

# CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DE DUTOS TERRESTRES

**PUC - RJ – 2024**

**1ª parte**

**João Carlos de Freitas  
Carlos A. C. Manzano**

# Introdução:

Neste curso conheceremos as diversas atividades que devem ser realizadas na construção e montagem de dutos terrestres, com importância decisiva para que os dutos possam ser utilizados dentro das características construtivas idealizadas em projeto, atendendo aos requisitos legais e normativos, sendo seguros e econômicos em sua operação, durante todo o tempo previsto para a sua vida útil.

# Introdução: Referências:

- ASME B 31.4 – Pipeline transportation systems for liquid hydrocarbons and other liquids;
- ASME B 31.8 – Gas transmission and Distribution Piping Systems;
- **PETROBRAS N-464, revisão K – Construção, Montagem e Condicionamento de Duto Terrestre;**
- ABNT NBR 12712 - Gasodutos
- NBR 15280-1 – Projeto;
- NBR 15280-2 – Construção e Montagem
- Engenharia de Dutos / organização José Luiz de França Freire, Rio de Janeiro – ABCM, 2009.

# Introdução: Breve Histórico

## RÁPIDA HISTÓRIA SOBRE DUTOS

Os primeiros poços comercialmente bem sucedidos nos EUA foram instalados na Pensilvânia, em 1859. Sua profundidade era de aproximadamente 20 m, sendo produzidos 20 barris/dia de óleo cru.



**Primeiro poço nos EUA**

# Introdução: Breve Histórico

Nos poços na Pensilvânia, 1859, o óleo era transportado dentro de barris, em carruagens e depois pelos rios, sendo conduzidos por rebocadores e barcos.

- Perigoso;
- Sujeito ao roubo e a danos ambientais;
- Sujeito as interrupções pelo clima, disputas e greves dos transportadores.



Fonte 'History of Standard Oil Company', I M Tarbell, <http://www.history.rochester.edu/>

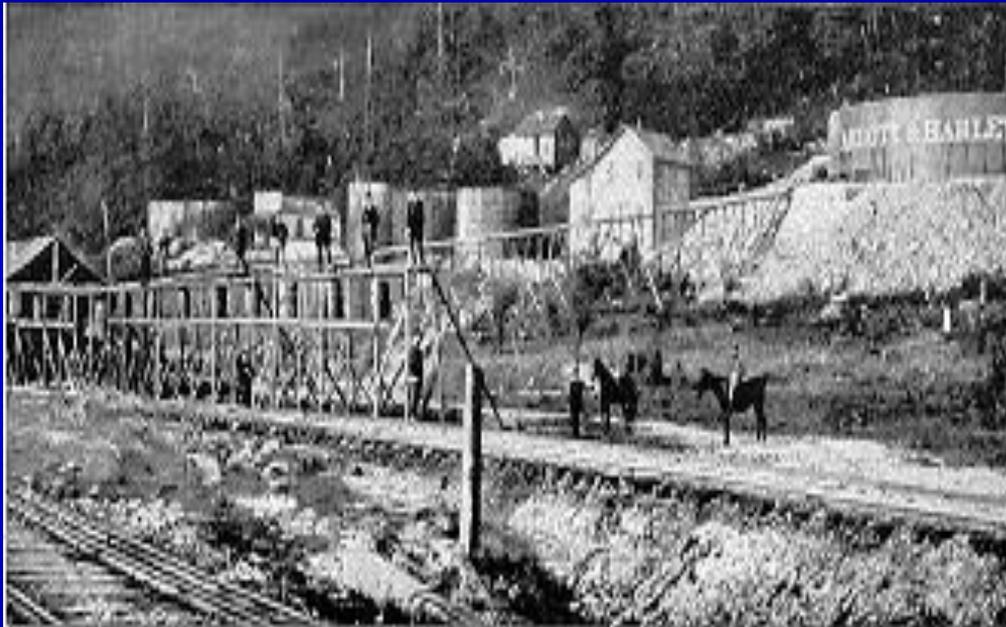
# Introdução: Breve Histórico

Para contornar os problemas relacionados anteriormente, foi introduzido transporte por trem. O transporte passa então a ser controlado pelos donos das ferrovias e condutores de trem.

Em 1879, um oleoduto de 6” e 174 km, foi construído na Pensilvânia. Doze anos depois foi construído o primeiro duto de alta pressão reduzindo o custo para transporte do óleo, de \$3 para \$1 por milha.

Em 1920 foi utilizada a soldagem para a união dos dutos, anteriormente roscados, permitindo a construção de dutos de grandes diâmetros, alta pressão e sem vazamentos. Dutos para longas distâncias foram pioneiros nos EUA devido às demandas da Segunda Grande Guerra.

# Introdução: Breve Histórico

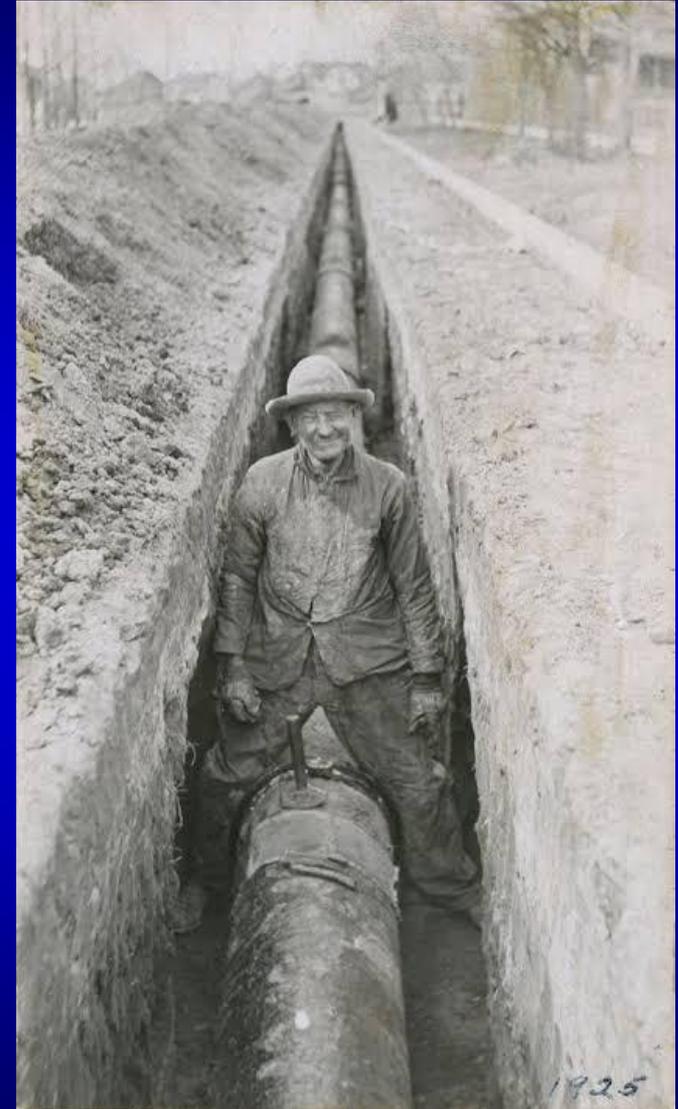


RAILROAD TERMINAL OF AN EARLY PIPE LINE

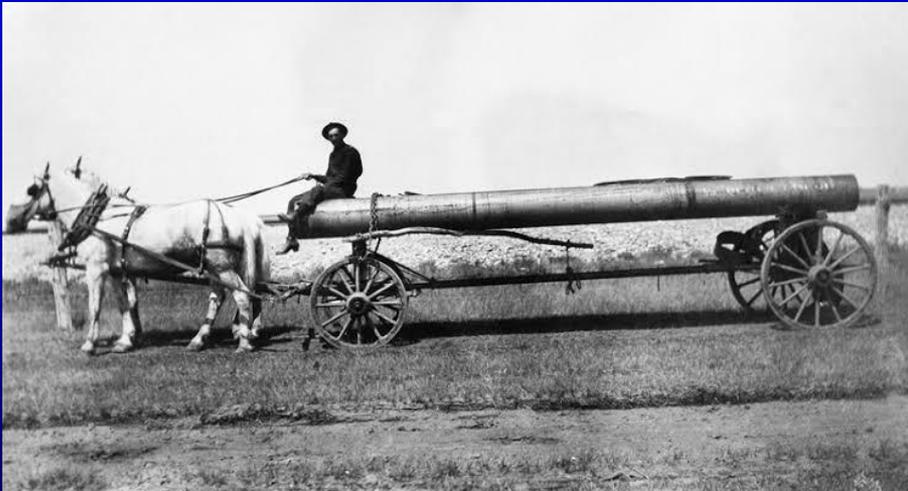


WOODEN CAR TANKS

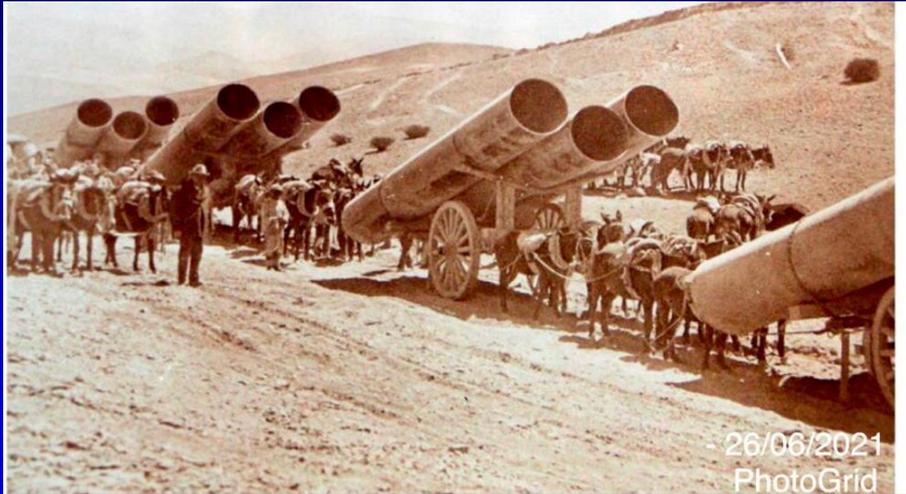
# Introdução: Breve Histórico



# Introdução: Breve Histórico



# Introdução: Breve Histórico



# CARACTERÍSTICAS GERAIS

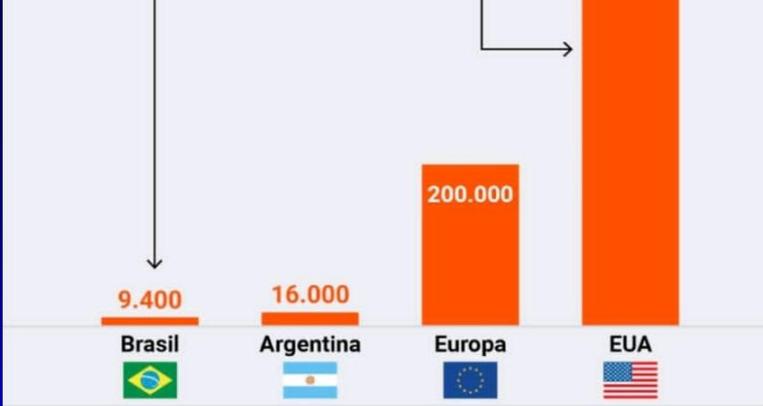
- Semelhança com uma “**linha de montagem**” fabril, quando comparada com a indústria automobilística;
- Obra “**horizontal**” que produz a necessidade de deslocamento de grandes efetivos de pessoal e equipamentos, em locais muitas vezes de acesso difícil;
- Busca-se obter a **máxima produtividade** das equipes,, motivo pelo qual é essencial para o seu sucesso a existência de um bom Plano Logístico e um Sistema de Gestão.

# Exemplo de C & M de duto/Old School



# Exemplo de C & M de duto





metros de gasodutos por km²



fonte: IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis)

metros de gasodutos por km²

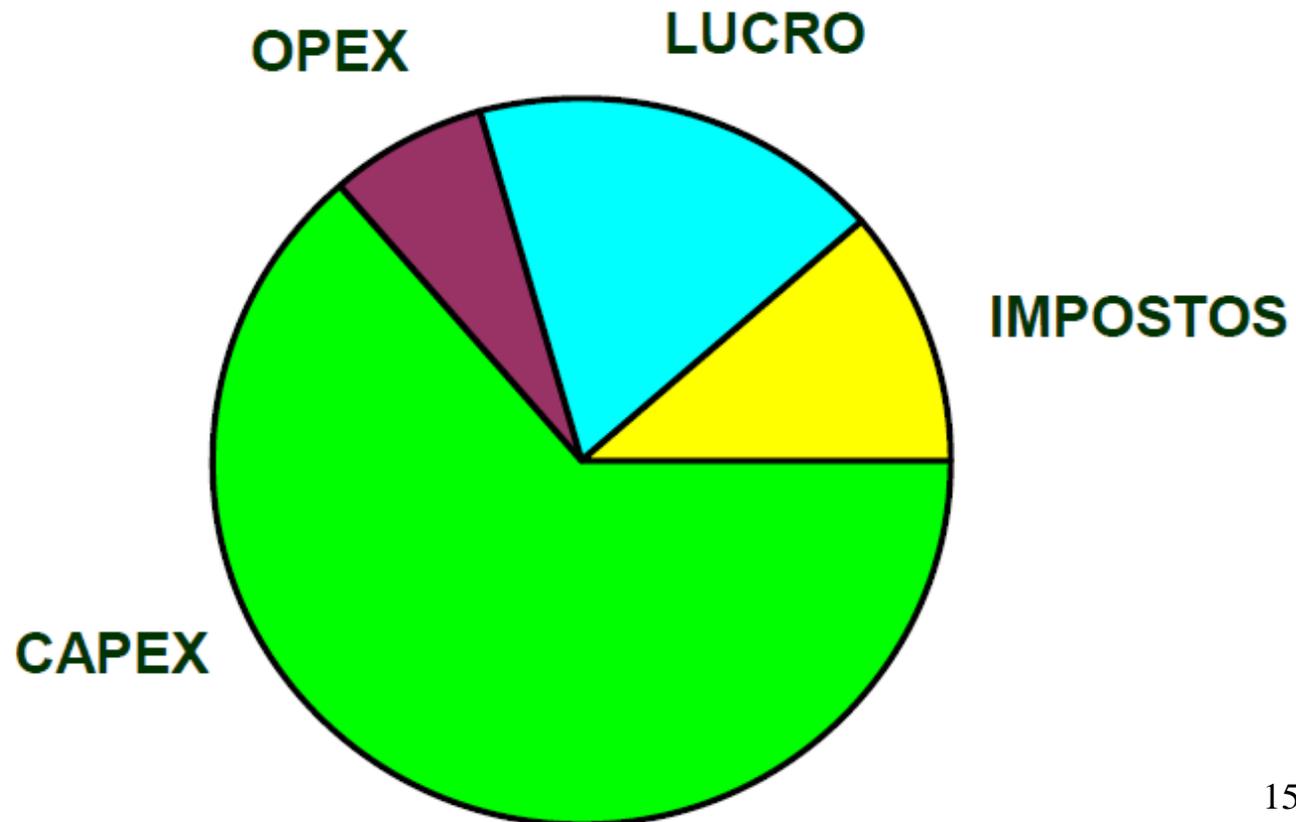


fonte: IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis)

# Fases de um Projeto de Dutos

## ASPECTOS ECONOMICOS

### Composição dos Custos de Dutos de Transporte

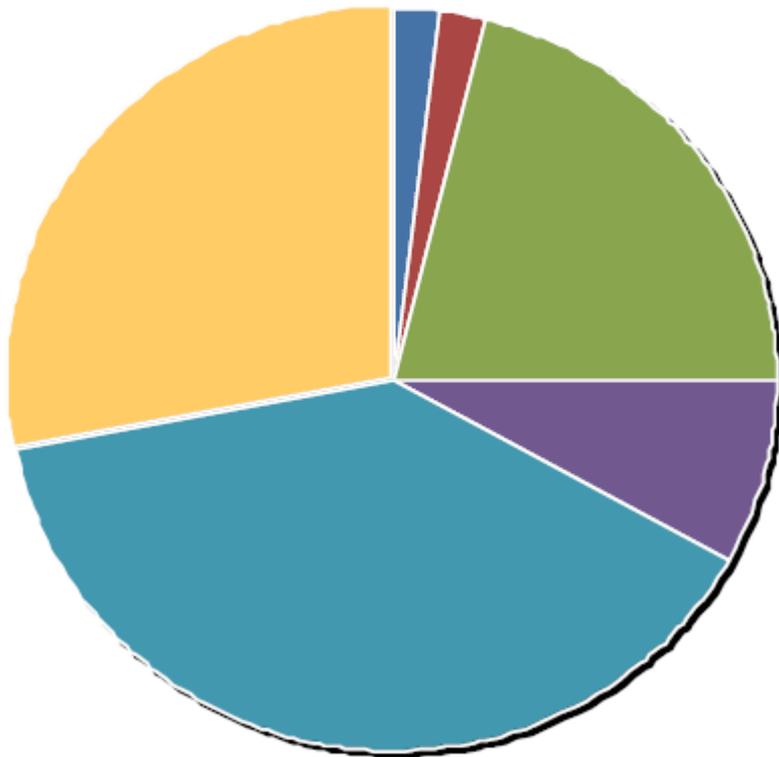


# Fases de um Projeto de Dutos

## Projeto Típico de um Gasoduto

### Componentes do CAPEX

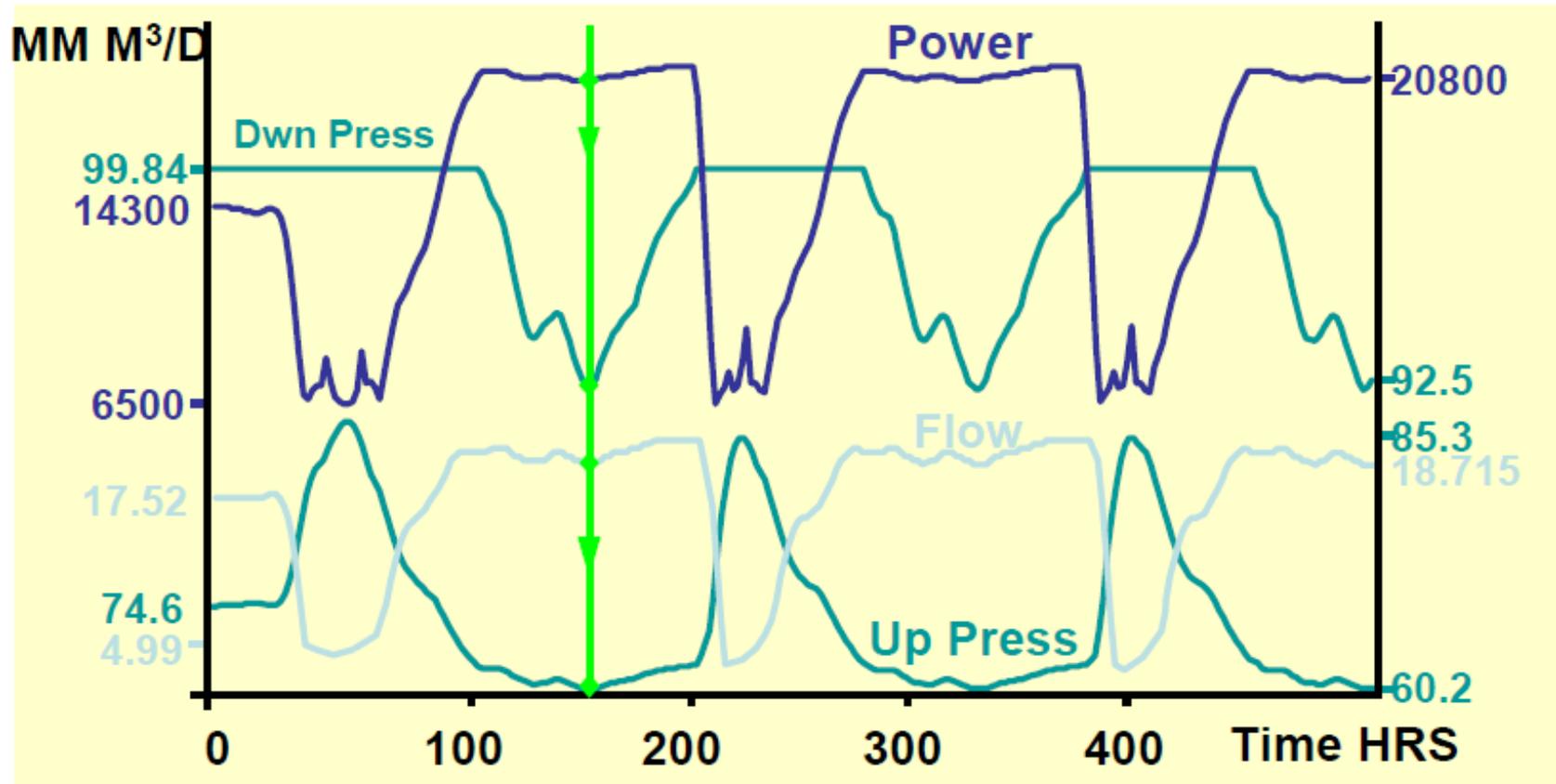
- Scada, Telecomunicações
- Faixa de Dutos
- Estações de Compressão
- Gerencia do Projeto
- Construção
- Tubos



# Fases de um Projeto de Dutos

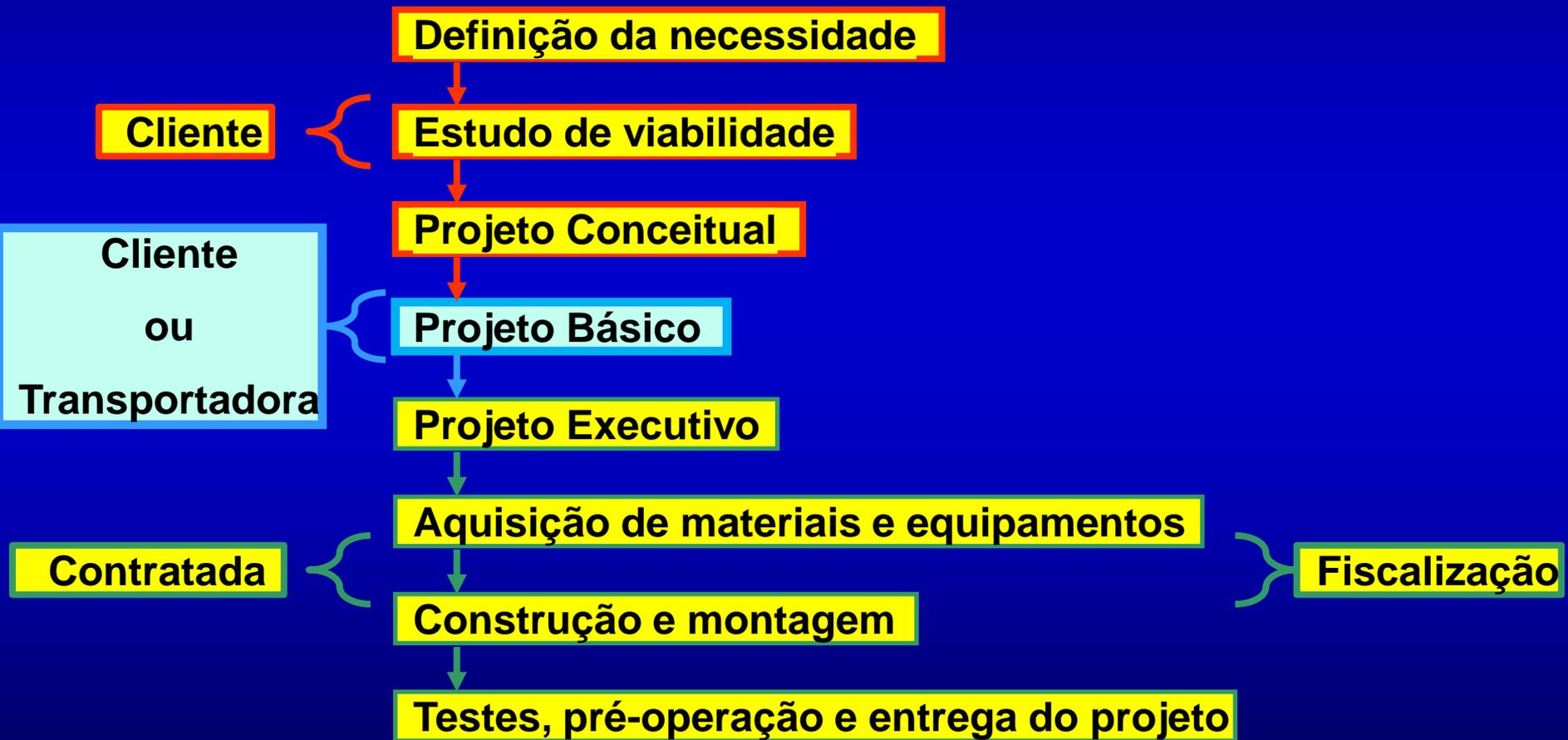
## Projeto Básico

Simulação Termo-Hidráulica



# Projeto Básico de Dutos Terrestres

## Fluxo geral de um empreendimento



# Fases de um Projeto de Dutos

Payback privado <= 5 a 10 anos  
 Payback Estado >= 20 anos

## CAPÍTULO II Projeto, Materiais, Requisitos Dimensionais e Avaliação de Risco

RTDT começa aqui.

DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO (Item 8 do RTDT)



# Fases de um Projeto de Dutos

Fase Inicial  Projeto Conceitual

Desenvolvimento  Projeto Básico

Detalhamento  Projeto Executivo

Fase Final  Projeto Conforme Construído  
(As Built)

 C & M



# Projeto Executivo

É considerado como projeto executivo todo o **detalhamento** necessário à execução dos serviços de construção e montagem, realizado tomando como base o **projeto básico** e **levantamentos de campo**.

# EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE QUALIDADE EM CONSTRUÇÃO DE DUTOS:

**La garantía soy yo!!!**

**Até década de 70:** Não havia responsabilidade claramente definida, obrigando o **próprio Cliente** a intervir no processo;

**Década de 80:** Controle de Qualidade – Responsabilidade dos **Inspetores de Qualidade**;

**Início da década de 90:** Garantia da Qualidade – partilhada a responsabilidade entre **todos** os atores do processo;

**Fins da década de 90:** Gestão Integrada Qualidade / SMS – Responsabilidade **holística**.

**Início do Século 21:** Gestão com **Responsabilidade Social**.

# TENDÊNCIA ATUAL:

**Certificações série ISO 9000 – Qualidade**

**Certificações série ISO 14000 – Meio Ambiente**

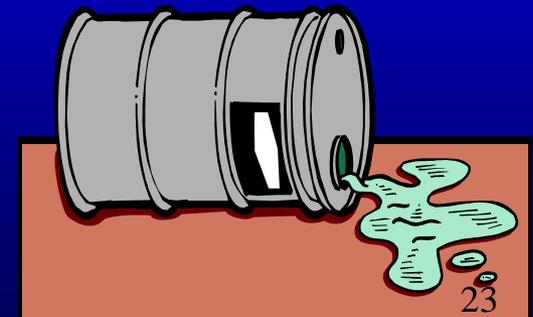
**Certificações série OHSAS 18000– Segurança e Saúde Ocupacional**

**Certificações – Responsabilidade Social**

## Objetivos:

**Evitar retrabalhos, acidentes / danos pessoais e ambientais.**

**Preocupação com a imagem da empresa frente a opinião pública, investidores e consumidores.**



# EM QUE SE APOIA A FISCALIZAÇÃO DE DUTOS?



Qualificação  
de Pessoal



# QUALIFICAÇÃO DE PESSOAL

NP-1

O pessoal técnico a ser utilizado na Construção e Montagem deve possuir **certificação** ou **qualificação**?

# QUALIFICAÇÃO DE PESSOAL

**Qualificar** = Indicar a qualidade de; classificar; avaliar; apreciar; considerar apto ou idôneo.

Em nosso caso significa:

- **Dar Qualificação!**

**Certificar** = Afirmar a certeza de; atestar; passar certidão de; afirmar; asseverar, persuadir-se.

# QUALIFICAÇÃO DE PESSOAL

## Soldadores e Operadores de soldagem

A qualificação de soldadores e operadores de soldagem deve ser feita de acordo com a norma **API STD 1104**, sendo que para a montagem de complementos, pode ser usada a norma **ASME Seção IX**, como alternativa.

# QUALIFICAÇÃO DE PESSOAL

## Inspetores de Soldagem

Devem ser certificados de acordo com a norma **ABNT NBR 14842**, ou por entidades internacionais que atendam aos requisitos da norma BSI **BS EN 45013**.

# QUALIFICAÇÃO DE PESSOAL

## Inspetores de Dutos (ID)

Devem ser certificados pela **FBTS**.

## Inspetores de Ensaaios Não-Destrutivos (END)

Devem ser certificados pela **ABENDI**, de acordo com a norma **ABNT NBR NM ISO 9712\_2007**, ou por entidades internacionais que atendam os requisitos das normas **ISO 9712** ou **BSI BS EN 473**.

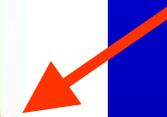
# EM QUE SE APOIA A FISCALIZAÇÃO DE DUTOS?



**Qualificação  
de Pessoal**



**Padrões  
Definidos**

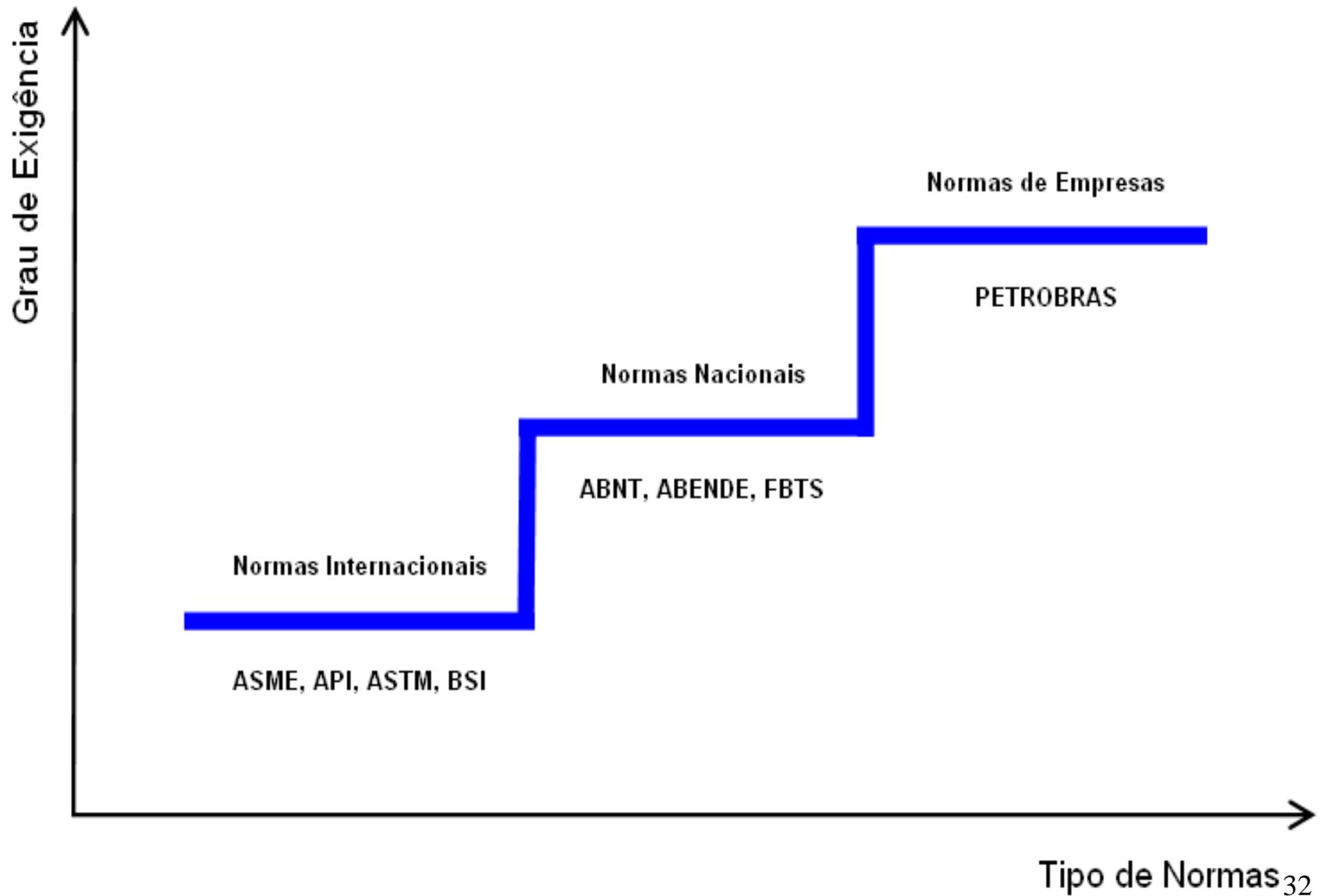


# **PADRÕES:**

## **NORMAS DE REFERÊNCIA**

- . **Ministérios** do Trabalho, Transportes, Exército e Marinha
- . **PETROBRAS**
- . **ABNT** (Associação Brasileira de Normas Técnicas)
- . **ABENDI** (Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção)
- . **FBTS** (Fundação Brasileira de Tecnologia da Soldagem)
- . **ISO** (International Organization for Standardization)
- . **API** (American Petroleum Institute)
- . **ASME** (American Society of Mechanical Engineers)
- . **BSI** (British Standard Institute)
- . **MSS** (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry)

## GRAU DE EXIGÊNCIA X TIPO DE NORMAS



**Eficiência**, é fazer CERTO as coisas;

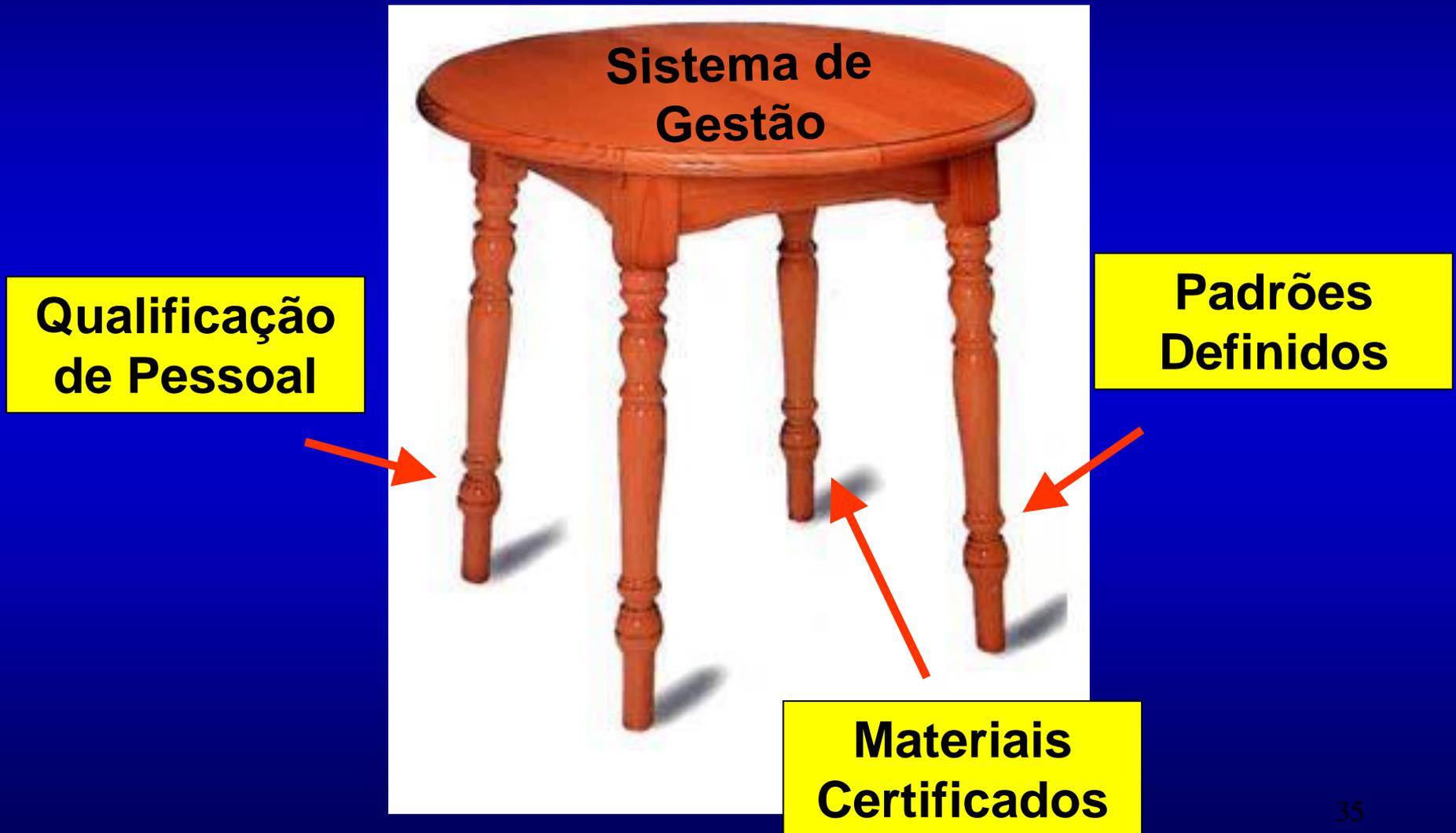
**Eficácia**, é fazer as COISAS certo.

Peter Drucker

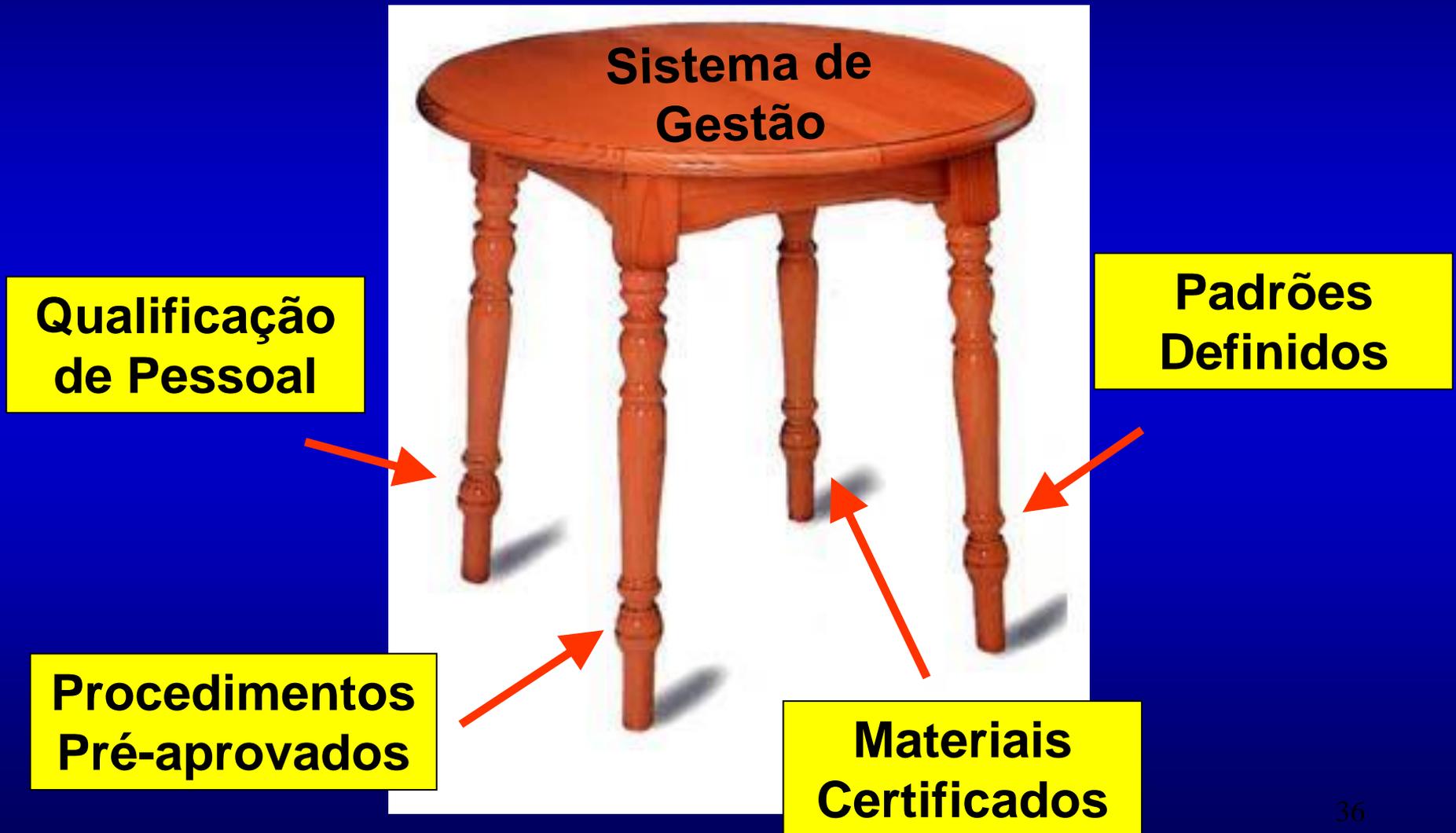
# PADRÕES LEGAIS:

- **Legislação:**
  - Municipal;
  - Estadual;
  - Federal;
- **Normas Regulamentadoras** do Ministério do Trabalho, Transportes, Exército e Marinha;
- **Licenciamento Ambiental;**
- **Autorizações da ANP.**

# EM QUE SE APOIA A FISCALIZAÇÃO DE DUTOS?



# EM QUE SE APOIA A FISCALIZAÇÃO DE DUTOS?



# Recebimento, Inspeção e Armazenamento de Materiais

Uma das primeiras atividades de construção de dutos é a instalação de um **canteiro de obras**, composto de áreas adequadas para serviços de apoio logístico, serviços de manutenção, áreas fabris (pipeshop), almoxarifados e escritórios.

# Recebimento, Inspeção e Armazenamento de Materiais

Na área de almoxarifados são reservadas áreas adequadas para o **manuseio** e **estocagem** dos materiais a serem utilizados na construção e montagem:

- Tubos;
- Flanges e conexões de tubulação;
- Válvulas e instrumentos;
- Juntas de Vedação e de isolamento elétrico;
- Parafusos e porcas;
- Tampões de fecho rápido;
- Consumíveis para soldagem, inspeção, limpeza e revestimento de juntas;
- Componentes do sistema de proteção catódica e provadores de corrosão;
- Skids modulares de estações de redução e controle de pressão.

# Recebimento, Inspeção e Armazenamento de Materiais

**Os tubos** são o principal item de fornecimento para a construção de um duto, tanto em quantidade como em **valor de investimento**.

No recebimento dos tubos no canteiro de obra, são realizadas **inspeções dimensionais** verificando o cumprimento da norma utilizada em sua especificação, assim como é verificado o estado dos **biséis de soldagem** e **revestimento anticorrosivo**, que podem ter sido danificados durante o processo de transporte.

# Inspeção de Recebimento de Tubos



# Recebimento, Inspeção e Armazenamento de Materiais

Para o armazenamento dos tubos, são observados os seguintes critérios:

- O número **máximo de camadas por pilha** de tubos deve ser claramente definido, a fim de que sejam evitadas deformações nos tubos ou nos seus revestimentos;
- O **espaçamento entre as pilhas** de tubos deve ser corretamente dimensionado, a fim de garantir áreas de circulação adequadas para veículos pesados;
- Os tubos devem ser mantidos totalmente **apoiados**, evitando o flexionamento dos mesmos e o **sem contato direto com o piso**, o que poderia provocar acúmulo de sujeira ou início de processo de corrosão;
- A área de armazenagem deve ser bem **nivelada**, contando com caimentos adequados para evitar o acúmulo de água de chuva, tanto nas áreas dos tubos, quanto nas áreas de circulação.

# ÁREA DE ARMAZENAMENTO DE TUBOS



# BERÇOS PARA APOIO DOS TUBOS



TBG/DVO/CTEC/CENDOC/FOTOS DA OBRA DO GASBOL-1997/1998

# Armazenagem e Manuseio de Tubos

Para o manuseio dos tubos durante carregamento ou descarregamento, devem ser usadas cintas de largura mínima de **80 mm** ou ganchos especiais (**patolas**) para evitar danos nos tubos.



# DESCARREGAMENTO DE TUBOS



# TRANSPORTE DE TUBOS POR CARRETAS



# TRANSPORTE DE TUBOS POR TRENS



# Transporte de Tubos por Balsas



# Detalhe de Apoio e Trava



# ESCORAMENTO DA PILHA



# Locação e Marcação da Faixa de Domínio e da Pista

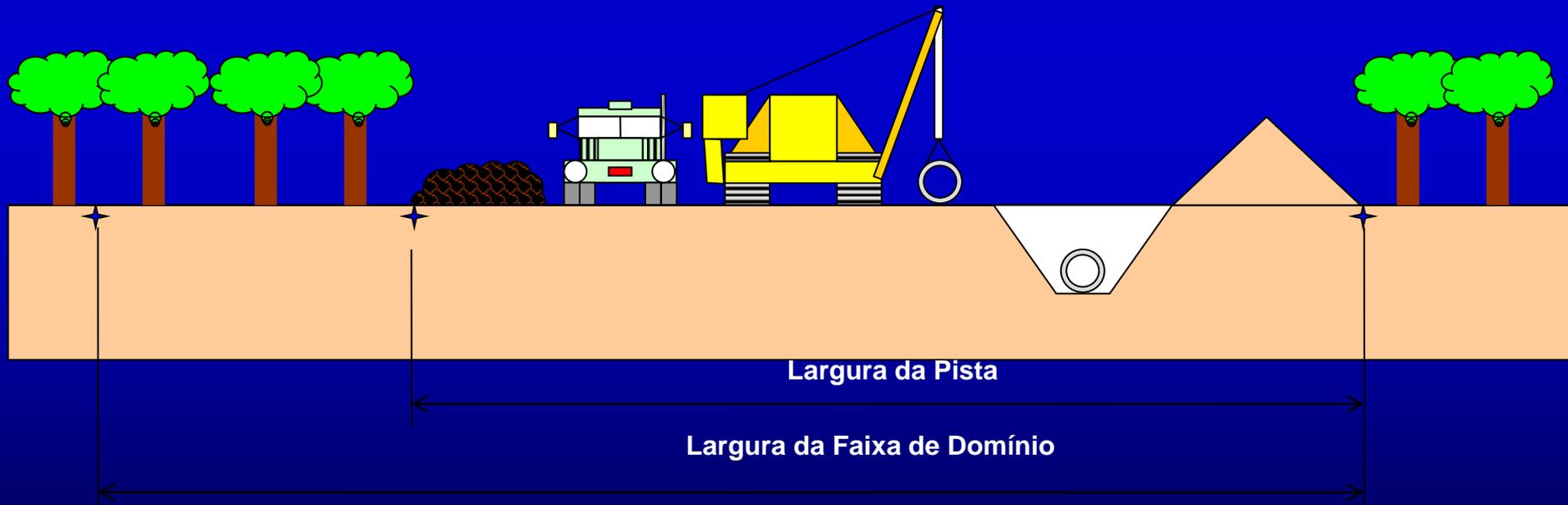
É a primeira atividade de campo da construção e montagem de dutos é denominada , em que a faixa de domínio e a pista são demarcadas topograficamente a partir da diretriz estabelecida nos documentos de projeto, indicando:

- laterais da faixa de domínio e da pista;
- sinalização quilométrica de referência, a cada mudança de quilômetro;
- pontos de inflexão horizontais.

# Locação e Marcação da Faixa de Domínio e da Pista

**Faixa de Domínio** = Direito legal de utilização, normalmente formalizado através de **Servidão de Passagem**.

**Pista** = Parcela da Faixa de Domínio, efetivamente utilizada para a construção do duto.



# Locação e Marcação da Faixa de Domínio e da Pista

Em faixas com dutos já existentes, normalmente são evitados serviços com equipamentos pesados sobre dutos em operação, através de uma **ampliação** da faixa de dutos existente.

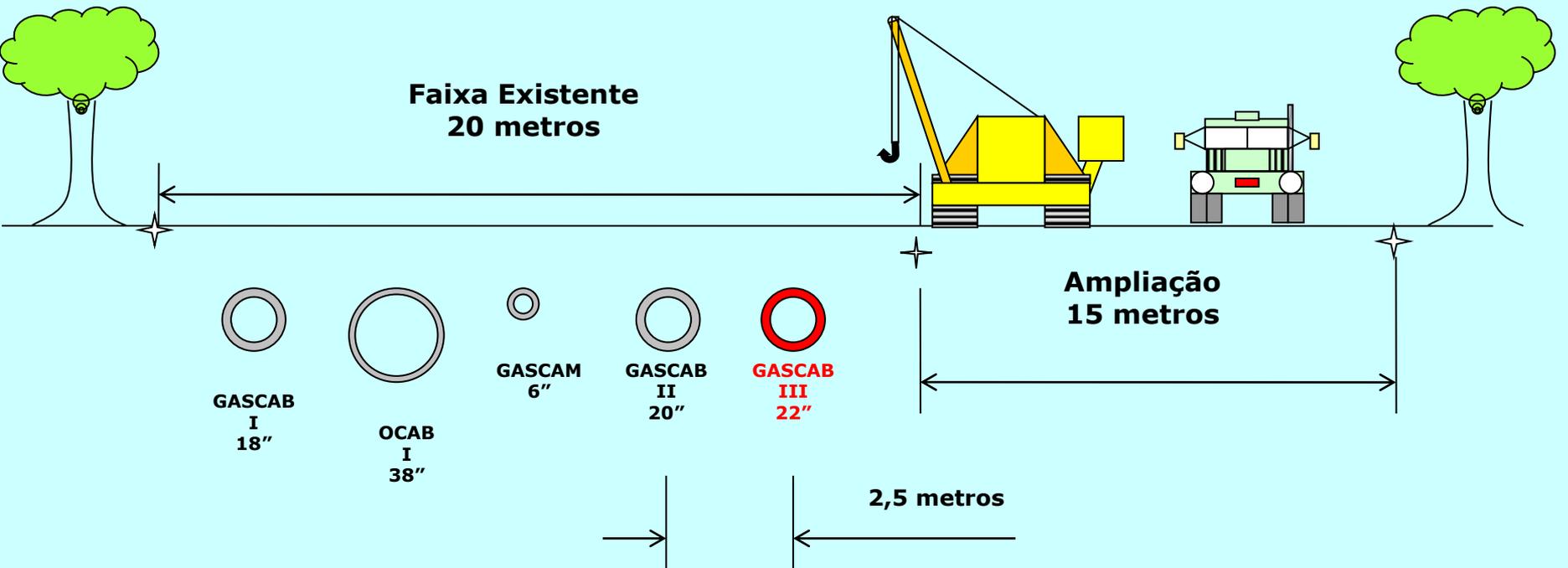
# Locação e Marcação da Faixa de Domínio e da Pista

É de extrema importância a precisa locação da posição das **interferências existentes**, a fim de evitarem-se eventuais danos e acidentes.

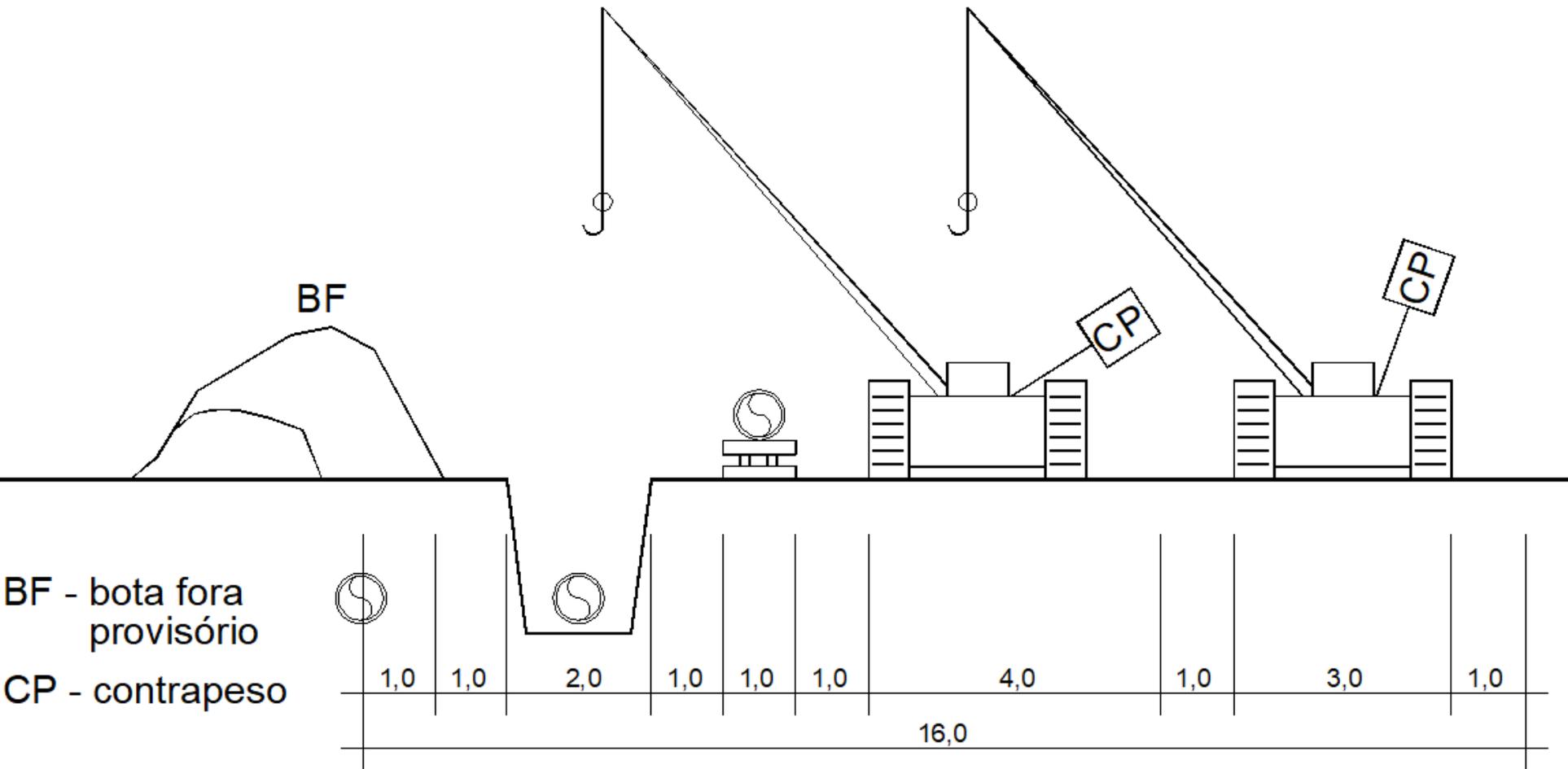
São realizadas as seguintes **atividades preventivas**:

- Consulta aos desenhos “conforme construído”;
- Localização com detector elétrico-magnético;
- Sondagem por abertura de valas de exploração;
- Sinalização.

# Exemplo de alargamento de uma faixa com dutos já existentes:



# Exemplo de alargamento de uma faixa com dutos já existentes:



# Classe de locação em faixa com dutos já existentes:

## Faixa de Domínio

Área de terreno de largura definida, ao longo da diretriz, legalmente destinada a construção, montagem, operação e manutenção de dutos, compreendida entre as cercas limítrofes das áreas industriais.

Largura – 20 m (normal)



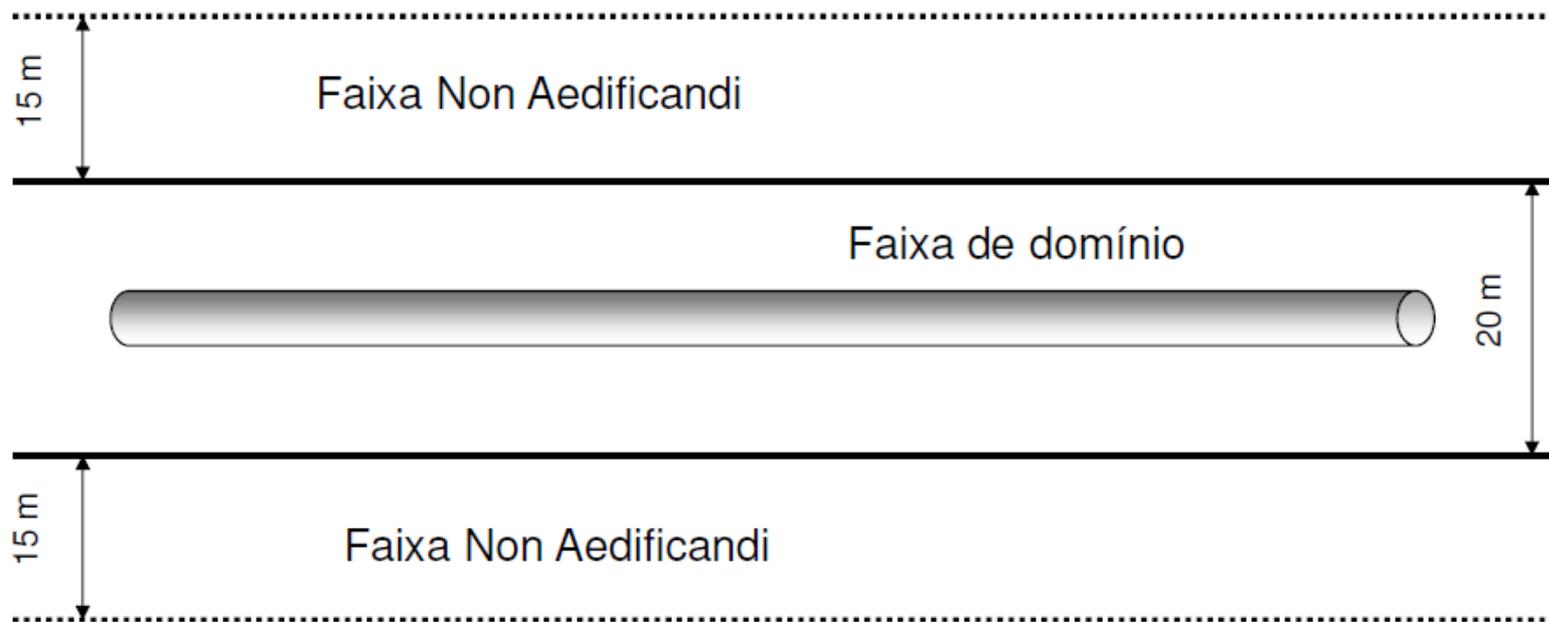
# Classe de locação em faixa com dutos já existentes:

Faixa de Domínio



# Classe de locação em faixa com dutos já existentes:

Faixa de Domínio e Faixa Non Aedificandi



# Classe de locação em faixa com dutos já existentes:

## Faixa “ Non Aedificandi”

Quem é responsável pela fiscalização?



# Classe de locação em faixa com dutos já existentes:

## Faixa “ Non Aedificandi”

Quem é responsável pela fiscalização?



# Classe de locação em faixa com dutos já existentes:

## Classe de Locação

Classe de Locação	Nº de Construções
Classe 1	Áreas desertas, montanhosas, fazendas, pastagens, habitações esparsas
Classe 2	Periferia de cidade e áreas industriais, localidades
Classe 3	Áreas urbanas, shopping centers, áreas residenciais e industriais
Classe 4	Áreas urbanas

# Classe de locação em faixa com dutos já existentes:

## Classe de Locação

Classe de Locação	Nº de Construções
Classe 1	$\leq 10$
Classe 2	$10 < \text{N}^\circ < 46$
Classe 3	$\text{N}^\circ \geq 46$
Classe 4	Predominância de Prédios de 4 ou mais andares

# Classe de locação em faixa com dutos já existentes:

## Classe de Locação

CLASSE 3 – Qualquer área em que o duto esteja a menos de 90 metros de:

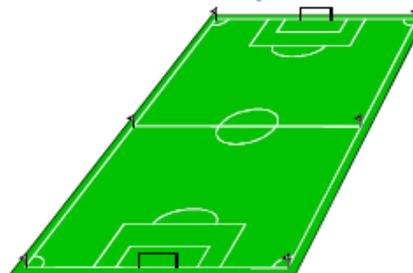
Prédio ocupado por 20 ou mais pessoas, como:

Igrejas  
Templos  
Cinemas  
Escolas



Área externa definida ocupada por 20 ou mais pessoas, como:

Play-grounds  
Campos de futebol  
Quadras esportivas



# Classe de locação em faixa com dutos já existentes:

## Classe de Locação

- Uma locação classe 4 se estende por uma área que inicia e termina a 200 m da construção de 4 ou mais pavimentos acima do solo, incluindo o térreo, mais extrema do aglomerado habitacional;
- No estabelecimento da classe de locação devem ser considerados os desenvolvimentos futuros, tais como:

Loteamentos

Distritos industriais

# Classe de locação em faixa com dutos já existentes:

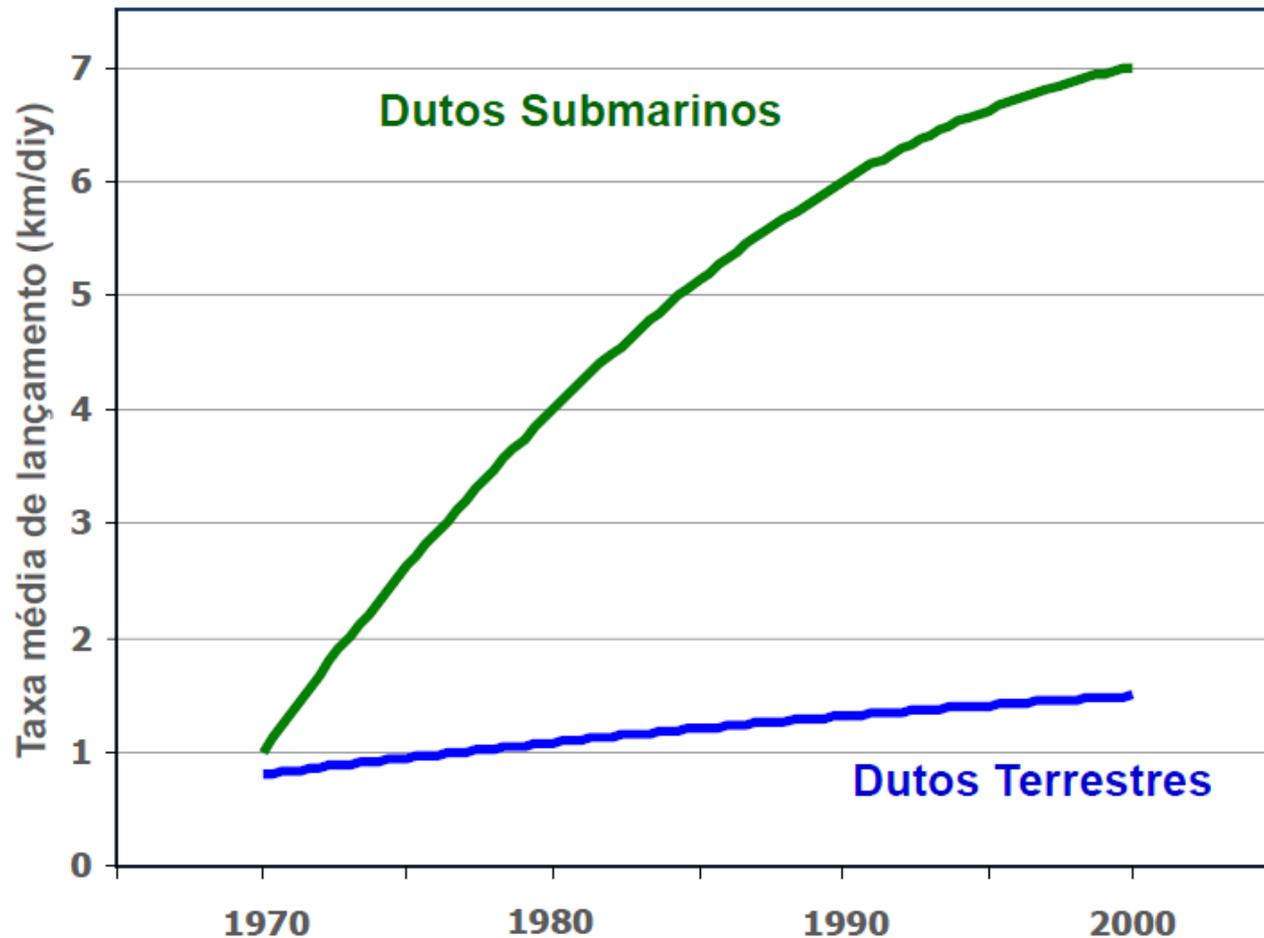
## Classe de Locação

Mudança de classe de locação (classe 1 para classe 3)



# Inovação em C & M de dutos

Ausência de Inovação na Indústria de construção de Dutos Terrestres



Fonte: Marcelo Rennó

# Inovação em C & M de dutos

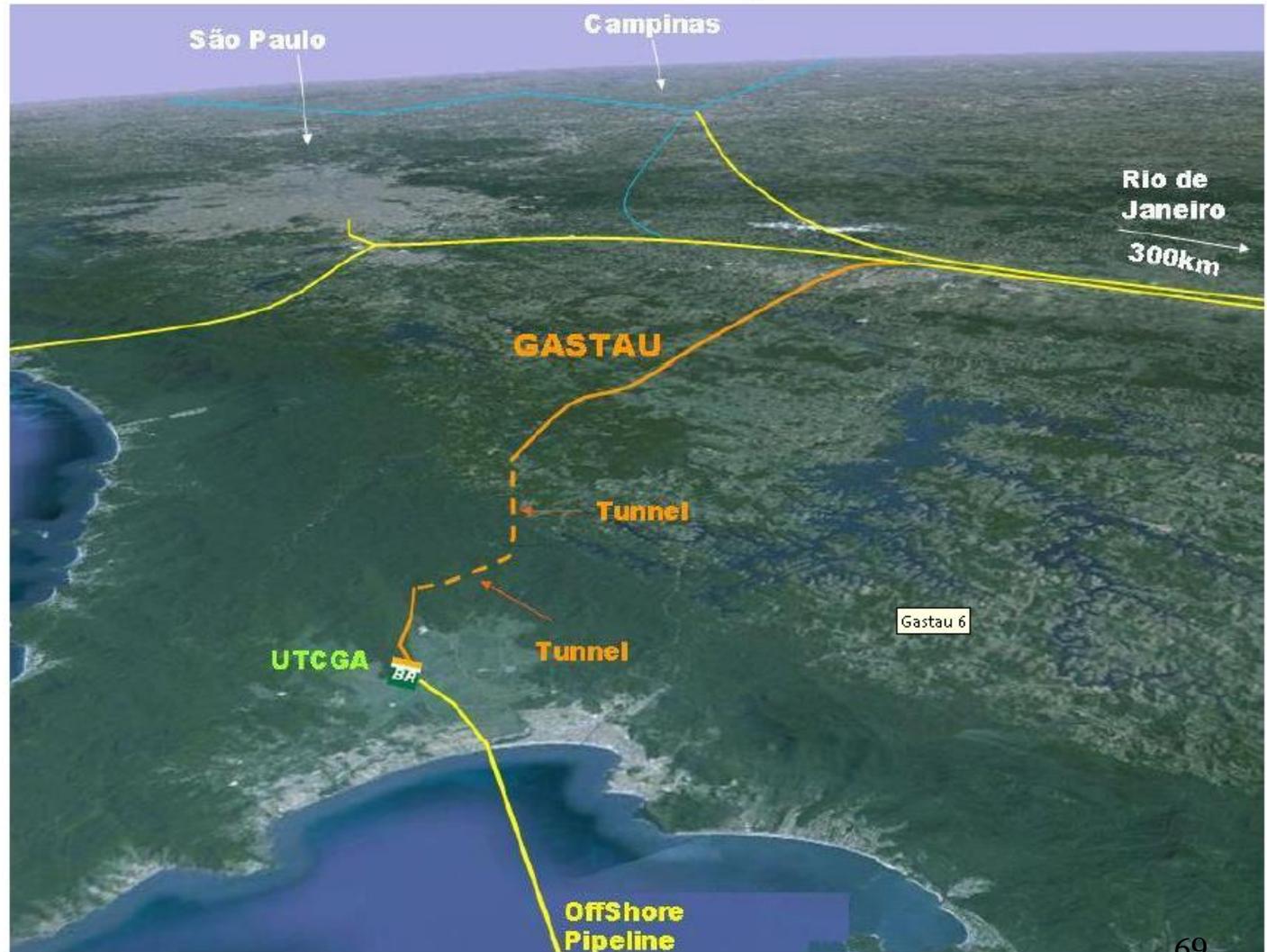
**Projeto GASTAU - projetado para escoar a produção de gás natural no campo de Mexilhão, na cidade de Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo com extensão de 96 km e com capacidade para transportar 15 milhões de m<sup>3</sup>/dia, o gasoduto Caraguatatuba-Taubaté (GASTAU) figura como uma das obras de dutos que envolveu a maior sinergia entre as diversas áreas tecnológicas e empresas de engenharia nacionais e internacionais, tornando-se uma das obras mais emblemáticas da Petrobras.**

**Fonte: Liderroll**

# Inovação em C & M de dutos

## Soluções não convencionais para Construção de Dutos

**GASTAU**



# Inovação em C & M de dutos

## Melhorias em Métodos de Construção: Tunnel Boring Machine (TBM)



Fonte: Marcelo Rennó

# Inovação em C & M de dutos

## Melhorias em Métodos de Construção: Tendas



# Inovação em C & M de dutos

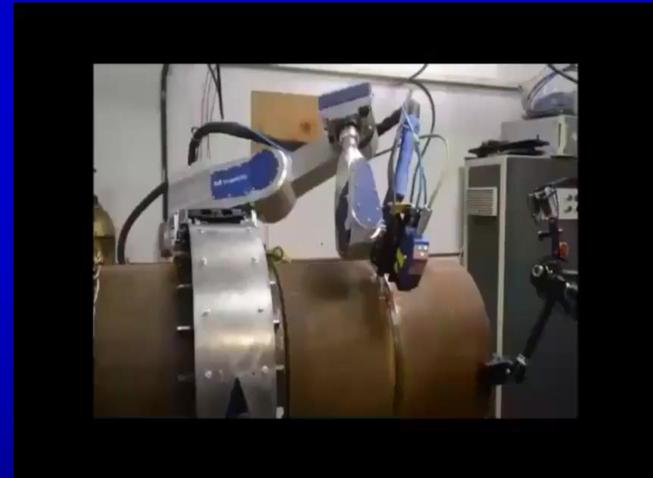
Tenda



Fonte: Marcelo Rennó

# Inovação em C & M de dutos

Projetos de P & D do SEQUI/DQTCM de  
2011 a 2014



# Transporte, distribuição e manuseio de tubos

Uma vez estando aberta a pista de dutos, a operação seguinte será o transporte, distribuição e manuseio de tubos, **desde o canteiro de obras até o local de realização dos serviços na pista de dutos.**

Utiliza-se a malha viária local, rodovias federais, estaduais e municipais, assim como estradas vicinais e a própria pista.

Para cada **condição de piso** haverá um equipamento rodante mais adequado.

Atenção especial deve ser dada às condições de segurança, devendo as cargas ser dispostas de modo a permitir **amarração firme**, impedindo movimentos inesperados, porém sem danificar o tubo ou seu revestimento.

# Transporte, distribuição e manuseio de tubos



**Transporte de tubos para a pista**



**Construção de Acessos**

# Transporte, distribuição e manuseio de tubos



Carregamento de “Dolly”.



“Pipe-carrier” já carregado

# Transporte, distribuição e manuseio de tubos

Distribuição ao longo da faixa, **paralelamente** ao eixo projetado onde será aberta a vala, ligeiramente **defasados** um do outro, sem **contato direto** com o solo, tomando-se o cuidado de **não interferir** no uso normal dos terrenos atravessados.

Preparada uma **planilha de distribuição de tubos**, contendo os seus dados dimensionais característicos, número de série de cada tubo e seu local de aplicação. Esta planilha será utilizada na elaboração da documentação **“conforme o construído”**, que será entregue ao **Operador** do duto ao final dos serviços de construção e montagem.

# Transporte, distribuição e manuseio de tubos



**Tubos desfilados**

# Cobertura



# Cobertura - Oleodutos

Pipeline cover requirements; adapted from ASME B.31.4.

Location	For Normal Excavation in. (m)	For Rock Excavation Requiring Blasting or Removal by Equivalent Means, in. (m)
Cultivated, agricultural areas where plowing or subsurface ripping is common	48 (1.2) (a)	N/A
Industrial, commercial, and residential areas	48 (1.2)	30 (0.75)
River and stream crossings	48 (1.2)	18 (0.45)
Drainage ditches at roadways and railroads	48 (1.2)	30 (0.75)
All other areas	36 (0.9)	18 (0.45)

(a) Pipelines may require deeper burial to avoid damage from deep plowing; the designer is cautioned to account for this possibility

# Cobertura - Gasodutos

Pipeline cover requirements; adapted from ASME B.31.8.

Location Class	For Normal Excavation in. (mm)(b)	For Rock Excavation (a)	
		NPS $\leq$ 20 in. (mm)	NPS $>$ 20 in. (mm)
1	24 (610)	12 (300)	18 (460)
2	30 (760)	18 (460)	18 (460)
3 and 4	30 (760)	24 (610)	24 (610)
Drainage ditch at public roads and railroad crossings (all locations)	36 (910)	24 (610)	24 (610)

(a) Rock excavation is excavation that requires blasting

**FIM**  
**DA**  
**1ª PARTE**

# CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DE DUTOS TERRESTRES

**PUC - RJ – 2024**

**2ª parte**

**João Carlos de Freitas  
Carlos A. C. Manzano**

# Curvamento

Para a correta conformação da coluna de tubos ao perfil do terreno, há a necessidade de realizar o curvamento dos tubos, recebidos retos de fábrica. Este curvamento pode ser de 3 tipos:

a) Curvamento **natural**, dentro do limite elástico do material do tubo;

$$\text{Raio} \geq 3/4 * E * DN / S_a$$

b) Curvamento **à frio**, dentro do limite plástico do material do tubo;

$$\text{Regra geral} < 17^\circ$$

c) Curvamento **à quente**, dentro do limite plástico do material do tubo, porém com aquecimento controlado.

$$\text{Regra geral até } 90^\circ \text{ max}$$

# Curvamento

No Curvamento **Natural** não há a necessidade de utilizar-se nenhum equipamento específico para a sua execução, porém a **amplitude** alcançada é **pequena**, considerando os materiais mais usuais na construção de dutos, os aços carbono especificados pela norma API-5L.

# Curvamento

O processo mais comumente utilizado é o **curvamento à frio**, onde há a necessidade de utilizar-se o equipamento conhecido como **curvadeira**, que provoca a **deformação plástica** controlada no material dos tubos através da ação de cilindros hidráulicos.

Através desse método são alcançadas razoáveis amplitudes angulares, porém limitadas ao **raio mínimo de curvatura** em que ocorre um comprometimento da circularidade do tubo, ou quando começam a ocorrer deformações na parede ou no revestimento anticorrosivo dos tubos.

# Curvamento

No curvamento **à quente**, utiliza-se também a curvadeira, porém há a necessidade de **aquecimento uniforme**, por indução elétrica de alta-freqüência e **resfriamento controlado**, o que somente é possível em oficina metalúrgica dotada de equipamentos específicos, geralmente localizada fora do raio de ação da obra, o que se torna um grande inconveniente por conta da movimentação de tubos a longas distâncias. Através desse método são alcançadas **grandes amplitudes angulares**.

# Curvamento

Para a execução de curvamento de tubos deve-se obedecer ao disposto nas normas **ASME B 31.4** (para oleodutos) e **ASME B 31.8** e **ABNT NBR 12712** (para gasodutos).

O raio da curva obtido deve atender a limitação definida pelo projeto, quanto ao **raio mínimo** para possibilitar a passagem de “**pig**” **instrumentado** pelo interior dos tubos, na ordem de **5 a 6 DN**.

# Curvamento

O **método de curvamento** a ser utilizado é definido e previamente aprovado em procedimento executivo, satisfazendo às seguintes condições mínimas:

a) a **diferença** entre o maior e o menor dos **diâmetros externos**, medidos em qualquer seção do tubo, após o curvamento, não pode exceder **2,5 %** do seu diâmetro externo;

b) em geral não são permitidos **enrugamentos** e **danos mecânicos** no tubo e no revestimento;

c) não obstante, a norma ASME B31.8

d) deve-se realizar uma verificação da **circularidade** de cada tubo curvado, através da passagem de uma **placa calibradora** pelo interior do tubo,

# Curvamento

## Texto da B31.8:

(8) Incidental ripples in the pipe surface may occur along the inside radius during the forming of cold field bends in some pipe. Ripples having a dimension measured from peak to valley not exceeding 1% of the pipe outside diameter are considered acceptable for all gas service. Larger ripples may be permitted based on an engineering analysis that considers the effects of pipeline construction and operation on the reliability of pipe affected by such features. In addition, the bend shall meet all other provisions of this section.

## Texto da B31.4:

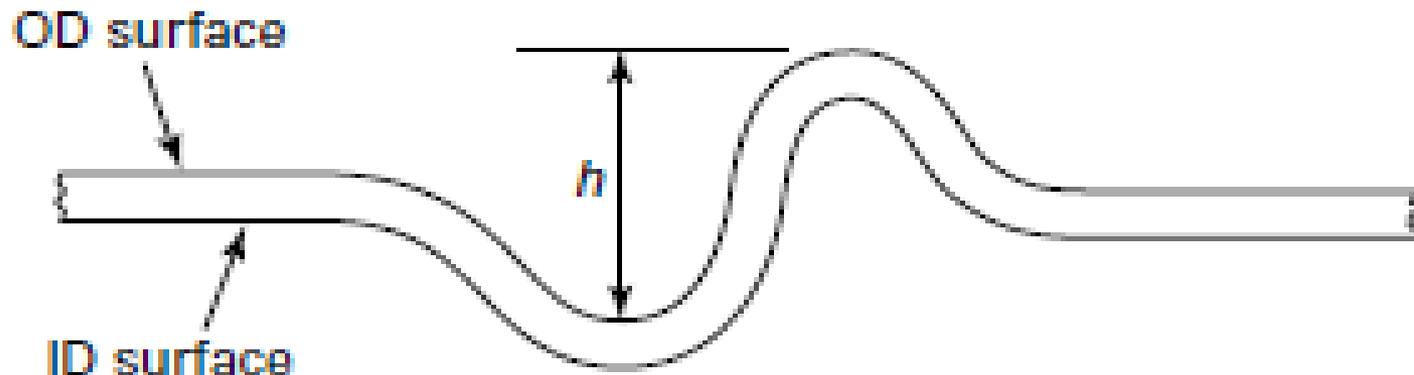
Bends shall be free from buckling, cracks, or other evidence of mechanical damage. Ripples or wrinkles meeting the requirements of para. 451.6.2.8 are acceptable.

451.6.2.8 Buckles, Ripples, Wrinkles. For small ripples (i.e., incipient buckles or wrinkles) that exhibit no cracks, no repair is required if the crest-to-trough height,  $h$ , meets one of the following criteria where the maximum operating hoop stress,  $S$ , is as shown. The absence of any cracks shall be confirmed using magnetic-particle or dye-penetrant inspection.

# Curvamento

Maximum Operating Hoop Stress, $S$	$\left(\frac{h}{D}\right) \times 100$ Cannot Exceed
$\leq 20,000$ psi (138 MPa)	2
$> 20,000$ psi (138 MPa) but $\leq 30,000$ psi (207 MPa)	$\left(\frac{30,000 - S}{10,000} + 1\right)$
$> 30,000$ psi (207 MPa) but $\leq 47,000$ psi (324 MPa)	$0.5 \left(\frac{47,000 - S}{17,000} + 1\right)$
$> 47,000$ psi (324 MPa)	0.5

# Curvamento



where

$D$  = outside diameter of the pipe, in. (mm)

$h$  = crest-to-trough height of the ripple, in. (mm)

$S$  = maximum operating hoop stress, psi  
(145S, MPa)

When a group of buckles, ripples, or wrinkles exist in proximity to one another, the limitation on  $h$  shall be applied to the largest crest-to-trough height.

# Curvamento



**Curvadeira para 6 pol**



**Curvadeira para 32 pol**

# Curvamento

Placa calibradora

$$D_p = (0,975 \cdot DN) - 2 \cdot e$$



Curvamento à quente



# Revestimento com Concreto

É utilizado o revestimento externo de tubos e juntas com concreto armado em casos de:

- áreas alagadas (e alagáveis), para evitar a **flutuação** da tubulação;
- cruzamentos com rodovias, para dar **proteção mecânica** adicional aos tubos;
- áreas com rochas, para **evitar danos mecânicos** aos tubos e revestimento anticorrosivo, por ocasião do abaixamento da tubulação na vala, ou por acomodação do tubo dentro da vala, depois de enterrado.

# Concretagem



Formas e armação

# Concretagem



Concretagem manual



Anteparo visando minimizar o despejo de concreto no solo

Vibrador para evitar a ocorrência de "vazios" no interior da jaqueta de concreto

Utilização de vibrador de parede e anteparos.



# Soldagem

A fase construtiva seguinte à distribuição e curvamento dos tubos é a soldagem dos tubos, que deve ser realizada de acordo com as normas **ASME B 31.4** e **ASME B 31.8**.

O processo de soldagem mais utilizado é a **solda elétrica utilizando eletrodo revestido (SMAW)**, entretanto, em algumas condições especiais outros métodos são utilizados tais como: **MIG/MAG (GMAW)**, **TIG (GTAW)**, **arame tubular (FCAW)**, **arco submerso (SAW)**, etc. Os procedimentos de soldagem a serem utilizados devem ser qualificados de acordo com a norma **API STD 1104**. Para complementos, como alternativa, pode ser usada a qualificação pela norma **ASME Seção IX**.

# Soldagem

Fase  
Solda

# Soldagem

Esquemático

Outside pipe wall

CAP

Outside pipe wall

Fill passes

Hot pass

Root/bead

CAP

Fill passes

Hot pass  
Root/bead

# Soldagem

Os tubos deverão ser aproximados com seus biséis paralelos, obedecendo aos padrões das normas **API STD 1104** ou **ASME Seção IX**. Para tanto são utilizados os equipamentos denominados “**acopladeira interna**” ou “**acopladeira externa**”.



**Acopladeira interna**



**Acopladeira externa**

# Soldagem



**Acoplador em ação**



**Blindagem para solda de tie-in**

# Soldagem

São utilizados equipamentos chamados “**paywelder**”, que consistem em tratores de esteiras adaptados para conduzir máquinas de solda, geradores, estufas para secagem de eletrodos e depósitos para o armazenamento de consumíveis.

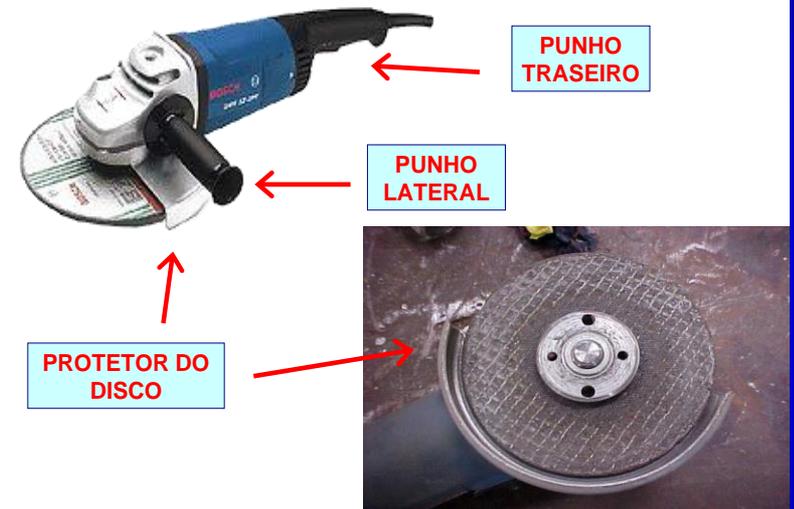
Utilizando-se o processo de **eletrodo revestido (SMAW)**, após cada passe de solda é necessária a limpeza do cordão de solda, para a retirada da escória que fica aderida na superfície metálica. Esta operação é realizada por uma dupla de profissionais, os **lixadores**, posicionados um de cada lado do tubo, utilizando-se de ferramentas elétricas conhecidas como **lixadeiras**.

# Soldagem



Pay-welder e lixadores

LIXADEIRA PARA LIMPEZA DE CORDÕES DE SOLDA E BISÉIS



Lixadeira elétrica

# Soldagem

Durante a soldagem é realizado o acompanhamento de todo o seu desenrolar por **Inspetor de Solda**, que verifica o atendimento ao procedimento executivo, qualidade de consumíveis, variáveis de processo e desempenho dos soldadores, assim como os resultados dos ensaios não destrutivos das juntas.



Identificação de junta soldada



Inspetor de solda



# Inspeção por Ensaio Não Destrutivo

Os métodos de ensaios não destrutivo (END) mais utilizados são: **exame visual**, **ultra-som** e **gamagrafia**, sendo os critérios de aceitação de descontinuidades definidos pela norma **API STD 1104**.



Ultra-som



Gamagrafia

# Inspeção por Ensaio Não Destrutivo

Nos ensaios de gamagrafia devem ser tomados cuidados adicionais de **isolamento de área** e **controle de vazamento de radiação**, tanto do local do ensaio, como também do local de armazenamento da fonte radioativa.



Isolamento de área



Controle de vazamento

# **Exemplo de C & M de duto - REVISÃO**

**TRINÔMIO DA CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DE DUTOS**

**PLANEJAMENTO**

**FISCALIZAÇÃO**

**RESPONSABILIDADE SOCIAL**

# Revestimento externo anticorrosivo

Antes da aplicação do revestimento anticorrosivo deverá ser realizada a **preparação superficial** da região a ser revestida, realizando a remoção de óxidos e sujeiras através de métodos mecânicos: **jateamento** ou **lixamento**.



# Revestimento externo anticorrosivo

Atualmente no Brasil são mais utilizados os seguintes métodos:

- a) manta **termo-contrátil** de polietileno;
- b) **fita** de polietileno;
- c) **pintura** a base de epóxi.



Manta Termo-contrátil



Fita Plástica

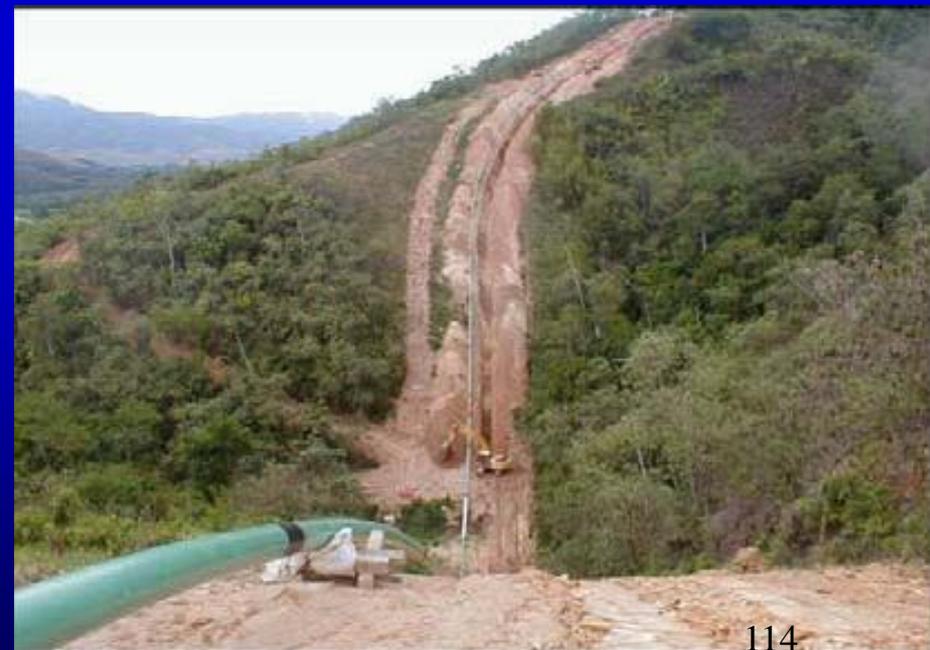


Pintura Epoxi



# Abertura e preparação da vala

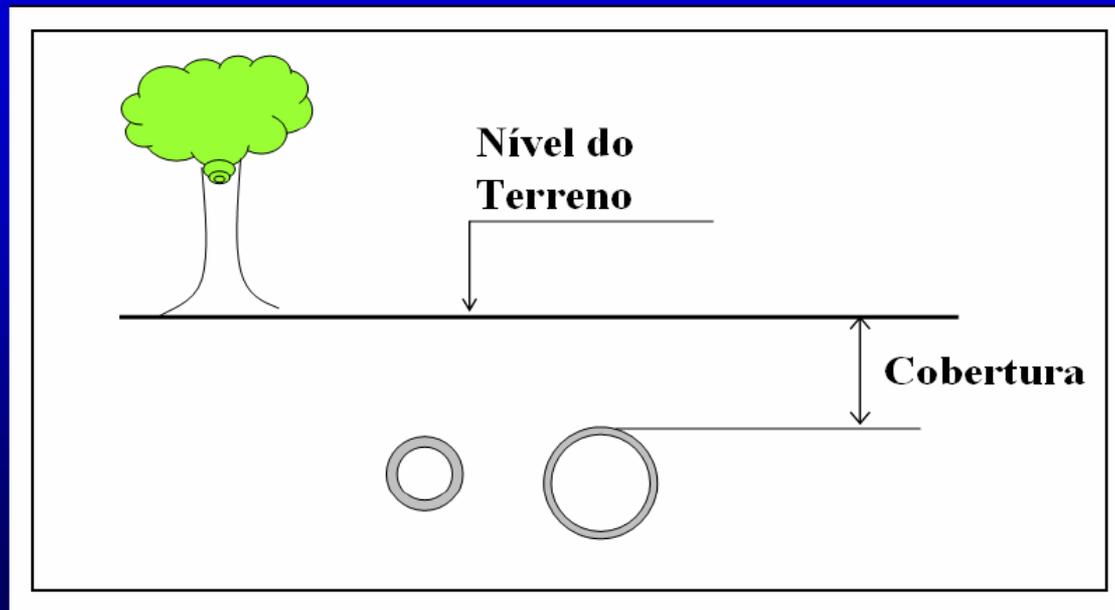
A abertura da vala, destinada a acomodar a tubulação soldada para a sua cobertura (enterramento), pode ser realizada **logo após a abertura de pista** ou **imediatamente antes do abaixamento e cobertura** da coluna soldada.



# Abertura e preparação da vala

A **largura** no fundo da vala deve ser tal que permita uma folga para facilitar o posicionamento da operação de abaixamento.

A **profundidade** deve ser determinada em função da **cobertura** desejada, conforme padrões constantes das normas internacionais e nacionais.



# Abertura e preparação da vala

Para **oleodutos**, pelos padrões da norma **ABNT NBR 15280-1**, devem ser respeitados os seguintes valores mínimos de **cobertura**:

Tipo de Área	Para terrenos não rochosos (em metros)	Para terrenos rochosos (em metros)
Industrial, comercial ou residencial	1,20	0,60
Cruzamentos de rios e riachos	1,20	0,45
Canais de drenagem em estradas e rodovias	0,90	0,60
Quaisquer outras áreas	1,00	0,45

# Abertura e preparação da vala

Para **gasodutos**, pelos padrões da norma **ABNT NBR 12712**, devem ser respeitados os seguintes valores mínimos de **cobertura**:

Classe de Locação	Para terrenos não rochosos (em metros)	Para terrenos rochosos (em metros)
1	0,75	0,45
2	0,90	0,45
3 e 4	0,90	0,60
Sob canaletas de drenagem em rodovias e ferrovias	0,90	0,60

# Abertura e preparação da vala

Todas as irregularidades existentes no fundo e laterais da vala devem ser removidas, de forma a garantir o **apoio contínuo** do duto e evitar possíveis danos mecânicos nos tubos ou em seu revestimento.

# Abertura e preparação da vala

Em caso de abertura de vala em terreno rochoso, as pontas de rocha ou matacões devem ser cortadas, no mínimo, **20 cm abaixo da geratriz inferior da tubulação**, depois desta estar instalada no fundo da vala, ou ser aplicado revestimento nas paredes e fundo da vala, de forma a garantir a regularidade da seção da vala e integridade do duto.



Desmonte mecânico



Preparação para desmonte com explosivos



# Abertura e preparação da vala

Quando houver pessoas, animais, plantações, construções ou instalações que possam ser atingidas pelo material arremessado na realização da detonação, deverão ser adotadas medidas extras de segurança, tais como: **isolamento** e **evacuação da área**, **sinal sonoro**, instalação de tapumes e preenchimento da vala com material macio (**abafamento**).



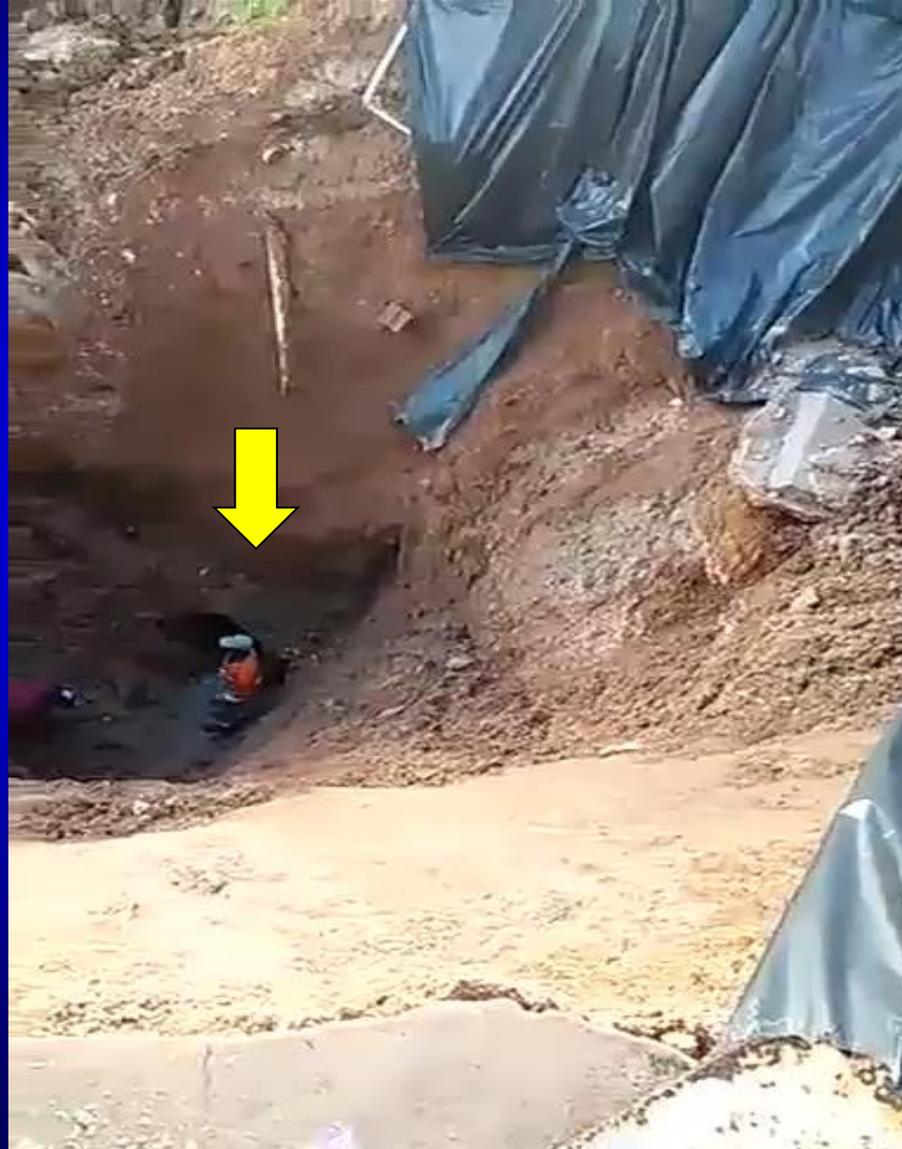
# Abertura e preparação da vala

## Exemplo de Condição Insegura



# Abertura e preparação da vala

## Exemplo de Condição Insegura



# Abaixamento e Cobertura

O abaixamento dos tubos na vala deve ser precedido por exame das condições dos tubos, do revestimento e da vala, visando:

- localizar defeitos ou danos nos tubos e no revestimento;
- verificar a condição de limpeza interna da tubulação;
- verificar as condições do fundo da vala e das suas paredes laterais.



# Abaixamento e Cobertura

Nos trechos alagados utiliza-se o revestimento dos tubos com jaqueta de concreto, que além de dotá-los de peso extra para **combater a flutuação**, lhes confere **resistência mecânica adicional**, evitando danos mecânicos e tensionamento da coluna.

# Abaixamento e Cobertura

Em terrenos com ocorrência de rochas, o abaixamento deve ser precedido da utilização de meios adequados de **proteção mecânica**, de forma isolada ou combinada:

- **revestimento do fundo da vala** com camada de solo isento de pedras, na espessura mínima de 20 cm;
- uso de **apoios de sacos de areia** ou de solo selecionado, espaçados a cada **3 m**, no máximo;
- envolvimento dos tubos com **jaqueta de concreto** de proteção mecânica;
- outros métodos desde que seja assegurada a integridade do revestimento anticorrosivo e do próprio tubo, ao longo de sua vida útil estimada no projeto.

# Abaixamento e Cobertura

A pega e movimentação da coluna de tubos para o abaixamento dentro da vala utilizam **pontos de içamento** com **cintas de lona** de alta resistência à tração ou **carrinhos com roletes** revestidos de material macio, para evitar danos mecânicos aos tubos.



Cinta de lona reforçada



Carrinho com roletes

# Abaixamento e Cobertura

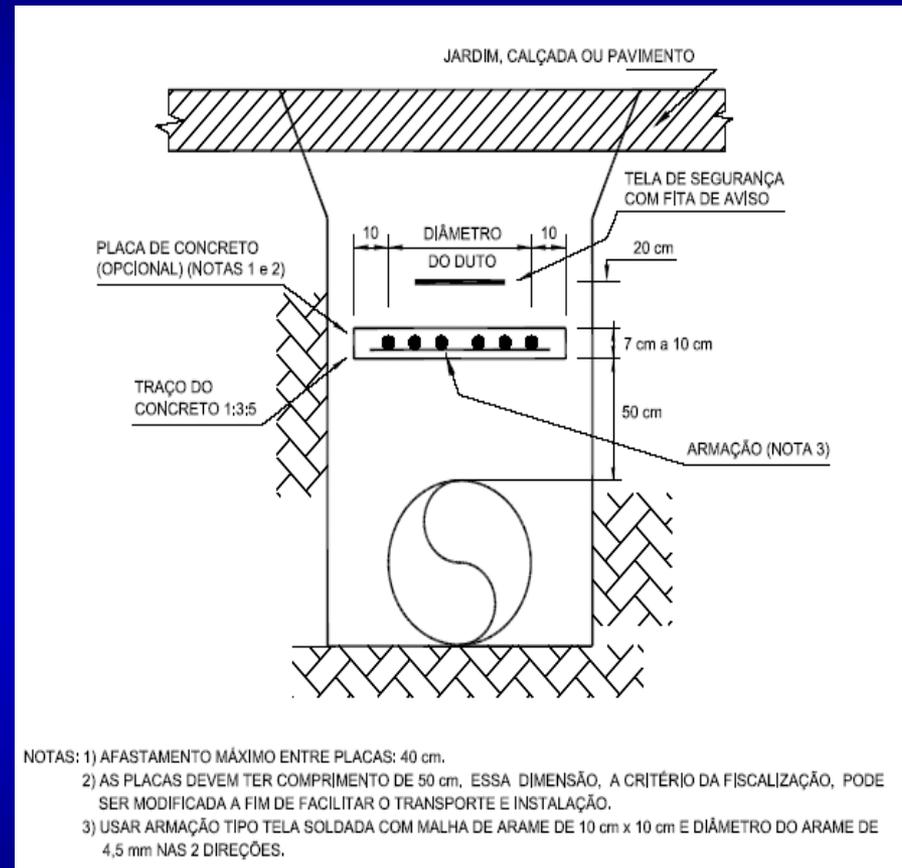
Em trechos onde houver o paralelismo com outros dutos protegidos catodicamente, a cobertura deve ser precedida da **interligação elétrica** entre os dutos, de forma a se obter o equilíbrio do sistema e a proteção do novo duto.

# Abaixamento e Cobertura

Imediatamente após o abaixamento da coluna e antes da cobertura, realiza-se o **geo-referenciamento** das juntas soldadas e a medição “in loco” dos exatos valores da cobertura alcançada. Estas informações são então encaminhadas à equipe de projeto, que as introduzirá na documentação “**conforme o construído**”.

# Abaixamento e Cobertura

Em regiões urbanas ou industriais utiliza-se sinalização enterrada composta por **telas de segurança com fita de aviso**, instaladas sobre **placa de concreto** para proteção mecânica do duto, devido a maior probabilidade de ocorrência de escavações futuras por terceiros, que possam vir alcançar e danificar o duto.



# Abaixamento e Cobertura

Todo o material retirado durante a escavação da vala deve ser recolocado na vala na atividade de **cobertura**. Caso o material local seja considerado inadequado para o preenchimento da vala, como no caso de terreno rochoso, realiza-se a importação de material mais adequado de outro local, denominado “**material de jazida**”.



Cobertura com solo local



Cobertura com “material de jazida”

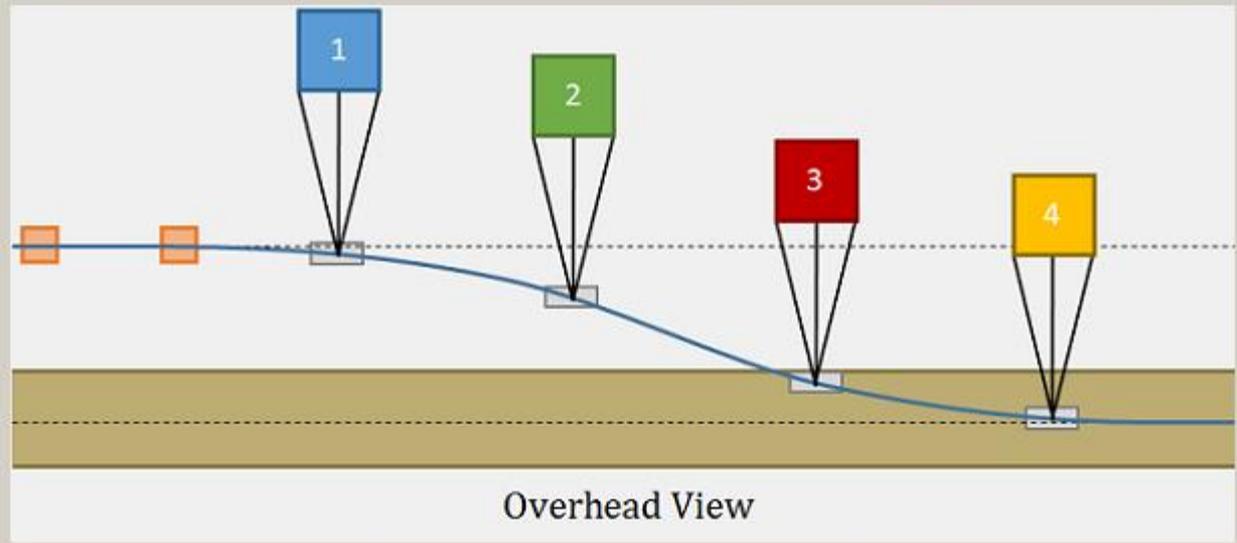
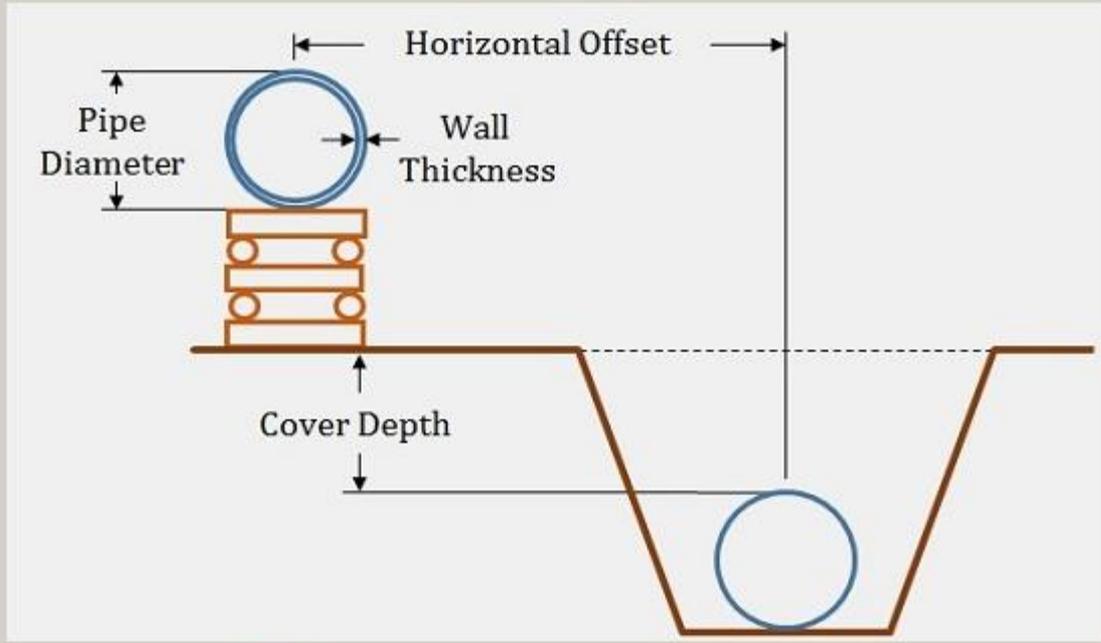
# Abaixamento e Cobertura

Exatamente sobre o eixo da vala é deixada uma **sobrecobertura** de terreno, denominada “**leira**”, a fim de compensar possíveis acomodações do material, exceto nos seguintes casos, em que é necessária a compactação do material depositado na vala:

- regiões cultivadas e/ou irrigadas ;
- obstrução da drenagem da pista;
- ruas, estradas, acostamentos, pátios de ferrovias, trilhos, caminhos e passagens de qualquer natureza.

Lifting and Lowering-in

Project Description | Pipe and Lowering-in Conditions | Schematics



Overhead View

**Lifting and Lowering-in**

Project Description | **Pipe and Lowering-in Conditions** | Schematics

**Pipeline Characteristics**

Pipe Outer Diameter: 24 in

Pipe Wall Thickness: 0.375  in  mm

SMYS: 52  ksi  MPa

**Lowering-in Characteristics**

Cover Depth: 6 ft

Horizontal Offset: 6  ft  m

# of Sidebooms: 4

Sideboom Spacing: 90 ft

**Constraints**

Allowable Stress Level (% of SMYS): 80 %

Sideboom Maximum Load Capacity: 50000  lb  kg

Vertical Location of Trailing Lift Point:  No Restrictions  Above Ground Level Only

Analyze

Print Results

**Vertical Lifting Profile**

Lift Point 1	4 ft	to	4 ft
Lift Point 2	3 ft	to	3 ft
Lift Point 3	0 ft	to	0 ft
Lift Point 4	-4 ft	to	-4 ft

**Horizontal Profile Recommendations**

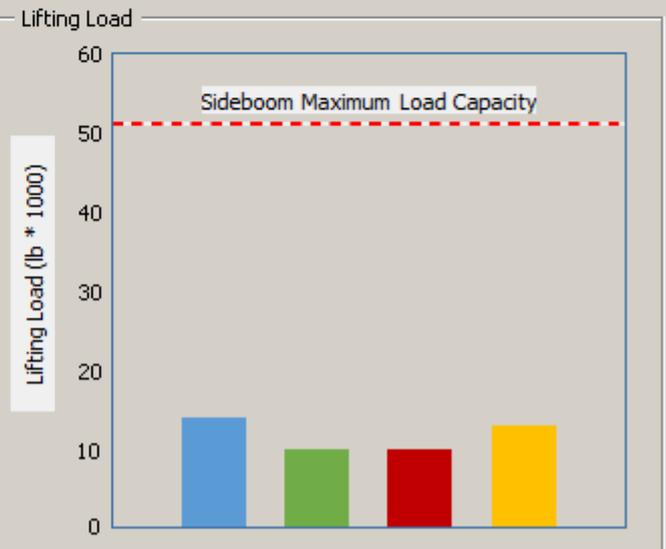
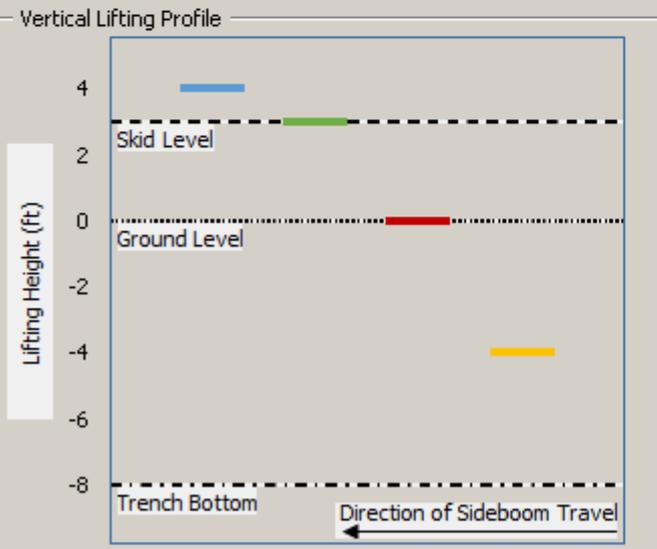
All Lift Points must be between the line of skids and the center of the trench.

Lift Point 1 must be within 3 feet of the line of skids.

From Lift Point 1 to Lift Point 4, the Lift Points must move progressively toward the trench.

**Maximum Lifting Load (lb)**

Sideboom 1	14000
Sideboom 2	10000
Sideboom 3	10000
Sideboom 4	13000



# Exemplo de Abaixamento e Cobertura



# Abaixamento e Cobertura

*Onde quer que você esteja, sempre haverá um...*



# CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DE DUTOS TERRESTRES

**PUC - RJ – 2024**

**FIM  
DA  
2ª PARTE**

**João Carlos de Freitas  
Carlos A. C. Manzano**

# CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DE DUTOS TERRESTRES

**PUC - RJ – 2024**

3ª parte

**João Carlos de Freitas**  
**Carlos A. C. Manzano**

# The Good Old Times

**Tramandaí**

# Cruzamentos e Travessias

Por convenção denomina-se “**cruzamento**” à passagem de um determinado duto por outros dutos, linhas de transmissão, cabos de energia elétrica, telefonia ou fibra ótica, adutoras, rodovias, ferrovias, etc.

Denomina-se “**travessia**” quando esta passagem é realizada por cursos d’água em geral ou áreas alagadas.

# Cruzamentos e Travessias

A construtora do duto deve elaborar **projeto construtivo**, que deve atender às limitações e restrições dos **órgãos responsáveis** pela operação e/ou regulamentação do meio atravessado, os quais deverão **aprovar** o referido projeto, antes da sua execução.

# Cruzamentos e Travessias

Para os cruzamentos com estradas, ferrovias e rodovias, utiliza-se a técnica de cravação de um **tubo camisa**, de maior diâmetro que o gasoduto ou oleoduto, através de uma perfuração horizontal realizada a partir das laterais da via, de tal maneira a **não impedir a sua utilização** durante todo o processo de construção do duto.

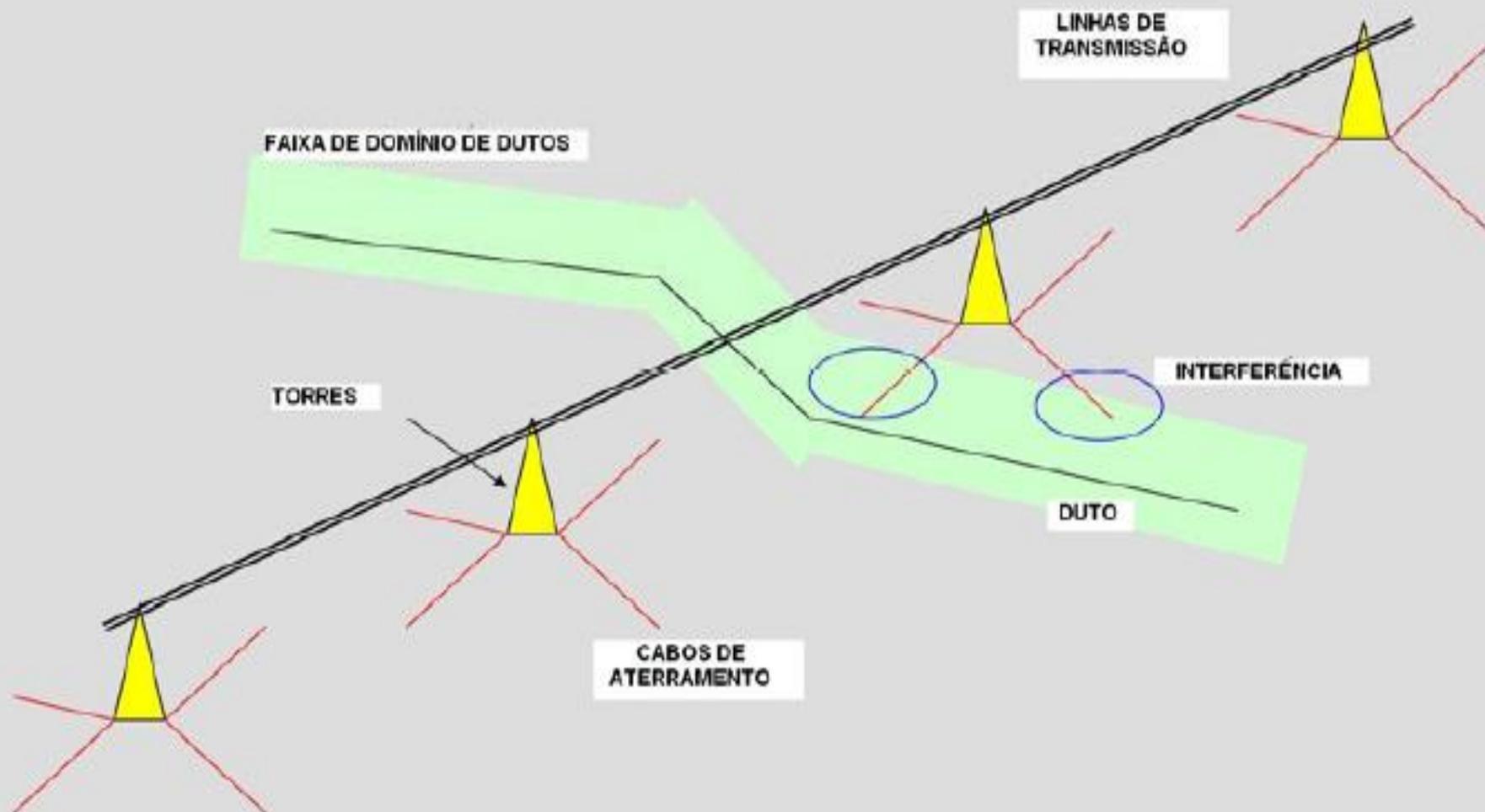


# Cruzamentos e Travessias

Nos cruzamentos com **linhas de transmissão** de energia elétrica, são observadas as seguintes recomendações adicionais:

- **aterramento** de tubos, equipamentos ou veículos, sempre que houver proximidade com linhas de transmissão elétricas;
- o **afastamento** entre o duto e os cabos de aterramento existentes da linha de transmissão deve ser, no mínimo, de 3 m;
- deve ser providenciado o **remanejamento** de cabo contrapeso (aterramento) que estejam sobre a pista do duto;
- deve ser **evitada a utilização de explosivos** nas proximidades de linhas de transmissão.

# Cruzamentos e Travessias



# Cruzamentos e Travessias

Nos cruzamentos com outras tubulações ou cabos enterrados, a regra geral é que a **passagem do novo duto** deve ser sempre realizada por **debaixo das instalações pré-existentes**, devendo ser tomadas todas as medidas de segurança necessárias para que sejam evitados acidentes e danos àquelas instalações.



# Cruzamentos e Travessias

Para a travessia de cursos d'água a técnica mais empregada é a **escavação do leito e margens**, com a instalação do chamado “**cavalote**”, que nada mais é do que um trecho do duto com curvas verticais em ambas as margens, revestido em concreto.

O cavalote é **construído previamente em terra** e posicionado perpendicularmente ao curso d'água, para posteriormente ser puxado para o leito do curso d'água.



# Cruzamentos e Travessias

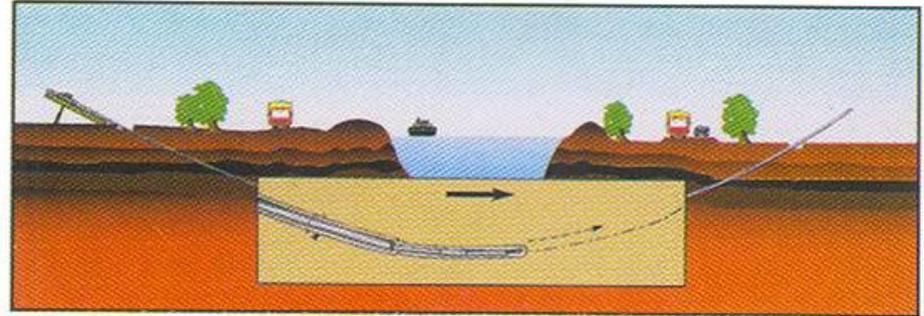
A escavação dos leitos e margens traz como inconveniente um **impacto ambiental pontual e temporário** no local das escavações, sendo necessária uma atividade de **restauração das margens**, iniciada imediatamente após concluídos os trabalhos da instalação do cavaloite.



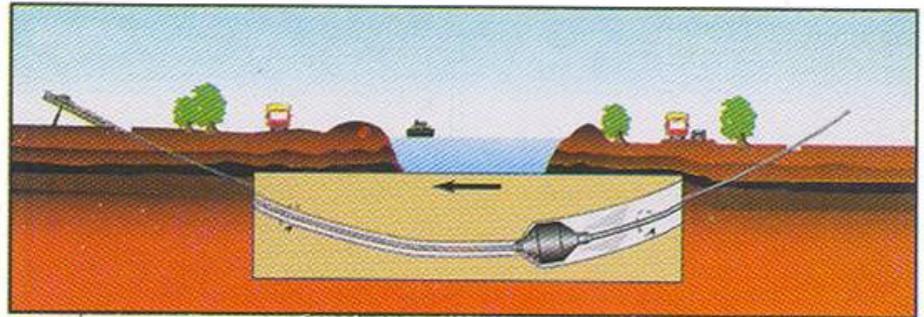
# Cruzamento

## Furo Direcional

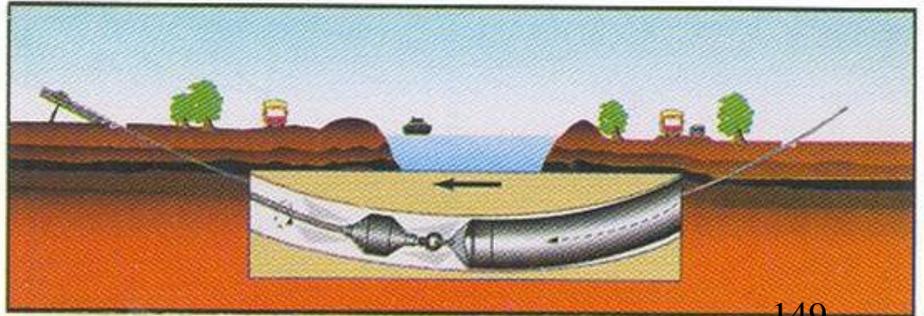
### As três etapas da Perfuração Horizontal Direcional



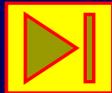
1º - Perfuração do orifício Piloto



2º - Alargamento



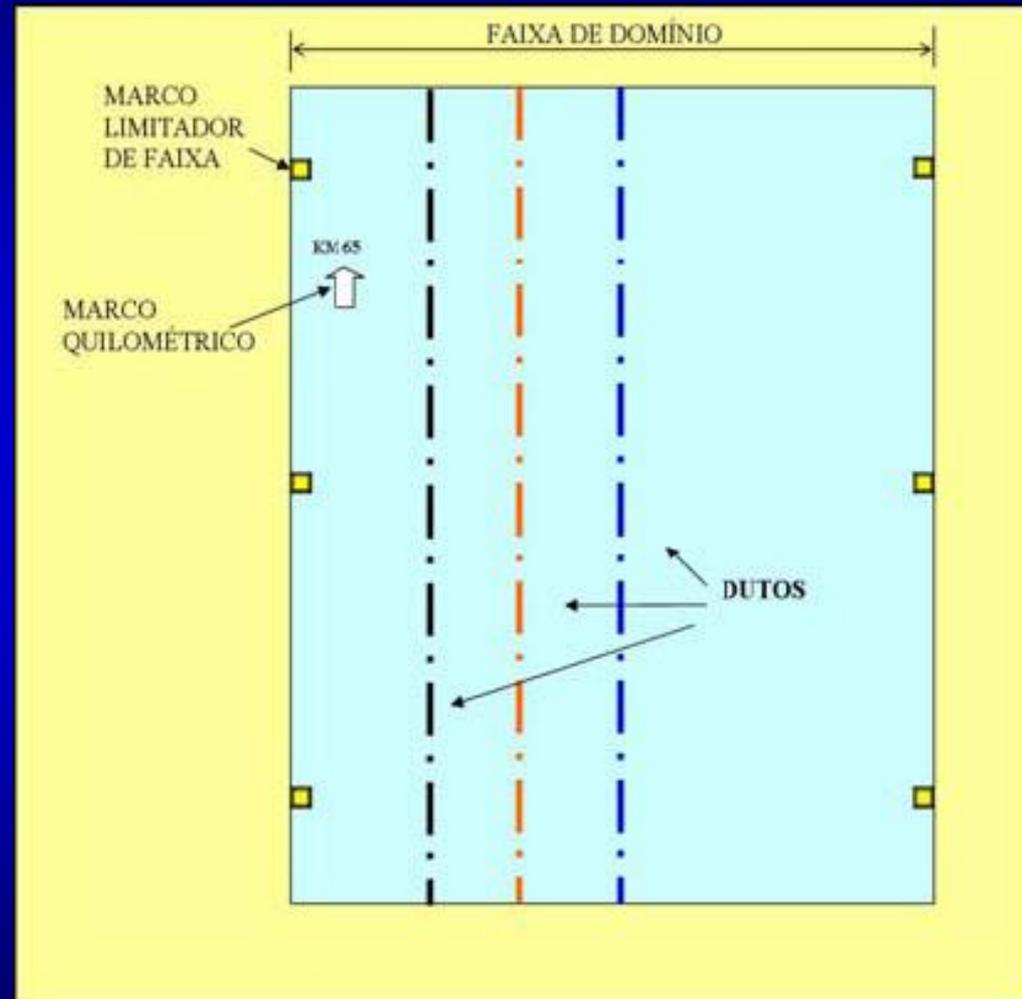
3º - Instalação do duto (pull-back)



# Sinalização

Para possibilitar visibilidade da faixa de dutos, é instalada a seguintes sinalização:

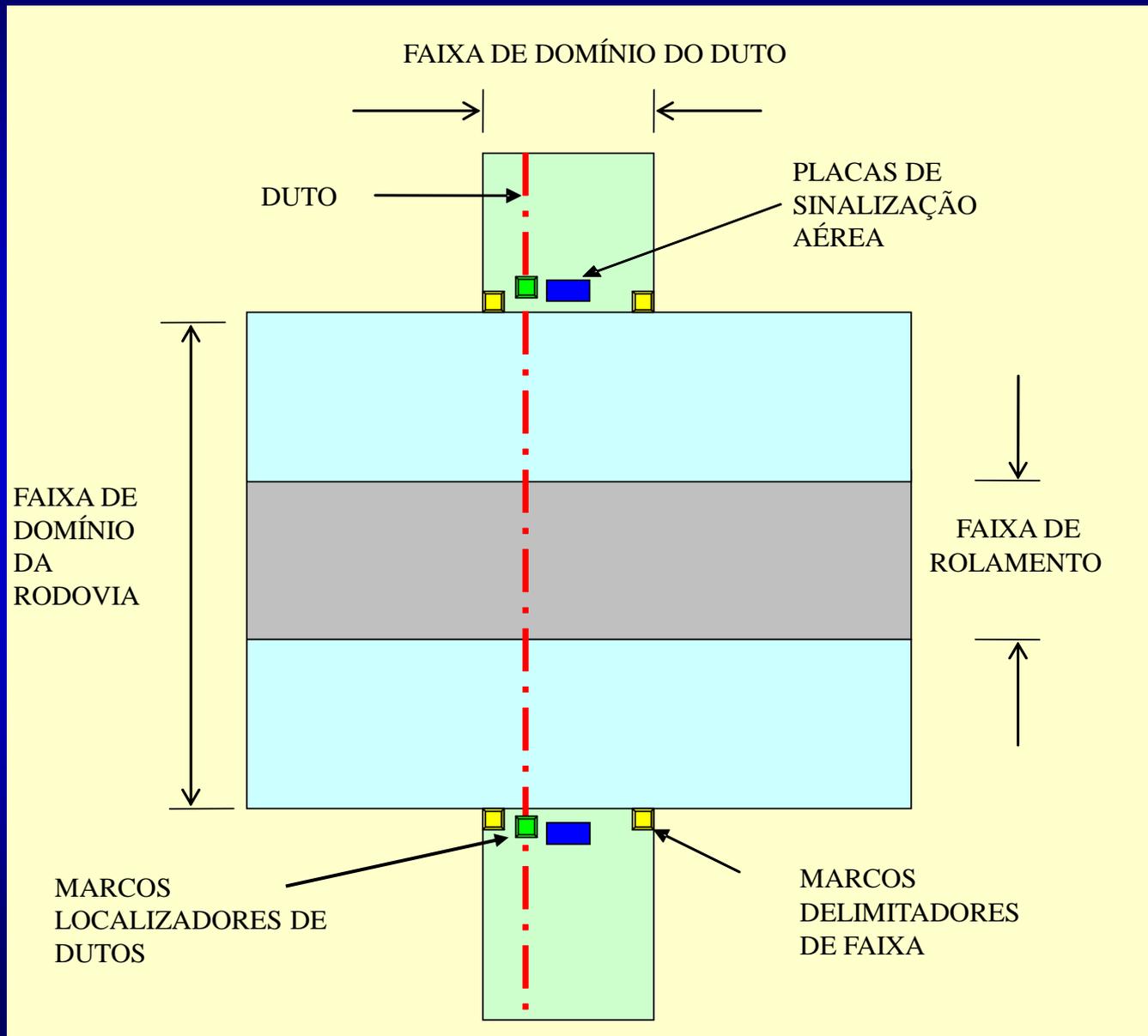
- marcos **delimitadores**;
- marcos **quilométricos**;
- **placas** de sinalização.



# Sinalização



# Sinalização



# Proteção e restauração da pista

Os serviços de proteção e restauração da faixa de domínio visam:

- a) **garantia de segurança** para a pista e para o duto;
- b) **restauração** das propriedades de terceiros;
- c) **minimização dos impactos** causados ao meio ambiente.



# Proteção e restauração da pista



**Diques de  
poliuretano**



# Proteção e restauração da pista

Os serviços constam basicamente:

- **restauração** definitiva das instalações danificadas;
- execução de **drenagem superficial**;
- **proteção vegetal** das áreas sujeitas a erosão.



# Teste Hidrostático

A realização de um teste hidrostático é uma das formas de verificar a **integridade** de um duto, **previamente** à sua entrada em operação, atendendo aos critérios da norma **API RP 1110**.

a) Para sua realização:

- toda a extensão da linha a ser testada deve estar completamente **cheia de água**;
- **cobertura** executada;
- **pressões de teste** em qualquer ponto do trecho testado devem estar limitadas aos valores máximo e mínimo **indicados no projeto**.

# Teste Hidrostático

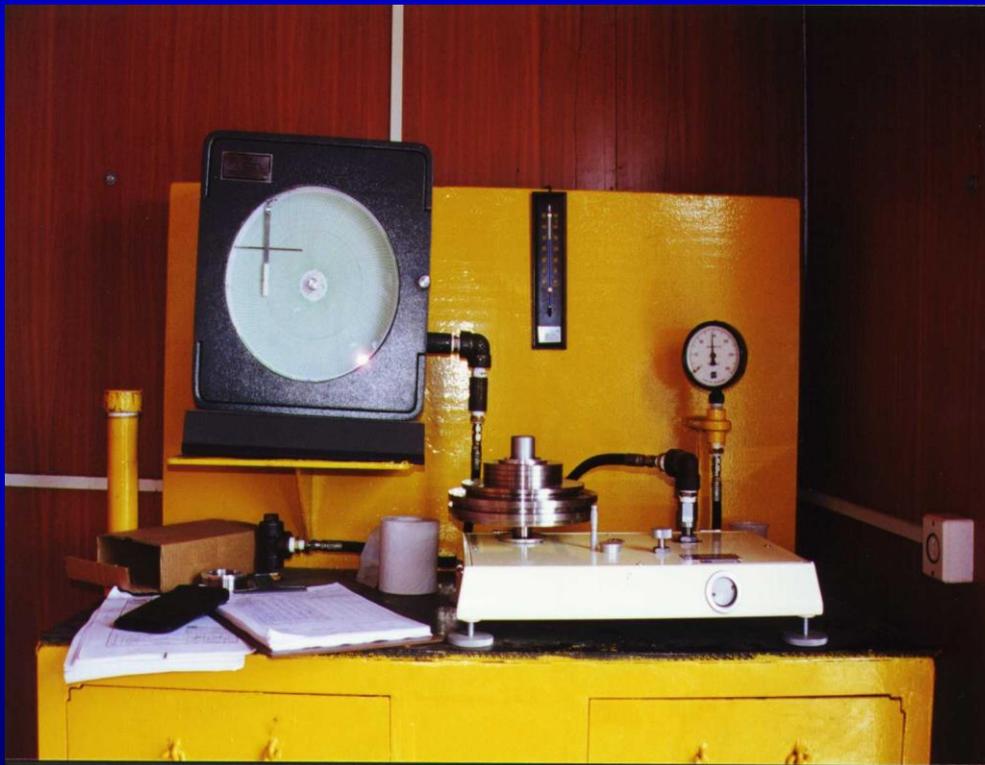
O sistema de **bombeamento** deve conter tanque **pulmão** e **filtros**, tanto na coleta, como antes da injeção da água no duto.

A **água** a ser utilizada deve ser previamente **analisada**, devendo obedecer parâmetros que impeçam a corrosão da parede metálica da tubulação.



# Teste Hidrostático

Os **instrumentos** necessários para execução do teste, devem ser acompanhados de seus respectivos **certificados de aferição e calibração**.



# Teste Hidrostático

Os pontos de **captação** e **descarte** da água devem ser informados e previamente aprovados pelas autoridades ambientais, sendo controlados e **monitorados** visando não prejudicar o uso do corpo d'água por terceiros.



# Teste Hidrostático

- b) diagrama de teste hidrostático **consolidado**;
- c) descrição das **atividades** do teste hidrostático ;
- d) descrição do **sistema de comunicação** a ser utilizado;
- e) descrição do **plano de comunicação** prévia às autoridades competentes e grupos de combate de emergências, bem como às comunidades existentes ao longo da faixa.

# Teste Hidrostático



# Teste Hidrostático



# Teste Hidrostático

O teste hidrostático é realizado em etapas, constando normalmente de: **limpeza**, **enchimento**, **estabilização**, teste de **resistência** e teste de **estanqueidade**.



# Teste Hidrostático

O teste de **resistência mecânica** tem como objetivo verificar a capacidade do duto **resistir** aos níveis de tensão impostos pela **pressurização**.

A pressão **mínima** de teste deve ser estabelecida de acordo com as normas **ASME B 31.4** para oleodutos e **ASME B 31.8** para gasodutos. A **máxima** pressão de teste não deve provocar tensão circunferencial **superior** àquela provocada pelo **teste realizado em fábrica**.

O teste hidrostático de resistência mecânica é considerado aprovado, quando após um período contínuo de **4 horas** a pressão de teste se mantiver dentro dos limites de  **$\pm 0,5\%$** .

# Teste Hidrostático

O teste de **estanqueidade**, visa comprovar a inexistência de **pequenos vazamentos** no duto ou trecho de duto, ou defeitos passantes em juntas soldadas.

O duto ou trecho de duto é considerado aprovado quando a variação na pressão entre início e término do teste puder ser **justificada por cálculos de efeito térmico**, após um período contínuo de **24 horas** à pressão de teste.

É então emitido um **relatório** abrangente e detalhado do Teste Hidrostático, contendo todos os **registros** gerados.



# Teste Hidrostático

O procedimento executivo para a atividade de teste hidrostático, deve estar de acordo com os requisitos do projeto básico, deve ter o seguinte conteúdo mínimo:

a) diagrama de teste hidrostático para cada trecho de teste, discriminando as seguintes informações:

- pressão (mínima e máxima) do teste de resistência mecânica;
- pressão (mínima e máxima) do teste de estanqueidade;
- ponto onde a pressão deve ser aplicada (km e cota);
- pressão de teste a ser aplicada em cada ponto de teste;

# Teste Hidrostático

- pressões e correspondentes tensões circunferenciais (máximas e mínimas) desenvolvidas e localização (km e Cota);
- gráfico PV (pressão x volume de água injetada) teórico;
- classes de locação , espessuras de parede e materiais, válvulas, suspiros, rodovias e rios mais importantes;
- gradientes de teste hidrostático, em metros de coluna de água;
- pontos de descarte e captação;
- vazão máxima e mínima e volume máximo de água a ser injetada na pressurização.

# Teste Hidrostático

## Nota do Autor:

O procedimento executivo para a atividade de teste hidrostático - TH, deve ser concebido de tal forma que, em cada seção (tramo) de teste, as pressões de TH mínimas, isto é, nos pontos mais altos, sejam as **MAIORES POSSÍVEIS!**

No futuro, quando o vetor demográfico pressionar o duto e, o órgão regulatório exigir que as Classes de Locação originais sejam corrigidas de acordo com as novas densidades populacionais, as pressões de TH em que a instalação foi testada poderá permitir a manutenção da PMOA sem que seja necessário trocás de trechos o que, muitas das vezes, se torna proibitivo seja em termos econômicos, seja em termos de continuidade operacional.

# Teste Hidrostático

## 6.5 Teste Hidrostático

6.5.1 As pressões do teste de resistência mecânica devem atender simultaneamente às seguintes condições:

a) a pressão mínima de teste é o produto da pressão máxima de operação (PMO) pelos fatores da tabela abaixo:

Duto	Fator
Oleoduto	1,25
Gasoduto classe 1	1,25
Gasoduto classe 2	1,25
Gasoduto classe 3	1,50
Gasoduto classe 4	1,50

b) a pressão máxima de teste é a que produz na parede do tubo uma tensão circunferencial igual a 95% da tensão mínima de escoamento;

# Teste Hidrostático

ASME B31.8-2020

**Table 841.3.2-1 Test Requirements for Steel Pipelines and Mains to Operate at Hoop Stresses of 30% or More of the Specified Minimum Yield Strength of the Pipe**

Location Class	Maximum Design Factor, <i>F</i>	Permissible Test Medium	Pressure Test Prescribed		Maximum Allowable Operating Pressure, the Lesser of
			Minimum	Maximum	
1, Division 1	0.8	Water	1.25 × MOP	None	TP/1.25 or DP
1, Division 2	0.72	Water	1.25 × MOP	None	TP/1.25 or DP
	0.72	Air or gas [Note (1)]	1.25 × MOP	1.25 × DP	TP/1.25 or DP
2	0.6	Water	1.25 × MOP	None	TP/1.25 or DP
	0.6	Air [Note (1)]	1.25 × MOP	1.25 × DP	TP/1.25 or DP
3 [Note (2)]	0.5	Water [Note (3)]	1.50 × MOP	None	TP/1.5 or DP
4	0.4	Water [Note (3)]	1.50 × MOP	None	TP/1.5 or DP

**Legend:**

DP = design pressure

MOP = maximum operating pressure (not necessarily the maximum allowable operating pressure)

TP = test pressure

**GENERAL NOTES:**

- This Table defines the relationship between test pressures and maximum allowable operating pressures subsequent to the test. If an operating company decides that the maximum operating pressure will be less than the design pressure, a corresponding reduction in the prescribed test pressure may be made as indicated in the Pressure Test Prescribed, Minimum column. If this reduced test pressure is used, however, the maximum operating pressure cannot later be raised to the design pressure without retesting the line to a higher test pressure. See paras. 805.2.1, 845.2.2, and 845.2.3.
- Gas piping within gas pipeline facilities (e.g., meter stations, regulator stations, etc.) is to be tested and the maximum allowable operating pressure qualified in accordance with para. 841.3 and Tables 841.3.2-1 and 841.3.3-1 subject to the appropriate location class, design factor, and test medium criteria.
- When an air or gas test is used, the user of this Code is cautioned to evaluate the ability of the piping system to resist propagating brittle or ductile fracture at the maximum stress level to be achieved during the test.

**NOTES:**

- When pressure testing with air or gas, see para 841.3.1(c), paras. 841.3.2(a) through 841.3.2(c), and Table 841.3.3-1.
- Compressor station piping shall be tested with water to Location Class 3 pipeline requirements as indicated in para. 843.4.1(c).
- For exceptions, see paras. 841.3.2(b) and 841.3.2(c).

# Teste Hidrostático

ASME B31.8-2020

Table 854.1-1 Location Class

Original [Note (1)]		Current		
Location Class	Number of Buildings	Location Class	Number of Buildings	Maximum Allowable Operating Pressure (MAOP)
1, Division 1	0-10	1	11-25	Previous MAOP but not greater than 80% SMYS
1, Division 2	0-10	1	11-25	Previous MAOP but not greater than 72% SMYS
1	0-10	2	26-45	$0.800 \times$ test pressure but not greater than 72% SMYS
1	0-10	2	46-65	$0.667 \times$ test pressure but not greater than 60% SMYS
1	0-10	3	66+	$0.667 \times$ test pressure but not greater than 60% SMYS
1	0-10	4	[Note (2)]	$0.555 \times$ test pressure but not greater than 50% SMYS
2	11-45	2	46-65	Previous MAOP but not greater than 60% SMYS
2	11-45	3	66+	$0.667 \times$ test pressure but not greater than 60% SMYS
2	11-45	4	[Note (2)]	$0.555 \times$ test pressure but not greater than 50% SMYS
3	46+	4	[Note (2)]	$0.555 \times$ test pressure but not greater than 50% SMYS

NOTES:

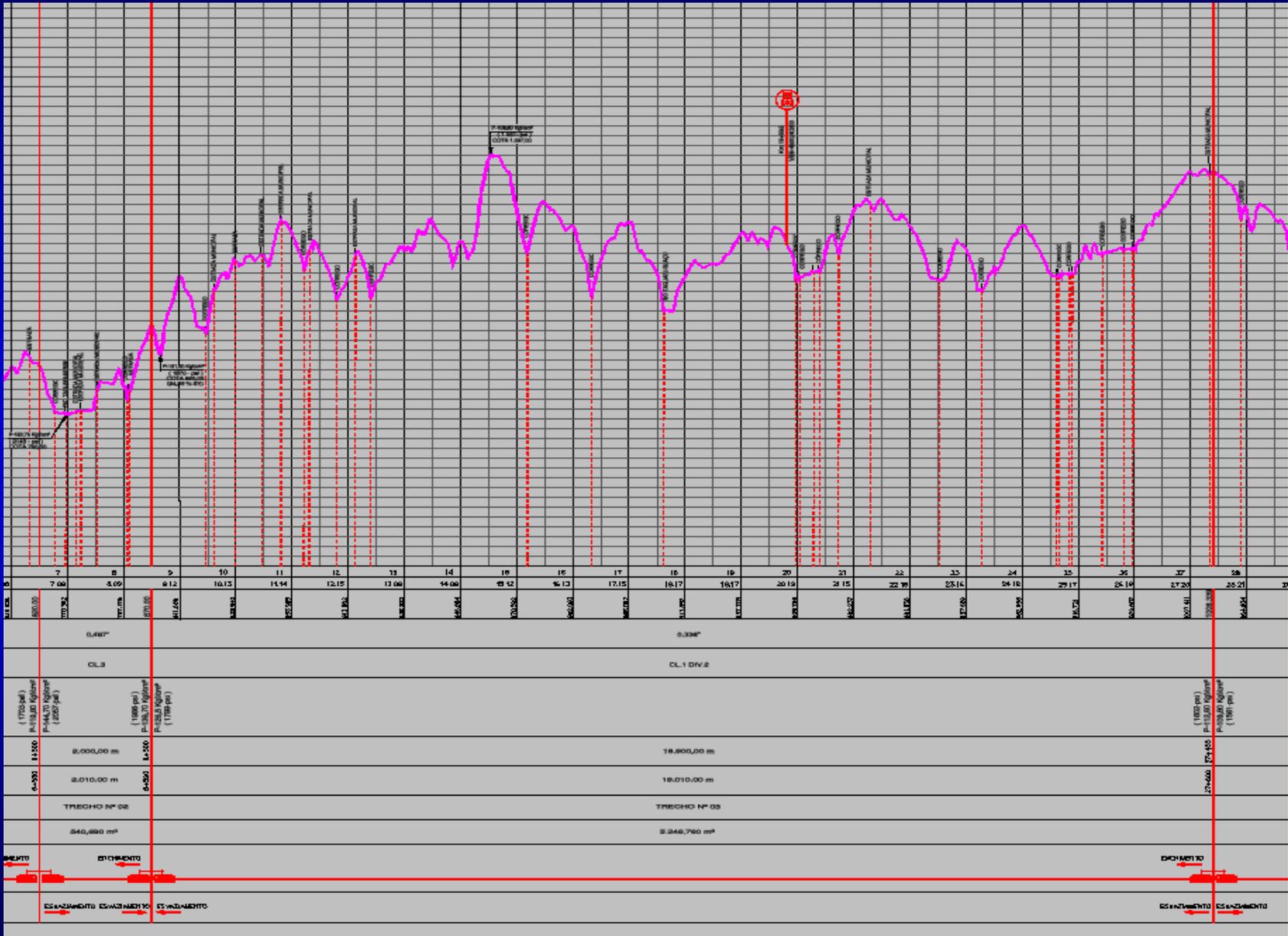
- (1) At time of design and construction.
- (2) Multistory buildings become prevalent.



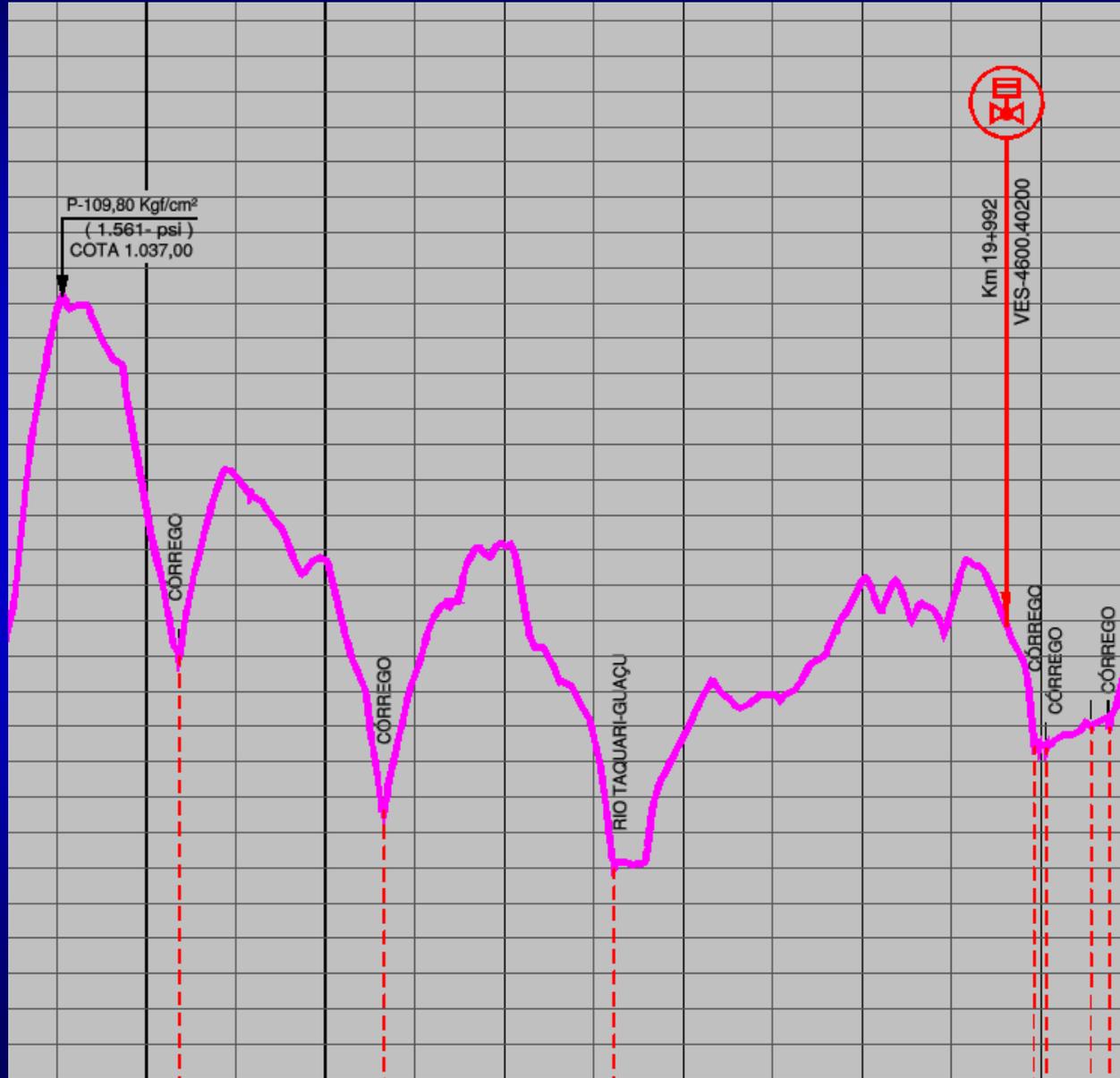
# Teste Hidrostático

D	CONFORME CONSTRUÍDO	21/03/00	CESAR	CAM			
C	REVISÃO GERAL	03/09/99	AUG	REN.			
B	REVISÃO GERAL	28/08/99	WELINGTON	REN.			
A	REVISÃO GERAL PARA APROVAÇÃO	14/08/99	CESAR	REN.			
Q	EMIÇÃO PARA APROVAÇÃO	05/08/99	CESAR	REN.			
REV.	DESCRIÇÃO	DATA	EXEC.	APROV.			
ESTE DOCUMENTO É DE PROPRIEDADE DA PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. PETROBRAS E NÃO PODE SER RE-PRODUZIDO OU USADO PARA QUALQUER FINALIDADE DIFERENTE DAQUELA A QUAL ESTÁ SENDO FORNECIDO							
 <b>TECHINT</b> ENGENHARIA S.A.		ENG. RESP. EDENIR ARTUR VEIGA CREA 29.069/D-SP CONTRATO 578-2-072-97-5					
 <b>PETROBRAS</b> PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.		<b>SEGEN</b> SERVIÇO DE ENGENHARIA					
CLIENTE OU USUÁRIO <b>TBG</b> <b>TRANSPORTADORA BRASILEIRA GASODUTO BOLÍVIA-BRASIL S/A</b>							
EMPREENDIMENTO OU PROGRAMA <b>GASODUTO BOLÍVIA-BRASIL</b>							
ÁREA OU UNIDADE <b>TRECHO X</b>							
TÍTULO <b>TESTE HIDROSTÁTICO</b> Km 0 AO Km 39+410							
PROJ	JCR	DES	CESAR	VERIF	AUG	APROV	REN.
ESCALA	INDICADA				FOLHA	01 de 06	
DATA	04/08/99		NÚMERO			DE - 4600.40-6520-974-TCT-001	
						REV	D

# Teste Hidrostático



# Teste Hidrostático



# Inspeção dimensional interna do duto

Após a conclusão do teste hidrostático, é realizada a passagem de “pig” **geométrico**, em toda a extensão do duto, com a finalidade de verificar variações ocorridas no diâmetro interno da tubulação depois de abaixada e coberta.



ROSEN M FL

OPTIC

# Inspeção dimensional interna do duto

O resultado destas verificações é então interpretado, caracterizando as irregularidades detectadas, sendo consideradas como **inaceitáveis**:

- a) **ovalizações** superiores a 5%;
- b) **mossas**;
- c) reduções no diâmetro, concentradoras de tensão;
- d) reduções no diâmetro em soldas.

A diagram showing a black rectangular box with a light blue border. Inside the box, there is a yellow rectangular label with the text "PIG Palito" in black.

PIG Palito



# Condicionamento

Condicionamento das instalações são todas as atividades necessárias para, após o término dos serviços de construção e montagem do duto, colocá-lo em **condições de ser pré-operado** com o produto previsto.

Em geral, podemos dizer que um duto é considerado como condicionado, estando com seu interior **limpo, seco e inertizado**.

# Condicionamento

É a seguinte a sequência de atividades para o condicionamento de **oleodutos** e **gasodutos**:

- Esvaziamento;
- Pré-Secagem;
- Limpeza Final;
- Secagem;
- Montagem de Complementos;
- Inertização.

# Condicionamento



# Condicionamento



# Condicionamento



# Condicionamento



Debris como carepas de laminação, limalhas, pontas de eletrodos etc.

# Condicionamento

A secagem consiste na operação de **eliminação da umidade do ar** existente no interior do duto, com o emprego de ar seco ou gás inerte (nitrogênio). Ela será considerada concluída quando o **ponto de orvalho**, medido no lançador, no recebedor e em todas as válvulas de bloqueio, atingir os valores abaixo:

- a) gasodutos sem revestimento interno: **-20 °C** (1 atm);
- b) gasodutos com revestimento interno: **0 °C** (1 atm);
- c) oleodutos: **0 °C** (1 atm).

# Condicionamento

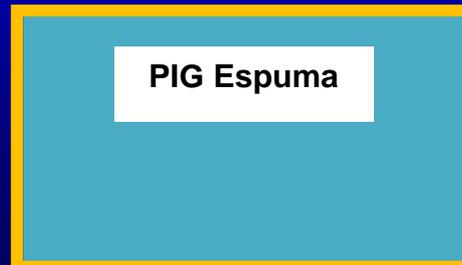
## Equipamento de Secagem



# Condicionamento

Os lançadores, recebedores de “pigs”, válvulas de bloqueio e demais complementos somente devem ser instalados **após a realização da limpeza final e secagem**, a fim de preservá-los da ação negativa das eventuais impurezas existentes no interior do duto.

Estes complementos geralmente são **pré-fabricados** em canteiro de obras, e transportados para a faixa em “kits”, de modo a **minimizar** a atividade de montagem em campo.



# Montagem de Complementos



# Condicionamento

A última etapa do condicionamento será a inertização do sistema, geralmente realizada através da **injeção de nitrogênio** no interior do duto, retirando o ar até então existente em seu interior.

Pode ser feito através do aluguel de carretas criogênicas com nitrogênio líquido ou,

Unidades geradoras de nitrogênio in loco, como segue:



# Condicionamento

## Equipamento utilizado para a Inertização



# Inspeção do revestimento externo anticorrosivo após a cobertura <sup>NP-1</sup> após a cobertura

Com o duto já enterrado, é executado um levantamento de falhas do revestimento externo anticorrosivo através da **injeção de corrente** alternada ou contínua na tubulação, normalmente utilizando-se os pontos de teste existentes da proteção catódica, medindo e mapeando a corrente que flui pela tubulação e os gradientes de tensão estabelecidos nos locais onde existem defeitos no revestimento.



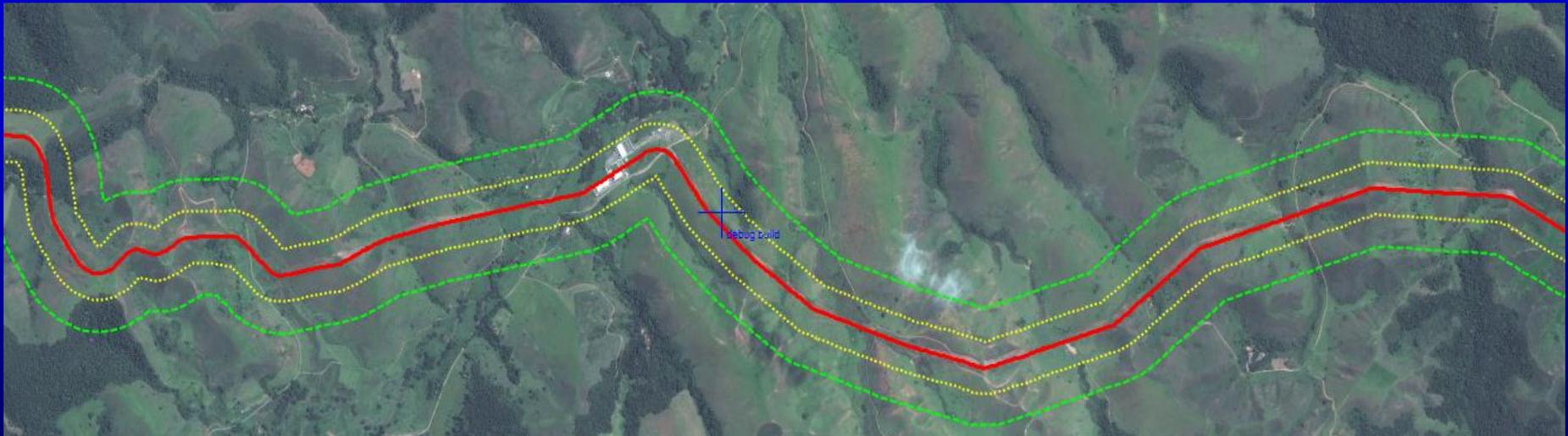
# Emissão de documentação “Conforme Construído”

Durante a execução dos serviços de construção, montagem e testes, as informações constantes do projeto básico são atualizadas pela equipe de projeto, baseadas nas informações geradas em campo, sendo condensadas em documentos “**conforme construído**” (“*As Built*”) das instalações.



# Mudança de Classe de Locação - Objetivo

Apresentar as atividades referentes a definição de novas classes de locação de gasodutos e as ações necessárias para restabelecer a PMOA conforme normas vigentes.



# **Mudança de Classe de Locação**

## **Normas e Regulamento Vigentes**

As seguintes normas e regulamentos tratam a classificação e reclassificação de gasodutos:

- **ASME B 31.8 – Gas Transmission and Distribution Systems**
  - Normatiza a classificação na fase de projeto e a reclassificação.
- **ISO 13.623 –Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems**
  - Normatiza a classificação na fase de projeto e a reclassificação.
- **RTDT – Regulamento Técnico de Dutos Terrestres para Movimentação de Petróleo, Derivados e Gás Natural**
  - Regulamenta as inspeções de faixa, o gerenciamento de mudanças e prazos.

# Mudança de Classe de Locação Normas e Regulamento Vigentes

## Alguns Comentários preliminares

- Normas utilizam Fatores de Projeto e de TH em função da densidade populacional do seu entorno;
- Classe de Locação tem por motivação reduzir a probabilidade de falha. Pressupõe que quanto maior a densidade populacional maior o potencial de falhas e suas consequências. Para manter o RISCO aceitável busca-se diminuir a probabilidade de falha;
- Uma maior espessura de parede, por exemplo, diminui a probabilidade de falha para grande maioria das CAUSAS de falha;
- Um MODO de falha merece atenção particular; Quanto maior a densidade populacional maior é a probabilidade do duto sofrer danos por ações EXTERNAS;
- A prevenção deste MODO de falha é que gerou o sistema de CLASSES DE LOCAÇÃO;

# Mudança de Classe de Locação Normas e Regulamento Vigentes

## Alguns Comentários preliminares

- Para um duto em fase de projeto ou mesmo em construção, aumentar espessura de parede pode ser considerado “trivial” contudo, para um duto em OPERAÇÃO, não é nem de longe algo “trivial”;
- Diversas medidas podem ser implementadas para prevenir ações externas e serão vistas mais a frente;
  - **OBS: Reduzir a pressão de operação produz efeitos desprezíveis na resistência de um duto a ações externas embora, reduza suas consequências em caso de falha!**
- Fatores de segurança em projeto existem para compensação de incertezas de carregamentos e sobre sua resistência mecânica;
- Para um duto operando a tempo razoável (> 5 anos), é razoável assumir que o nível de incertezas **SEJA MENOR** que na fase de projeto;

# Mudança de Classe de Locação Normas e Regulamento Vigentes

## Alguns Comentários preliminares

- As normas de projeto existentes são voltadas à construção de dutos NOVOS. Nada obstante o tema Reclassificação de Classes de Locação seja abordado, o mesmo é feito de forma pouco esclarecedora ensejando muitas dúvidas por parte dos Operadores e mesmo dos órgãos reguladores o que traz grande confusão de interpretações de lado a lado;
- Daí a necessidade de se constituir Grupos de Estudo dedicados à matéria de modo a projetar, testar e indicar soluções técnicas capazes de pelo menos restabelecer os níveis de segurança da instalação segundo as exigências normativas e regulamentadoras da época de sua implantação;

# Mudança de Classe de Locação Normas e Regulamento Vigentes

## Alguns Comentários preliminares

- Assim sendo, o vetor de crescimento populacional em direção ao duto deve ser estudado meticulosamente em ciclos não maiores que 5 anos de sorte a indicar soluções técnicas que objetivem a diminuição dos RISCOS de falhas na contenção de seu conteúdo;
- Algumas destas medidas e soluções alternativas às drásticas “trocas de trecho” e/ou novos “THs” podem manter – e até melhorar – a segurança da instalação com custos proporcionalmente menos agressivos.

# Mudança de Classe de Locação - Introdução

## 840 DESIGN, INSTALLATION, AND TESTING

### 840.1 General Provisions

*(d) “Um gasoduto projetado, construído e operado conforme os requisitos da Classe de Locação 1 é basicamente seguro para pressão interna; no entanto, medidas adicionais são necessárias para proteger a integridade do duto na presença de atividades que podem causar dano. (...) A atividade é quantificada pela determinação da Classe de Locação (...).*

*(Tradução livre da ASME B31.8)*

*Fonte:N-2775*

# Mudança de Classe de Locação - Introdução

*(c) “O fator que mais contribui para falha em gasoduto é o dano causado por atividades de pessoas ao longo da faixa. Danos geralmente ocorrem durante construção de infraestrutura que visam prover serviços para habitações, comércio e indústria. Estes serviços, tais como água, gás, eletricidade, esgoto, drenagem, cabeamento, telecomunicações, pavimentação, etc, se tornam cada vez mais relevantes com o aumento da concentração de edificações para ocupação humana, e a possibilidade de dano ao duto se torna maior. A determinação das Classes de Locação é um método de avaliar o grau de exposição do duto ao dano causado pelas pessoas.”*

*(Tradução livre da ASME B31.8)*

Fonte:N-2775

# Classe 1

CLASSE 1 – Representa áreas rurais esparsamente povoadas.  
Critério: até 10 habitações



# Classe 2

CLASSE 2 – Representa área com povoamento intermediário, tais como regiões marginais de cidades.

Critério: mais que 10 e menos que 45 habitações



# Classe 3

CLASSE 3 – Representa áreas de grande povoamento, tais como condomínios residenciais e regiões comerciais.

Critério: mais do que 45 habitações



# Classe 3 - Especial

CONCENTRAÇÃO DE PESSOAS – Deve-se considerar as consequências de uma falha em área em que a concentração de pessoas é esperada, tais como igrejas, escolas, hospitais e área de recreação.

Critério: utilizar os critérios da Classe 3.



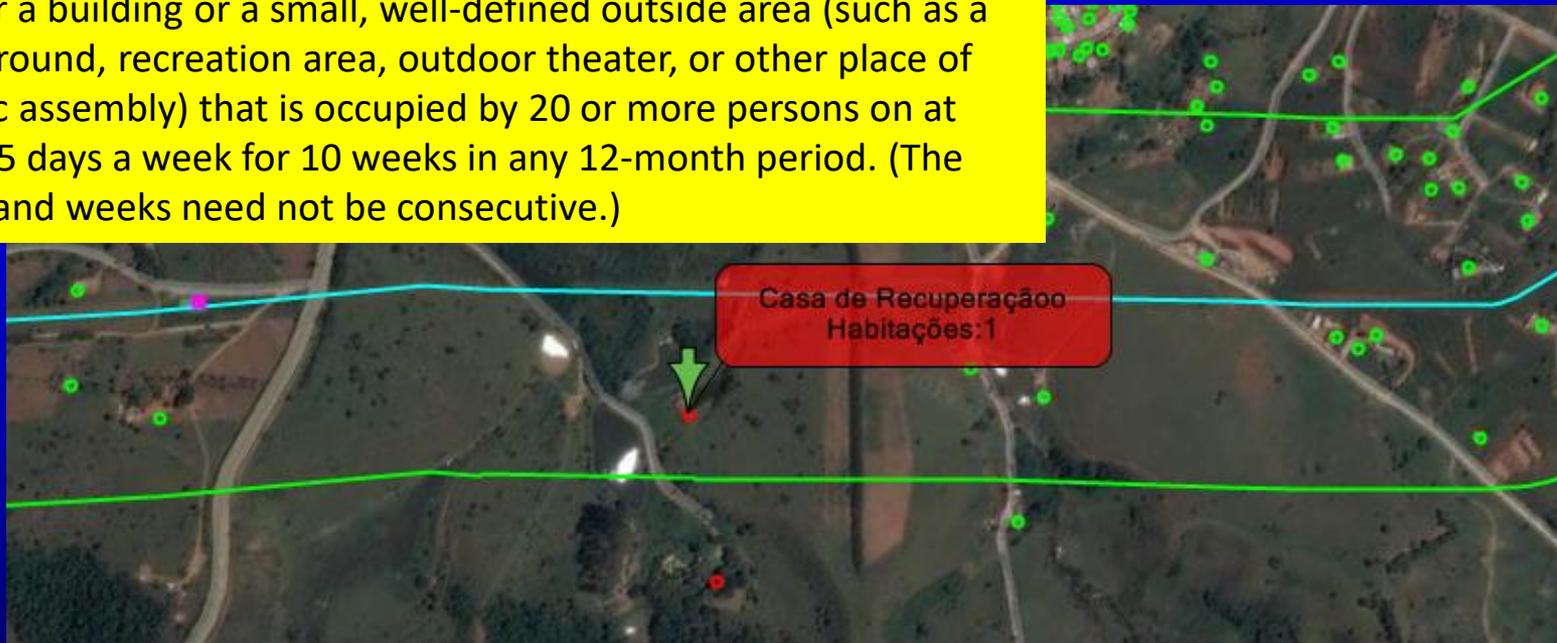
ASME B31.8 (840.3)

# Classe 3 - Especial

**CONCENTRAÇÃO DE PESSOAS** – Deve-se considerar as consequências de uma falha em área em que a concentração de pessoas é esperada, tais como igrejas, escolas, hospitais e área de recreação.

Critério: utilizar os critérios da Classe 3.

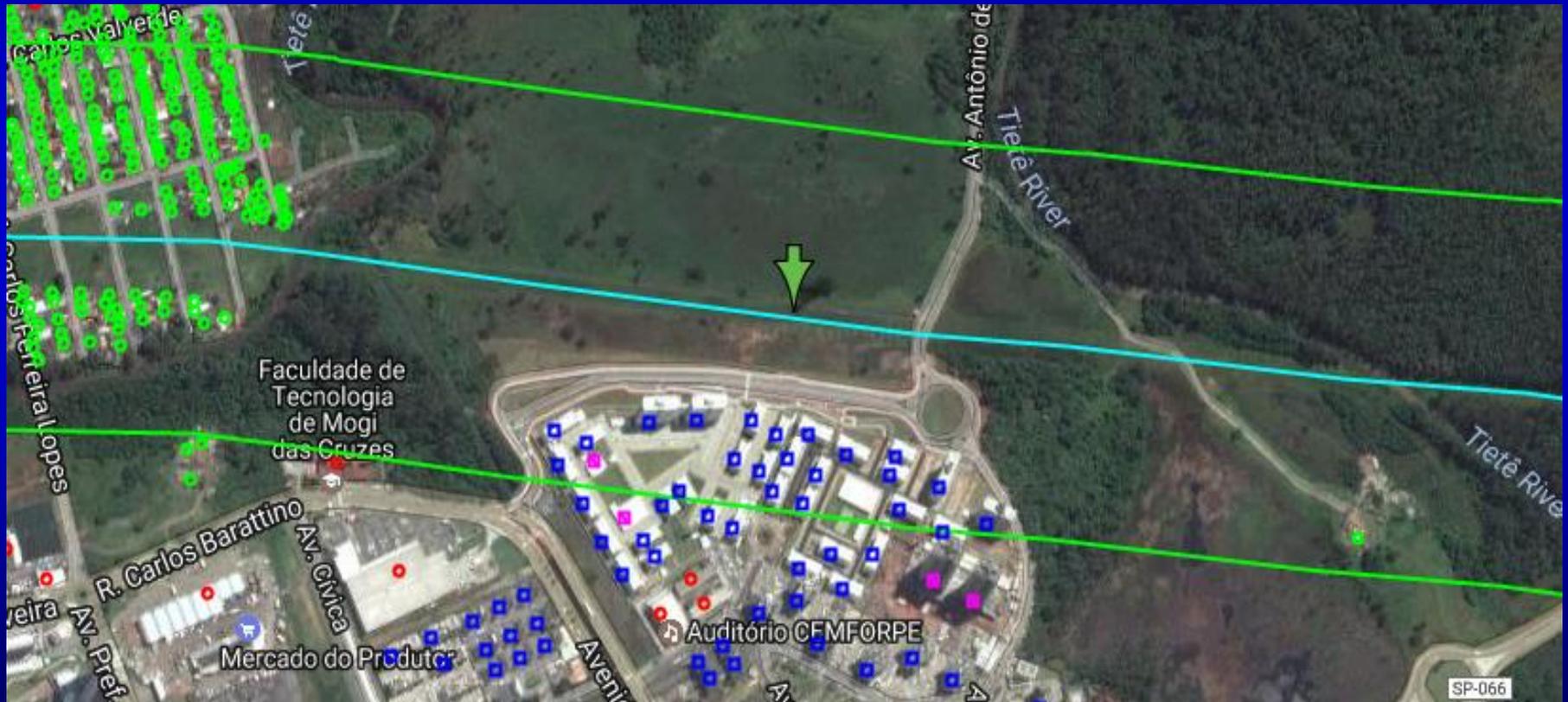
An area where the pipeline lies within 100 yards (91 meters) of either a building or a small, well-defined outside area (such as a playground, recreation area, outdoor theater, or other place of public assembly) that is occupied by 20 or more persons on at least 5 days a week for 10 weeks in any 12-month period. (The days and weeks need not be consecutive.)



ASME B31.8 (840.3)

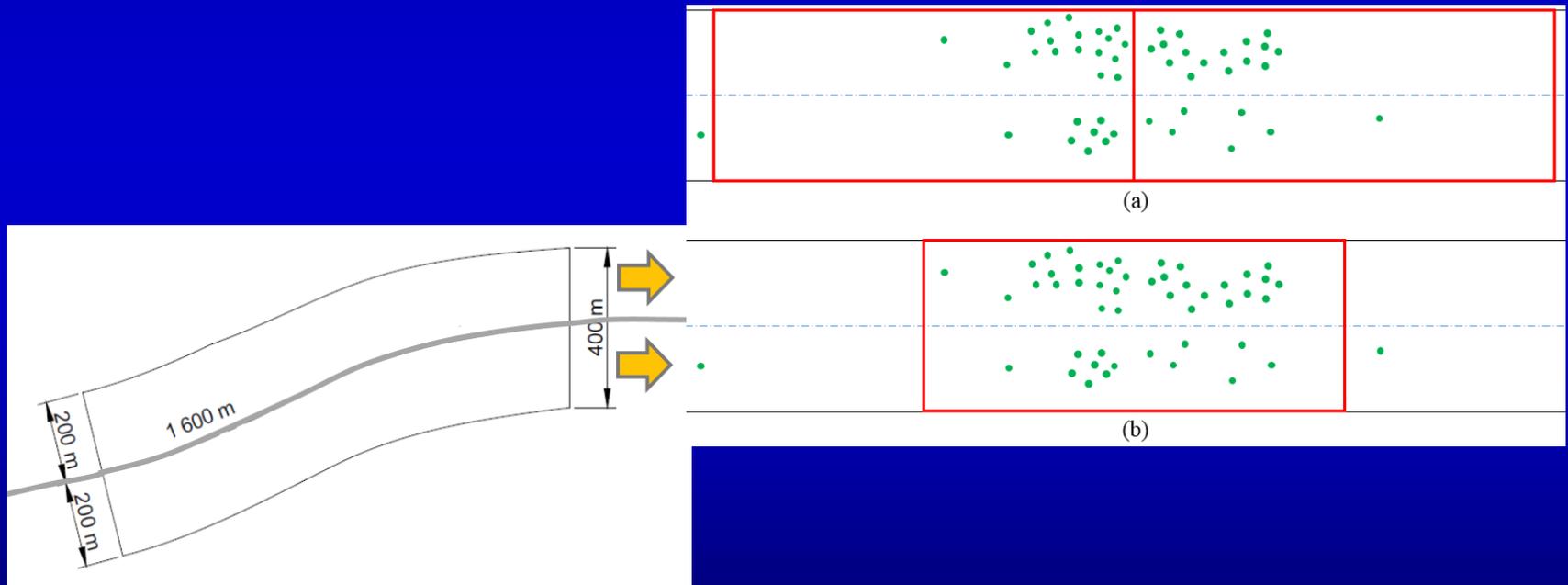
# Classe 4

CLASSE 4 – Representa áreas em que prédios a partir de 4 andares prevalecem, onde há tráfego intenso e onde há muito infraestrutura subterrânea.



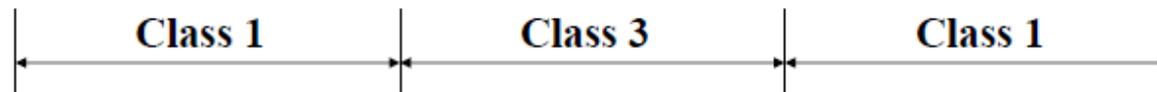
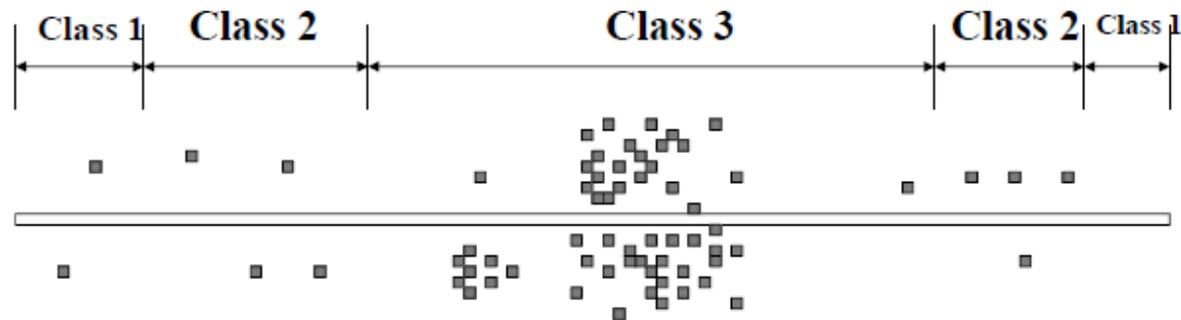
# Contagem por Milha Móvel

De acordo com a ASME B31.8 (2018) recomenda-se o uso de milha móvel (*sliding mile*) para determinação da maior número de construções destinadas a ocupação humana dentro da área de classe de locação.



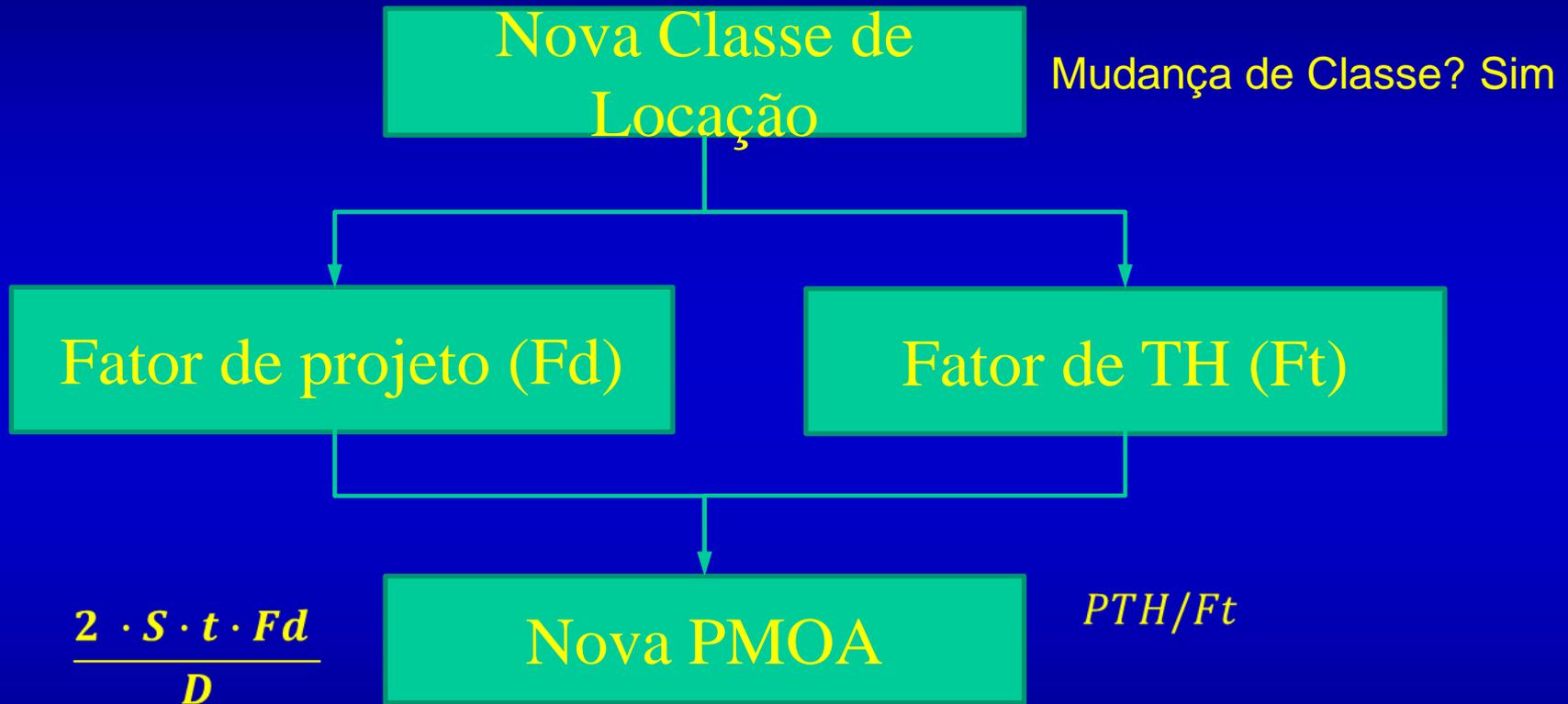
# Contagem por Milha Móvel

Continuous Sliding Mile - the **right way** to do class location



End to End Mile - the **Wrong Way** to do class location

# Classe de Locação e PMOA



$$PMOA = \min\left(\frac{2 \cdot S \cdot t \cdot Fd}{D}, PTH/Ft\right)$$

## ETAPAS EXECUTADAS APÓS ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO

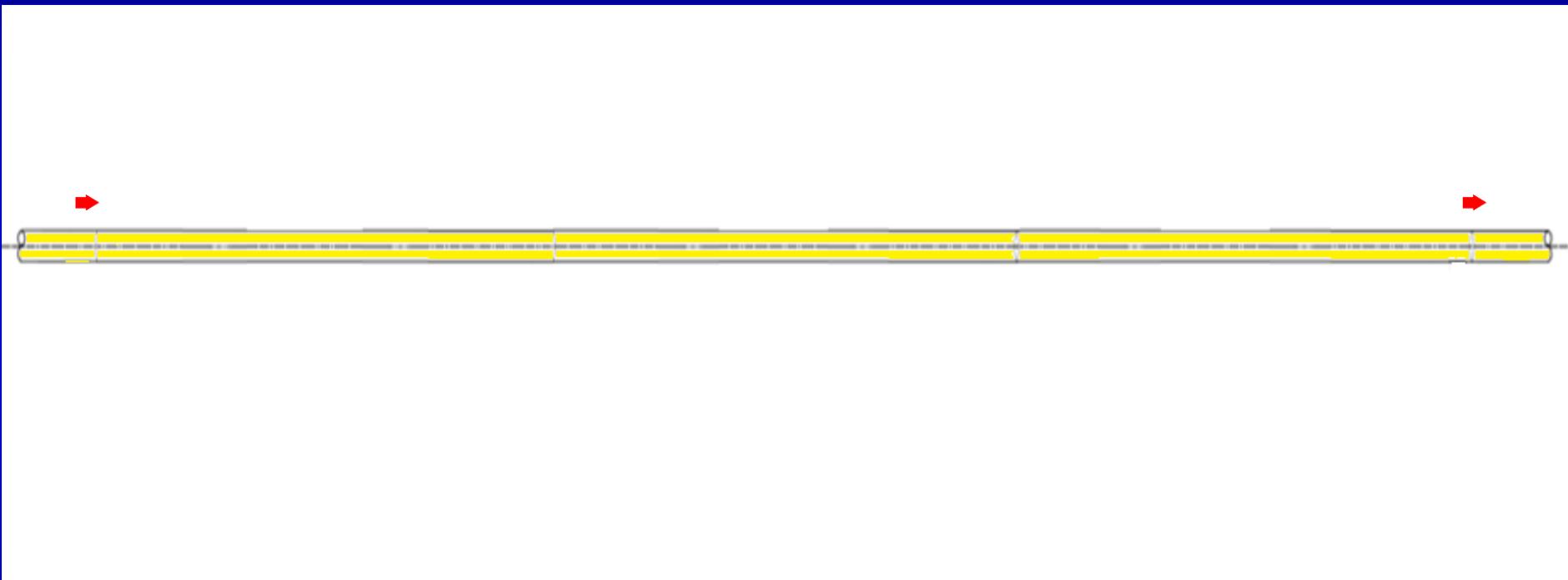
1. **Elaboração dos estudos tais como *Front End Engineering and Design - FEED*, simulação termo-hidráulico, especificação da linha tronco e by-pass e MD para contratação.**
2. **Elaboração do MD para Contratação;**
3. **Elaboração de Orçamento Referencial para a continuidade do processo;**
4. **Elaboração dos desenhos de detalhamento com base no “*As built*” da Operadora;**
5. **Elaboração das RMs para aquisição dos tubos de *By –Pass* e Troncal;**
6. **Definição que a referência de valores para o projeto obtida por meio de Consulta ao Mercado;**
7. **Elaboração da estimativa de preço do projeto, a partir do retorno das empresas após Consulta ao Mercado;**
8. **Nos slides a seguir serão apresentados os principais pontos do projeto, não se limitando a estes. Os detalhes poderão ser vistos em cada documento.**

# Escopo do Projeto

- Mobilização/desmobilização;
  - Instalação de canteiro de obras;
  - Consolidação e análise de consistência de documentos técnicos apresentados pela CONTRATADA;
  - Planejamento, recursos, equipes, logística;
  - Locação da Faixa e Localização das Interferências;
  - Elaboração de projeto executivo de construção e montagem (C&M), cruzamentos, trepanação e bloqueio no trecho existente e posterior desativação do trecho substituído inclusive sua inertização;
  - Limpeza e Preparação da Faixa de Servidão;
  - Inspeção, Recebimento, Armazenamento e Transporte dos tubos a serem fornecidos pela CONTRATANTE;
  - Construção, montagem e lançamento da nova coluna a ser instalada na faixa compartilhada inclusive todo controle tecnológico de C&M;
- Aquisição e Soldagem em carga de 8 (oito) *Fittings* e demais acessórios necessários às 2 trepanações;
  - Construção e montagem de *By-pass* temporário nos dois extremos Norte e Sul (Montante e Jusante) do novo trecho inclusive com posterior remoção dos mesmos;
  - Execução de trepanação e bloqueio no gasoduto em operação (8 trepanações) nos dois extremos Norte (4) e Sul (4) (Montante e Jusante) do novo trecho inclusive com posterior remoção dos mesmos;
  - Limpeza, Calibração, Enchimento e Teste Hidrostático da coluna lançada;
  - Montagem de trechos de interligação e execução das interligações (*tie-ins*) entre a nova coluna lançada e a existente;
  - Condicionamento e Pré-Operação;
  - Adequação do Sistema de Proteção Catódica;
  - Recomposição do revestimento externo do gasoduto (região dos *Tie-ins*, *Fittings*, etc.);z

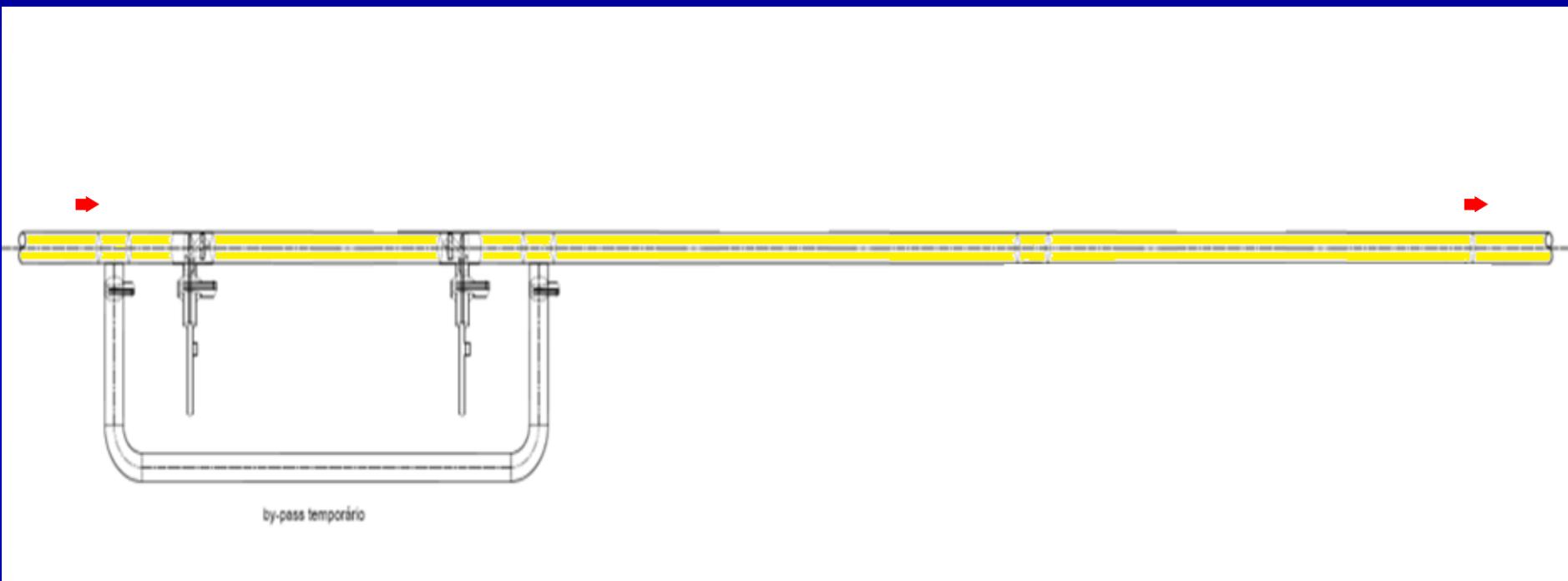
# Premissas do Projeto

Desenho esquemático do trecho à ser substituído



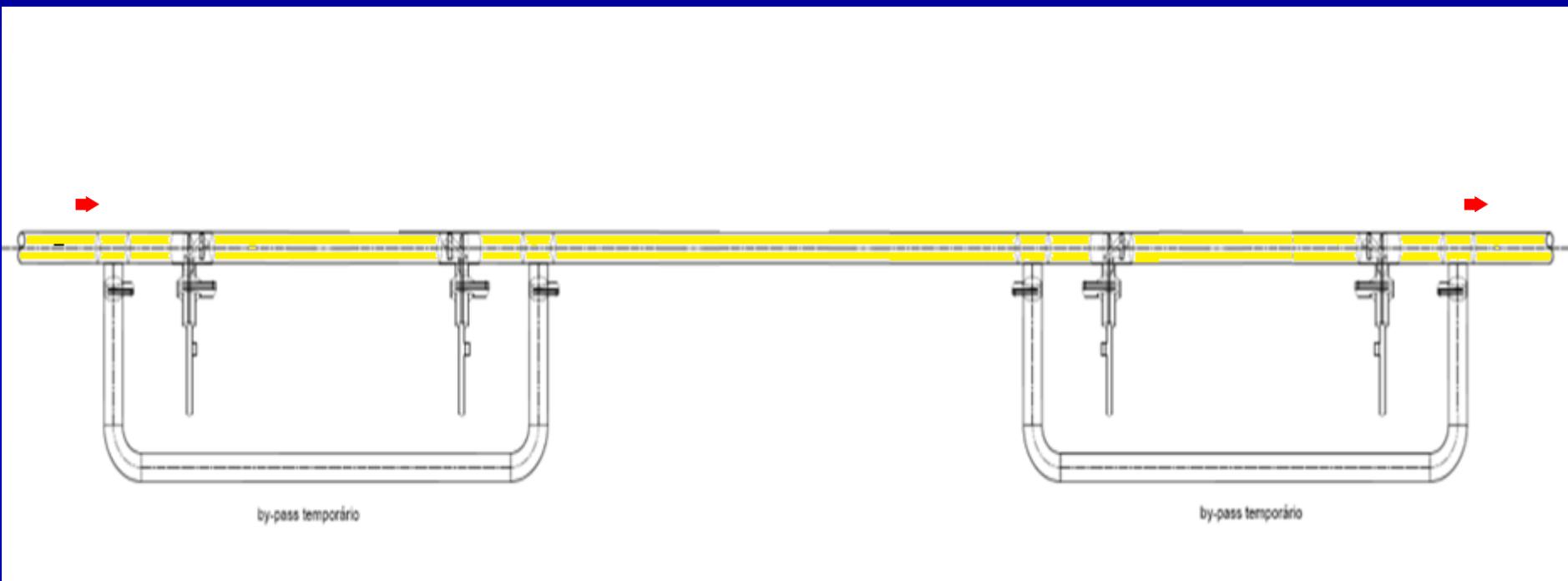
# Premissas do Projeto

## Desenho esquemático do trecho à ser substituído



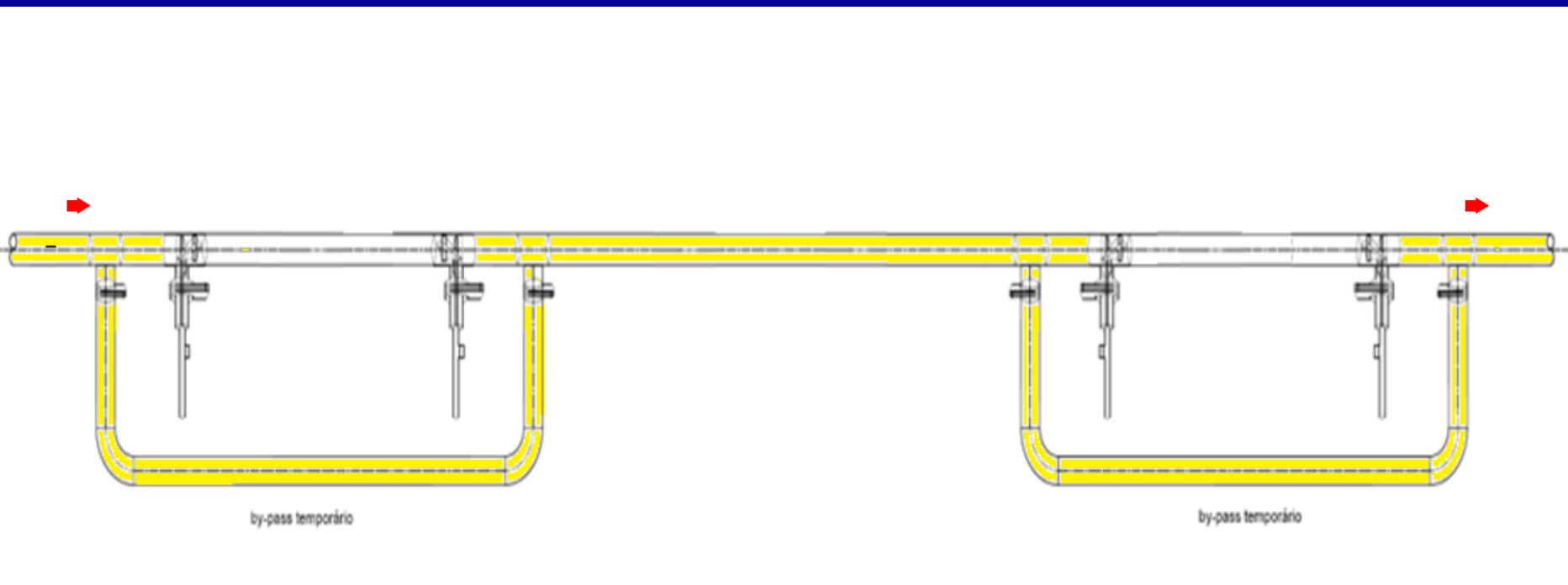
# Premissas do Projeto

## Desenho esquemático do trecho à ser substituído



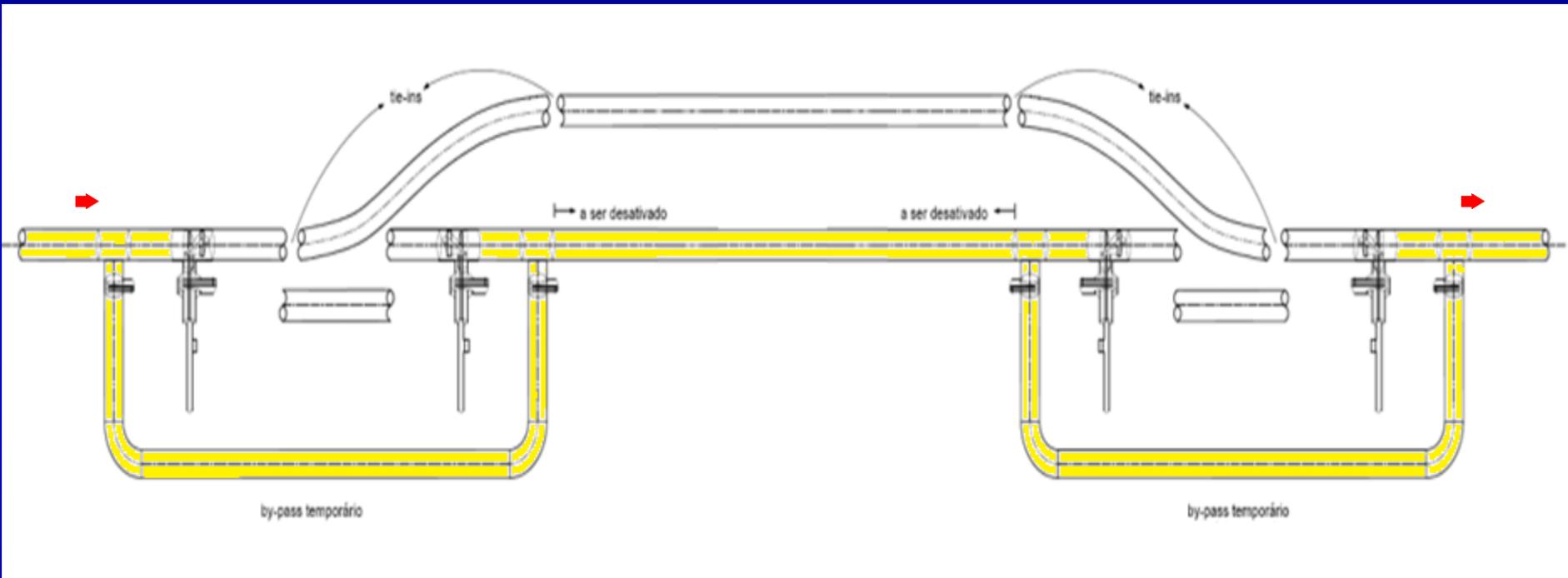
# Premissas do Projeto

## Desenho esquemático do trecho à ser substituído



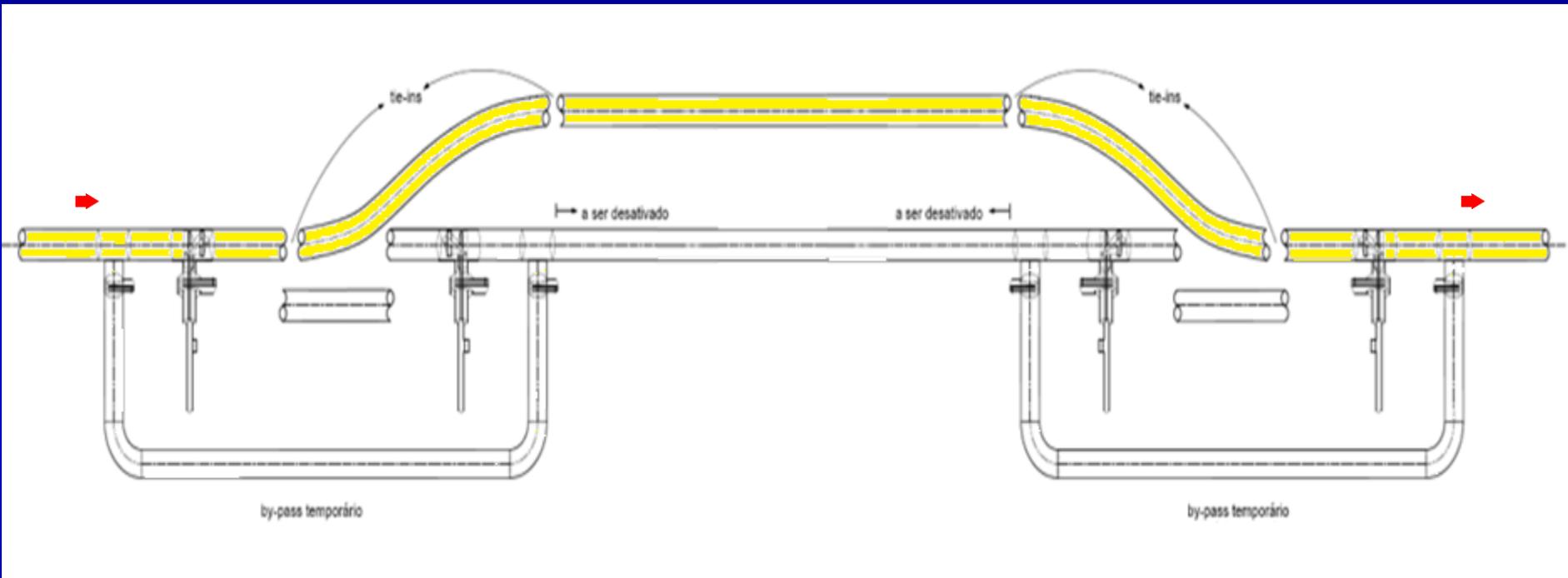
# Premissas do Projeto

## Desenho esquemático do trecho à ser substituído



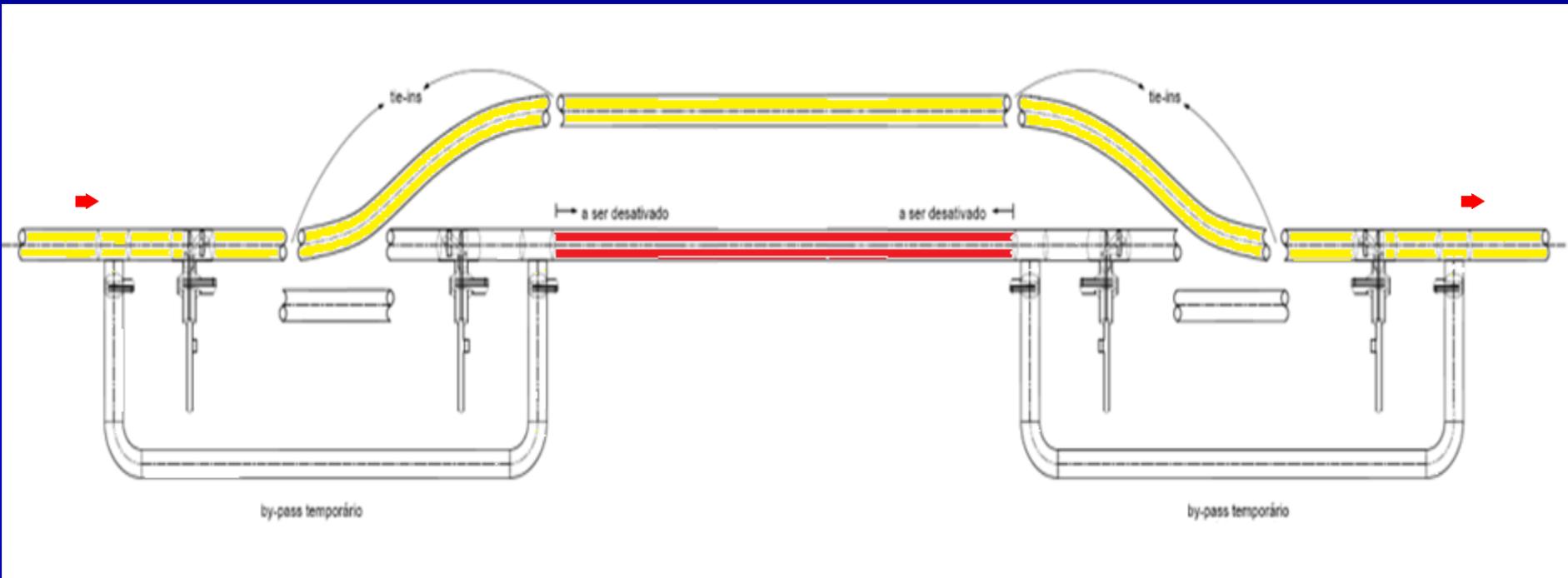
# Premissas do Projeto

## Desenho esquemático do trecho à ser substituído



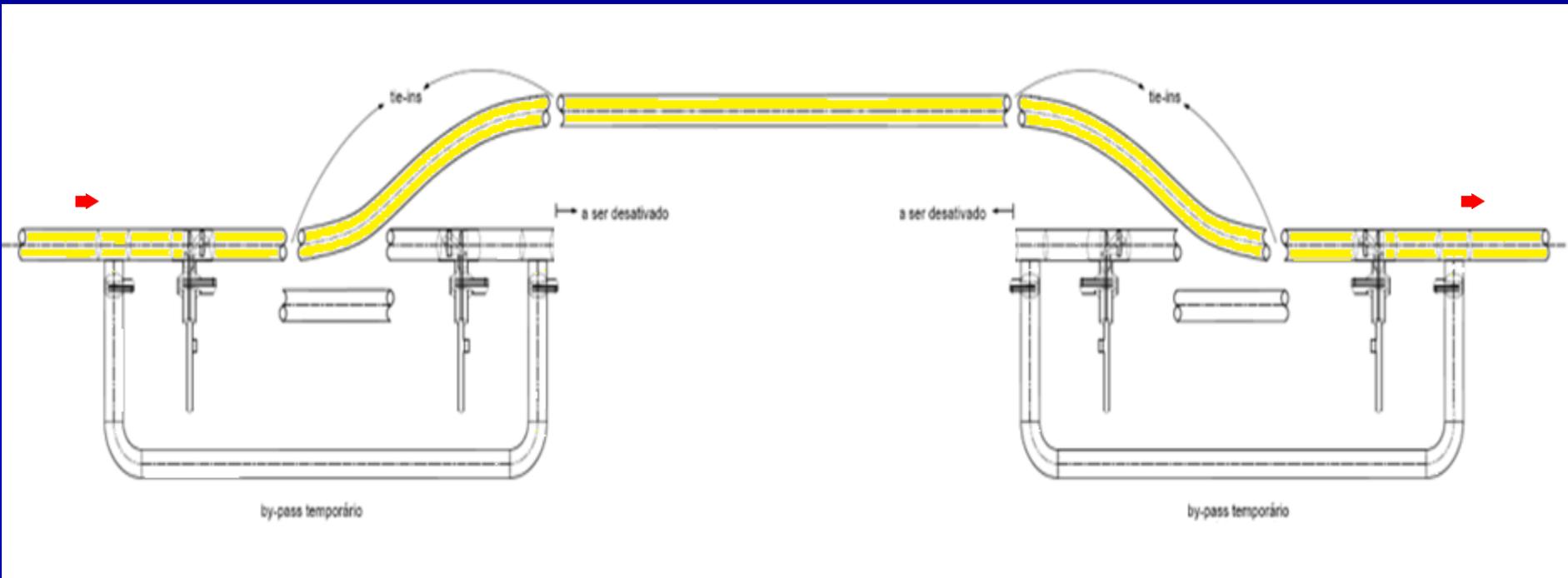
# Premissas do Projeto

## Desenho esquemático do trecho à ser substituído



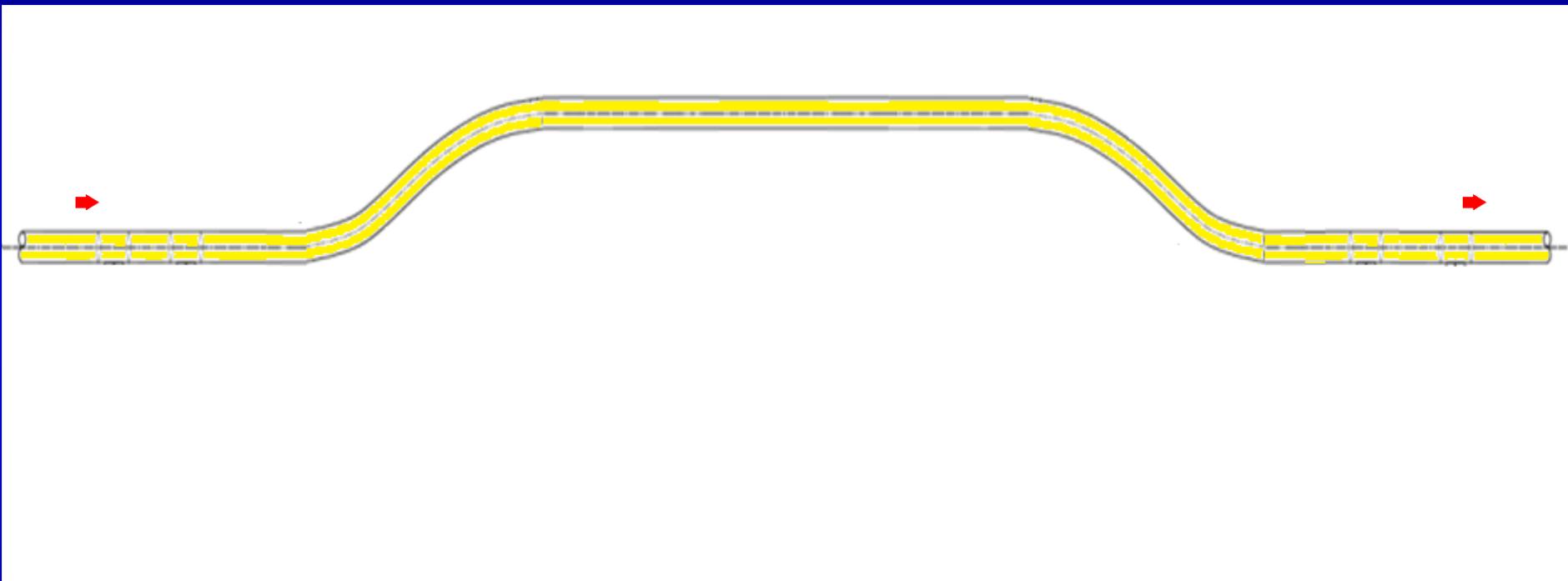
# Premissas do Projeto

## Desenho esquemático do trecho à ser substituído



# Premissas do Projeto

Desenho esquemático do trecho à ser substituído



# Escopo do Projeto - Principais entregas

#	Descrição	Oper	Contrato C&M
1	Aquisição dos tubos de DN <b>xx</b> in, com espessura de <b>ttt</b> in no total de <b>zz</b> Km	■	
2	Aquisição de <b>n</b> válvulas SDV de DN <b>xx</b> in (caso necessário)	■	
3	Aquisição dos tubos de by-pass DN <b>yy</b> in, com espessura de <b>eee</b> in	■	
4	Instalação dos tubos DN <b>xx</b> in por uma extensão de <b>zz</b> km		■
5	Instalação de válvulas SDV de DN <b>xx</b> in (caso necessário)		■
6	Serviços de trepanações/bloqueio - 08 trepanações ( <b>xx</b> in x <b>yy</b> in), acessórios incluindo a aquisição e soldagem dos <i>fittings</i> .		■
7	Inertização e desativação do duto antigo DN <b>xx</b> in com extensão de <b>zz</b> km (tamponado)		■
8	<i>Condicionamento, pré-operação e gaseificação</i>		■
9	Adequação do sistema de proteção catódica		■
10	Atendimento aos requisitos de Planejamento, Gestão do Projeto e SMS	■	■
11	Recomposição de faixa, instalação de marcos, cercas e outras sinalizações conforme especificação.		■

# Implantação de duto NOVO

## Quadro auxiliar para apreciação das Alternativas ao Gasoduto GASPUC 24 - PRELIMINAR

### 1-Descrição de alguns critérios relevantes a perseguir (mas não limitados a estes).

1	Evitar embates ecologicos tais como, matas nativas e reservas ecologicas
2	Minimizar movimentação de terra ie, traçado ortogonal as curvas de nivel
3	Minimizar o comprimento - CUSTOS
4	Minimizar O.E.s
5	Acessos; ficar proximo a estradas viciniais embora isto também seja um facilitador do crescimento do vetor demográfico - Classe de Locação
6	Passar proximo às extremas de propriedades privadas para mitigar os prejuízos aos proprietários
7	Evitar áreas de domínio público tais como, ferrovias, estradas, LTEs etc
8	Evitar brejos, afloramentos, solos de baixa suportaçao, encostas e susceptíveis de deslizamento
9	Cruzamentos sempre perpendicular e com boa praça e acessos
10	Travessias sempre perpendicular e com boa praça e acessos; evitar seção de grande caudal
11	Evitar aglomeração de edificações, inclusive areas como igrejas, campos de futebol etc
12	Evitar reservas minerais, indígenas e captação de água
13	Evitar paralelismo com LTEs; afastar cerca de 500m evita >90% dos problemas
14	Preferencia ao uso compartilhado de faixas existentes
15	Menor índice de curvamento; ser Pigável

# Implantação de duto NOVO

			9		10		5				3	
3-Lista das alternativas sugeridas			km	notas	cruz	notas	trav	notas	acessos	notas	custo x 10E6 US\$	notas
A	Marques de São Vicente	102	2	21	3	7	2 ou 1	2	2	2	186,79	2
B	Padre Leonel Franca São	93	3	8	4	7	2	1	1	1	212,88	3
C	Conrado	96	3	18	3	6	1	2	2	2	184,19	2
D	Lagoa	97	2	20	3	8	1	2	2	2	212,31	3

# Implantação de duto NOVO

4-Notas relativos de cada suitem (1), de 1 a 5; 1 insatisfatório, 5 satisfatório.

	Alternativas/ Pesos	A	B	C	D
1	3	5	2	2	4
2	3	0	0	0	0
3	4	2	3	2	3
4	3	1	2	1	1
5	4	2	1	2	2
6	2	0	0	0	0
7	4	1	1	1	1
8	3	0	0	0	0
9	3	3	4	3	3
10	3	2	2	1	1
11	5	2	3	2	1
12	5	0	0	0	0
13	4	2	1	2	1
14	5	5	5	5	5
15	5	0	0	0	0
	56	34,29	33,57	30,00	30,36

Legenda:

- A Marques de São Vicente
- B Padre Leonel Franca
- C São Conrado
- D Lagoa

# Triste exemplo de C & M de duto

*Final thoughts*  
Porque testamos  
dutos?!

# Curso de Engenharia de Dutos

PUC - Rio

2024

Obrigado pela atenção

João Carlos de Freitas

[jcppr9@gmail.com](mailto:jcppr9@gmail.com)