



TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS

TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS

PROGRAMA E PLANO DE AULAS

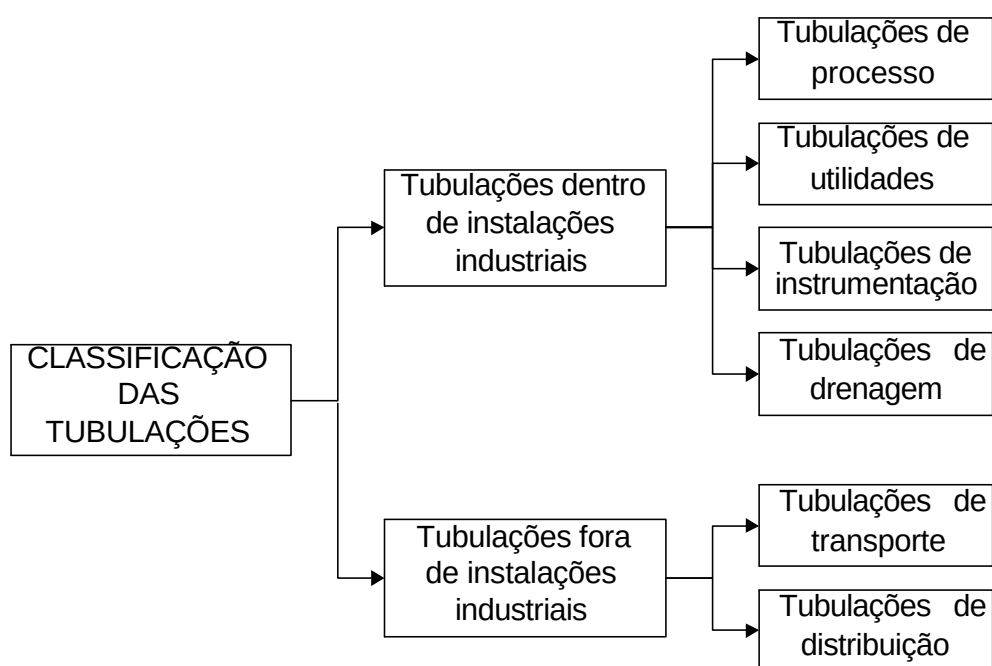
AULA	ASSUNTO	ATIVIDADE
1	Tubos e Tubulações - Definições Tubos: Materiais, Processos de Fabricação e Normalização Dimensional	Exposição Teórica
2	Meios de Ligação de Tubos, Conexões de Tubulações e Juntas de Expansão	Exposição Teórica
3	Válvulas	Exposição Teórica
4	Purgadores de Vapor, Separadores e Filtros Recomendações de Material para Serviços	Exposição Teórica
5	Aquecimento, Isolamento Térmico, Pintura e Proteção	Exposição Teórica
6	Disposição das Construções em uma Instalação Industrial Arranjo e Detalhamento de Tubulações	Exposição Teórica
7	Sistemas Especiais de Tubulação Suportes de Tubulação Montagem e Teste de Tubulações	Exposição Teórica Prática de Campo
8	Desenhos de Tubulações	Exposição Teórica
9	Desenho de Tubulações	Exercícios
10	Exercício de Avaliação	
11	A Tubulação Considerada como Elemento Estrutural Cálculo da Espessura de Parede de Tubos e do Vão Entre Suportes	Exposição Teórica
12	Dilatação Térmica e Flexibilidade de Tubulações Cálculo de Flexibilidade	Exposição Teórica
13	Cálculo de Flexibilidade	Exposição Teórica
14	Cálculo de Flexibilidade	Exercícios
15	Visita Técnica	Prática de Campo

TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS

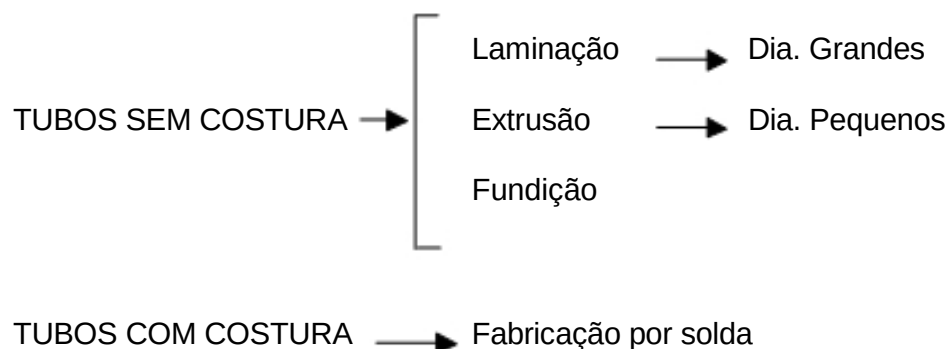
Definição: Conjunto de tubos e seus acessórios

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 70% do custo dos equipamentos ou 25% do custo total da instalação.

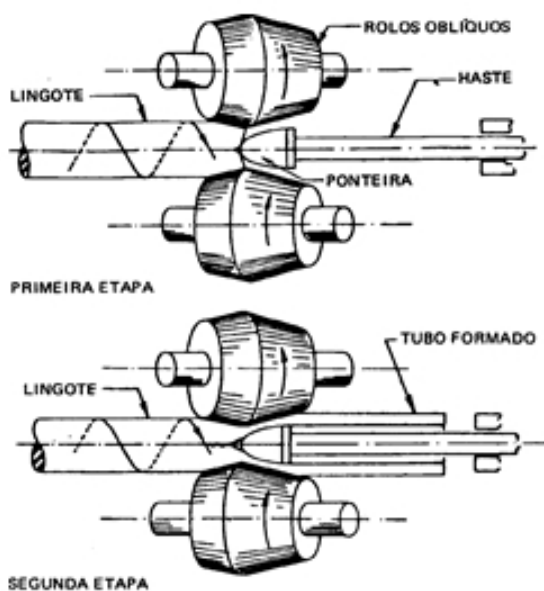


PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE TUBOS

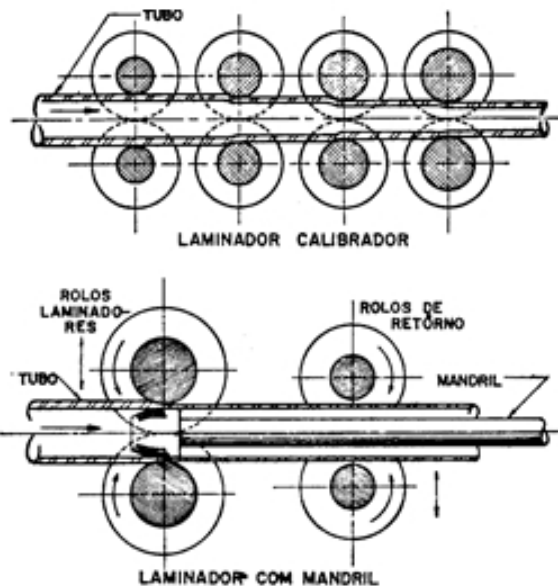


A QUALIDADE DO TUBO INDEPENDE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

FABRICAÇÃO POR LAMINAÇÃO

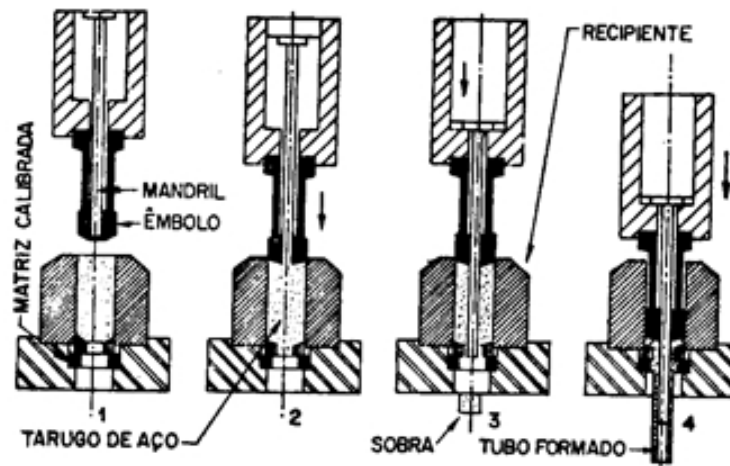


Laminador Oblíquo
(Mannesmann)



Laminadores de Acabamento

FABRICAÇÃO POR EXTRUSÃO

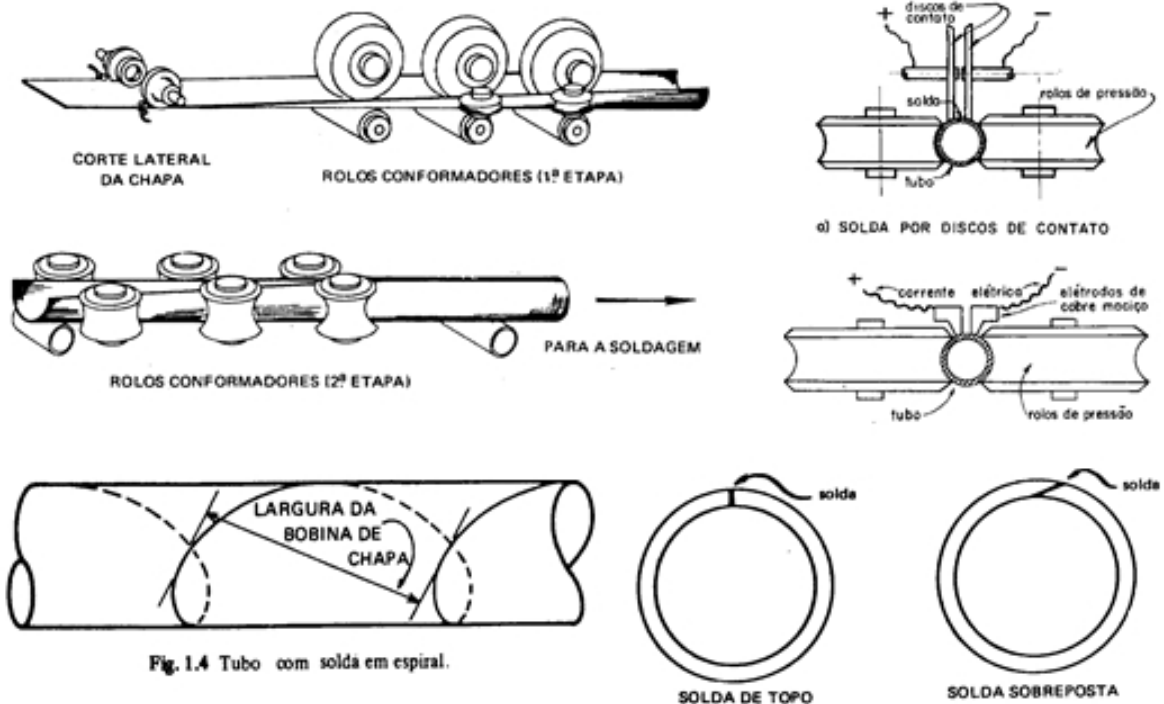


FABRICAÇÃO POR FUNDIÇÃO



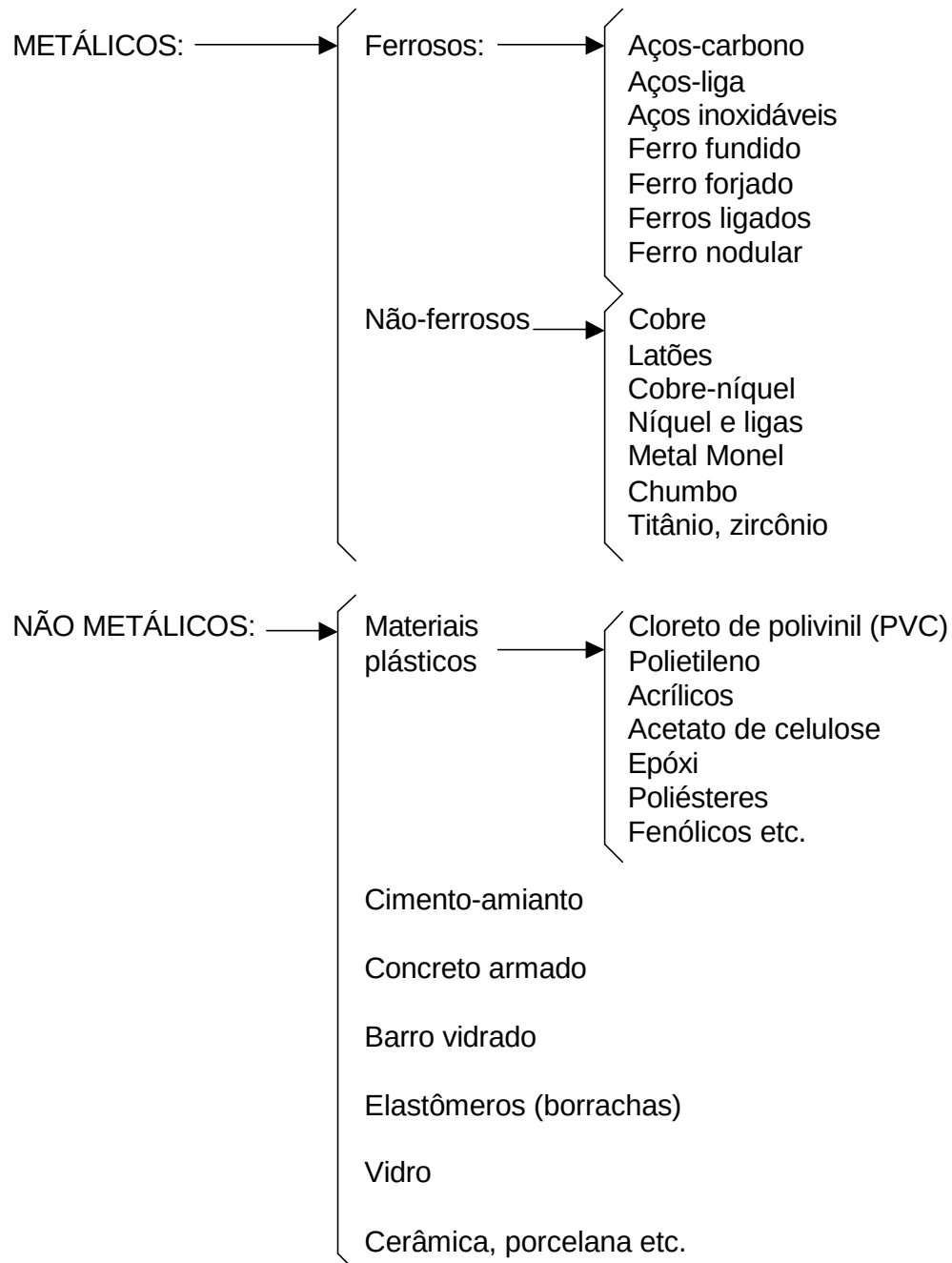
Ferro Fundido (Nodular)
Aços especiais não forjáveis
Concreto
Cimento-amianto
Barro-vidrado

FABRICAÇÃO DE TUBOS COM COSTURA



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; Choque s; 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.

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 seguintes pontos:

- Resistência à corrosão (sobreespessura de sacrifício).
- Maior ou menor dificuldade de solda
- Maior ou menor facilidade de conformação e de trabalho
- Necessidade ou não de alívio de tensões.

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

TUBOS DE AÇO-CARBONO (Chamados de uso geral)

BAIXO CUSTO

EXCELENTES QUALIDADES MECÂNICAS

FÁCIL DE SOLDAR E DE CONFORMAR

REPRESENTA

90% DOS TUBOS

DAS INDUSTRIAS

UTILIZADO PARA: Água doce, vapor, condensado, ar comprimido, óleo, gases e muitos outros fluidos pouco corrosivos.

LIMITES DE TRABALHO

PELA TEMPERATURA

450°C para serviço severo

480°C para serviço não severo

520°C máximo em picos

370°C começa deformação por fluência

530°C oxidação intensa (escamação)

-45°C torna-se quebradiço

EXISTEM ACOS-CARBONO ESPECIAIS PARA BAIXAS TEMPERATURAS COM MENOS CARBONO E MAIS MANGANÊS

PARA TEMPERATURAS ABAIXO DE 0°C E ACIMA DE 400°C É RECOMENDADO A UTILIZAÇÃO DE AÇO-CARBONO ACALMADO (1% de Si)

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

DE UM MODO GERAL O AÇO-CARBONO APRESENTA BAIXA RESISTÊNCIA À CORROSÃO (utiliza-se com revestimento ou joga-se com sobreespessura).

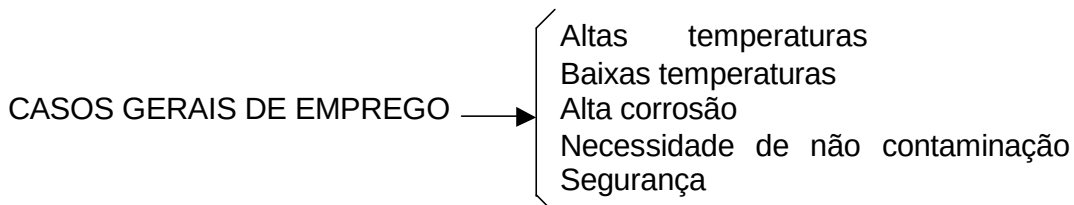
OS RESÍDUOS DE CORROSÃO DO AÇO-CARBONO NÃO SÃO TÓXICOS MAS PODEM AFETAR A COR E O GOSTO DO FLUIDO CONDUZIDO.

O AÇO-CARBONO É VIOLENTAMENTE ATACADO PELOS ÁCIDOS MINERAIS, PRINCIPALMENTE QUANDO DILUIDOS 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).

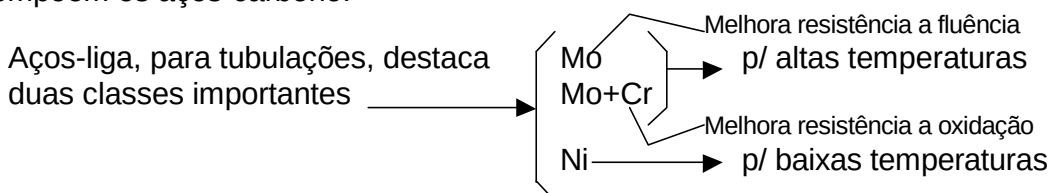
TUBOS DE AÇOS-LIGA E AÇOS INOXIDÁVEIS

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.

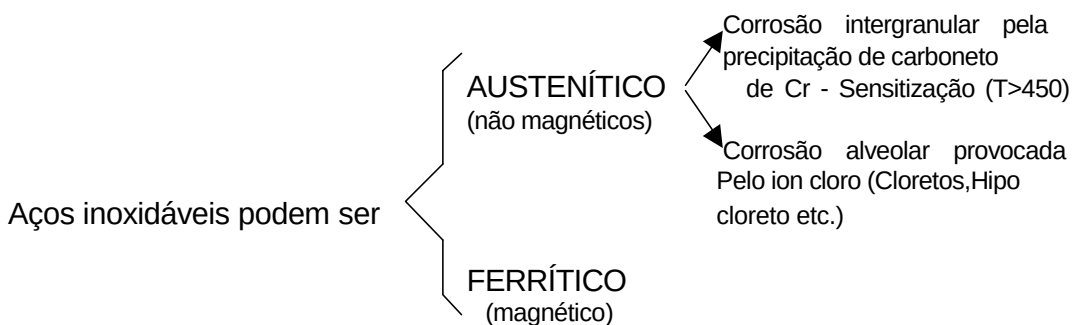


DEFINIÇÕES:

Aços-liga são todos os outros aços que contêm outros elementos, além dos que compõem os aços-carbono.



Aços inoxidáveis são os que contêm pelo menos 12% de Cr que lhes conferem a propriedade de não se enferrujarem mesmo em exposição prolongada em uma atmosfera normal.

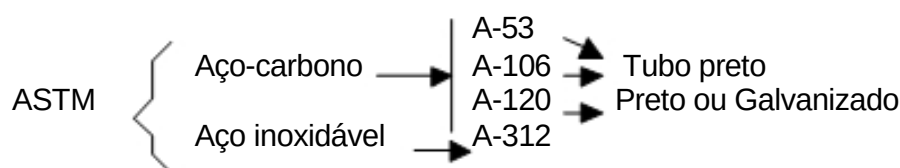


TIPOS DENOMINAÇÃO DO AISI	ESTRUTURA METALÚRGICA	ELEMENTOS DE LIGA (%)			LIMITES DE T (°C)	
		Cr	Ni	OUTROS	Máxima	Mínima
304	Austenítica	18	8		600	-255
304 L	Austenítica	18	8	C (max.): 0,03	400	sem limite
310	Austenítica	25	20		600	-195
316	Austenítica	16	10	Mo: 2	650	-195
321	Austenítica	17	9	Ti: 0,5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

ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAL PARA TUBOS DE AÇO

NÃO CONFUNDIR ESPECIFICAÇÃO COM NORMA DIMENSIONAL.

NO CASO DE TUBOS AS ESPECIFICAÇÕES MAIS COMUNS SÃO:



	C % (máx.)	Mn. %	Si % (mín.)	Ruptura (kg/mm²)	Escoamento (kg/mm²)
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

Tabela de Exemplo para o ASTM A-106

DIÂMETROS COMERCIAIS DOS TUBOS DE AÇO

Norma ANSI. B.36.10 —> Aço Carbono e Aço Liga

Norma ANSI. B.36.19 —> Aço Inoxidáveis

TODOS OS TUBOS SÃO DESIGNADOS POR UM NÚMERO CHAMADO “DIÂMETRO NOMINAL IPS” (Iron Pipe Size) ou “BITOLA NOMINAL”

Até 12” o Diâmetro Nominal não corresponde à nenhuma dimensão física do tubo; a partir de 14” o Diâmetro Nominal coincide com o diâmetro externo dos tubos.

NORMA DIMENSIONAL ABNT

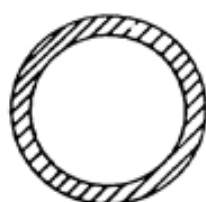
A ABNT ADOTOU A ANSI B.36 DESPREZANDO A POLEGADA DO DIÂMETRO NOMINAL USANDO O NÚMERO COMO DESIGNAÇÃO.

Para cada Diâmetro Nominal fabricam-se tubos com várias espessuras de parede, denominadas “séries” ou “schedule”.

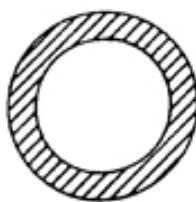
$$\text{Série} = \frac{1000 P}{S} \quad \text{onde:} \rightarrow \begin{cases} P = \text{Pressão interna de trabalho em psig} . \\ S = \text{Tensão admissível do material em psig} \end{cases}$$

TABELA DE DIMENSOES DE TUBOS - ANEXO 1/AULA1

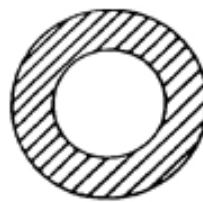
PARA CADA DIÂMETRO NOMINAL O DIÂMETRO EXTERNO É SEMPRE CONSTANTE, VARIANDO APENAS O DIÂMETRO INTERNO, QUE SERÁ TANTO MENOR QUANTO MAIOR FOR A ESPESSURA DE PAREDE DO TUBO.



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



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



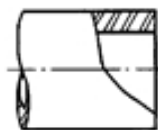
Série 160
DIA INT. = 0,815"
ESP = 0,250"

DIÂMETRO EXTERNO = 1,315"

SEÇÕES TRANSVERSAIS EM TUBOS DE 1" DE DIÂMETRO NOMINAL

NORMALIZAÇÃO DA 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"	10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160
(OS DIÂMETROS DE 1 1/4", 3 1/2" E 5" SÃO POUCO USADOS NA PRÁTICA)	(NÃO EXISTE DISPONÍVEL NO MERCADO TODAS AS ESPESSURAS PARA TODOS OS DIÂMETROS)

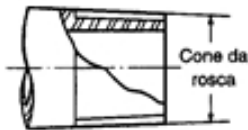
TIPOS DE PONTAS DE TUBOS



PONTA LISA



PONTA CHANFRADA



PONTA ROSQUEADA

TABELA DE DIMENSÕES DE ROSCAS - ANEXO 2/AULA1

DIMENSIONAMENTO DO DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

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

EXCEÇÕES →

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

O CÁLCULO É FEITO POR APROXIMAÇÕES SUCESSIVAS

CÁLCULO DO DIÂMETRO →

Função das velocidades de escoamento
ou
Das perdas de carga

TABELA DE VELOCIDADES ECONÔMICAS - ANEXO 3/AULA1

É PRECISO EVITAR VELOCIDADES ALTAS PORQUE PODE CAUSAR VIBRAÇÕES NA TUBULAÇÃO

GRANDEZAS CONHECIDAS
(Cálculo da perda de carga)

Vazão
Cota e pressão dos pontos extremos
Natureza do líquido (γ , ν , P_v)
Comprimento equivalente

1. QUANTO MAIOR A PERDA DE CARGA MAIOR A ENERGIA PERDIDA
2. PARA DIMINUIR A PERDA DE CARGA É PRECISO AUMENTAR O DIÂMETRO
3. RESULTA EM UM PROBLEMA ECONÔMICO

CALCULADO O DIÂMETRO EM FUNÇÃO DO ESCOAMENTO É PRECISO ADEQUAR O VALOR ENCONTRADO COM AS DIMENSÕES NORMALIZADAS PARA FABRICAÇÃO DE TUBOS.

CÁLCULO DA ESPESSURA DA PAREDE DO TUBO (Em função da pressão interna)

$$t_1 = \frac{PD}{2 S_h} ; \text{Onde} \rightarrow \begin{cases} t_1 = \text{Espessura da parede} \\ P = \text{Pressão interna} \\ D = \text{Diâmetro externo} \\ S_h = \text{Tensão admissível do material na temperatura de projeto} \end{cases}$$

SÓ PODE SER UTILIZADA SE O DIÂMETRO EXTERNO FOR MAIOR QUE 6 (seis) VEZES A ESPESSURA DA PAREDE

CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAREDE (Norma ANSI/ASME. B.31)

$$t = \frac{PD}{2 (S_h E + P Y) + C} \quad \text{ou} \quad t = \frac{P d}{2 (S_h E + P Y - P) + C}$$

Onde:

P = pressão interna de projeto.

D = diâmetro externo; d = diâmetro interno
S_h = tensão admissível do material na temperatura de projeto.

E = coeficiente de eficiência de solda:

E=1	Para tubos sem costura e tubos com costura por solda de topo, totalmente radiografada.
E=0,9	Para tubos com costura por solda de topo, radiografia parcial
E=0,85	Idem, sem radiografia, solda pelos dois lados.
E=0,8	Idem, Idem, solda por um só lado.

Y = coeficiente de redução de acordo com o material e a temperatura.

Y=0,4 Para tubos de aço carbono e outros aços ferríticos, em temperaturas de até 485 °C.

Y=0 Para tubos de ferro fundido.

C = soma das sobreesspessura para corrosão, erosão e abertura de roscas.

AS FÓRMULAS NÃO PODEM SER APLICADAS QUANDO $P/SE > 0,385$ E TAMBÉM QUANDO $t > D/6$

A SOBREESSPESSURA PARA CORROSÃO E EROSÃO SERÁ O PRODUTO DA TAXA ANUAL DE CORROSÃO PELO NÚMERO DE ANOS DA VIDA ÚTIL; PARA TUBULAÇÕES EM GERAL, TOMA-SE DE 10 A 15 ANOS DE VIDA ÚTIL.

NA FALTA DE DADOS, PARA O AÇO CARBONO E AÇOS DE BAIXA LIGA, CONSIDERA-SE:	1. 1,2 mm como valor mínimo para a sobreesspessura de corrosão
	2. 2,0 mm em serviços de média corrosão
	3. até 4,0 mm em serviços de alta corrosão

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
--

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 A 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.

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

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
- Coeficiente 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 ALCALIS DILUIDOS	NAO 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

FINALIDADES	- Revestimento anticorrosivo, ou para evitar a contaminação do fluido conduzido
	- Revestimento anti-abrasivos e anti-erosivos
	- Revestimentos refratários (isolamento térmico interno)
RAZÕES	- Custos
	- Resistência Mecânica
	- Possibilidade de Fabricação

PRINCIPAIS DIFICULDADES: MONTAGEM E SOLDAGEM

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 (cm²)	Área de secção de metal (cm²)	Superfície externa (m²/m)	Peso aprox. (kg/m)		Seção transversal		
							Tubo vazio (v. Nota 6)	Conteúdo de água (v. Nota 7)	Momento de inércia (cm⁴)	Momento resistente (cm³)	Raio de gição (cm)
1/4 -	10S Std.40,40S	1,65 2,23	10,4 9,2	0,85 0,67	0,82 0,81	0,043 ↓	0,49 0,82	0,085 0,087	0,110 0,138	0,169 0,202	0,430 0,413
13,7	XS.80,80S	3,02	7,7	0,46	1,01	0,054 ↓	0,79	0,046	0,157	0,229	0,353
3/8 -	10S Std.40,40S	1,65 2,31	13,8 12,5	1,50 1,23	0,81 1,08	0,054 ↓	0,83 0,84	0,150 0,123	0,236 0,304	0,285 0,354	0,551 0,531
17,1	XS.80,80S	3,20	10,7	0,91	1,40	0,071 ↓	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	0,87	0,98
-	XS.80,80S	3,73	13,8	1,51	2,08	0,071 ↓	1,62	0,15	0,84	0,78	0,84
160	160	4,75	11,8	1,10	2,47	0,071 ↓	1,94	0,11	0,92	0,86	0,81
21	XXS	7,47	6,4	0,32	3,52	0,083 ↓	2,55	0,03	1,01	0,95	0,96
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	0,083 ↓	2,19	0,28	1,68	1,40	0,82
160	160	5,54	15,6	1,91	3,68	0,083 ↓	2,88	0,19	2,19	1,65	0,77
27	XXS	7,82	11,0	0,95	4,63	0,105 ↓	3,63	0,10	2,41	1,81	0,72
1	Std.40,40S	2,87	26,6	5,57	3,19	0,105 ↓	2,50	0,56	2,64	2,16	1,07
-	XS.80,80S	4,55	24,3	4,04	4,12	0,105 ↓	3,23	0,46	4,40	2,83	1,03
180	180	6,35	20,7	3,37	5,39	0,105 ↓	4,23	0,34	5,21	3,12	0,98
33	XXS	9,09	15,2	1,82	6,94	0,132 ↓	5,44	0,18	5,85	3,50	0,92
11/4 -	Std.40,40S	3,66	36,0	9,85	4,32	0,132 ↓	3,38	0,90	8,11	3,85	1,37
-	XS.80,80S	4,65	32,5	8,28	5,68	0,132 ↓	4,46	0,83	10,06	4,77	1,33
160	160	6,35	29,4	6,82	7,14	0,132 ↓	5,60	0,68	11,82	5,61	1,29
42	XXS	9,70	22,7	4,07	9,90	0,151 ↓	7,76	0,41	14,19	6,74	1,20
1 1/2 -	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	0,151 ↓	5,40	1,14	16,27	6,75	1,54
160	160	7,14	33,9	9,07	9,22	0,151 ↓	7,23	0,91	20,10	8,33	1,48
48	XXS	10,16	27,9	6,13	12,2	0,196 ↓	9,53	0,61	23,64	9,80	1,39
2 -	Std.40,40S	3,91	52,5	21,7	6,93	0,196 ↓	5,44	2,17	27,72	9,20	2,00
-	XS.80,80S	5,54	49,2	19,0	9,53	0,196 ↓	7,47	1,90	36,13	11,88	1,95
160	160	8,71	42,9	14,4	14,1	0,196 ↓	11,08	1,44	48,41	16,05	1,85
60	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1	0,236 ↓	13,44	1,14	54,61	18,10	1,79
2 1/2 -	Std.40,40S	5,16	62,7	30,9	11,0	0,236 ↓	8,62	3,09	63,68	17,44	2,41
-	XS.80,80S	7,01	59,0	27,3	14,5	0,236 ↓	11,40	2,73	80,12	21,98	2,35
160	160	9,52	54,0	22,9	19,0	0,236 ↓	14,89	2,29	97,94	26,83	2,27
73	XXS	14,0	44,9	15,9	26,0	0,282 ↓	20,39	1,59	119,5	32,75	2,14
3 -	10S Std.40,40S	3,05 5,48	82,8 77,9	53,9 47,7	8,22 14,4	0,282 ↓	6,44 11,28	5,39 4,77	75,84 125,70	17,06 28,26	3,04 2,96
-	XS.80,80S	7,62	73,6	42,6	19,5	0,282 ↓	15,25	4,26	162,33	36,48	2,89
160	160	11,1	68,7	34,9	27,2	0,282 ↓	21,31	3,49	209,36	47,14	2,78
89	XXS	15,2	58,4	26,8	35,3	0,361 ↓	27,65	2,68	249,32	56,22	2,66
4 -	10S Std.40,40S	3,05 6,02	108,2 102,3	91,9 82,1	10,6 20,4	0,361 ↓	8,35 16,06	9,19 8,21	164,83 320,93	28,88 52,61	3,93 3,84
-	XS.80,80S	8,56	97,2	74,2	28,4	0,361 ↓	22,29	7,42	399,99	89,99	3,75
160	160	13,5	87,3	59,9	42,7	0,361 ↓	33,49	5,99	552,34	96,70	3,60
114	XXS	17,1	80,1	50,3	52,3	0,535 ↓	40,88	5,03	636,42	111,29	3,49
6 -	10S Std.40,40S	3,40 7,11	161,4 154,0	204,5 186,4	17,6 36,0	0,535 ↓	13,82 28,23	20,45 1,171,3	599,37 1,171,3	71,30 139,32	5,83 5,70
-	XS.80,80S	10,97	146,3	168,2	54,2	0,535 ↓	42,51	16,82	1,685,7	200,45	5,56
120	120	14,3	139,7	153,4	69,0	0,535 ↓	54,15	15,34	2,064,5	245,52	5,47
160	160	18,2	131,8	136,4	86,0	0,535 ↓	67,41	13,64	2,455,6	291,91	5,34
168	XXS	21,9	124,4	121,5	100,9	0,692 ↓	79,10	12,15	2,759,8	326,29	5,23
8 -	10S Std.40,40S	3,76 8,18	211,5 202,7	351,6 322,6	25,4 54,2	0,692 ↓	19,93 42,48	35,16 32,26	1,473,4 3,017,7	134,56 275,52	7,82 7,46
-	60	10,3	198,4	309,1	87,8	0,692 ↓	53,03	30,91	3,896,1	337,31	7,39
-	XS.80,80S	12,7	193,7	294,8	82,3	0,692 ↓	64,56	29,48	4,369,5	401,88	7,31
120	120	18,2	182,6	261,9	115,1	0,692 ↓	90,22	26,19	5,852,2	534,31	7,13
219	XXS	22,2	174,6	238,4	137,4	0,692 ↓	107,8	23,54	6,742,9	616,26	7,00
160	160	23,0	173,1	235,5	141,7	0,692 ↓	111,1	23,56	6,905,3	631,02	6,98

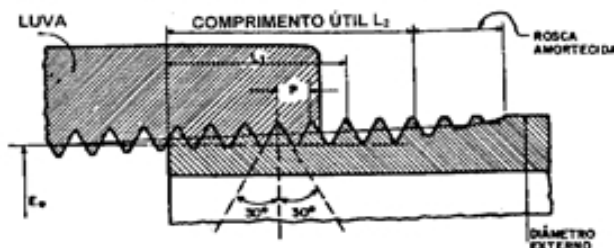
5. TUBOS DE AÇO - DIMENSÕES NORMALIZADAS (Continuação)

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 seção livre (cm²)	Área de seção de metal (cm²)	Superfície externa (m²/m)	Peso aprox. (kg/m)		Seção transversal		
							Tubo vazio (v. Nota 6)	Conteúdo de água (v. Nota 7)	Momento de inércia (cm⁴)	Momento resistente (cm³)	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	8,53
	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
	120	21,4	230,2	416,1	169,3		132,7	41,61	13.486	988,32	8,94
273	160	28,6	215,9	365,8	219,4		172,1	36,58	16.807	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	5.948,0	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	304,6	729,6	94,1		73,74	72,96	11.676	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	15.087	929,31	11,00
324	60	14,3	295,3	685,2	138,8		108,8	68,52	16.691	1.029,3	10,95
	80	17,4	288,9	655,5	169,0		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	1.850,5	10,59
	10	6,35	342,9	923,3	69,7	1,118	54,82	92,33	10.630	598,24	12,34
	Std, 30	9,52	336,5	889,7	100,5		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
356	XS	12,7	330,2	858,2	136,8		107,3	85,62	20.145	1.132,5	12,14
	60	15,1	326,5	832,3	161,2		126,3	83,23	23.392	1.316,1	12,04
	80	19,0	317,6	791,7	201,3		157,9	79,17	28.595	1.609,6	11,91
	100	23,8	308,0	745,2	248,4		194,5	74,52	34.339	1.930,7	11,78
	10	6,35	393,7	1.217,5	79,8	1,277	62,57	121,7	15.963	786,72	14,15
	Std, 30	9,52	387,3	1.178,1	118,8		83,12	117,8	23.392	1.152,2	14,05
406	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	48.168	2.370,0	13,64
	100	28,2	354,0	984,6	312,9		245,3	98,46	56.815	2.796,1	13,48
	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	1.458,5	15,82
457	XS	12,7	431,8	1.464,6	177,4		139,0	146,5	43.829	1.617,6	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		205,0	137,9	63.059	2.758,4	15,49
	80	23,8	409,6	1.317,5	323,8		254,1	131,7	76.337	3.340,3	15,34
	100	29,4	398,5	1.247,2	394,8		309,4	124,7	90.738	3.989,7	15,16
	10	6,35	495,3	1.929,6	100,1	1,597	78,46	192,7	31.509	1.240,7	17,73
508	Std, 20	9,52	488,9	1.877,5	149,2		116,9	187,7	46.388	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	469,7	1.711,1	315,5		247,6	171,1	93.543	3.699,2	17,25
	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
	80	30,9	547,7	2.355,0	562,6		440,9	235,5	236.302	7.752,5	20,50
610	100	38,9	531,8	2.219,5	697,5		540,7	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	133.809	3.507,5	26,67
	20	12,7	736,6	4.284,8	268,7		234,4	426,5	209.779	5.507,0	26,49
762	30	15,9	730,2	4.187,3	371,6		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.

6. ROSCAS PARA TUBOS

a) Rosca americana NPT (De acordo com a norma ANSI B.2.1)



$$E_0 = D - (0,05D + 1,1) P$$

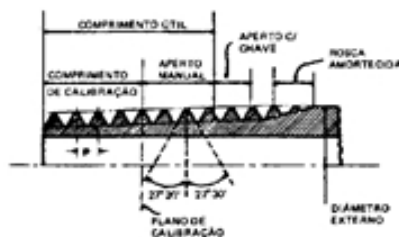
$$L_2 = (0,80 \times \text{Diâm. ext.} + 6,8) P$$

Altura do filete = 0,8 P
Conicidade da rosca: 1 : 16

Diâmetro nominal do tubo (pol.)	Diâmetro externo de tubo (pol.)	Número de fios por polegada	Passo P (pol.)	Altura do filete (pol.)	Diâmetro médio na ponta da rosca F_0 (pol.)	Comprimento de aperto manual L_1		Comprimento útil da rosca L_2	
						(pol.)	fios	(pol.)	fios
1/4	0,540	18	0,05556	0,04444	0,47739	0,228	4,10	0,4018	7,23
3/8	0,675	18	0,05556	0,04444	0,61201	0,240	4,32	0,4078	7,34
1/2	0,840	14	0,07143	0,05714	0,75843	0,320	4,48	0,5337	7,47
3/4	1,050	14	0,07143	0,05714	0,96768	0,339	4,75	0,5457	7,64
1	1,315	11 1/2	0,08696	0,06957	1,21363	0,400	4,60	0,6828	7,85
1 1/4	1,660	11 1/2	0,08696	0,06957	1,55713	0,420	4,83	0,7068	8,13
1 1/2	1,900	11 1/2	0,08696	0,06957	1,79609	0,420	4,83	0,7235	8,32
2	2,375	11 1/2	0,08696	0,06957	2,26902	0,436	5,01	0,7565	8,70
2 1/2	2,875	8	0,12500	0,10000	2,71953	0,682	5,46	1,1375	9,10
3	3,500	8	0,12500	0,10000	3,34062	0,766	6,13	1,2000	9,60
4	4,500	8	0,12500	0,10000	4,33438	0,844	6,75	1,3000	10,40

b) Rosca "Withworth" (De acordo com as normas PB-14, ISSO R-7 e DIN-259)

(Denominada "Rosca gás")



Conicidade da rosca: 1 : 16

Diâmetro nominal do tubo (pol.)	Número de fios por pol.	Passo P (mm)	Altura do filete (mm)	Diâmetro no plano de calibração (mm)		Comprimento de calibração (mm)		Comprimento útil da rosca (mm)		Comprimento de aperto manual		Comprimento de aperto com chave	
				Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	(mm)	fios	(mm)	fios
1/4	19	1,337	0,856	13,157	11,445	7,3	4,7	11,0	8,4	3,7	2 1/4	2,0	1 1/2
3/8	19	1,337	0,856	16,862	14,950	7,7	5,1	11,4	8,8	3,7	2 1/4	2,0	1 1/2
1/2	14	1,814	1,162	20,955	18,631	10,0	6,4	15,0	11,4	5,0	2 1/4	2,7	1 1/2
3/4	14	1,814	1,162	26,441	24,117	11,3	7,7	16,3	12,7	5,0	2 1/4	2,7	1 1/2
1	11	2,309	1,479	33,249	30,291	12,7	8,1	19,1	14,5	6,4	2 1/4	3,5	1 1/2
1 1/4	11	2,309	1,479	41,910	38,962	15,0	10,4	21,4	16,8	6,4	2 1/4	3,5	1 1/2
1 1/2	11	2,309	1,479	47,803	44,845	15,0	10,4	21,4	16,8	6,4	2 1/4	3,5	1 1/2
2	11	2,309	1,479	59,614	56,656	18,2	13,6	25,7	21,1	7,5	3 1/4	4,6	2
2 1/2	11	2,309	1,479	75,184	72,226	21,0	14,0	30,2	23,2	9,2	4	5,8	2 1/2
3	11	2,309	1,479	87,884	84,926	24,1	17,1	33,3	26,3	9,2	4	5,8	2 1/2
4	11	2,309	1,479	113,030	110,072	28,9	21,9	39,3	32,3	10,4	4 1/4	6,9	3

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 60 a 100

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