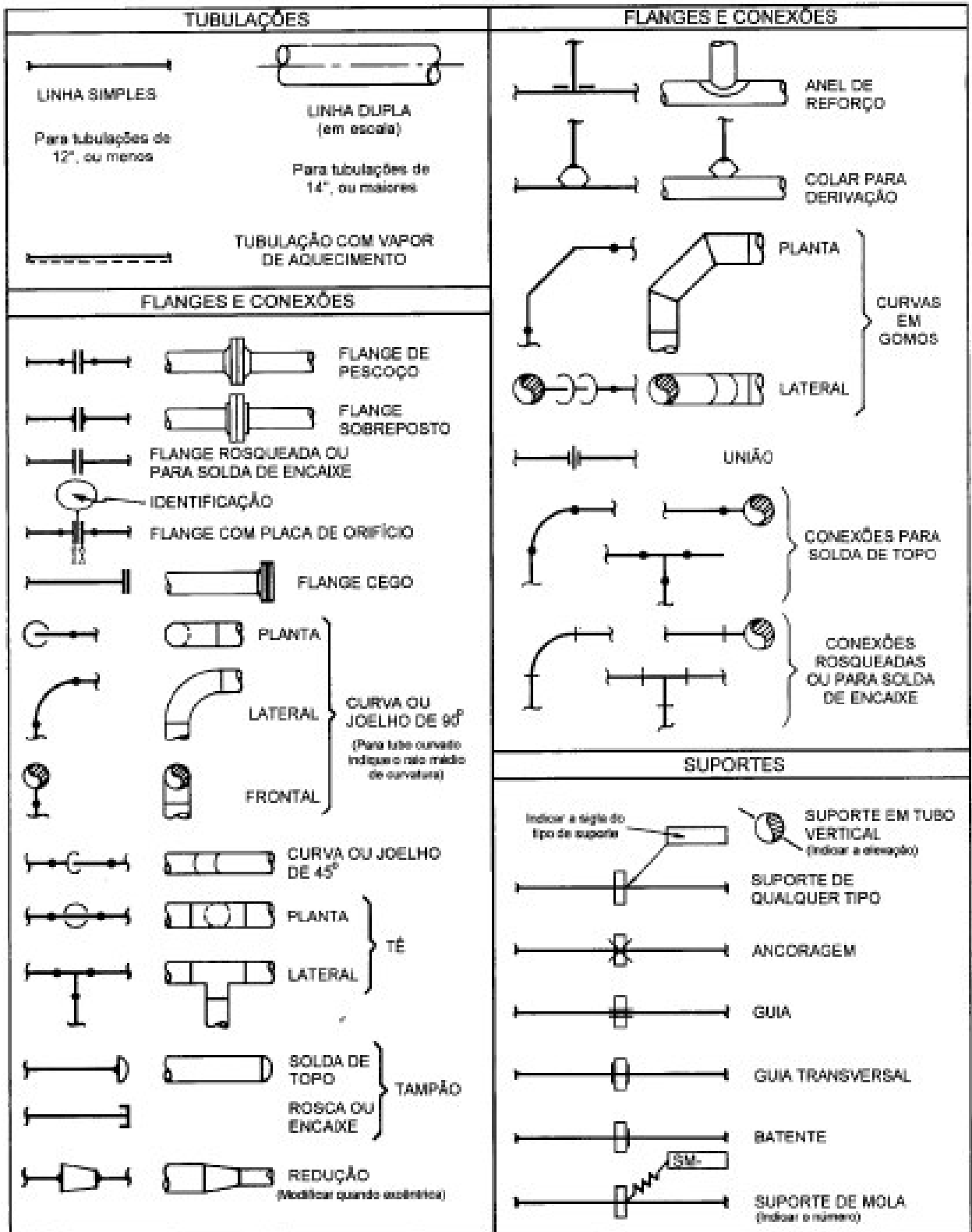
OS TUBOS DE DIÂMETRO ATÉ 12" SÃO REPRESENTADOS POR UM TRAÇO ÚNICO, NA POSIÇÃO DA LINHA DE CENTRO. OS TUBOS DE DIÂMETROS MAIORES COSTUMAM SER REPRESENTADOS POR TRAÇOS PARALELOS, MOSTRANDO O TUBO EM ESCALA.



FIGURAS 61 - EXEMPLO DE DESENHO DE PLANTA.

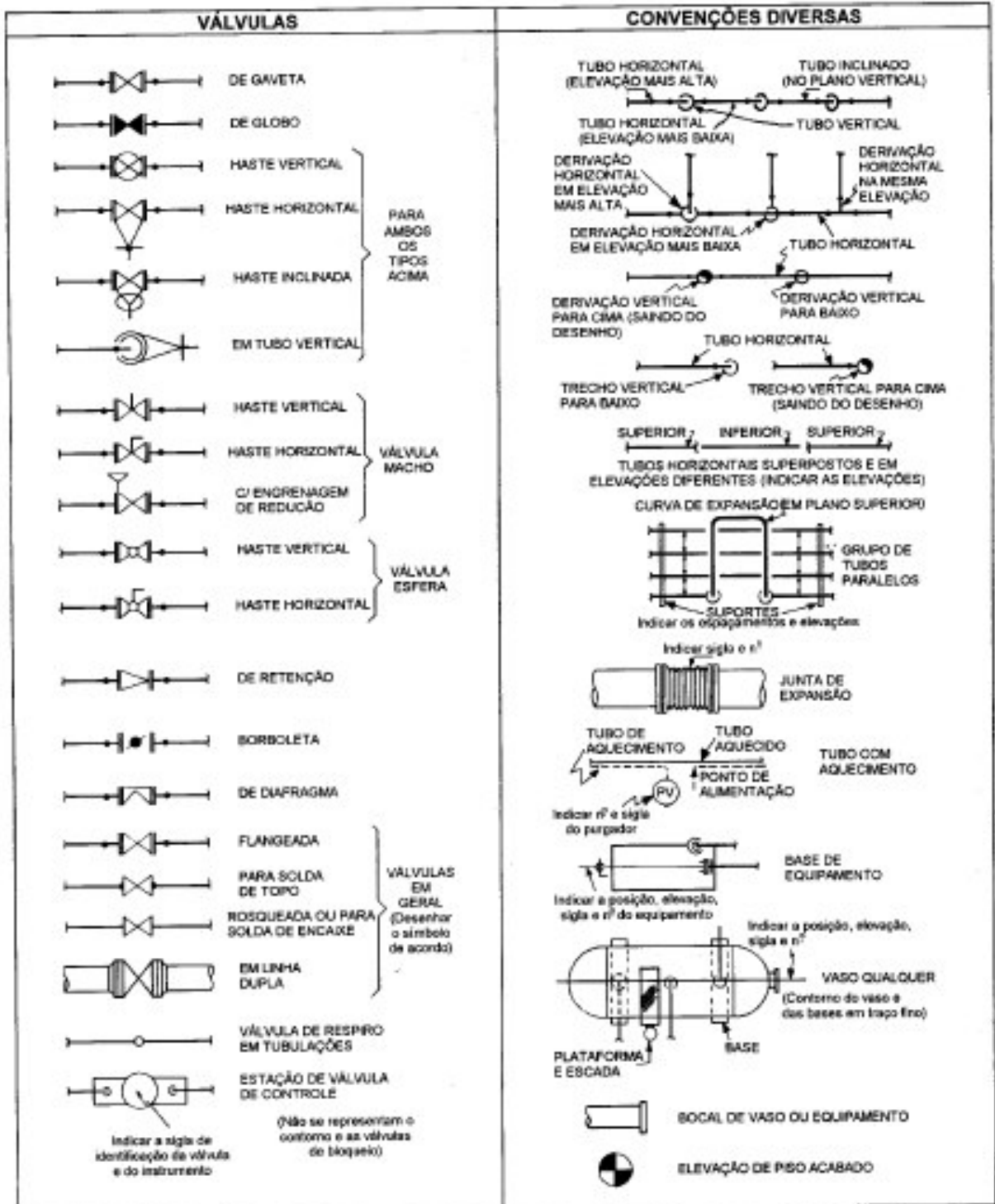
24. CONVENÇÕES DE DESENHOS DE PLANTAS DE TUBULAÇÃO

Nota: Não existe norma para essas convenções, as apresentadas aqui constituem a prática de muitos projetistas e usuários de tubulações.



FIGURAS 62 - CONVENÇÕES DE DESENHO DE PLANTA.

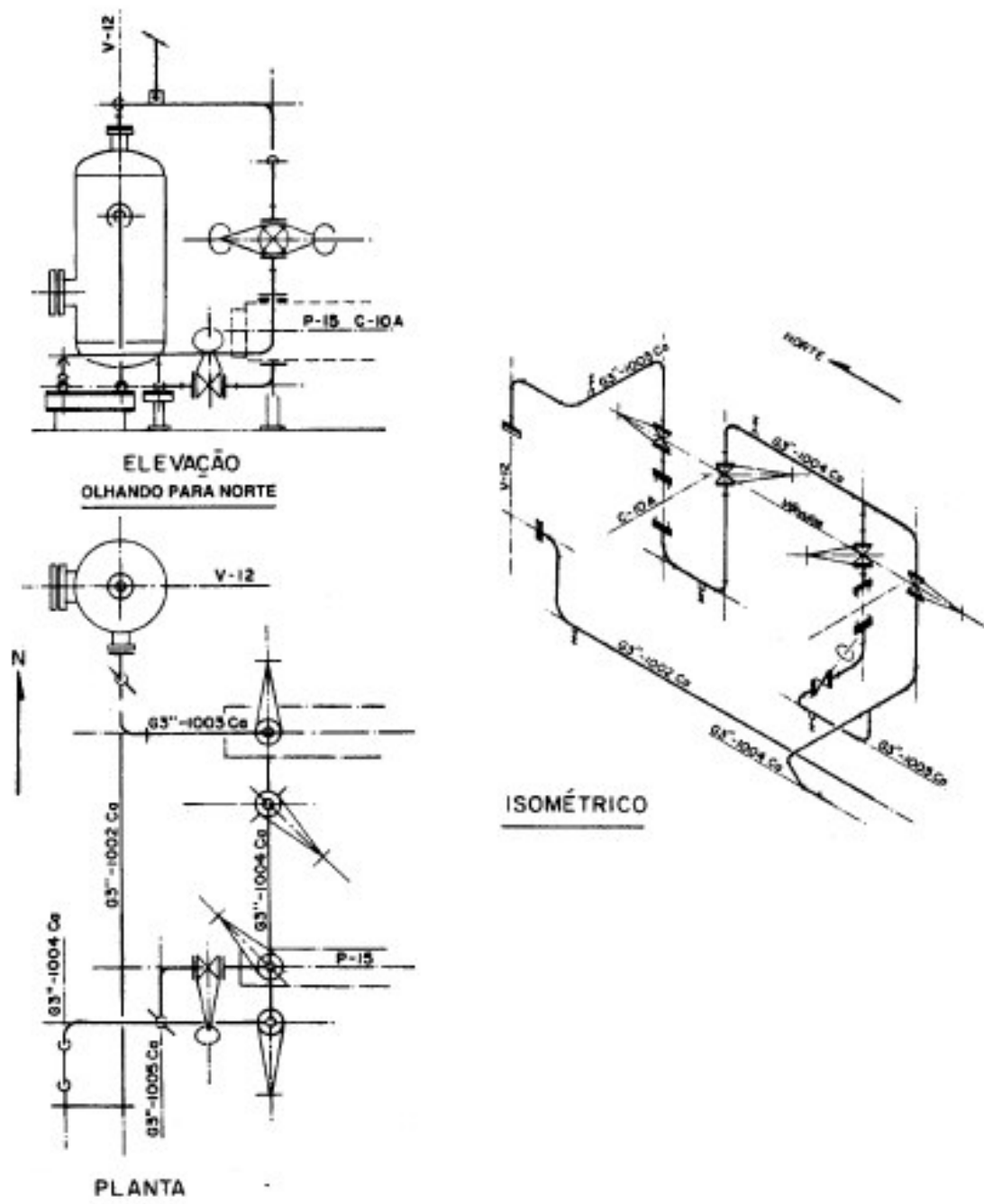
24. CONVENÇÕES DE DESENHO DE PLANTAS DE TUBULAÇÃO (continuação)
(Veja Nota na pág. 70)



FIGURAS 63 - CONVENÇÕES DE DESENHO DE PLANTA (CONTINUAÇÃO).

11.4 DESENHOS ISOMÉTRICOS

OS ISOMÉTRICOS SÃO DESENHOS FEITOS EM PERSPECTIVA ISOMÉTRICA, SEM ESCALA; FAZ-SE GERALMENTE UM DESENHO PARA CADA TUBULAÇÃO INDIVIDUAL OU PEQUENO GRUPO DE TUBULAÇÕES PRÓXIMAS QUE SEJAM INTERLIGADAS. NO CASO DE UMA TUBULAÇÃO MUITO LONGA PODE SER NECESSÁRIO SUBDIVIDIR A TUBULAÇÃO POR VÁRIOS DESENHOS ISOMÉTRICOS SUCESSIVOS. NUNCA SE DEVE FIGURAR EM UM MESMO DESENHO ISOMÉTRICO DUAS TUBULAÇÕES DE ÁREAS DIFERENTES.



FIGURAS 64 - SISTEMA DE TUBULAÇÕES MOSTRADO EM TRÊS REPRESENTAÇÕES.

11.5 OUTROS DESENHOS DE TUBULAÇÃO

DESENHOS DE DETALHES TÍPICOS →

- Instalação de válvulas de controle
- Instalação de purgadores de vapor
- Drenos e respiros
- Curva de gomos
- Derivações de tubos soldados
- Sistema de aquecimento de tubulações
- Instalação de isolamento térmico

DESENHOS DE FABRICAÇÃO

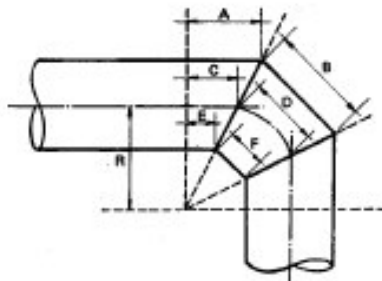
DESENHOS DE INSTALAÇÕES SUBTERRÂNEAS

DESENHOS DE SUPORTES

DESENHOS DE LOCAÇÃO DOS SUPORTES

OS DETALHES, SUPORTES ETC. QUE SE REPETEM MUITAS VEZES EM UM PROJETO DE TUBULAÇÕES, NA MAIORIA DOS CASOS, CORRESPONDEM A DESENHOS PADRONIZADOS

EXEMPLO DE DESENHO DE DETALHE TÍPICO (padronizado)

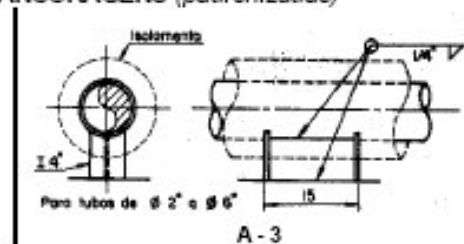
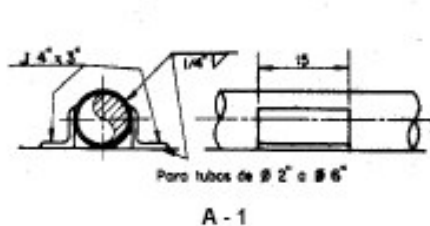


Diâm. Nom.	Dimensões (mm)						
	A	B	C	D	E	F	R
8	172	343	127	254	81	162	305
10	214	428	157	314	101	203	381
12	256	512	188	378	122	244	458
14	294	589	220	440	146	293	534
16	336	673	252	504	168	336	610
18	370	757	279	559	189	379	689
20	414	841	317	730	210	420	762
24	504	1009	379	758	252	504	916
30	630	1261	472	944	315	630	1144

CURVA DE GOMOS – 90° COM DUAS SOLDAS

OS DESENHOS DOS SUPORTES SÃO DESENHOS DE FABRICAÇÃO, FEITOS EM ESCALA E COM TODOS OS DETALHES NECESSÁRIOS PARA CONSTRUÇÃO.

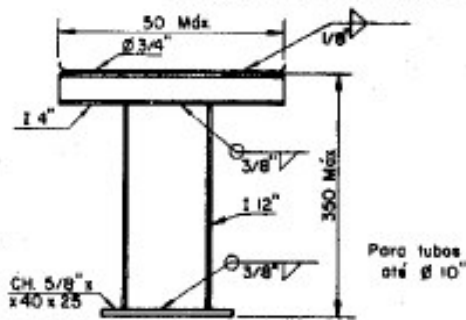
EXEMPLOS DE DESENHOS DE ANCORAGENS (padronizadas)



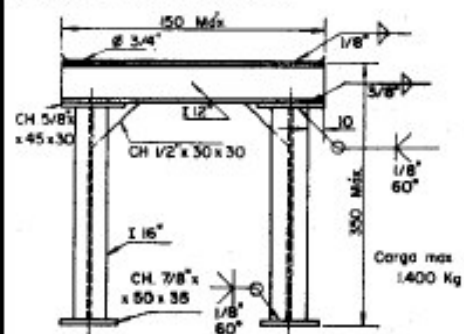
FIGURAS 66 - DESENHO DE SUPORTES E ANCORAGENS.

E N G^o A L E X A N D R E M A R C H O N R E D D O

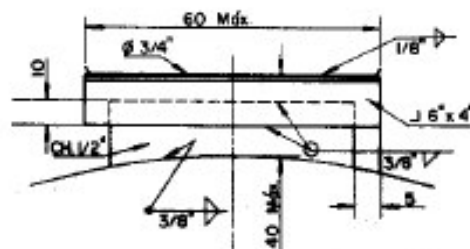
EXEMPLOS DE DESENHOS DE SUPORTES (padronizados)



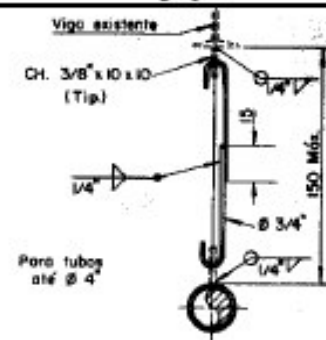
S - 3



S - 5



S - 2

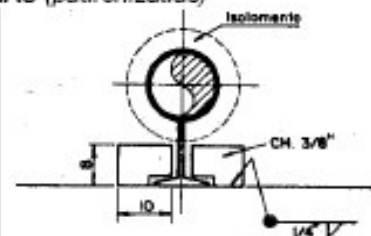


S - 7

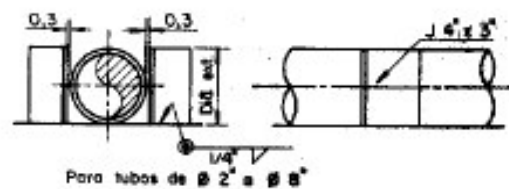
EXEMPLOS DE DESENHOS DE GUIAS (padronizadas)



G - 2

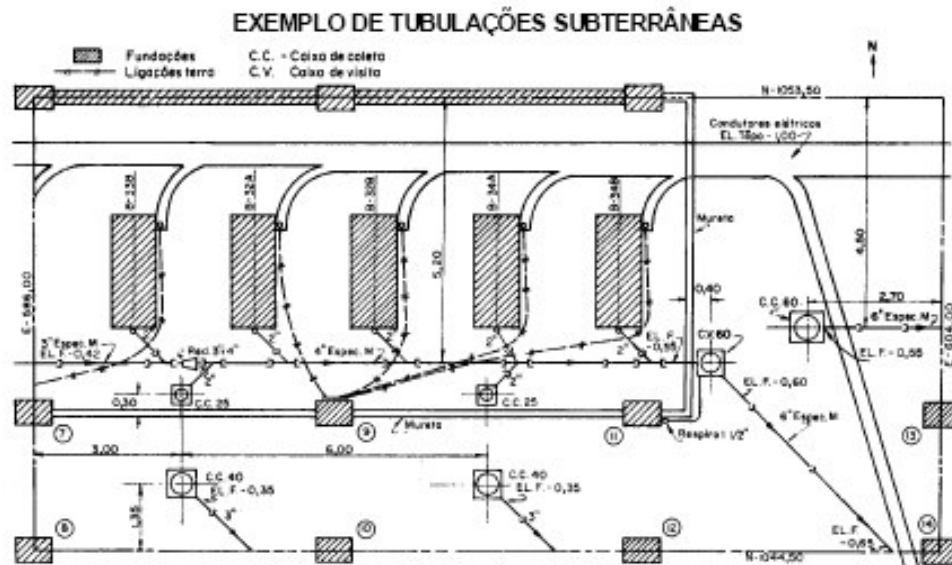


G - 3



G - 1

FIGURAS 67 - EXEMPLO DE DESENHOS DE SUPORTES(PADRONIZADOS).



FIGURAS 68 - EXEMPLO DE TUBULAÇÕES SUBTERRÂNEAS.

12.0 DIMENSIONAMENTO DE TUBULAÇÕES

12.1 CÁLCULO DO DIÂMETRO DAS TUBULAÇÕES:

O CÁLCULO DO DIÂMETRO DOS TUBOS É UM PROBLEMA HIDRÁULICO, QUE PODE SER RESOLVIDO EM FUNÇÃO DAS VELOCIDADES OU DAS PERDAS DE CARGA.

CRITÉRIOS DE CÁLCULO:

- CÁLCULO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE;
- CÁLCULO EM FUNÇÃO DAS PERDAS DE CARGA.

QUANTO MAIOR FOR O DIÂMETRO MAIOR SERÁ O CUSTO INICIAL DA TUBULAÇÃO, MAS, EM COMPENSAÇÃO, MENORES SERÃO A PERDA DE CARGA E A VELOCIDADE DO FLUIDO, PARA UM DETERMINADO VALOR DA VAZÃO. LOGO, O DIÂMETRO RECOMENDADO SERÁ UM VALOR DE COMPROMISSO, PARA SE OBTER UM CUSTO INICIAL RAZOÁVEL, E VALORES TAMBÉM RAZOÁVEIS DA PERDA DE CARGA E DA VELOCIDADE.

A PERDA DE CARGA DEVE SER SEMPRE BAIXA, PORQUE REPRESENTA UMA ENERGIA PERDIDA, E ASSIM, QUANTO MENOR ESSA PERDA, MENOR SERÁ O CUSTO DE OPERAÇÃO DA TUBULAÇÃO. INDEPENDENTE DO VALOR DA PERDA DE CARGA, A VELOCIDADE DO FLUIDO TAMBÉM NÃO DEVE SER MUITO ALTA, PORQUE AS VELOCIDADES ELEVADAS PODEM CAUSAR EROSIÃO E ABRASÃO NAS PAREDES DOS TUBOS, RUÍDOS, VIBRAÇÕES, GOLPES DE ARÍETE, E PROBLEMAS DE CAVITAÇÃO EM VÁLVULAS E OUTROS ACESSÓRIOS.

CÁLCULO DO DIÂMETRO DAS TUBULAÇÕES

1 – Critérios gerais para o dimensionamento do diâmetro das tubulações.

NA MAIORIA DOS CASOS É
UM PROBLEMA
HIDRÁULICO EM FUNÇÃO:

- Da vazão necessária de fluido
- Das diferenças de cotas existentes
- Das pressões disponíveis
- Das velocidades e perdas de carga admissíveis
- Da natureza do fluido
- Do material e tipo da tubulação

A DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO
É FUNÇÃO DO CÁLCULO:

- Da velocidade
- Das perdas de cargas decorrente do escoamento

EXCEÇÕES →

- Diâmetro do bocal do equipamento (TUBOS CURTOS)
- Vão entre os suportes (VAZÕES PEQUENAS)

12.1.1 CÁLCULO DO DIÂMETRO DAS TUBULAÇÕES EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE

CÁLCULO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE (VÁLIDO PARA TUBULAÇÕES CURTAS)

O AUMENTO DE PERDA DE ENERGIA DURANTE O ESCOAMENTO (*perda de carga*) É PROPORCIONAL AO AUMENTO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO.

Da equação da continuidade, temos:

$$Q = VA \Rightarrow \downarrow V = \frac{Q}{A \uparrow}$$

onde: $\uparrow A = \frac{\pi D^2 \uparrow}{4}$

AUMENTANDO O DIÂMETRO DO TUBO DIMINUI A VELOCIDADE

1. Toma-se o maior valor possível para a vazão (Q).
2. Arbitra-se um valor para (D).
3. Compara-se a velocidade calculada (V) com a velocidade econômica para o caso. **(VIDE TABELA EM ANEXO)**
4. A velocidade de escoamento deve ser igual ou imediatamente inferior à velocidade econômica.

RESULTA EM UM PROBLEMA ECONÔMICO

SE A VELOCIDADE CALCULADA ESTIVER SUPERIOR À VELOCIDADE ECONÔMICA, SIGNIFICA QUE O DIÂMETRO ARBITRADO FOI PEQUENO, DEVENDO ENTÃO SER EXPERIMENTADO UM VALOR MAIOR.

VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA TUBULAÇÕES

Fluido	Material dos Tubos	Velocidade (m/s)
Água doce -redes em cidades -redes em instalações industriais - alimentação de caldeiras - sucção de bombas	Aço-carbono idem idem idem	1 a 2 2 a 3 4 a 8 1 a 1,5
Água salgada idem idem idem idem Amônia (gás) Amônia (líquido)	{ Aço com revestimento Latão Cobre-níquel 90-10 Metal Monel, cobre-níquel 70-30 Aço-carbono Aço-carbono	1,5 a 2,5 1,5 (máximo) 3 (máximo) 4 (máximo) 25 a 35 2
Ar comprimido Ácido sulfúrico idem, concentrado	Aço-carbono Chumbo Aço-carbono	15 a 20 1 a 1,2 1 a 1,2
Acetileno Cloro (líquido) Cloro (gás) Cloreto de cálcio Cloreto de sódio Tetra-cloreto de carbono	Aço-carbono idem idem idem idem idem	20 a 25 1,5 a 2 15 a 20 1,5 1,5 a 2 2
Hidrocarbonetos líquidos em instalações industriais - linhas de sucção - linhas de recalque Hidrocarbonetos gasosos em instalações industriais	Aço (qualquer tipo) Aço (qualquer tipo) Aço (qualquer tipo)	1 a 2 1,5 a 2,5 25 a 30
Hidrogênio Soda cáustica 0 a 30% idem, 30 a 50% idem, 50 a 75%	Aço (qualquer tipo) idem Aço-C ou Metal Monel idem	20 2 1,5 1,2
Vapor - até 2 kg/cm ² (196 Kpa) saturado - 20 a 10 kg/cm ² (196 a 981 Kpa) -mais de 10 kg/cm ² (981 Kpa)	Aço-carbono Aço (qualquer tipo) Aço (qualquer tipo)	20 a 40 40 a 80 80 a 100

Nota: Essas velocidades são valores sugeridos que devem servir apenas como primeira aproximação

E N G^o A L E X A N D R E M A R C H O N R E D D O

12.1.2 CÁLCULO DO DIÂMETRO DAS TUBULAÇÕES EM FUNÇÃO DAS PERDAS DE CARGA

CÁLCULO EM FUNÇÃO DAS PERDAS DE CARGA (APLICADOS PARA TUBULAÇÕES LONGAS)

1- TOMA-SE:

MAIOR VALOR DE VAZÃO (Q)

MENOR DIFERENÇA DE PRESSÕES ($P_1 - P_2$)

MAIORES VALORES DE ν E P_v → $\left\{ \begin{array}{l} \nu = \text{Viscosidade cinemática} \\ P_v = \text{Pressão de vapor na temperatura de operação} \end{array} \right.$

2- UTILIZANDO AS VELOCIDADES ECONÔMICAS ARBITRA-SE UM DIÂMETRO.

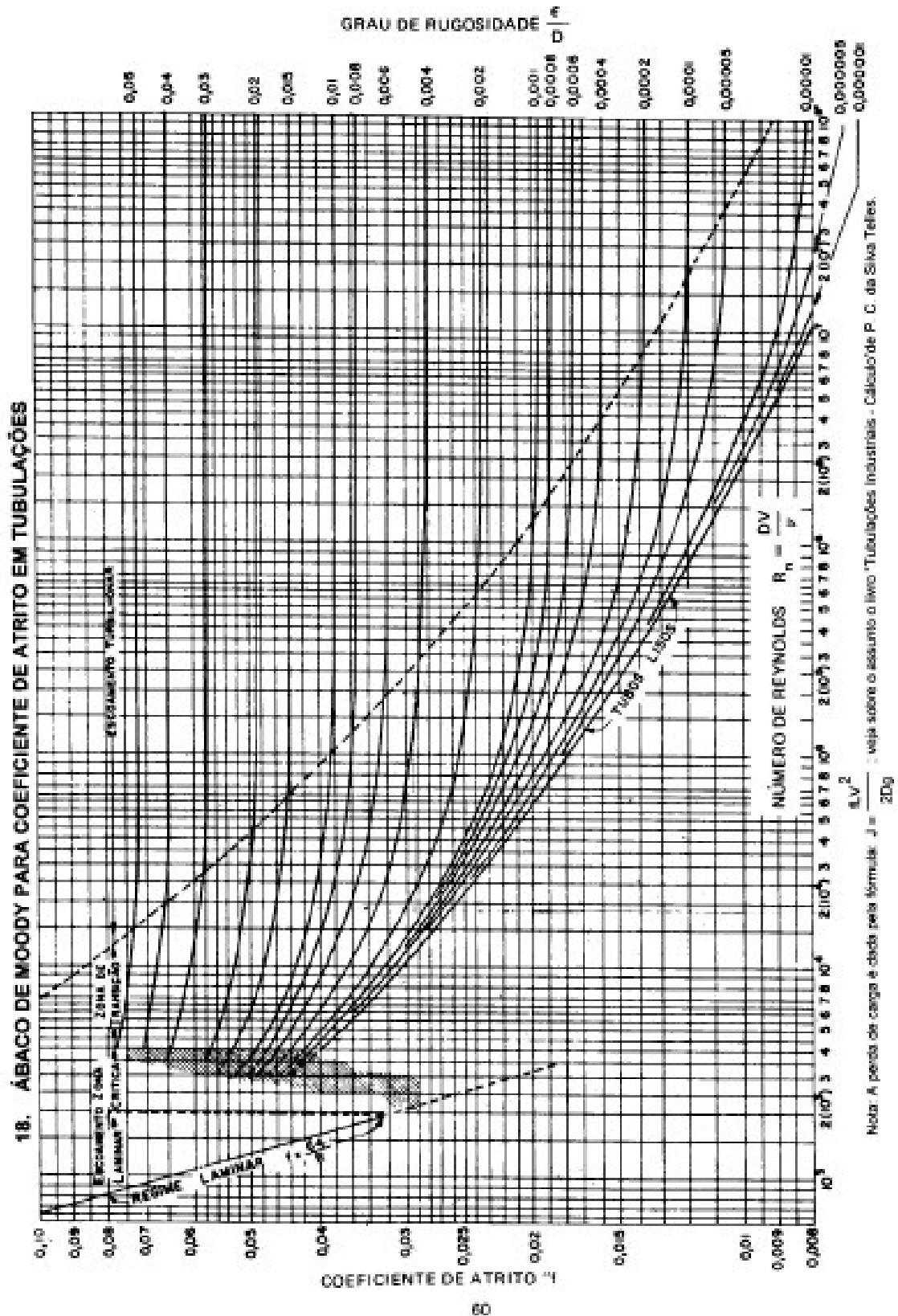
3 - CALCULA-SE A PERDA DE CARGA TOTAL (J)

<p>Para $R_n < 2000$ ESCOAMENTO LAMINAR</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $R_n = \frac{Vd}{\nu}$ </div> <p>Para $R_n > 2000$ ESCOAMENTO TURBILHONAR</p>	<p>→ $J = \frac{32LvV}{gd^2}$ FÓRMULA DE POISEUILLE</p> <hr/> <p>→ $J = \frac{fLV^2}{2dg}$ FÓRMULA DE DARCY</p>	<p>L = Comprimento total do tubo mais os comprimentos equivalentes de todos os acidentes existentes. V = Velocidade do fluido g = Aceleração da gravidade d = Diâmetro interno do tubo γ = Peso específico do fluido f = Coeficiente de atrito do fluido OS VALORES DE f SÃO OBTIDOS DO ÁBACO DE MOODY ANEXO</p>
--	---	---

EXISTEM OUTRAS FÓRMULAS PARA O CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGAS, COMO É O CASO DA DE WILLIAMS-HAZEM DEDUZIDA ESPECIALMENTE PARA A ÁGUA.

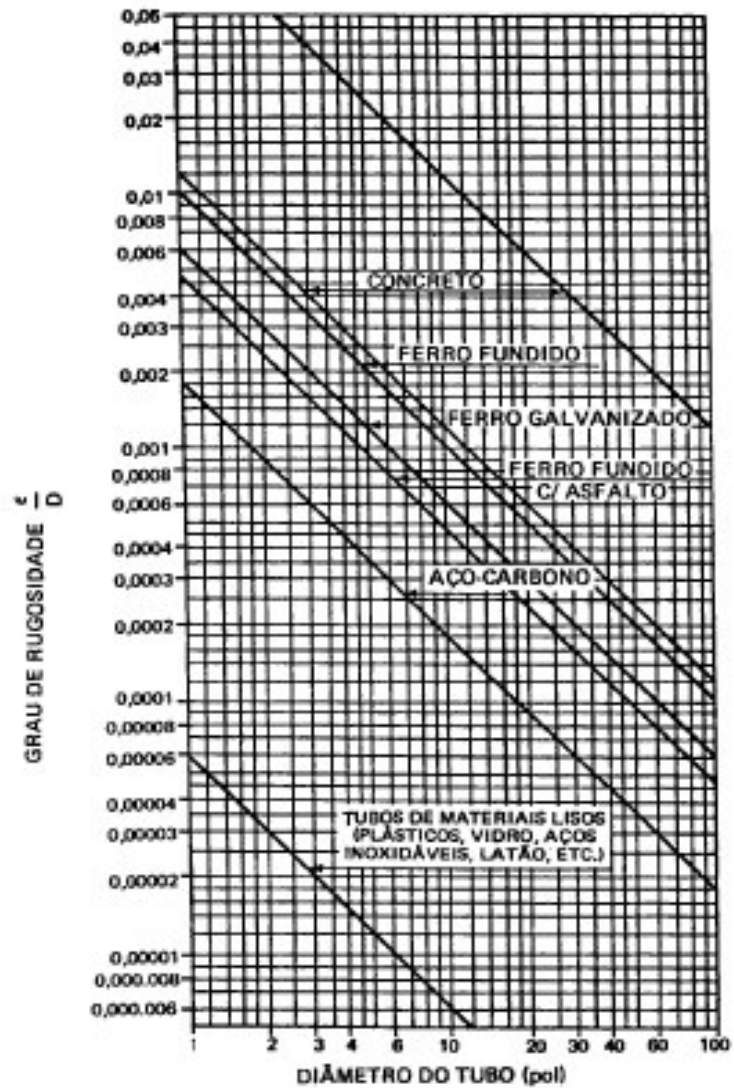
AS PERDAS DE CARGAS EM ACESSÓRIOS E EM DERIVAÇÕES (*Perdas secundárias*) SÃO OBTIDAS EXPERIMENTALMENTE, PARA CADA TIPO E TAMANHO DE ACIDENTE, E DADAS EM COMPRIMENTO EQUIVALENTE DE TUBO RETO DE MESMO DIÂMETRO

ENGR. ALEXANDRE MARCHON REDDO



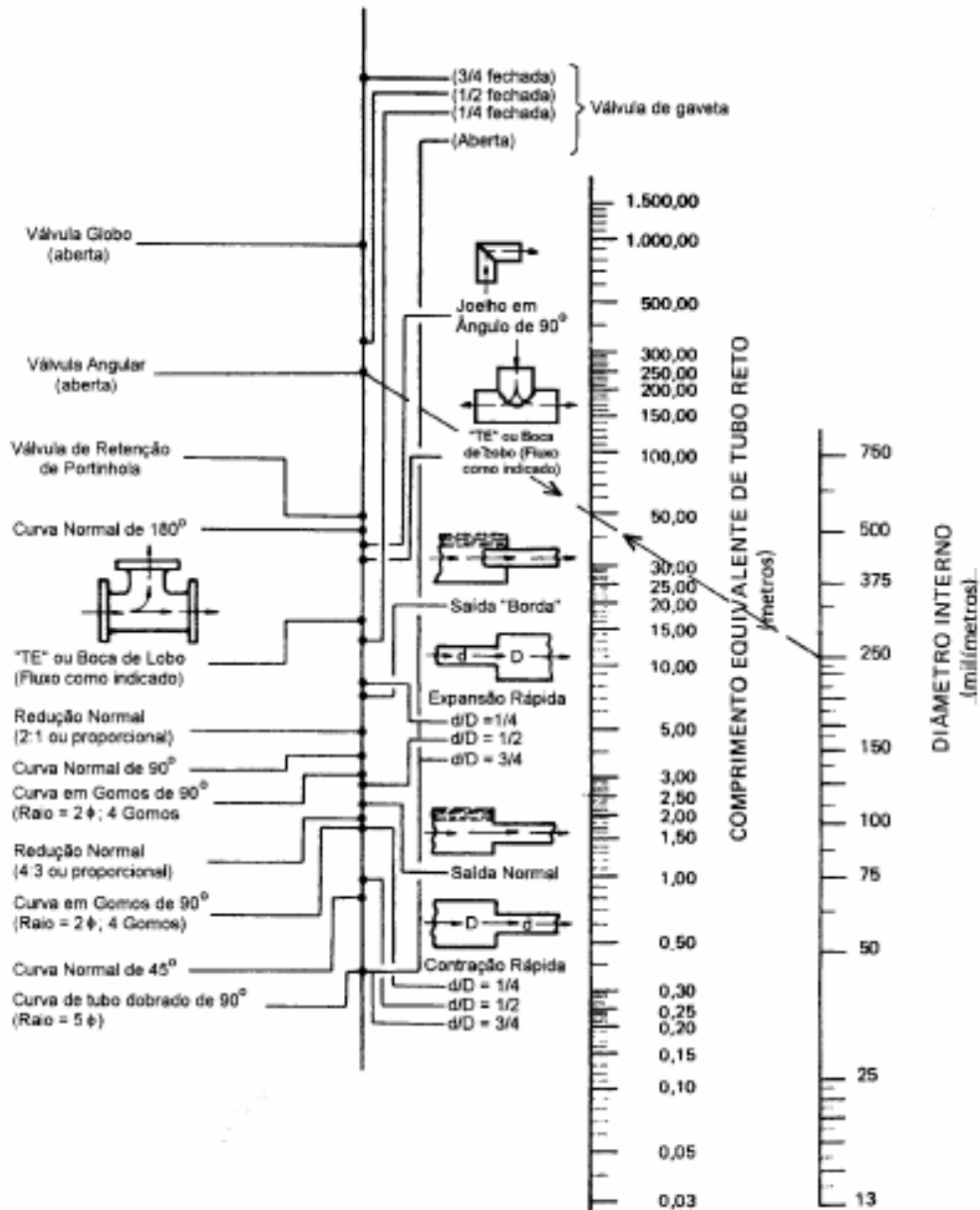
FIGURAS 69 - ÁBACO DE MOODY.

19. GRAU DE RUGOSIDADE DE TUBOS



FIGURAS 69 - RUGOSIDADES DE TUBOS.

21. PERDA DE CARGA EM VÁLVULAS, CONEXÕES E OUTROS ACIDENTES
COMPRIMENTOS EQUIVALENTES



Nota: 1. Veja Tabela 5, para a correspondência entre os "DIÂMETROS NOMINAIS" e os "DIÂMETROS INTERNOS" dos tubos. Observe-se que para tubos de grande espessura esses dois valores diferem bastante entre si.
2. As "CURVAS NORMAIS" têm o raio médio igual a uma vez e meia o "DIÂMETRO NOMINAL".
3. Os valores de perda de carga para as válvulas são valores médios. A perda de carga verdadeira poderá variar bastante dependendo do fabricante da válvula.

FIGURAS 70 - PERDA DE CARGA EM VÁLVULAS E ACESSÓRIOS.

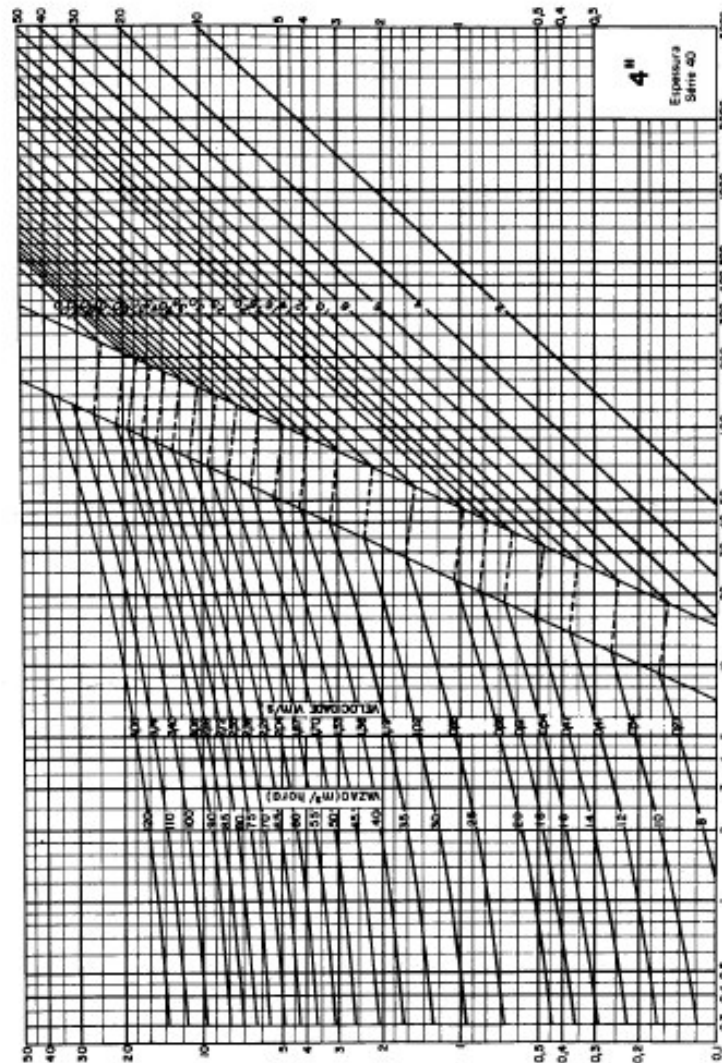
LIMITAÇÕES E ERROS
NOS CÁLCULOS
DE PERDAS DE CARGA

- 1 – Que o escoamento se dê em regime permanente (não há variação no tempo).
- 2 – Que o escoamento seja isotérmico.
- 3 – Que o fluido seja homogêneo (newtoniano).
- 4 – Que o fluido seja incompressível.
- 5 – Que a seção transversal da tubulação seja constante e perfeitamente circular.

EXISTEM GRÁFICOS, DERIVADOS DAS FÓRMULAS VISTAS, QUE FORNECEM A PERDA DE CARGA SOB FORMA DE PERDA RELATIVA (perda para um determinado comprimento).

PERDA DE CARGA (m DE COLUNA LÍQUIDA POR 100m DE TUBO)

13. GRÁFICOS PARA CÁLCULO DA PERDA DE CARGA EM TUBOS PARA LÍQUIDOS (Aplicáveis para tubos novos de aço - qualquer tipo de aço)



VISCOSIDADE CINEMÁTICA (CENTISTOKES)

ESTE GRÁFICO É DE PROPRIEDADE DA "SHELL INTERNATIONAL PETROLEUM MAATSCHAPPIJ B. V." - REPRODUZIDO COM PERMISSÃO

FIGURAS 71 - GRÁFICO PARA CÁLCULO DE PERDA DE CARGAS.

4 – CALCULA-SE:

$$(I) \left(H_1 + \frac{P_1}{\gamma} \right) - \left(H_2 + \frac{P_2}{\gamma} \right) \longrightarrow \left[\begin{array}{l} \text{PARA LINHAS DE RECALQUE DE BOMBAS OU} \\ \text{ONDE O ESCOAMENTO SE DÊ POR} \\ \text{DIFERENÇAS DE ALTURAS OU DE PRESSÕES} \end{array} \right.$$

$$(II) \frac{P_a}{\gamma} - \left[(H_1 - H_2) + \frac{P_v}{\gamma} + NPSH \right] \longrightarrow \text{PARA LINHAS DE SUÇÃO DE BOMBAS}$$

5 – COMPARA-SE O VALOR DA PERDA DE CARGA TOTAL (J) COM OS VALORES OBTIDOS NAS EQUAÇÕES (I) OU (II).

Se (J) for menor \longrightarrow

<ul style="list-style-type: none">• VAZÃO MAIOR QUE A PREVISTA.• A PRESSÃO EM (2) SERÁ MAIOR QUE A ESPERADA.• O DIÂMETRO ARBITRADO ESTÁ SUPERDIMENSIONADO.
--

Se (J) for maior \longrightarrow

<ul style="list-style-type: none">• VAZÃO MENOR QUE A PREVISTA.• A PRESSÃO EM (2) SERÁ MENOR QUE A DESEJADA.• O DIÂMETRO ARBITRADO É INSUFICIENTE.
--

A PARTIR DAS DIMENSÕES NORMALIZADAS, ARBITRA-SE UM NOVO VALOR PARA O DIÂMETRO, PROCURANDO-SE OBTER UM VALOR DE (J) IMEDIATAMENTE INFERIOR AOS VALORES DE (I) OU DE (II)

5. TUBOS DE AÇO - DIMENSÕES NORMALIZADAS

5.1. Tubos de Acordo com as Normas ANSI B.36.10 e B.36.19 (v. Nota 1)

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. Nota na página 19)

Diâmetro nominal (pois.) - Diâmetro externo (mm) (v. Nota 5)	Designação da espessura (v. Nota 3)	Espessura de Parede (mm) (v. Nota 4)	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)		Seção transversal		
							Tubo vazio (v. Nota 6)	Conteúdo de água (v. Nota 7)	Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)
1/4	10S	1,65	10,4	0,65	0,62	0,043	0,46	0,066	0,116	0,169	0,430
-	Std. 40, 40S	2,20	9,2	0,67	0,81	↓	0,62	0,067	0,136	0,202	0,413
13,7	XS, 80, 80S	3,02	7,7	0,46	1,01	↓	0,79	0,046	0,157	0,229	0,360
3/8	10S	1,65	13,8	1,50	0,81	0,054	0,63	0,150	0,236	0,265	0,551
-	Std. 40, 40S	2,31	12,5	1,23	1,08	↓	0,84	0,129	0,304	0,354	0,531
17,1	XS, 80, 80S	3,20	10,7	0,91	1,49	↓	1,10	0,090	0,359	0,419	0,508
1/2	Std. 40, 40S	2,77	15,8	1,98	1,21	0,071	0,42	0,20	0,71	0,67	0,66
-	XS, 80, 80S	3,73	13,8	1,51	2,09	↓	1,62	0,15	0,84	0,78	0,64
160	160	4,75	11,8	1,10	2,47	↓	1,94	0,11	0,92	0,86	0,61
21	XXS	7,47	6,4	0,32	3,52	↓	2,55	0,03	1,21	0,65	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, 80, 80S	3,91	18,8	2,79	2,80	↓	2,19	0,28	1,85	1,40	0,82
160	160	5,54	15,6	1,91	3,68	↓	3,00	0,19	2,19	1,65	0,77
27	XXS	7,82	11,0	0,65	4,63	↓	3,62	0,10	2,41	1,81	0,72
1	Std. 40, 40S	2,87	28,6	5,57	3,19	0,105	2,50	0,58	2,64	2,18	1,07
-	XS, 80, 80S	4,25	24,3	4,84	4,12	↓	3,23	0,48	4,40	2,82	1,03
160	160	6,35	20,7	3,37	5,29	↓	4,23	0,34	5,21	3,12	0,88
30	XXS	9,29	15,2	1,82	6,94	↓	5,44	0,18	5,82	3,50	0,60
1 1/4	Std. 40, 40S	3,56	35,0	6,65	4,32	0,132	3,28	0,95	3,11	3,85	1,37
-	XS, 80, 80S	4,85	32,5	5,28	5,68	↓	4,46	0,83	10,06	4,77	1,33
160	160	6,35	29,4	6,82	7,14	↓	5,60	0,68	11,82	5,61	1,29
42	XXS	9,70	22,7	4,07	9,60	↓	7,26	0,41	14,19	6,74	1,20
1 1/2	Std. 40, 40S	3,68	40,9	8,15	5,15	0,151	4,54	1,31	12,90	5,34	1,58
-	XS, 80, 80S	5,28	38,1	11,4	6,89	↓	5,40	1,14	18,27	6,75	1,54
160	160	7,14	33,9	6,07	9,22	↓	7,23	0,91	20,10	8,33	1,48
48	XXS	10,18	27,9	6,13	12,2	↓	9,53	0,61	23,64	9,80	1,39
2	Std. 40, 40S	3,91	52,5	21,7	6,85	0,196	5,44	2,17	27,72	8,20	2,00
-	XS, 80, 80S	5,54	49,2	19,0	9,53	↓	7,47	1,90	38,13	11,98	1,95
160	160	8,71	42,6	14,4	14,1	↓	11,08	1,44	48,41	16,05	1,85
60	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1	↓	13,44	1,14	54,81	18,10	1,79
2 1/2	Std. 40, 40S	5,18	62,7	30,9	11,9	0,235	6,82	3,09	63,68	17,44	2,41
-	XS, 80, 80S	7,01	59,0	27,3	14,5	↓	11,40	2,73	89,12	21,85	2,35
160	160	9,52	54,0	22,9	19,0	↓	14,89	2,29	97,94	26,83	2,27
72	XXS	14,0	44,9	15,9	26,0	↓	20,39	1,59	119,5	32,75	2,14
3	10S	3,05	62,8	33,9	8,22	0,262	6,44	3,20	75,84	17,08	3,04
-	Std. 40, 40S	5,48	77,9	47,7	14,4	↓	11,20	4,77	120,70	28,28	2,98
-	XS, 80, 80S	7,62	73,6	42,6	19,5	↓	16,25	4,26	162,33	36,48	2,89
160	160	11,1	66,7	34,9	27,2	↓	21,31	3,49	209,36	47,14	2,78
90	XXS	15,2	58,4	28,8	35,3	↓	27,65	2,68	249,32	50,72	2,66
4	10S	3,05	108,2	91,9	10,5	0,351	8,25	4,19	164,63	28,88	3,93
-	Std. 40, 40S	6,02	102,3	82,1	20,4	↓	16,06	8,21	300,93	52,61	3,84
-	XS, 80, 80S	8,56	97,2	74,2	28,4	↓	22,20	7,42	380,89	69,09	3,75
160	160	13,5	87,2	59,9	42,7	↓	33,49	5,99	552,34	90,79	3,60
114	XXS	17,1	80,3	52,3	52,3	↓	40,98	5,03	826,42	111,29	3,49
5	10S	3,40	161,4	204,5	17,8	0,535	13,82	20,45	599,37	71,36	6,63
-	Std. 40, 40S	7,11	154,0	186,4	36,9	↓	28,29	18,84	1.171,3	130,32	6,70
-	XS, 80, 80S	10,97	146,3	168,2	54,2	↓	42,51	16,82	1.685,7	200,45	6,58
160	160	14,3	136,7	153,4	88,0	↓	64,16	15,34	2.084,5	245,52	6,47
160	160	18,2	131,8	138,4	85,0	↓	67,41	13,84	2.455,8	291,91	6,34
160	XXS	21,9	124,4	121,5	109,9	↓	79,10	12,15	2.759,8	328,29	6,23
6	10S	3,76	211,8	261,8	25,4	0,682	19,02	28,76	1.473,4	134,56	7,62
-	Std. 40, 40S	8,18	202,7	222,6	54,2	↓	32,48	22,26	3.017,7	275,52	7,46
-	60	10,3	198,4	209,1	67,6	↓	53,03	30,91	3.696,1	337,31	7,36
-	XS, 80, 80S	12,7	193,7	204,8	82,3	↓	64,56	29,48	4.399,5	401,88	7,31
-	120	18,2	182,6	201,9	115,1	↓	90,22	26,19	5.852,2	534,31	7,13
219	XXS	22,2	174,6	236,4	137,4	↓	107,8	23,94	6.742,9	648,28	7,00
160	160	23,0	173,1	235,5	141,7	↓	111,1	23,95	6.865,3	631,02	6,98

FIGURAS 72 - DIMENSÕES NORMALIZADAS PARA TUBOS DE AÇO.

EN Gº ALEXANDRE MARÇHON REDDO

5. TUBOS DE AÇO – DIMENSÕES NORMALIZADAS (Continuação)

Diâmetro nominal (pol.) - Diâmetro externo (mm) (v. Nota 5)	Designação da espessura (v. Nota 3)	Espessura da Parede (mm) (v. Nota 4)	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)		Seção transversal			
							Tubo vazio (v. Nota 6)	Conteúdo de água (v. Nota 7)	Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)	
10	5S	3,40	266,2	558,8	29,2	0,556	22,54	55,68	2.851,4	164,22	8,63	
	10S	4,19	254,7	550,3	35,4		27,83	55,03	3.200,8	234,38	9,50	
	Std. 40, 40S	9,27	254,5	509,1	70,0		60,23	50,91	6.892,9	490,06	9,32	
	XS, 80, 80S	12,7	247,6	481,9	103,9		81,45	48,19	8.824,1	645,77	9,22	
	80	15,1	242,9	463,2	132,1		95,72	46,32	10.193	747,38	9,14	
273	120	21,4	230,2	416,1	189,3	132,7	41,61	13.488	888,32	8,94		
	160	28,0	215,9	368,8	219,4	172,1	36,88	16.057	1.217,6	8,71		
12	5S	4,19	315,5	782,0	42,1	1,018	29,11	78,20	6.377,7	352,23	11,30	
	10S	4,57	314,7	778,1	45,9		36,00	77,81	5.846,0	361,07	11,28	
	20	6,35	311,1	760,7	63,5		49,70	76,07	7.987,5	493,34	11,23	
	Std. 30	9,52	304,8	729,6	94,1		73,74	72,96	11.876	717,88	11,13	
	40, 40S	10,3	303,2	722,0	101,5		79,66	72,20	12.487	771,97	11,10	
324	XS, 80S	12,7	298,4	699,4	124,1	1,118	97,34	80,94	15.067	929,31	11,00	
	60	14,3	295,3	695,2	136,8		108,8	66,52	16.091	1.023,3	10,95	
	80	17,4	288,9	655,5	168,0		131,7	65,55	19.771	1.221,1	10,85	
	120	25,4	273,0	585,8	236,1		188,7	58,56	26.732	1.650,5	10,58	
14	10	6,35	342,9	923,3	69,7	1,118	54,82	92,33	10.830	998,24	12,34	
	Std. 30	9,52	336,5	899,7	103,5		81,20	89,97	15.525	873,59	12,24	
	40	11,1	333,4	872,9	120,1		94,29	87,29	17.856	1.003,1	12,19	
	XS	12,7	330,2	858,2	136,8		107,3	85,82	20.145	1.132,5	12,14	
	60	15,1	325,6	832,3	161,2		126,3	83,23	23.382	1.315,1	12,04	
360	80	19,0	317,5	791,7	201,3	1,277	157,9	79,17	28.595	1.606,5	11,91	
	100	23,8	308,0	745,2	268,4		194,5	74,52	34.339	1.930,7	11,78	
16	10	6,35	363,7	1.217,5	79,8	1,277	62,87	121,7	15.983	798,72	14,15	
	Std. 30	9,52	367,3	1.178,1	118,0		93,12	117,8	23.382	1.152,2	14,05	
	XS, 40	12,7	361,0	1.140,1	157,1		123,2	114,0	30.468	1.486,7	13,92	
	60	16,6	373,1	1.085,0	203,9		159,9	109,3	38.834	1.911,1	13,79	
	80	21,4	363,6	1.036,1	258,7		203,0	103,6	48.159	2.370,0	13,64	
408	100	28,2	354,0	964,5	312,9	1,436	245,3	96,46	58.815	2.795,1	13,46	
18	10	6,35	444,5	1.551,7	89,9	1,436	70,52	155,2	22.891	950,79	15,95	
	Std. 20	9,52	438,1	1.507,8	133,9		105,0	150,8	33.589	1.468,5	15,82	
	XS	12,7	431,8	1.464,6	177,4		139,0	146,5	43.829	1.917,8	15,72	
	40	14,3	428,0	1.443,3	196,7		155,9	144,3	48.782	2.133,9	15,67	
	60	19,0	419,1	1.379,4	261,9		208,8	137,8	60.059	2.708,4	15,49	
457	80	23,8	408,9	1.317,5	323,9	1,597	254,1	131,7	75.337	3.340,3	15,34	
	100	29,4	398,5	1.247,2	394,8		309,4	126,7	90.738	3.969,7	15,16	
20	10	6,35	485,3	1.928,6	100,1	1,597	76,46	192,7	31.520	1240,7	17,73	
	Std. 20	9,52	488,9	1.877,5	149,2		118,9	187,7	46.368	1.625,8	17,63	
	XS, 30	12,7	482,6	1.829,1	197,4		154,9	182,9	60.645	2.308,0	17,53	
	40	15,1	477,9	1.793,0	233,5		182,9	179,4	70.928	2.792,9	17,42	
	60	20,6	466,7	1.711,1	316,5		247,6	171,1	93.943	3.699,2	17,25	
508	80	26,2	455,6	1.630,4	390,1	1,914	310,8	163,0	115.379	4.543,3	17,07	
	100	32,5	442,9	1.540,7	485,8		381,1	154,1	138.188	5.441,5	16,84	
24	10	6,35	566,9	2.909,2	120,3	1,914	94,35	290,0	54.776	1.796,3	21,34	
	Std. 20	9,52	560,5	2.742,1	179,5		140,8	274,2	80.873	2.482,8	21,21	
	XS, 30	12,7	564,2	2.677,8	238,1		188,7	267,8	106.139	2.853,5	21,11	
	40	17,4	574,7	2.593,7	324,5		254,7	259,4	142.381	4.874,4	20,96	
	60	24,6	560,4	2.484,8	451,6		354,3	248,5	193.567	6.359,3	20,70	
610	80	30,9	547,7	2.385,0	562,6	2,263	440,9	235,5	236.002	7.752,5	20,50	
	100	38,9	531,8	2.219,5	697,5		546,7	221,9	285.118	9.358,7	20,32	
30	10	7,92	748,1	4.374,4	187,7	2,263	147,2	437,4	133.609	3.507,5	26,67	
	20	12,7	736,0	4.284,8	298,7		234,4	426,5	209.779	5.507,0	26,49	
762	30	15,9	730,2	4.187,3	371,0	291,8	418,7	258.895	6.801,8	26,30		

- Nota:
- Esta tabela inclui tubos de todos os tipos de aços: aço-carbono e aço de baixa liga (norma ANSI B.36.10), e aços inoxidáveis (norma ANSI B.36.19).
 - A norma ANSI B.36.19 só abrange tubos até o diâmetro nominal de 12".
 - As designações "Std", "XS" e "XXS" correspondem às espessuras denominadas "standard", "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) dessa mesma norma. As designações 5S, 10S, 20S, 40S e 80S são da norma ANSI B.36.19 para tubos de aços inoxidáveis.
 - As espessuras em mm indicadas na tabela são os valores nominais; as espessuras mínimas correspondentes dependerão das tolerâncias de fabricação, que variam com o processo de fabricação do tubo. Para tubos sem costura a tolerância usual é $\pm 12,5\%$ do valor nominal.
 - Nesta tabela estão omitidos alguns diâmetros e espessuras não usuais na prática. Para a tabela completa, contendo todos os diâmetros e espessuras, consulte as normas ANSI B.36.10 e ANSI B.36.19.
 - Os pesos indicados nesta tabela correspondem aos tubos de aço-carbono ou de aço de baixa liga. Os tubos de aços inoxidáveis ferríticos pesam 5% menos, e os inoxidáveis austeníticos cerca de 2% mais.
 - Esses mesmos números representam também a vazão em l/sseg. para a velocidade de 1 m/seg.

FIGURAS 73 - DIMENSÕES NORMALIZADAS PARA TUBOS DE AÇO (CONTINUAÇÃO).

E N G^o A L E X A N D R E M A R C H O N R E D D O

1.1) DIMENSIONAR O DIÂMETRO QUE DEVERÁ TER A TUBULAÇÃO MOSTRADA ABAIXO, QUE VAI DO BOCAL DE RECALQUE DE UMA BOMBA ATÉ UM RESERVATÓRIO ELEVADO.

EXEMPLO NUMÉRICO 1.1

Comprimento dos trechos retos de tubo: $L_1 = 4 \text{ m}$
 $L_2 = 88 \text{ m}$
 $L_3 = 75 \text{ m}$
 $L_4 = 7 \text{ m}$

Valor máximo da vazão: $Q = 200 \text{ m}^3/\text{hora}$.

Cotas de elevação: (ponto 1) $H_1 = 0,85 \text{ m}$
 (ponto 2) $H_2 = 13,7 \text{ m}$.

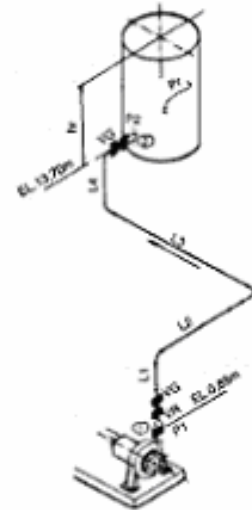
Pressão de saída da bomba: $P_1 = 45 \text{ psig} \approx 310 \text{ Kpa}$.

Altura máxima do líquido no reservatório: $h_r = 9 \text{ m}$.

Pressão máxima no reservatório: $P_2 = 10 \text{ psig} \approx 69 \text{ Kpa}$.

Peso específico do fluido: $\gamma = 9,5 \text{ kN/m}^3$

Viscosidade cinemática: $\nu = 550 \text{ cSt} [10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}]$



SOLUÇÃO

A) CÁLCULO DE H1, H2, P1 e P2. TEMOS: $H_1 = 85 \text{ CM}$; $H_2 = 1370 \text{ CM}$; $P_1 = 316 \text{ KPa}$.

O VALOR DE P2 A SER CONSIDERADO DEVERÁ SER TAL QUE A DIFERENÇA $P_1 - P_2$ SEJA MÍNIMA. VAMOS CONSIDERAR ENTÃO OS VALORES MÁXIMOS DE ALTURA DO LÍQUIDO E DA PRESSÃO NO RESERVATÓRIO. TEREMOS:

$$P_2 = P_1 + h_r \gamma, \text{ LOGO, } P_2 = 70,3 + 9 \times 9,5 = 155,8 \text{ KPa.}$$

B) CÁLCULO DA DIFERENÇA $(H_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (H_2 + \frac{P_2}{\gamma})$, (POIS se TRATA DE TUBULAÇÃO LIGADA A RECALQUE DE BOMBA)

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} = 0,85 + \frac{316}{9,5} = 34,05 \text{ M (ENERGIA DO LÍQUIDO NO PONTO 1).}$$

$$H_2 + \frac{P_2}{\gamma} = 13,70 + \frac{155,8}{9,5} = 30,10 \text{ M}$$

$$\text{DIFERENÇA: } 34,05 - 30,10 = \mathbf{3,95 \text{ M.}}$$



C) CÁLCULO DO COMPRIMENTO EQUIVALENTE:

VAMOS ARBITRAR O VALOR DE 10" PARA O DIÂMETRO DO TUBO, A FIM DE CALCULAR O COMPRIMENTO EQUIVALENTE. EM FUNÇÃO DESSE DIÂMETRO TEMOS OS SEGUINTESS COMPRIMENTOS EQUIVALENTES PARA OS ACESSÓRIOS EXISTENTES, TIRADOS DO GRÁFICO DA FIGURA 70, PG. 127:

VÁLVULA DE GAVETA: 1,75 m

VÁLVULA DE RETENÇÃO: 21,0 m

CURVA DE 90° : 1,75 m

ENTRADA DO RESERVATÓRIO: 10,0 m

A SOMA DESSES COMPRIMENTOS SERÁ:

2 VÁLVULAS DE GAVETA: 3,50 m

1 VÁLVULA DE RETENÇÃO: 21,0 m

4 CURVAS 90°: 7,00 m

1 ENTRADA: 10,0 m

TOTAL: 41,5 m

O COMPRIMENTO TOTAL DOS TRECHOS DE TUBO RETO VALE:

$$L = 4 + 88 + 75 + 7 = 174 \text{ m}$$

SOMANDO COM O COMPRIMENTO EQUIVALENTE DOS ACESSÓRIOS TEREMOS O COMPRIMENTO EQUIVALENTE DA TUBULAÇÃO TODA: $L' = 174 + 41 = 215 \text{ m}$.

D) CÁLCULO DA PERDA DE CARGA:

TEMOS PRIMEIRO QUE CALCULAR O Nº DE REYNOLDS PARA DETERMINAR O REGIME DE ESCOAMENTO E, PORTANTO, QUAL A FÓRMULA A APLICAR. SUPONDO QUE O TUBO DE 10" SEJA SÉRIE 40, O DIÂMETRO INTERNO SERÁ: $d = 255 \text{ mm}$ (FIGURA 77, PG. 131). A VISCOSIDADE CINEMÁTICA VALE $\nu = 550 \text{ cks} = 5,5 \text{ Stokes}$. A VELOCIDADE PODERÁ SER ENCONTRADA A PARTIR DA TABELA ABAIXO, PARA A VAZÃO DE $200 \text{ m}^3/\text{h}$ (OU $55,5 \text{ L}$), FAZENDO-SE A PROPORCIONALIDADE COM A VAZÃO PARA A VELOCIDADE DE 1 m/s : CHEGA-SE A $V = 1,092 \text{ m/s} = 109,2 \text{ cm/s}$.

DA SEGUINTE FORMA: (REGRA DE TRÊS)

$$Q = 50,90 \text{ L/s} \sim V = 1 \text{ m/s}$$

$$Q = 55,5 \text{ L/s} \sim V = x$$

$$X = \frac{1 \times 55,5}{50,90} = 1,09 \text{ m/s}$$

$$1,09$$



DIÂM. NOM. (POL.)	ESPESS. (SÉRIE)	VAZÃO (L/S)	DIÂM. NOM. (POL.)	ESPESS. (SÉRIE)	VAZÃO (L/S)	DIÂM. NOM. (POL.)	ESPESS. (SÉRIE)	VAZÃO (L/S)
3/4	80	0,378	4	40	8,20	14	3/8"	67,04
	160	0,311		80	7,42		1/2"	65,78
1	80	0,464	6	40	18,61	16	3/8"	77,16
	160	0,412		80	16,89		1/2"	75,90
1 1/2	80	1,139	8	40	32,22	18	3/8"	87,28
	160	0,676		80	29,48		1/2"	86,02
2	40	2,161	10	40	50,90	20	3/8"	97,40
	80	1,903		80	46,20		1/2"	96,14
3	40	4,678	12	3/8"	60,72	24	3/8"	117,64
	80	4,255		1/2"	59,45		1/2"	116,38

TEREMOS ENTÃO:

$$R_n = \frac{dV}{v} = \frac{25,5 \times 109,2}{5,50} = 428$$

como temos $R_n < 2.000$ - O REGIME É LAMINAR (DEVIDO AO ALTO VALOR DA VISCOSIDADE), E APLICAREMOS ENTÃO A FÓRMULA DE POISEUILLE:

$$j = \frac{32 v V}{g d^2} = \frac{32 \times 5,50 \times 109,2}{981 \times 25,5^2} = 0,0301 \text{ cm/cm OU } j = 3,01 \text{ m/ 100 m.}$$

A PERDA DE CARGA TOTAL SERÁ:

$$J = \frac{jL'}{100} = \frac{3,01 \times 215}{100} = 6,47 \text{ m.}$$

VEMOS QUE ESTE VALOR É MAIOR DO QUE A DIFERENÇA DE ENERGIA CALCULADA NO ITEM (B), E CONSEQÜENTEMENTE O DIÂMETRO ARBITRADO INICIALMENTE É INSUFICIENTE.



E) NOVO VALOR PARA O DIÂMETRO - TEMOS DE FAZER BAIXAR A PERDA DE CARGA E, PORTANTO, ESCOLHER UM VALOR MAIOR PARA O DIÂMETRO, QUE PASSARÁ A SER 12" COM PAREDE DE 3/8". LOGO TEREMOS AGORA UM DIÂMETRO INTERNO: $d = 30,3$ cm.

A VELOCIDADE SERÁ OBTIDA ATRAVÉS DA TABELA ABAIXO:

VAZÕES RELATIVAS A UMA VELOCIDADE DE 1M/S.

DIÂM. NOM. (POL.)	ESPESS. (SÉRIE)	VAZÃO (L/S)	DIÂM. NOM. (POL.)	ESPESS. (SÉRIE)	VAZÃO (L/S)	DIÂM. NOM. (POL.)	ESPESS. (SÉRIE)	VAZÃO (L/S)
3/4	80	0,378	4	40	8,20	14	3/8"	67,04
	160	0,311		80	7,42		1/2"	65,78
1	80	0,464	6	40	18,61	16	3/8"	77,16
	160	0,412		80	16,89		1/2"	75,90
1 1/2	80	1,139	8	40	32,22	18	3/8"	87,28
	160	0,676		80	29,48		1/2"	86,02
2	40	2,161	10	40	50,90	20	3/8"	97,40
	80	1,903		80	46,20		1/2"	96,14
3	40	4,678	12	3/8"	60,72	24	3/8"	117,64
	80	4,255		1/2"	59,45		1/2"	116,38

A VELOCIDADE PODERÁ SER ENCONTRADA FAZENDO-SE A PROPORCIONALIDADE COM A VAZÃO PARA 1M/S, CHEGA-SE $V = 0,914$ m/s = 91,4 CM/s.

A PERDA DE CARGA UNITÁRIA SERÁ:

$$j = \frac{32 v \times V}{g d^2} = \frac{32 \times 5,50 \times 91,4}{981 \times 30,3^2} = 0,0178 \text{ cm/cm} = 1,78 \text{ m/100m.}$$

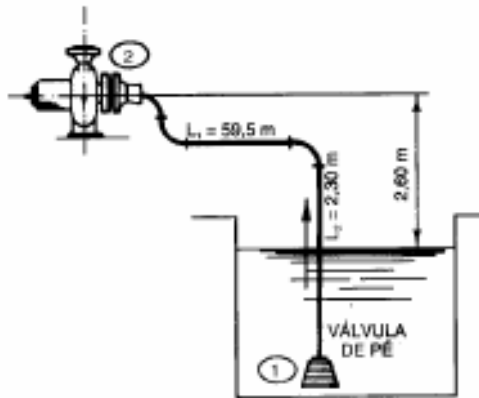
A PERDA DE CARGA TOTAL SERÁ, AGORA:

$$J = \frac{1,78 \times 215}{100} = 3,83 \text{ m.}$$

COMO $3,83 < 4,15$ VEMOS QUE O DIÂMETRO INTERNO 12" SATISFAZ, PODENDO ENTÃO SER ADOTADO.

1.2 DIMENSIONAR O DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO DE SUCÇÃO DE UMA BOMBA COMO MOSTRADO ABAIXO. SÃO DADOS:

EXEMPLO NUMÉRICO 1.2



Vazão máxima: $Q = 9$ litros/s

Comprimentos dos trechos retos: $L_1 = 59,5$ m
 $L_2 = 2,30$ m

Diferença de nível: $H_g = 2,60$ m

Bocal da bomba: $\varnothing 2 \frac{1}{2}$ "

Peso específico (Gasolina): $\gamma = 7,8$ N/dm³

Viscosidade: $\nu = 6$ cSt

Pressão de vapor a 25°C: $P_v = 35,2$ KPa

NPSH requerido na entrada da bomba: 1,9 m

A) CÁLCULO DO COMPRIMENTO EQUIVALENTE: ARBITRANDO-SE UM DIÂMETRO DE 4", TEMOS PARA OS COMPRIMENTOS EQUIVALENTES DOS ACESSÓRIOS EXISTENTES:

1 PEÇA DE REDUÇÃO: 2,1 m

3 CURVAS DE 90°: $3 \times 2,0 = 6,0$ m

1 VÁLVULA DE PÉ: 11,0 m

TOTAL: 19,1 m

A SOMA DOS TRECHOS RETOS VALE:

$L = 59,5 + 2,30 = 61,8$ m

TEREMOS ENTÃO PARA O COMPRIMENTO EQUIVALENTE DA TUBULAÇÃO:

$L' = 61,8 + 19,1 = 80,9$ m.

C) CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA: CALCULEMOS INICIALMENTE O NÚMERO DE REYNOLDS. OS DADOS SÃO OS SEGUINTE:

- DIÂMETRO INTERNO (TUBO DE 4" SÉRIE 40): $d = 10,23$ cm;
- VISCOSIDADE CINEMÁTICA: $\nu = 6$ cks = 0,06 stokes;
- VELOCIDADE PARA $Q = 540$ l/min : $V = 1,096$ m/s = 109,6 cm/s.

$$Rn = \frac{10,22 \times 109,6}{0,06} = 18.600 > 4.000$$

LOGO O REGIME SERÁ TURBULENTO E A FÓRMULA A EMPREGAR SERÁ A DARCY WEISBACK.



PARA TUBOS DE AÇO DE 4", TIRAMOS DO GRÁFICO DA FIG.69, DA PG. 126, O VALOR DO GRAU DE RUGOSIDADE RELATIVA $\epsilon / d = 0,00043$. EM FUNÇÃO DESSE VALOR E DO NÚMERO DE REYNOLDS, OBTEREMOS, DO GRÁFICO DA FIG. 69, PG.125, O COEFICIENTE DE ATRITO: $f = 0,028$.

APLICANDO A FÓRMULA DE DARCY TEREMOS:

$$J = f \frac{V^2}{2dg} = \frac{0,028 \times 109,6^2}{2 \times 10,22 \times 981} = 0,0167 \text{ cm/cm} = 1,67 \text{ m} / 100 \text{ m.}$$

$$2dg \quad 2 \times 10,22 \times 981$$

A PERDA DE CARGA TOTAL SERÁ:

$$J = j \frac{L}{100} = \frac{1,67 \times 80,9}{100} = 1,35 \text{ m.}$$

$$100 \quad 100$$

C) CÁLCULO DA EXPRESSÃO:

$$\frac{P_a}{\rho} - [(H_1 - H_2) + \frac{P_v}{\rho} + \text{NPSH}]$$

$$\rho$$

$$\rho$$

TEMOS: P_a = PRESSÃO ATMOSFÉRICA = 103,3 KPa

$\frac{P_a}{\rho} = \frac{103,3}{7,8} = 13,20 \text{ m}$; COM SEGURANÇA, PARA PREVENIR POSSÍVEIS VARIAÇÕES DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA, TOMAREMOS APENAS 90% DO VALOR

CALCULADO:

$$\frac{P_a}{\rho} = 0,9 \times 13,20 = 11,88 \text{ m.}$$

$$\rho$$

O TERMO $(H_1 - H_2)$ QUE É A DIFERENÇA DE NÍVEL ENTRE OS PONTOS 1 E 2, VALE:

Há = 2,60 m. O VALOR DE $\frac{P_v}{\rho}$ SERÁ:

$$\rho$$

$$\frac{P_v}{\rho} = \frac{35,2}{7,8} = 4,54 \text{ m.}$$

$$\rho \quad 7,8$$

LOGO A EXPRESSÃO FICARÁ:

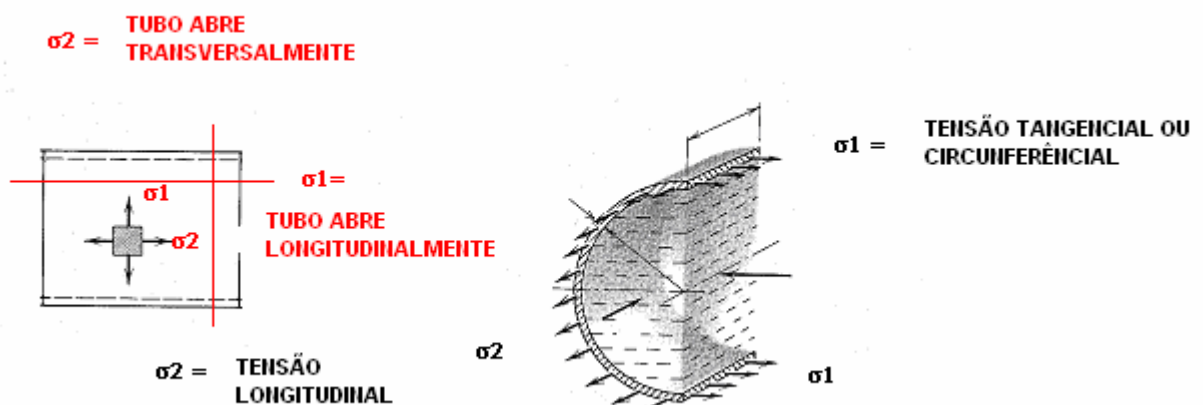
$$11,88 - [2,60 + 4,54 + 1,90] = 11,88 - 9,04 = 2,84 \text{ m.}$$

A PERDA DE CARGA J CALCULADA (1,35 m) ESTÁ MENOR DO QUE ESSE VALOR, PORTANTO, O DIÂMETRO ARBITRADO SATISFAZ.

COMO A DIFERENÇA ENTRE OS VALORES DE J E DA EXPRESSÃO ESTÁ MUITO GRANDE, DEVERÍAMOS REFAZER OS CÁLCULOS EXPERIMENTANDO O DIÂMETRO IMEDIATAMENTE INFERIOR (3") PARA TENTAR CHEGAR A UMA SOLUÇÃO MAIS ECONÔMICA.

12.2 CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAREDE DO TUBO

CONSIDERANDO-SE UM CILINDRO DE PAREDES DELGADAS SUJEITAS A UMA PRESSÃO INTERNA, DEDUZEM-SE TEORICAMENTE AS SEGUINTE EXPRESSÕES PARA AS TENSÕES DESENVOLVIDAS NAS PAREDES (TENSÕES DE MEMBRANA):



$$\sigma_1 = \frac{P \, dm}{2 \, t}$$

$$\sigma_2 = \frac{P \, dm}{4 \, t}$$

; LOGO: $\sigma_1 = 2 \, \sigma_2$

ONDE:

$\sigma_1 =$ TENSÃO CIRCUNFERENCIAL OU TANGENCIAL DE TRAÇÃO (TENDENDO A ROMPER O CILINDRO SEGUNDO UMA GERATRIZ);

$\sigma_2 =$ TENSÃO LONGITUDINAL DE TRAÇÃO (TENDENDO A ROMPER O CILINDRO SEGUNDO UMA CIRCUNFERÊNCIA);

P = PRESSÃO INTERNA;

dm = DIÂMETRO MÉDIO DO CILINDRO;

t = ESPESSURA DA PAREDE.

***POR ESTA RAZÃO OS TUBOS ROMPEM GERALMENTE NA DIREÇÃO LONGITUDINAL.**



OBSERVAMOS PELAS FÓRMULAS QUE $\sigma_1 = 2 \sigma_2$, ISTO É, PARA IGUALDADE DE CONDIÇÕES A TENSÃO CIRCUNFERENCIAL É O DOBRO DA TENSÃO LONGITUDINAL, PORTANTO, A TENSÃO CIRCUNFERENCIAL SERÁ A TENSÃO LIMITANTE. SE DERMOS A σ_1 O VALOR DA TENSÃO ADMISSÍVEL DO MATERIAL DO TUBO (Sh), OBTEREMOS A EXPRESSÃO DA ESPESSURA MÍNIMA (tm) QUE PRECISARÁ TER O TUBO PARA RESISTIR À PRESSÃO INTERNA:

$$t_m = \frac{P d_m}{2 Sh}$$

A FÓRMULA ACIMA É CONHECIDA COMO “FÓRMULA DE BARLOW”.

QUANDO A RELAÇÃO D/t ESTIVER COMPREENDIDA ENTRE 4 E 6, RECOMENDA-SE O EMPREGO DA FÓRMULA DE LAMÉ:

$$t = \frac{D}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{Sh - P}{Sh + P}} \right)$$

12.3 CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAREDE DE ACORDO COM A NORMA ANSI/ASME B.31

O “AMERICAN STANDARD CODE FOR PRESSURE PIPING” (ANSI/ASME B.31), ESTABELECE PARA O CÁLCULO DA ESPESSURA MÍNIMA DE TUBOS SUJEITOS À PRESSÃO INTERNA, AS SEGUINTE FÓRMULAS, EQUIVALENTES ENTRE SI E DERIVADAS DA FÓRMULA TEÓRICA VISTA ANTERIORMENTE:

$$t = \frac{PD}{2(Sh E + PY)} + C \quad \text{OU} \quad t = \frac{Pd}{2(Sh E + PY - P)} + C$$

ONDE:

P = PRESSÃO INTERNA DE PROJETO;

D = DIÂMETRO EXTERNO;

d = DIÂMETRO INTERNO;

Sh = TENSÃO ADMISSÍVEL DO MATERIAL NA TEMPERATURA DE PROJETO;

E = EFICIÊNCIA DE SOLDA, VÁLIDA PARA O CASO DOS TUBOS COM COSTURA; PARA OS TUBOS SEM COSTURA, E = 1,0. SENDO OS SEGUINTE OS VALORES DESSE COEFICIENTE DE ACORDO COM A NORMA ANSI/ASME B.31:



- TUBOS COM COSTURA POR SOLDA DE TOPO, TOTALMENTE RADIOGRAFADO: $E = 1,0$;
- TUBO COM COSTURA POR SOLDA DE TOPO, RADIOGRAFIA PARCIAL: $E = 0,90$;
- TUBO COM COSTURA POR SOLDA DE TOPO, SEM RADIOGRAFIA, SOLDA PELOS DOIS LADOS: $E = 0,85$;
- TUBO COM COSTURA POR SOLDA DE TOPO, SEM RADIOGRAFIA, SOLDA POR UM SÓ LADO: $E = 0,80$.

Y = COEFICIENTE DE REDUÇÃO DE ACORDO COM O MATERIAL E A TEMPERATURA DO TUBO. PARA TUBOS DE AÇO CARBONO E DE OUTROS AÇOS FERRÍTICOS, EM TEMPERATURAS ATÉ 485°C (900°F), TEMOS $Y = 0,4$, E PARA TUBOS DE FERRO FUNDIDO $Y = 0$.

C = SOMA DAS SOBRESPESSURAS DE CORROSÃO, EROSÃO E ABERTURA DE ROSCA E DE CHANFROS.

DEVE SER CONSIDERADO AINDA A TOLERÂNCIA DE VARIAÇÃO DE ESPESSURA DE PAREDE DEVIDO À FABRICAÇÃO DOS TUBOS. ESSA TOLERÂNCIA VARIA COM O MATERIAL, O PROCESSO DE FABRICAÇÃO E O FABRICANTE, PARA TUBOS DE AÇO SEM COSTURA ESSE VALOR É $\pm 12,5\%$ DA ESPESSURA NOMINAL. POR ESSA RAZÃO, A FÓRMULA FINAL PARA A ESPESSURA MÍNIMA NECESSÁRIA, INCLUINDO ESSA TOLERÂNCIA, SERÁ:

$$t_m = 1,143 t = 1,143 \left[\frac{PD}{2 (Sh E + PY)} + C \right]$$

PARA CALCULAR A TENSÃO MÁXIMA **S** QUE ESTÁ OCORRENDO EM UM TUBO DE ESPESSURA **t** QUANDO SUBMETIDO À PRESSÃO INTERNA **P**, EMPREGA-SE A SEGUINTE EXPRESSÃO DEDUZIDA DIRETAMENTE DA FÓRMULA ACIMA:

$$S = \frac{P [1,143 D + Y (2,286 C - 2 t)]}{2 E (t - 1,143 C)}$$



EXEMPLO NUMÉRICO 1.3:

VAMOS DIMENSIONAR A ESPESSURA MÍNIMA DE PAREDE DE UMA TUBULAÇÃO, PARA RESISTIR À PRESSÃO INTERNA. OS DADOS SÃO OS SEGUINTE:

- DIÂMETRO NOMINAL: 8", DIÂMETRO EXTERNO = 8,625";
- PRESSÃO DE PROJETO: P = 800 PSIG;
- TEMPERATURA DE PROJETO: T = 600°F;
- SOBREEPESURA PARA CORROSÃO: C = 0,05";
- MATERIAL: AÇO-CARBONO;
- TUBULAÇÃO REGIDA PELA NORMA ANSI/ASME B.31.3
- E = 1,0;
- Y = 0,4.

SOLUÇÃO:

VAMOS INICIALMENTE SUPOR O TUBO DE AÇO SEM COSTURA ASTM-A-53 Gr.A, CUJA TENSÃO ADMISSÍVEL NA TEMPERATURA DE PROJETO É:

$$Sh = 12.350 \text{ PSI (P/ T= 600°F)}$$

APLICANDO-SE A FÓRMULA:

$$t = \frac{PD}{2(Sh E + PY)} + C = \frac{800 \times 8,625}{2 (12350 \times 1,0 + 800 \times 0,4)} + 0,05 = 0,310''$$

CONSIDERANDO A TOLERÂNCIA DE FABRICAÇÃO DE 12,5% TEREMOS:

$$tm = 1,143 t = 1,143 \times 0,310 = 0,354''.$$

TEREMOS DE ADOTAR O TUBO SÉRIE 80 (ESPESSURA 0,500", PESO 43,4 Lb/PÉ), OU O TUBO SÉRIE 60 (ESPESSURA 0,406", PESO 35,6 Lb/PÉ).



13.0 BIBLIOGRAFIA

LIVRO: TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS - MATERIAIS, PROJETO E DESENHO
AUTOR: PEDRO CARLOS SILVA TELLES
EDITORA: LTC - 7ª EDIÇÃO ATUALIZADA - 1987.

LIVRO: TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS - CÁLCULO
AUTOR: PEDRO CARLOS SILVA TELLES
EDITORA: LTC - 7ª EDIÇÃO ATUALIZADA - 1987

LIVRO: TABELAS E GRÁFICOS PARA PROJETOS DE TUBULAÇÕES
AUTOR: PEDRO CARLOS SILVA TELLES e DARCY G. PAULA BARROS
EDITORA: LTC - 2ª EDIÇÃO ATUALIZADA - 1978.