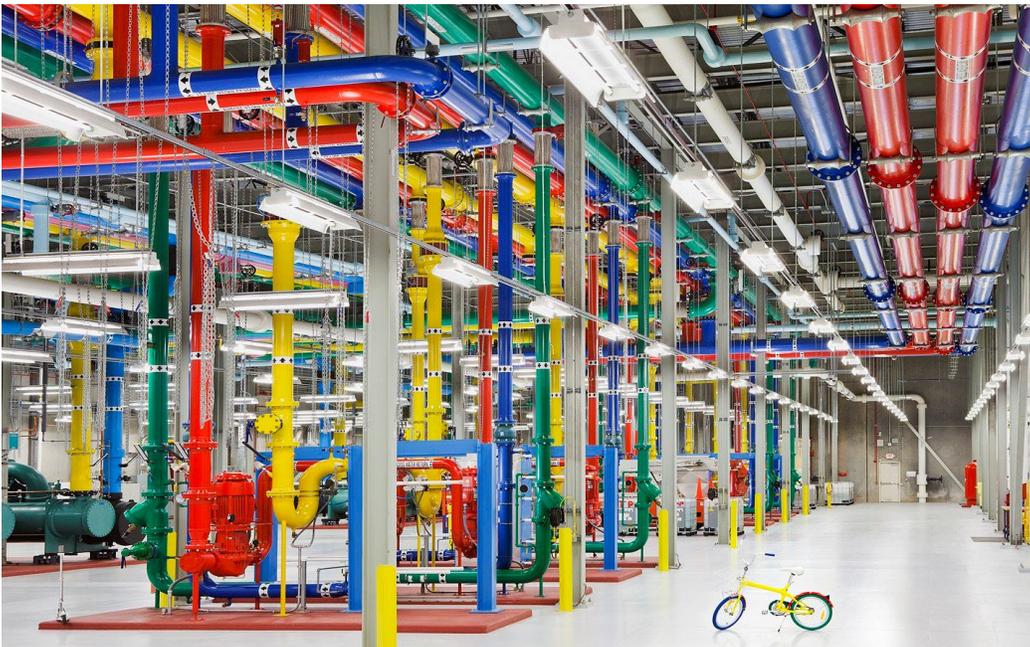


## AULA 1

### 1. Introdução



### Definições

**Tubos:** São condutos fechados, destinados principalmente ao transporte de fluidos. Por definição, todos os tubos têm seção circular, apresentando-se como cilindros ocos.

**Tubulação:** É o conjunto de tubos e de seus diversos acessórios.

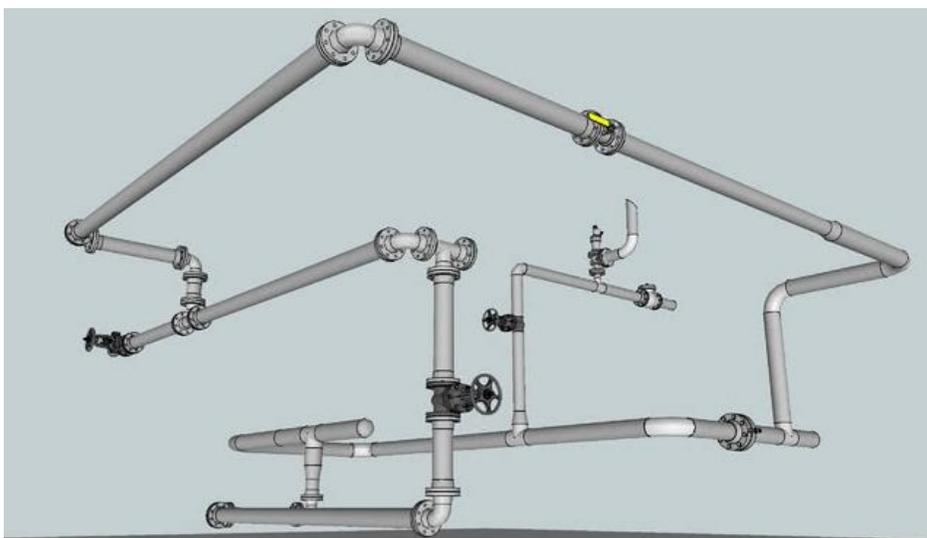
### Histórico:

O emprego de tubulações pelo homem antecede provavelmente a história escrita. Foram descobertos vestígios e/ou redes completas de tubulações nas ruínas da Babilônia, da China antiga, de Pompéia e em muitas outras civilizações.

Os primeiros tubos metálicos foram feitos de chumbo, séculos antes da Era Cristã. Pelo século XVII começaram a aparecer os tubos de ferro fundido para água, havendo tubulações desse tempo ainda em funcionamento como, e.g., as instalações para as fontes dos jardins do Palácio de Versailles, na França.

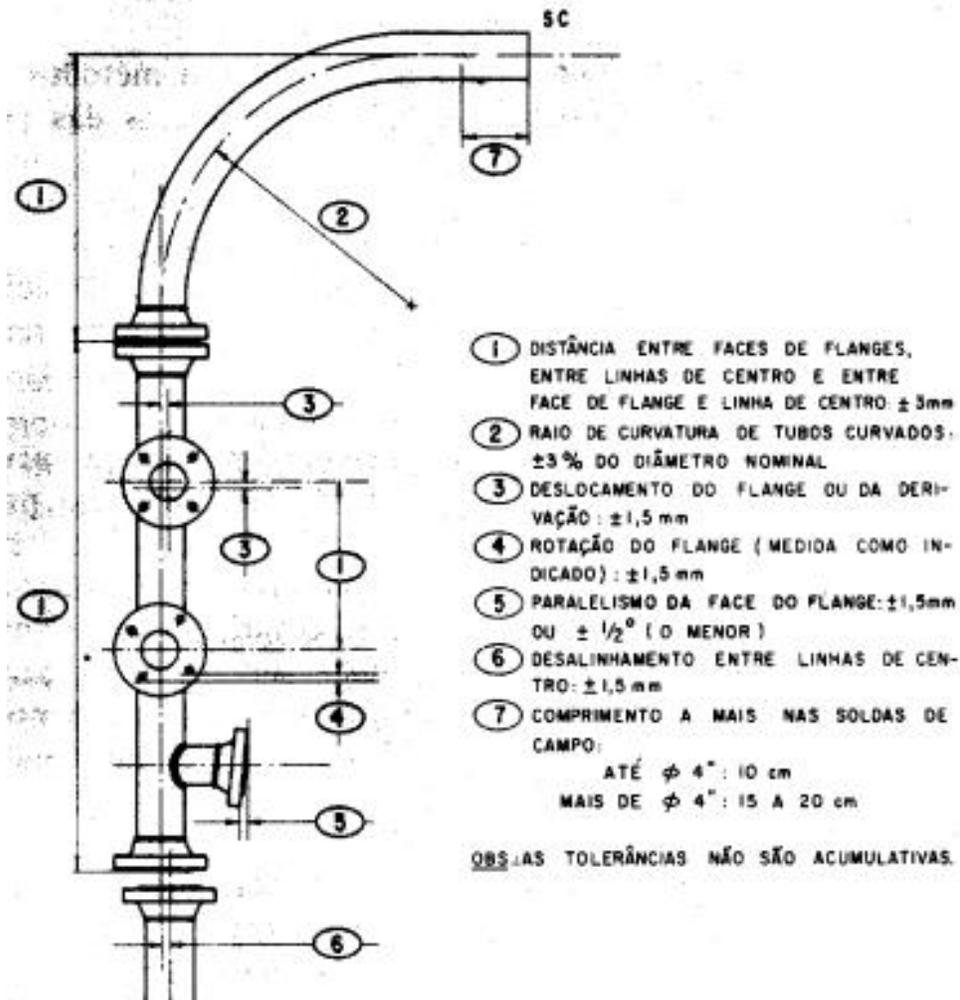
Os tubos de aço, que hoje dominam quase todos os campos de aplicação industrial, são de desenvolvimento relativamente recente, datando de 1825 o primeiro tubo de aço, fabricado na Inglaterra. Só em 1886, com a primeira patente dos irmãos Mannesmann, patente do “laminador oblíquo”, foi possível produzir economicamente tubos de aço sem costura.

*Tubulação industrial é a especialidade da Eng<sup>a</sup> Mecânica que se preocupa com os problemas relacionados às interconexões em um sistema com emprego de componentes (acessórios) de tubulação, quer seja com fins de transferência, quer seja distribuição de massa, energia térmica ou pressão, com finalidades pré-determinadas.*



(Desenho)





(Montagem)

Em um projeto de tubulações industriais, principais cálculos necessários são:

- Dimensionamento do diâmetro de cada tubulação;
- Cálculo da espessura de parede dos tubos;
- Cálculo dos vãos máximos entre suportes;
- Cálculo de flexibilidade, que consiste em verificar se cada trecho das tubulações é capaz de absorver, por meio de flexões e torções nos seus diversos lados, o efeito combinado das dilatações e/ou contrações térmicas, bem como dos possíveis movimentos dos pontos extremos da tubulação.
- Cálculo de pesos, forças de atrito, esforços de ancoragem, reações das juntas de expansão, e demais cargas que a rede de tubulações esteja fazendo ou possa fazer sobre cada suporte.

Apresentação da disciplina, veja a ficha 2.

## Capítulo 2. Conceitos básicos

### 2.1 Documentação técnica

Organização de equipes de projeto:

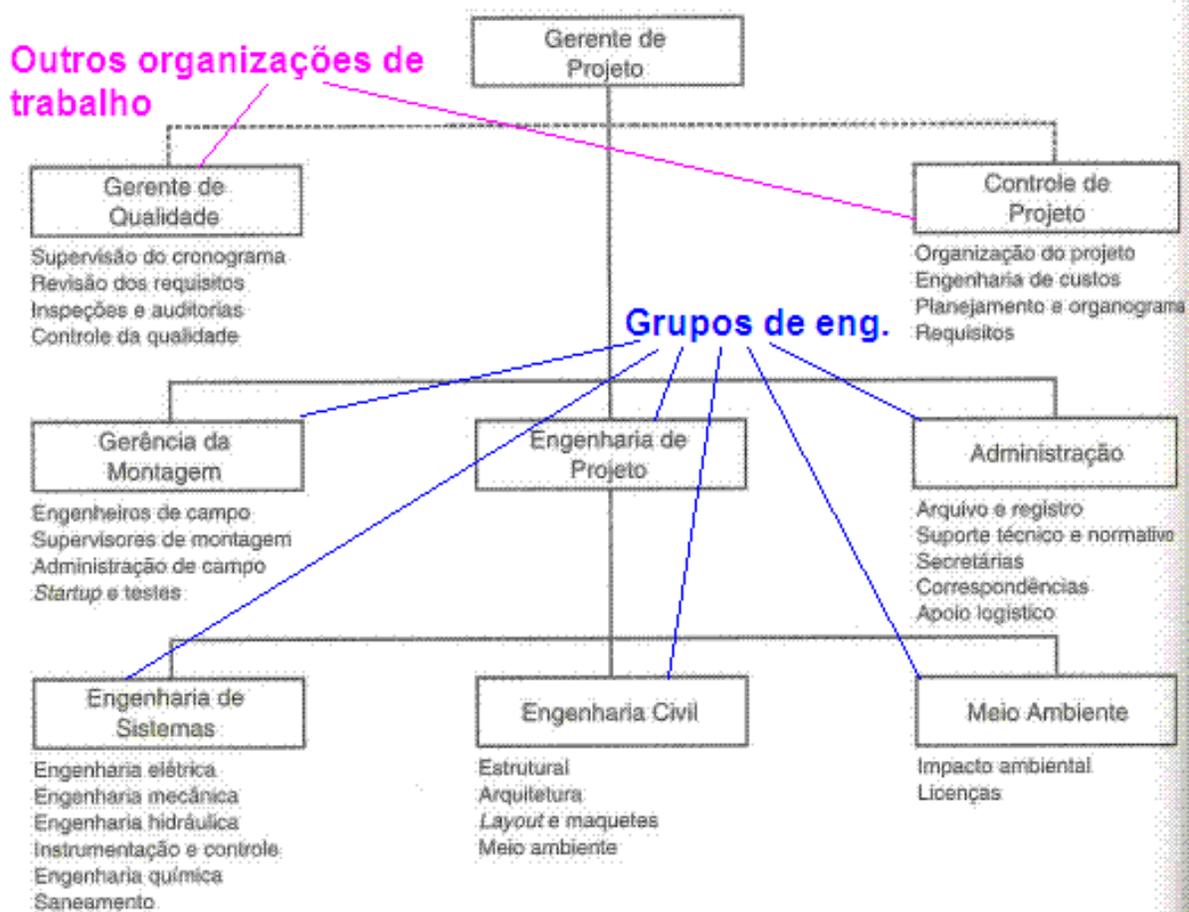


Figura 2-1 Típica organização de equipe de projeto. As linhas cheias indicam relações de interação entre os grupos de engenharia, e as pontilhadas, as relações da equipe com outras organizações de trabalho.

Os engenheiros de tubulações são responsáveis por diversas tarefas como:

- *Plantas de tubulação;*
- ***Análise de tensões de na tubulação;***
- *Especificação de suportes;*
- *Especificação de reforços;*
- *Coordenação de montagem no campo.*

**Documentos típicos:**

<b>A serem recebidos:</b>	<b>A serem gerados:</b>
Diagramas de fluxo	Plantas de suportes e restrições (flexibilidade)
Índice de linhas	Esforços sobre os suportes
Layout de tubulação	Esforços sobre equipamentos
Especificações técnicas	Isométrico das restrições (flexibilidade)
Especificações de materiais	Memoriais de análise de tensões
Plantas estruturais e de arranjo geral	Relação dos suportes de mola
Plantas de tubulação e instrumentação	
Características técnicas detalhadas dos equipamentos a serem conectados (incluindo desenhos e esforços admissíveis em bocais)	
Memorial descritivo do sistema	
Isométricos de fabricação	
Relatórios de mudanças em campo	

**Documentos importantes:**

- (i) **Diagramas de fluxo (DF):** provê a chave para a compreensão e visualização de cada sistema e são usualmente os desenhos iniciais do projeto da tubulação. Eles *Estão a ênfase nas relações esquemáticas* entre tubos, instrumentos e equipamentos dentro do processo. *Cada linha* de tubulação indica no DF é usualmente *identificada por um único número de linha*.

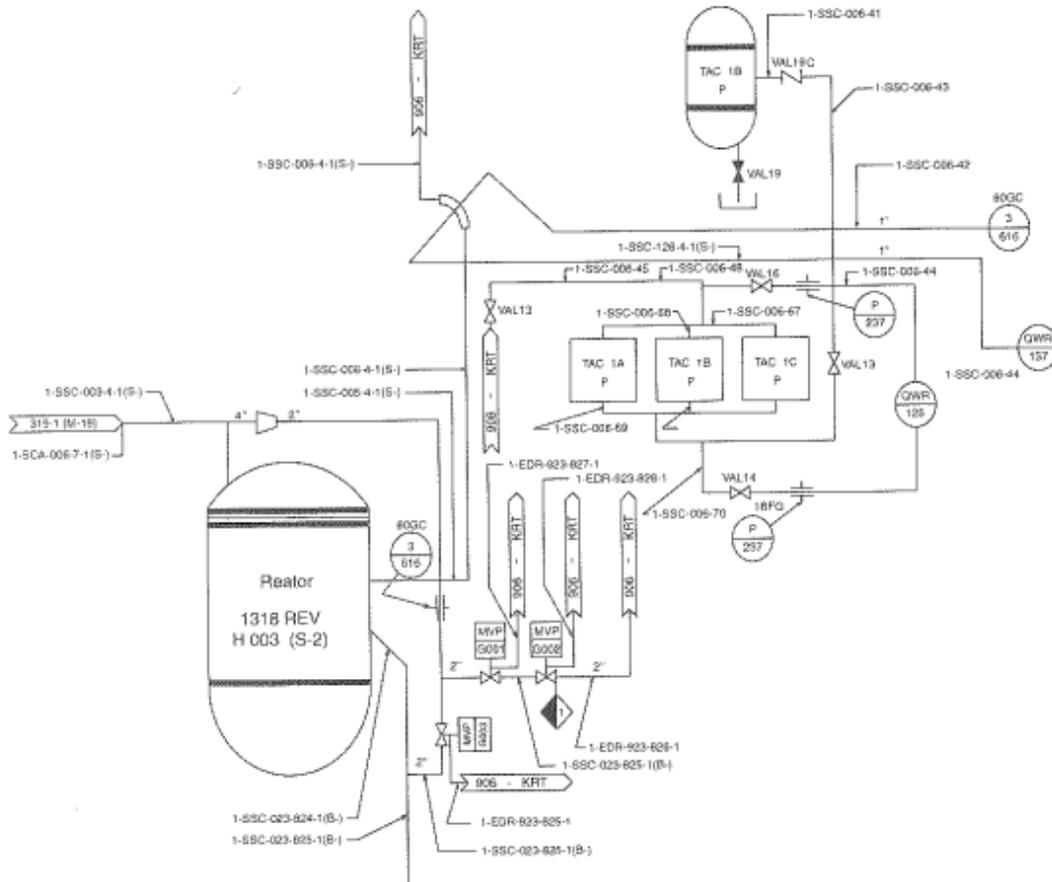


Figura 2-2 Exemplo de diagrama de fluxo.

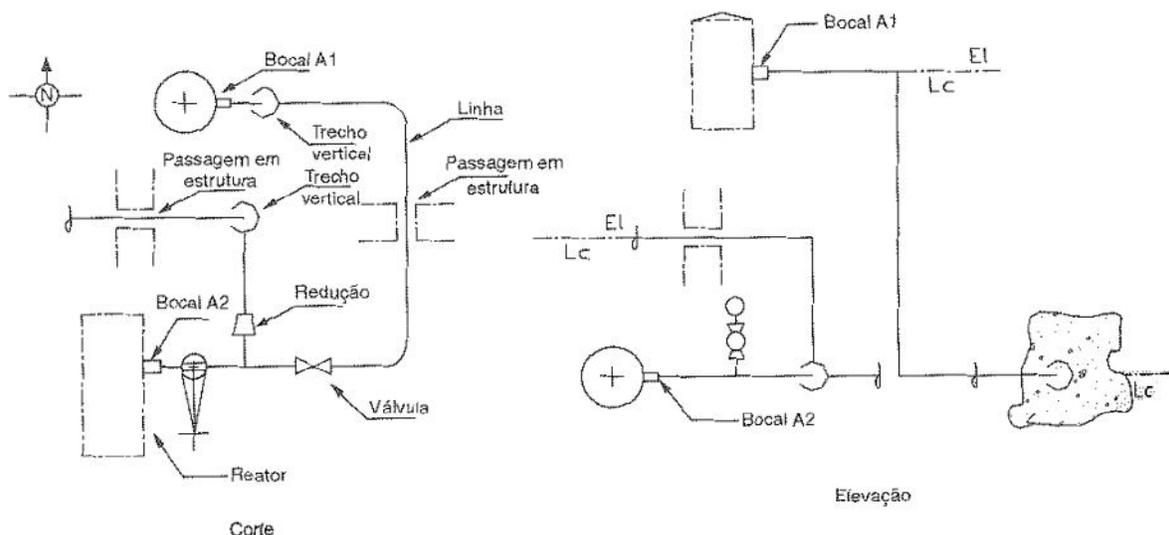
(ii) Índice de linha (ou válvulas):

Os parâmetros de uma linha são tais como diâmetro, material espessura de parede, temperatura, pressão, classe de segurança, isolamento, norma aplicada, sistema ao qual pertence ou tipo de serviço etc.

Tabela 2-1 Exemplo simplificado de índice de linhas

UPV - UNIDADE PRINCIPAL DE VAPOR					Página:		Data:	
ÍNDICE DE LINHAS					1			
Nº Linha	Diâmetro Nominal (in)	Diâmetro Real (mm)	Sch	Farede (mm)	Operação		Projeto	
					Pressão (kPa)	Temperatura (°C)	Pressão (kPa)	Temperatura (°C)
1RED-002-365	2	60,3	80	4,9	105	100	345	150
1RED-125-118-4	1,25	42,2	40	3,6	70	20	70	40
1RED-750-112-4	0,75	26,7	40	2,9	105	100	8620	305
1RED-750-114-4	0,75	26,7	40	2,9	105	100	8620	365
1UPV-001-111-1	1	33,4	80	4,5	7050	290	8620	305
1SCI-006-006-1	6	168,3	86	11,0	8316	60	10515	305
1UFV-061-112-1	1	33,4	80	4,5	7050	290	8620	305

- (iii) **Layout de tubulação:** é o trajeto real das linhas.
- (iv) **Plantas de tubulação:** é o principal documento de referência usado pelo grupo de projeto de tubulação. Essas plantas usualmente mostram vistas em corte (vista superior) e elevação (vista horizontal) . Em plantas, a tubulação é usualmente mostrada como uma linha sólida, e seus componentes, tais como válvulas, flanges e reduções, representados por símbolos convenientes. Também as plantas de tubulação indicam a posição e identificação do tipo dos suportes das linhas.



**Figura 2-3** Exemplo simplificado de uma vista em corte (acima à esquerda) e de uma vista em elevação (acima à direita).

- (v) **Isométricos de linhas:** são representações tridimensionais das linhas representadas em duas dimensões nas plantas. Normalmente Isométrico são utilizados para propósitos de montagem e de análise de tensões como estudo da flexibilidade da tubulação.

## 2.2 Normas e Standards

Por necessidade, a estandardização reduz o custo, a inconveniência e a confusão que resultam das desnecessárias e indesejáveis diferenças entre sistemas, equipamentos, materiais e procedimentos. De um modo geral, as definições a seguir são normalmente aceitas:

**Norma (Code):** Um grupo de standards sistemáticos ou regulamentos de caráter geral para projeto, material, fabricação, instalação e inspeção preparado de tal maneira que pode ser adotado por um organismo governamental com caráter legal.

**Standards:** Documentos preparados por um grupo profissional tendo exigências aceitas como adequadas e próprias para a prática de engenharia, as quais são adotadas como requisitos obrigatórios.

**Práticas Recomendadas (Recommended Practices):** Documentos preparados por um grupo profissional indicando práticas de engenharia adequadas, mas de caráter opcional.

**Diretrizes e Roteiros (Guidelines and Guides):** Documentos de agências, organizações e comitês enumerando vários métodos de engenharia considerados práticas adequadas, sem qualquer recomendação específica ou exigência.

### **Instituições de Normalização e Regulamentação**

Cada país possui uma instituição ou instituições que tem como encargo promover as padronizações internas. Existe uma organização de universalização de padrões, a **ISO – International Standards Organization**, instituição esta que publica recomendações e normas, tendo participação de todos os países interessados no assunto. O Brasil é representado pela ABNT.

*A norma mais utilizada para as tubulações encontradas nas refinarias de petróleo, plantas químicas e petroquímicas, indústria farmacêutica, têxtil, papel e celulose etc. é **ASME B31.3 (Process Piping)**, que faz modificações e alterações cada dois anos (a última versão é de 2016).*

Tabela 1 – Instituições de Normalização e Regulamentação

SIGLA	INSTITUIÇÃO	PAÍS
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	Brasil
CNP	Conselho Nacional do Petróleo	Brasil
IBP	Instituto Brasileiro do Petróleo	Brasil
ABCP	Associação Brasileira de Celulose e Papel	Brasil
CREA	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia	Brasil
ANSI	American National Standards Institute	EUA
ASME	The American Society of Mechanical Engineers	EUA
AISI	American Iron and Steel Institute	EUA
ASTM	American Society for Testing and Materials	EUA
AWS	American Welding Society	EUA
AWWA	American Water Works Association	EUA
API	American Petroleum Institute	EUA
AAR	Association of American Railroads	EUA
ISA	Instrument Society of America	EUA
MSS	Manufactures Santandardization Society of the Valves and Fitings Industry	EUA
NFPA	National Fire Protection Association	EUA
TEMA	Tubular Exchanger Manufactures Association	EUA
FS	Federal Specification: Superintendent of Documents	EUA
DIN	Deutsches Institut Für Normung	Alemanha
BSI	British Standards Institution	Inglaterra
AFNOR	Association Française de Normalisation	França
UNI	Ente Nazionale Italiano de Unificazione	Itália
NBN	Institute Belge de Normalization	Bélgica
JIS	Japonese Industrial Standards	Japão
MITI	Ministry of International Trade and Industry	Japão
GOST	Gosudarstvenny j Komitet Standartov	URSS

### 2.3 Influência dos fluidos transportados

As características dos fluidos transportados através da tubulação influenciam o projeto de tubulações de vários modos: através da temperatura, pressão, fase (líquido, gasoso, etc.), toxicidade, potencial corrosivo, etc.

*No transcorrer do projeto, sempre se adotam as situações mais críticas como condições de projeto.* A norma ASME B31.3 afirma que a pressão a ser considerada como a pressão de projeto deverá ser a pressão resultante da condição simultânea dos valores máximos previstos de pressão interna, externa e temperatura.

### 2.4 Classificação dos sistemas

*Com relação à temperatura,* sistemas de tubulação são normalmente classificados, em três categorias:

- (i) linhas quentes (hot lines), categoria que compreende todas as linhas que têm temperatura de projeto acima de 66°C (150°F);

## **Disciplina: CALCULO DE TENSÕES EM SISTEMAS DE TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS**

---

- (ii) linhas frias (cold lines), categoria que compreende todas as linhas que têm temperatura de projeto entre  $-40^{\circ}\text{C}$  ( $-40^{\circ}\text{F}$ ) e  $66^{\circ}\text{C}$  ( $150^{\circ}\text{F}$ );
- (iii) linhas criogênicas (cryogenic lines), categoria que compreende todas as linhas que têm temperatura de projeto abaixo de  $-40^{\circ}\text{C}$  ( $-40^{\circ}\text{F}$ ).

Com relação ao diâmetro, os sistemas de tubulações são também classificados em três categorias:

- (i) linhas de pequeno diâmetro (small bore); compreendidas pelas linhas montadas com tubos de diâmetro nominal igual ou inferior a 2 polegadas;
- (ii) linhas de médio diâmetro (middle bore), compreendidas pelas linhas montadas com tubos de diâmetro nominal superior a 2 polegadas e menor que 8 polegadas;
- (iii) linhas de grande diâmetro (large bore), compreendidas pelas linhas montadas com tubos de diâmetro nominal igual ou superior a 8 polegadas.