

# FÓRUM TÉCNICO INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS / NR-13

GRINSP – RJ / IBP

## INSPEÇÃO DE TUBULAÇÕES: “PLANEJAMENTO”

Engº VICTORIANO TERCOTTE NETO

## AGENDA:

APRESENTAÇÃO:

RESPONSABILIDADE DO TÉCNICO DE INSPEÇÃO

FORMAÇÃO DO TÉCNICO DE INSPEÇÃO (QUALIFICAÇÃO – “ORGÃO ACREDITADOR”)

INTRODUÇÃO: PLANO DE INSPEÇÃO DE TUBULAÇÃO / PLANEJAMENTO

DOCUMENTOS NECESSÁRIOS PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTO OU UM PLANEJAMENTO DE INSPEÇÃO

COMENTÁRIOS DE COMO DEVE SER UM PLANO DE INSPEÇÃO DE TUBULAÇÃO (*GENÉRICO*)

ROTEIRO DE INSPEÇÃO

COMENTÁRIOS SOBRE TÉCNICAS ALTERNATIVAS E EXAMES COMPLEMENTARES

## APRESENTAÇÃO:

Em 1º lugar gostaria de deixar claro que não sou especialista em tubulações..

32 anos de experiência na Indústria Química e Petroquímica, sempre nas empresas do Grupo Braskem - PQU, Polibrasil, Braskem (várias Unidades)

Áreas de atuação profissional: Segurança industrial, Inspeção +/- 20 anos (SPIE) e Engenharia (Empreendimentos – C&M) . “Encerrei a carreira, na Braskem, como Eng. Esp.)

Participação, como TIE, do Projeto Piloto de SPIE pela empresa Polibrasil em 1998 ) 1ª Empresa privada a conseguir a certificação de SPIE

Atualmente sócio proprietária da Empresa TOTE - Consultoria e Serviços LTDA

Formação:

Técnico em Eletrônica

Curso de Inspetor de Equipamentos (Petrobras / PQU)

Qualificações: ME e LP

Outros cursos sem qualificação: US, Soldagem N1, Pintura, PM entre outros

SPIE - Auditor Interno

Engenharia Processo de Produção

MBE – Gerenciamento de Projetos

## INTRODUÇÃO:

VÍDEO  
PLANEJAMENTO  
“PERFEITO”

VÍDEO  
PLANEJAMENTO  
“ANTIGO”

Formação do Técnico de Inspeção de Equipamentos

Atribuições do Técnico de Inspeção de Equipamentos

Tópicos que serão abordados:

Planejamento: Na verdade, começa na elaboração do Plano de Inspeção de Tubulações.

Documentos necessários para elaboração de um Planejamento / Plano de Inspeção;

Sugestão de como elaborar um Plano de Inspeção de Tubulações;

Inspeção de tubulações (Aplicação do Plano)



## Técnico de Inspeção de Equipamentos

### Atribuições Gerais do Técnico de Inspeção

O Inspetor de Equipamentos é o profissional que deve ter competência para fazer avaliação das condições físicas de equipamentos e instalações industriais, propondo soluções corretivas e medidas que garantam a continuidade operacional, obedecendo a critérios técnicos e de qualidade, com foco na segurança, na preservação do meio ambiente e no atendimento à legislação.

É um profissional que atua em diversos segmentos. Entretanto, têm havido dificuldade na disponibilidade destes profissionais no mercado, devido à falta de definições claras quanto à formação e experiência requeridas, quesitos fundamentais para o pleno desempenho desta atividade.

Atualmente, a Portaria 537/2015, do INMETRO, em seu Anexo B, estabelece grade curricular mínima para a formação deste profissional, mas no âmbito da Certificação de Serviços Próprios de Inspeção de Equipamentos (SPIE), em observância ao Anexo II da Norma Regulamentadora NR-13 (Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações) do Ministério do Trabalho.

## TÉCNICO DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS - TIE

Formação desejável:

- Curso Técnico, ou seja; possuir CREA;
- Curso de Formação de TIE (escolas / instituição idôneas “CERTIFICAÇÃO”?) ;
- Qualificações : ENDs, Soldagem, Dimensional, etc... (comentários pessoal – Provas, R\$);
- Características pessoais: Responsabilidade, Honestidade, pro-atividade, etc.
- Auto desenvolvimento: Desenvolvimento contínuo - buscar conhecimento técnico e aprimorar os conhecimentos (Internet, eventos, cursos específicos em instituições confiáveis, publicações, etc...)

**QUANTO MAIS COMPLETO FOR A FORMAÇÃO DO TIE (CV), MAIS SUCESSO ELE TERÁ, SERÁ MELHOR REMUNERADO, E CONSEQUENTEMENTE TRARÁ “MAIS SEGURANÇA PARA AS PESSOAS E INSTALAÇÕES NA QUAL ESTÁ PRESTANDO SERVIÇO!!!!**

## TÉCNICO DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS - TIE

### SERÁ QUE “TUDO ISSO” É SUFICIENTE PARA UMA BOA ATUAÇÃO?

Após a “formação acadêmica” é de extrema importância a realização de um "estágio" ou atuação com acompanhamento de TIEs experientes para ganhar velocidade na formação profissional e também desenvolver a auto confiança profissional.

- # Integração com órgão de Processo
- # Mecanismos de danos
- # Conhecer histórico
- # etc.....

- # Conhecer o processo
- # Particularidades dos Sistemas
- # Fenômenos de alta velocidade de deterioração

Existe a tendência de se Qualificar TIE, é importante, em paralelo também, pensar na certificação das Instituições



## DOCUMENTOS MÍNIMOS NECESSÁRIOS PARA ELABORAÇÃO DE UM BOM PLANEJAMENTO PARA REALIZAÇÕES DE INSPEÇÕES / PLANO DE INSPEÇÃO DE TUBULAÇÃO.

### NORMAS ;

API-570 - *Piping Inspection Code*;

API-574 - *Inspection Practices for Piping System*;

API-RP 583 - *Corrosion Under Insulation and Fireproofing*;

ASME V - *Nondestructive Examination*;

ASME B31.1 - *Process Piping*;

ASME B.31.3 - *Power Piping*;

ASME B31G - *Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines*

ASME PCC2 - *Repair of Pressure Equipment and Piping*;

SwRI - *Controlling the Effects of Pulsation and Fluid Transients in Industrial Plants*;

IBP - *Inspeção de Equipamentos - Guia nº 6*;

N-115 / N-2555 - Norma Petrobras;

Norma Regulamentadora NR-13 - Caldeiras, Vasos de Pressão e tubulações;

Procedimentos e / ou Instruções de Trabalho da própria empresa.

Etc....



**DOCUMENTOS MÍNIMOS NECESSÁRIOS PARA ELABORAÇÃO DE UM BOM PLANEJAMENTO PARA REALIZAÇÕES DE INSPEÇÕES / PLANO DE INSPEÇÃO DE TUBULAÇÃO.**

**PIPING CLASS** – *Especificação para materiais de tubulação;*

**P&ID - FLUXOGRAMA** - *Fluxograma de Instrumentação e Tubulação,*

**PADRÕES DE SUPORTE** – *Padrão de suportes típicos;*

**RELATÓRIOS DE INSPEÇÕES** - *Relatórios de Inspeções anteriores;*

**RELATÓRIOS DE MEDIÇÕES DE ESPESSURA** - *Relatórios de ME – (Vida Remanescente);*

**RECOMENDAÇÕES DE INSPEÇÃO** - *Recomendações de Inspeção e / ou Operação;*

**MODIFICAÇÕES DE PROJETO** - *Modificações de Projeto;*

**MUDANÇAS DE PARÂMETROS OPERACIONAIS** - *Mudanças “significativas” de parâmetros operacionais;*

## PIPING CLASS – “Especificação para materiais de tubulação”

| NORMA BÁSICA |           | CLASSE                                                                                                                                                                |                | MATERIAL DO TUBO |           | TEMP. MÁXIMA                                                                                             | 400 °C      | CORROSÃO ADM. | ESPECIF. |
|--------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|----------|
| ASME B31.3   |           | 150 FR - Liso                                                                                                                                                         |                | Aço carbono      |           | TEMP. MÍNIMA                                                                                             | -29 °C (16) | 1,3 mm        | BC08     |
| SERVIÇO:     |           | Hidrocarbonetos contendo Benzeno e/ou Xilenos e/ou Tolueno (> 5% peso), com ou sem presença de Hidrogênio (8)(18), Isopreno e butadieno acima de 90% de concentração. |                |                  |           |                                                                                                          |             |               |          |
| MAT.         | DIÂMETRO  |                                                                                                                                                                       | CLASSE OU ESP. | EXTREM.          | DESCRIÇÃO | CÓDIGO                                                                                                   |             |               |          |
|              | DE        | ATE                                                                                                                                                                   |                |                  |           |                                                                                                          |             |               |          |
| VÁLVULAS     | BLOQUEIO  | 1/2"                                                                                                                                                                  | 3/4"           | 800              | ES        | VGA de AFO ASTM A105, obtu. e sede em AISI 410/Stellite, HARE, CA/CAT, ISO 15761 (API 602) ( 11) (13)    | VGA-800-006 |               |          |
|              |           | 1"                                                                                                                                                                    | 8"             | 150              | FLG FR    | VGA de AFU ASTM A216 Gr WCB, AISI 410/STELLITE, HARE , CA/CAT, ISO 10434 (API 600) (6)(7 )(12)           | VGA-150-015 |               |          |
|              |           | 10"                                                                                                                                                                   | 36"            | 150              | FLG FR    | Idem, com engrenagem de redução. ( 6 )(7)(12)                                                            | VGA-150-017 |               |          |
|              |           | 1/2"                                                                                                                                                                  | 3/4"           | 800              | ES        | VES de AFO ASTM A105, obtur.em AISI 316, CAT, BS 5351. (11)                                              | VES-800-003 |               |          |
|              |           | 1/2"                                                                                                                                                                  | 3/4"           | 800              | ES        | Idem, testada a fogo API 607. (15)                                                                       | VES-800-002 |               |          |
|              |           | 1"                                                                                                                                                                    | 6"             | 150              | FLG FR    | VES de AFU ASTM 216 Gr WCB, obturador em AISI 316,CAT, ISO 14313 ( API 6D )( 6 ) ( 15 )                  | VES-150-026 |               |          |
|              |           | 1"                                                                                                                                                                    | 6"             | 150              | FLG FR    | Idem, testada a fogo API 607. ( 15 )                                                                     | VES-150-025 |               |          |
|              |           | 8"                                                                                                                                                                    | 24"            | 150              | FLG FR    | Idem, com engrenagem de redução. ( 6 )( 15 )                                                             | VES-150-027 |               |          |
|              |           | 8"                                                                                                                                                                    | 24"            | 150              | FLG FR    | Idem, testada a fogo API 607. ( 15 )                                                                     | VES-150-041 |               |          |
|              | REGULAGEM | 1/2"                                                                                                                                                                  | 3/4"           | 800              | ES        | VGL de AFU ASTM A105, obtur.e sede em AISI 410/STELLITE, HARE CA/CAT, ISO 15761 (BS 5352) (11)(14)       | VGL-800-011 |               |          |
|              |           | 1"                                                                                                                                                                    | 12"            | 150              | FLG FR    | VGL de AFU ASTM A216 Gr WCB, obtur. e sede em AISI 410/STELLITE, HARE, CA/CAT, BS 1873. ( 6 ) ( 7 )(14)  | VGL-150-016 |               |          |
|              | RETENÇÃO  | 1/2"                                                                                                                                                                  | 1 1/2"         | 800              | ES        | VRE tipo esfera (vertical) de AFO ASTM A105, obtur. e sede de AISI 410, TAP, ISO 15761 (BS 5352) (11 ).  | VRE-800-004 |               |          |
|              |           | 1/2"                                                                                                                                                                  | 1 1/2"         | 800              | ES        | VRE tipo pistão (horizontal) de AFO ASTM A105, obtur. e sede de AISI 410,TAP, ISO 15761 (BS 5352) (11 ). | VRE-800-003 |               |          |
|              |           | 2"                                                                                                                                                                    | 24"            | 150              | FLG FR    | VRE tipo portinhola de AFU ASTM A216 Gr WCB, obtur. e sede AISI 410, TAP, BS 1868.                       | VRE-150-018 |               |          |



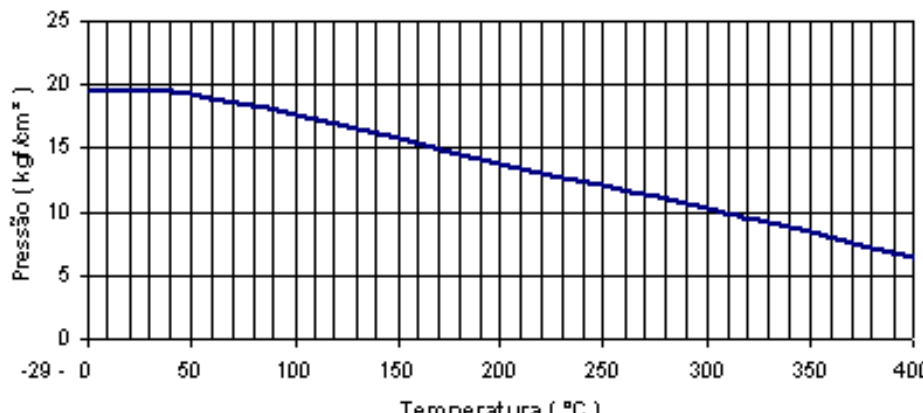
## PIPING CLASS – “Especificação para materiais de tubulação” (cont.)

|          |      |      |          |        |                                                                                                                                                |             |
|----------|------|------|----------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| TUBOS    | 1/2" | 2"   | SCH 80   | PL     | AC ASTM A106Gr.B, SC, ASME B36.10 ( 1 ) ( 2 )                                                                                                  | TUB-107     |
|          | 3"   | 6"   | SCH 40   | PC     | Idem                                                                                                                                           | TUB-086     |
|          | 8"   | 12"  | SCH 20   | PC     | Idem                                                                                                                                           | TUB-062     |
|          | 14"  | 18"  | SCH 10   | PC     | AC ASTM A672 Gr.B60 CL22, CC, ASME B36.10                                                                                                      | TUB-053     |
|          | 20"  | 24"  | SCH 20   | PC     | Idem                                                                                                                                           | TUB-066     |
|          | 26"  | 48"  | calcular | PC     | Idem                                                                                                                                           | TUB-014     |
| CONEXÕES | 1/2" | 3/4" | 3000     | ES     | AFO ASTM A105, ASME B16.11( 1 )(4 )                                                                                                            | CXP-011     |
|          | 1"   | 2"   | SCH 80   | PC     | AC ASTM A234 Gr.WPB, ASME B16.9 ( 4 )                                                                                                          | CXE-057     |
|          | 3"   | 6"   | SCH 40   | PC     | Idem                                                                                                                                           | CXE-042     |
|          | 8"   | 12"  | SCH 20   | PC     | Idem                                                                                                                                           | CXE-030     |
|          | 14"  | 18"  | SCH10    | PC     | Idem                                                                                                                                           | CXE-025     |
|          | 20"  | 24"  | SCH20    | PC     | Idem                                                                                                                                           | CXE-030     |
|          | 26"  | 48"  | calcular | PC     | Idem                                                                                                                                           | CXE-002     |
| FLANGES  | 1/2" | 3/4" | 150      | FES FR | AFO ASTM A105, ASME B16.5 ( 1 )                                                                                                                | FES-150-004 |
|          | 1"   | 2"   | 150      | FPE FR | AFO ASTM A105, SCH 80, ASME B16.5                                                                                                              | FPE-150-011 |
|          | 3"   | 6"   | 150      | FPE FR | AFO ASTM A105, SCH 40, ASME B16.5                                                                                                              | FPE-150-010 |
|          | 8"   | 12"  | 150      | FPE FR | AFO ASTM A105, SCH 20, ASME B16.5                                                                                                              | FPE-150-009 |
|          | 14"  | 18"  | 150      | FPE FR | AFO ASTM A105, SCH 10, ASME B16.5                                                                                                              | FPE-150-008 |
|          | 20"  | 24"  | 150      | FPE FR | AFO ASTM A105, SCH 20, ASME B16.5                                                                                                              | FPE-150-009 |
|          | 26"  | 48"  | 150      | FPE FR | AFO ASTM A105, calcular, ASME B16.47 série A ( 5 )                                                                                             | FPE-150-057 |
|          | 1"   | 24"  | 150      | FCE FR | AFO ASTM A105, ASME B16.5                                                                                                                      | FCE-150-011 |
|          | 26"  | 48"  | 150      | FCE FR | AFO ASTM A105, ASME B16.47 série A                                                                                                             | FCE-150-036 |
| PARAF.   | 1/2" | 24"  | -        | -      | Tipo estojo, AL ASTM A193 Gr.B7, porcas, ASTM A194 Gr 2H, Hex., série pesada, ASME B16.5 ( $\phi \leq 24"$ ); ASME B16.47 ( $\phi \geq 26"$ ). | PAE-150-001 |
|          | 26"  | 48"  | -        | -      |                                                                                                                                                | PAE-150-013 |
| JUNTAS   | 1/2" | 48"  | 4,4mm    | FR     | Espiralada, AISI 304, enchim. grafite flexível, anel ext. em AC, anel interno em AISI 304, ASME B16.20.                                        | JUN-150-029 |



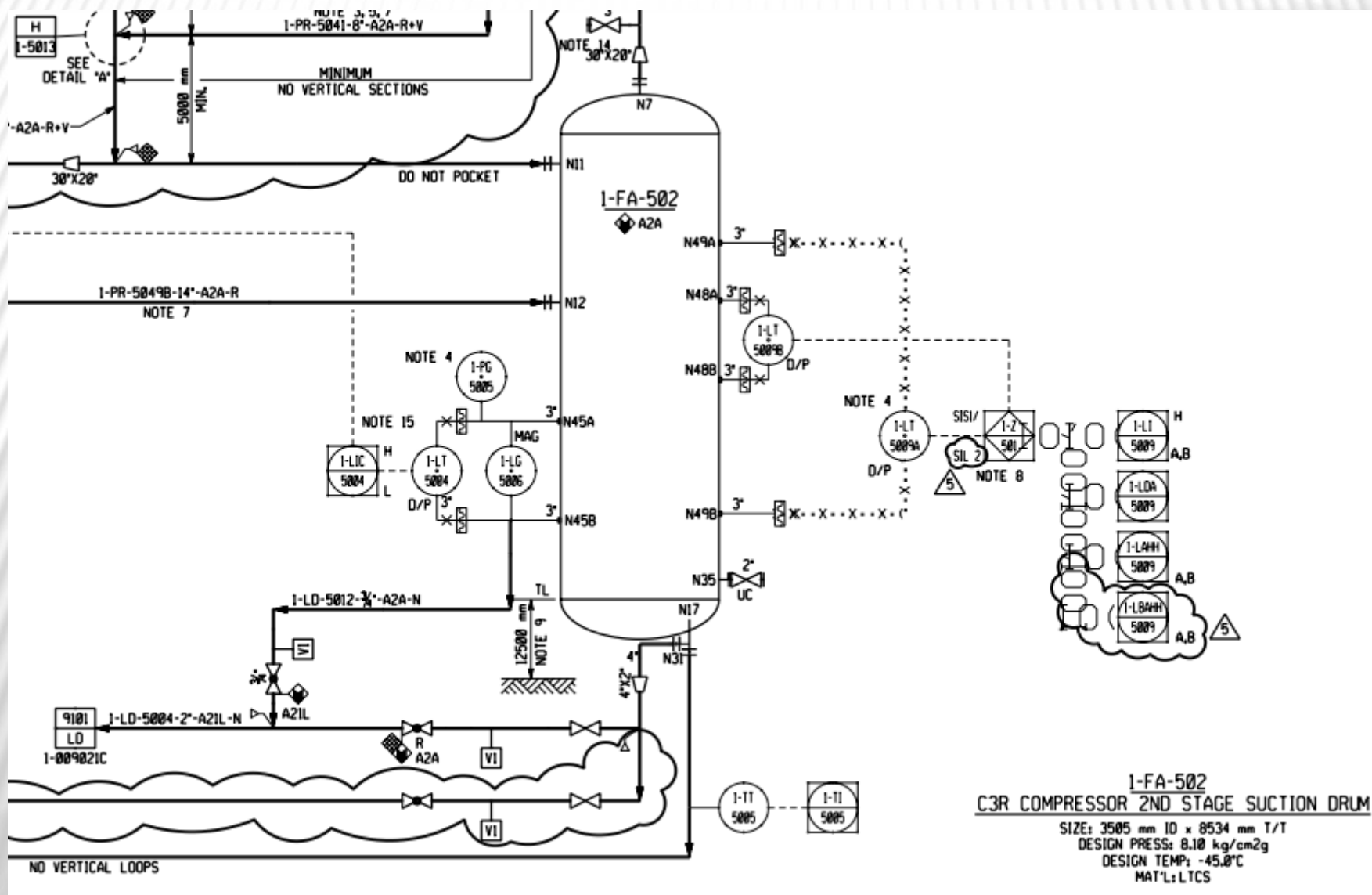
## PIPING CLASS – “Especificação para materiais de tubulação” (cont.)

| TABELA DE DERIVAÇÕES                                                                                      | LINHA TRONCO           | 1/2" | 3/4" | 1"     | 1 1/2" | 2" | 3" | 4" | 6" | 8" | 10" | 12" | 14" | 16" | 18" | ≥ 20" | RAMAIS |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------|------|--------|--------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|--------|----|
|                                                                                                           |                        | A    |      | A + IR |        |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |       | 1/2"   |    |
|                                                                                                           | CONVENÇÕES             |      | A    |        |        |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |       | 3/4"   |    |
|                                                                                                           | A - TÊ                 |      |      | A      |        |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |       | 1"     |    |
|                                                                                                           | B - BOCA DE LOBO*      |      |      |        | A      | B  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |       | 1 1/2" |    |
|                                                                                                           | IR - INSERT DE REDUÇÃO |      |      |        |        | A  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |       | 2"     |    |
|                                                                                                           | F - MEIA LUVA          |      |      |        |        |    | A  |    |    |    |     |     |     |     |     |       | 3"     |    |
|                                                                                                           | C - COLAR DE TOPO      |      |      |        |        |    |    | A  |    |    |     |     |     |     |     |       | 4"     |    |
|                                                                                                           |                        |      |      |        |        |    |    |    | A  |    |     |     |     |     |     |       |        | 6" |
|                                                                                                           |                        |      |      |        |        |    |    |    |    | A  |     |     |     |     |     |       |        | 8" |
|                                                                                                           |                        |      |      |        |        |    |    |    |    | A  |     |     |     |     |     |       | ≥ 10"  |    |
|                                                                                                           |                        |      |      |        |        |    |    |    |    |    | A** | A** | A** | A** | A** | A**   |        |    |
| *Verificar necessidade de reforço conforme ASME B31.3.                                                    |                        |      |      |        |        |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |       |        |    |
| **Usar "A" para derivações: 10" x 10"; 12" x 12"; 14" x 14"; 16" x 16"; 18" x 18"; 20" x 20" e 24" x 24". |                        |      |      |        |        |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |       |        |    |

| LIMITES DE PRESSÃO E TEMPERATURA |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                                  |                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



## P&ID - FLUXOGRAMA





## Padrões de Suportes

| SÍMBOLO<br>(DESCRIÇÃO)     | SIMBOLOGIA EM PLANTA | FUNÇÃO<br>* PRINCIPAL                                                  |
|----------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------|
| AC<br>(ANCORAGEM)          |                      | AC                                                                     |
| BR<br>(BRAÇADEIRA)         |                      | GI                                                                     |
| ES<br>(SUPORTE ESTRUTURAL) |                      | S                                                                      |
| FS<br>(SUPORTE FALSO)      |                      | S                                                                      |
| GI<br>(GUÍAS)              |                      | GI                                                                     |
| GR<br>(GRAMPO)             |                      | GI                                                                     |
| GT<br>(GUIA TRANSVERSAL)   |                      | GT                                                                     |
| SA<br>(SAPATA)             |                      | S                                                                      |
| SL<br>(SELA)               |                      | S                                                                      |
| SM<br>(SUPORTE DE MOLA)    |                      | SM                                                                     |
| SP<br>(SUPORTE PENDURAL)   |                      | S ou SP                                                                |
| SE<br>(SUPORTE ESPECIAL)   |                      | SE                                                                     |
|                            |                      | * A FUNÇÃO PRINCIPAL SERÁ INDICADA NOS ISOMETRICOS E LISTA DE SUPORTES |

| DN TUBO<br>(POL) | VÃO BÁSICO<br>HORIZONTAL (m) | VÃO BÁSICO<br>VERTICAL (m) | VÃO MÁXIMO<br>VERTICAL (m) |
|------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1" E INFERIOR    | 9                            | 3                          | 4                          |
| 1 1/2"           | 9                            | 3                          | 4,5                        |
| 2"               | 14                           | 4,5                        | 5,5                        |
| 3"               | 14                           | 6                          | 6,5                        |
| 4"               | 14                           | 6                          | 7,5                        |
| 6"               | 24                           | 6                          | 9                          |
| 8"               | 24                           | 6                          | 10                         |
| 10"              | 24                           | 10                         | 11                         |
| 12"              | 24                           | 10                         | 12                         |
| 14"              | 24                           | 10                         | 12,5                       |
| 16"              | 24                           | 10                         | 13                         |
| 18"              | 24                           | 10                         | 13,5                       |
| 20"              | 24                           | 10                         | 14                         |
| 24" E SUPERIOR   | 24                           | 10                         | 15                         |

| Nº TIP. | DESCRIÇÃO                                                        | PAG. |
|---------|------------------------------------------------------------------|------|
| AC01    | Ancoragem – Tubo Aço Carbono (Não Isolado)                       | 11   |
| AC02    | Ancoragem – Tubo Aço Carbono (Isolado)                           | 12   |
| AC03    | Ancoragem – Tubo Aço Inox / Liga (Isolado)                       | 13   |
| AC08    | Ancoragem – Tubo Aço Inox / Liga                                 | 14   |
| AC09    | Ancoragem – Tubo Aço Inox                                        | 15   |
| BR01    | Braçadeira – Tubo de Aço Carbono / Liga                          | 16   |
| BR02    | Braçadeira – Tubo de Aço Inox / Liga                             | 17   |
| BR03    | Braçadeira – Tubo de Aço Carbono / Liga (Pendural)               | 18   |
| BR04    | Braçadeira – Tubo de Aço Inox / Liga (Pendural)                  | 19   |
| BR05    | Braçadeira – Tubo de Aço Carbono / Liga (Galvanizada)            | 20   |
| BR07    | Braçadeira – Tubo de Aço Carbono / Liga (Para Ancoragem ou Guia) | 21   |
| BR08    | Braçadeira – Tubo de Aço Inox / Liga (Para Ancoragem ou Guia)    | 22   |
| BR12    | Braçadeira – Tubo de Aço Carbono / Liga (Para Ancoragem)         | 23   |
| BR13    | Braçadeira – Tubo de Aço Inox (Para Ancoragem)                   | 24   |

## Padrões de Suportes

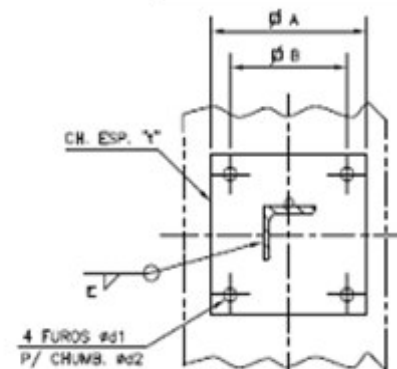
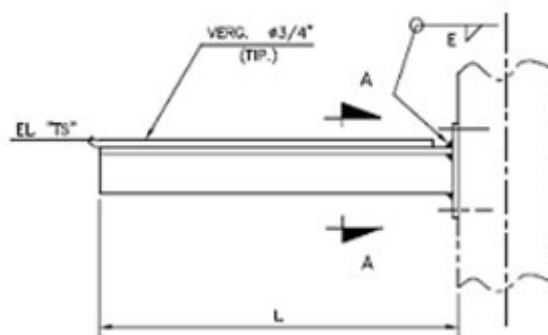
### SUPORTE ESTRUTURAL

Nº Típico:

**ES10- I – A**

I - Tipo

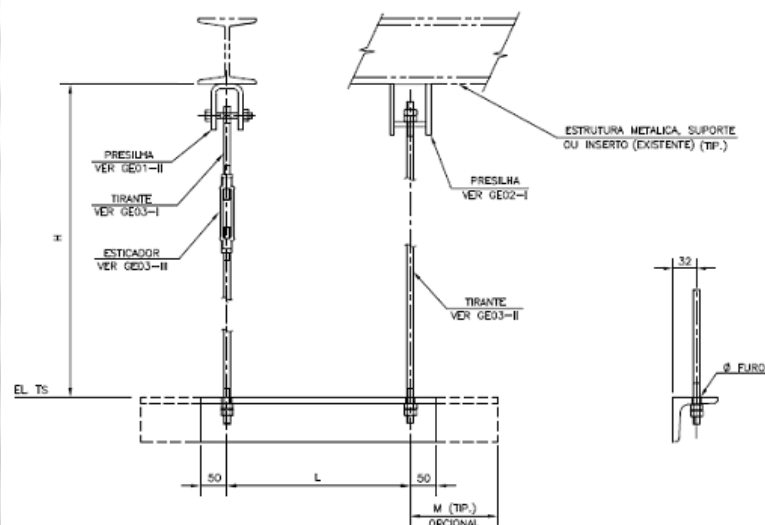
A - Item



| ITEM | CARGA MAX.<br>(kgf/m) | L / M<br>MAX. | PERFIL                   | DIMENSÕES DA CHAPA |     |       | E | d1   | d2   |
|------|-----------------------|---------------|--------------------------|--------------------|-----|-------|---|------|------|
|      |                       |               |                          | A                  | B   | t     |   |      |      |
| A    | 300                   | 400           | L-2" x 2" x 1/4"         | 175                | 115 | 5/16" | 6 | 5/8" | 1/2" |
| B    | 300                   | 500           | L-2 1/2" x 2 1/2" x 1/4" | 190                | 130 | 5/16" | 6 | 5/8" | 1/2" |
| C    | 450                   | 600           | L-3" x 3" x 3/8"         | 200                | 140 | 3/8"  | 8 | 3/4" | 5/8" |
| D    | 850                   | 600           | L-4" x 4" x 3/8"         | 220                | 160 | 3/8"  | 8 | 3/4" | 5/8" |
| E    | 950                   | 600           | I-4" x 11,4 kg/m         | 240                | 160 | 1/2"  | 6 | 3/4" | 5/8" |
| F    | 2000                  | 800           | W-150 x 18,0 Kg/m        | 270                | 200 | 1/2"  | 6 | 3/4" | 5/8" |
| G    | 2000                  | 600           | [ -4" x 7,95 Kg/m        | 270                | 160 | 3/8"  | 6 | 3/4" | 5/8" |

## Padrões de Suportes

### SUPORTE PENDURAL (DUPLO)



| ITEM | PERFIL        | DIMENSÕES |        |        |               |            | CARGA MÁX. (kgf) |
|------|---------------|-----------|--------|--------|---------------|------------|------------------|
|      |               | H MÁX.    | L MÁX. | M MÁX. | DIÂM. TIRANTE | DIÂM. FURO |                  |
| A    | L- 3"x3"x3/8" | 1200      | 1500   | 450    | 1/2"          | 5/8"       | 450              |
| B    | L- 4"x4"x3/8" | 1500      | 2000   | 600    | 3/4"          | 7/8"       | 1360             |

### DETALHE DOS SUPORTES

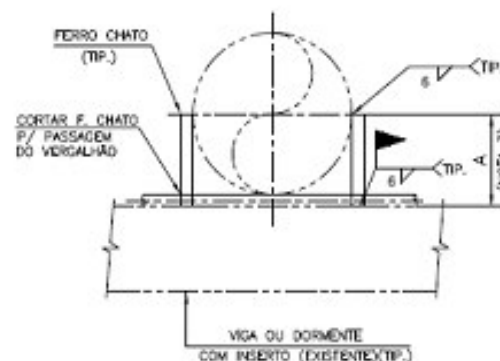
#### ANCORAGEM

Tubo: Aço Carbono (Até Ø4")

Nº Típico:

**AC01 - 4"**

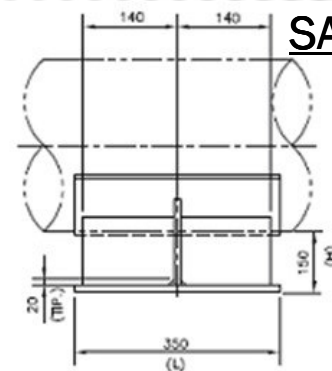
4" - Diâmetro do Tubo



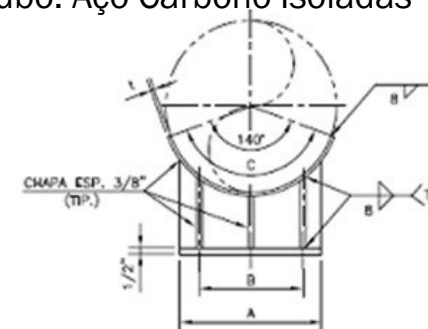
| DIÂM. DO TUBO | FERRO CHATO | A  |
|---------------|-------------|----|
| 1/2"          | 1/4" x 4"   | 18 |
| 3/4"          | 1/4" x 4"   | 21 |
| 1"            | 1/4" x 4"   | 21 |
| 1.1/2"        | 3/8" x 4"   | 28 |
| 2"            | 3/8" x 4"   | 34 |
| 3"            | 1/2" x 4"   | 50 |
| 4"            | 1/2" x 4"   | 63 |

#### SAPATA

Tubo: Aço Carbono Isoladas



TIPO III  
 ( 24" ATÉ 54" )



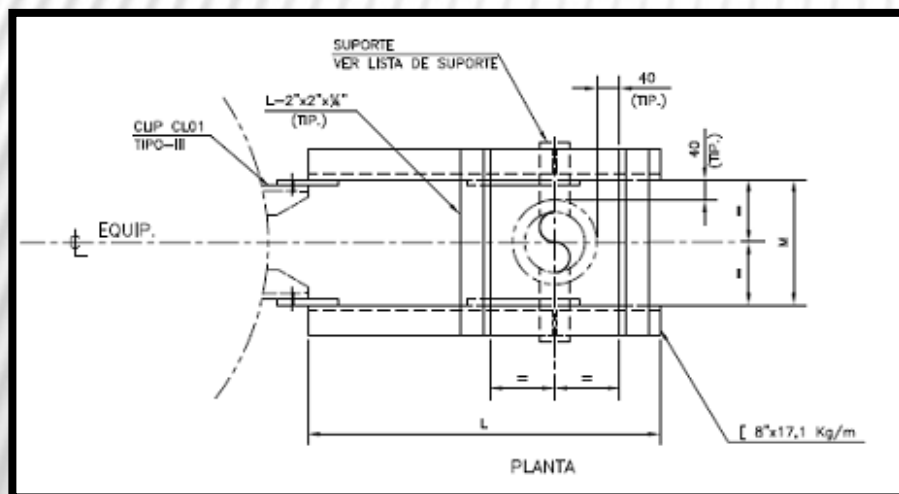
| DIÂM. DO TUBO | 10"  | 12"  | 14"  | 16"  | 18"  | 20"  | 22"  | 24"  | 26"  | 28"  | 30"  | 32"  | 36"  | 42"  | 48"  | 50"  | 54"  |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| A             | 250  | 250  | 265  | 298  | 327  | 356  | 385  | 505  | 548  | 600  | 650  | 700  | 802  | 955  | 1107 | 1158 | 1260 |
| B             | 130  | 130  | 195  | 228  | 257  | 286  | 315  | 435  | 410  | 430  | 450  | 480  | 568  | 670  | 745  | 780  | 850  |
| C             | 290  | 340  | 375  | 425  | 480  | 532  | 585  | 745  | 807  | 870  | 930  | 993  | 1117 | 1303 | 1490 | 1552 | 1676 |
| t             | 1/4" | 1/4" | 3/8" | 3/8" | 3/8" | 3/8" | 3/8" | 3/8" | 3/8" | 3/8" | 3/8" | 3/8" | 3/8" | 3/8" | 1/2" | 1/2" | 1/2" |



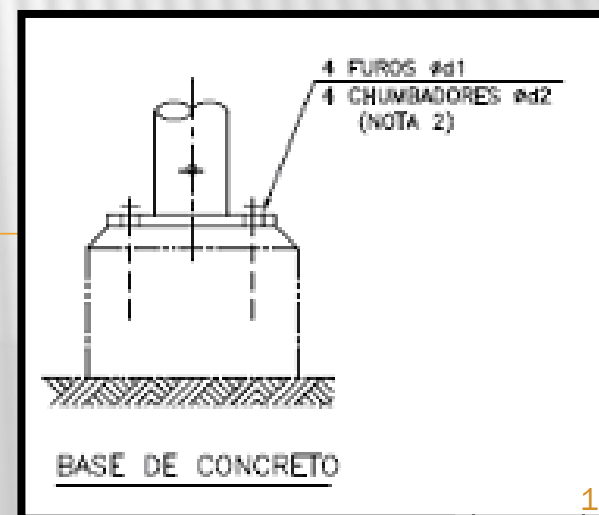
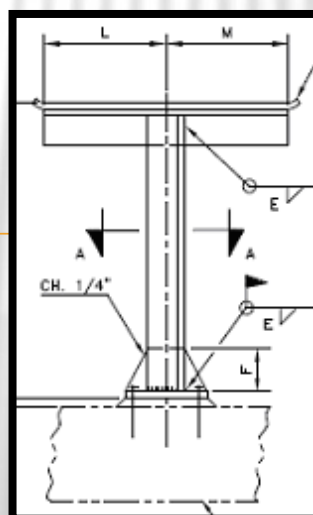
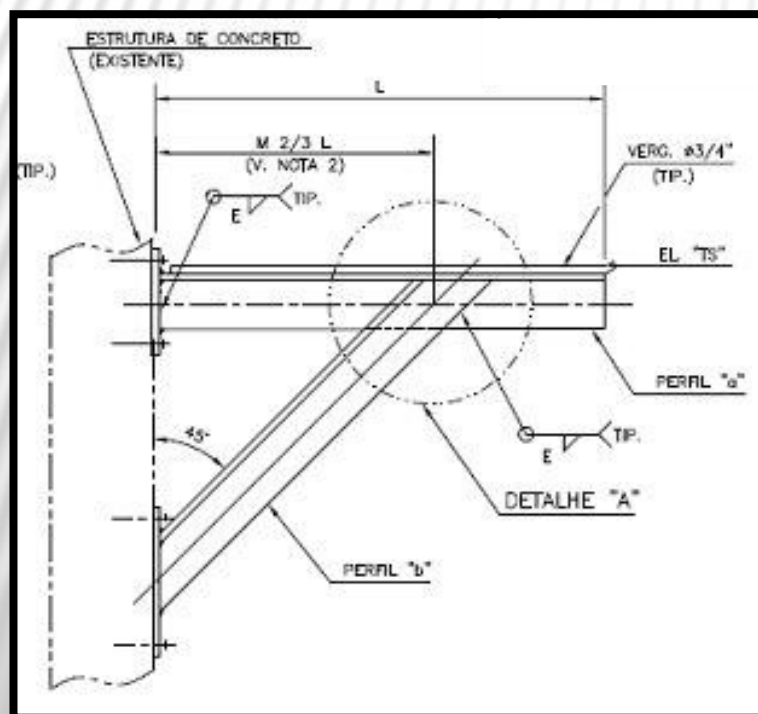
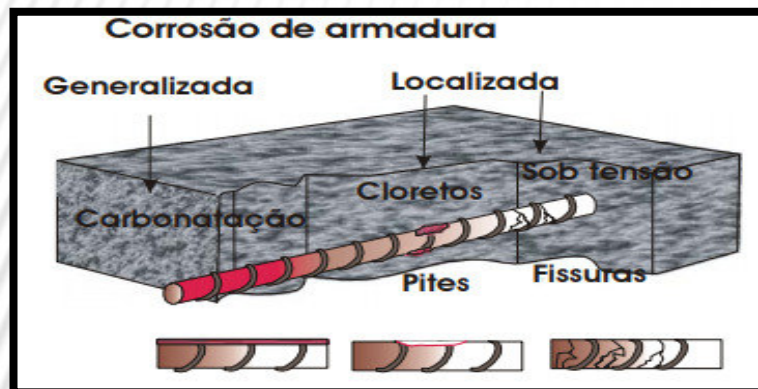
## Plano de Inspeção de Tubulações:

Podem ser elaborados Planos genéricos que irão contemplar todos os tipos de “deterioração”, ou planos específicos para alguns tipos de deterioração, como por exemplo:

**CASC:** Corrosão Atmosférica sob Concreto ou CUF (*Corrosion Under Fireproofing*)



## CCA: Corrosão Atmosférica em estruturas de Concreto Armado

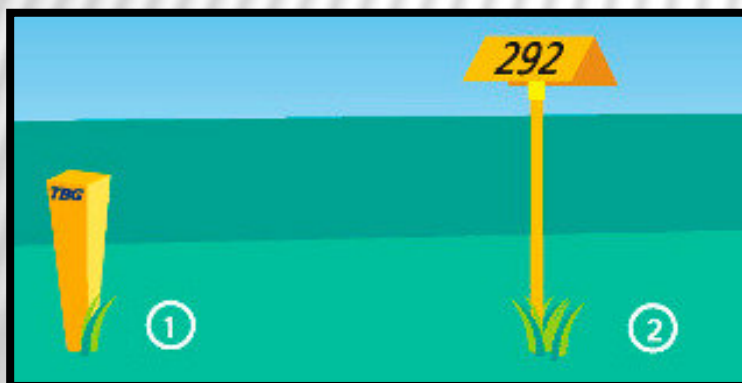




**CASI:** Corrosão Atmosférica sob Isolamento ou CUI (*Corrosion Under Isolation*)



**INSPEÇÃO DE DUTOS:** Considera Trechos enterrados, escavações, medições de potenciais tubo x solo, passagem de Pig, Inspeção da faixa de domínio, etc...





## CATEGORIZAÇÃO

A categorização deve ser determinada a partir dos conceitos e premissas dos códigos de fabricação, normas de inspeção e requisitos legais.

Um exemplo para determinação das categorias:

O código ASME B.31.3 *Process Piping*, a norma de inspeção API-STD 570 e a Norma Regulamentadora NR-13.

Outros fatores podem ser considerados para efeito de categorização:

- “Cases” de diversas normas,
- Artigos e referencias sobre boas práticas, *Recommended Practice* do API, entre outros documentos relacionados aos assuntos.
- Condições específicas de processo (potencial de risco, paralisação da produção, etc.)

## CATEGORIZAÇÃO cont....

Analisando o código de projeto ASME B.31.3 Process Piping, identificamos as categorias dos fluidos quanto a sua criticidade no projeto, sendo elas:

- M, *High Pressure*,
- Normal
- D<sup>1</sup>.

(1): A definição de Fluidos categoria D é: Não inflamáveis, não tóxicos e não danosos aos tecidos humanos, abaixo de 10,5 kgf/cm<sup>2</sup> e temperaturas entre -29 e 168 °C.

Fazendo o mesmo com o API-STD 570 *Piping Inspection Code – Inspection, Repair, Alteration, and Rerating Of In-Service Piping Systems*, destacamos as classes dos fluidos<sup>2</sup> quanto a sua criticidade em operação, sendo eles:

- Class 1
- Class 2
- Class 3.

(2): De acordo com o subitem 1.2.2, do API 570 alguns fluidos ou sistemas são excluídos dos requisitos específicos ....

Desta forma estrutura-se uma matriz de categorização de acordo com os critérios de projeto versus classes de fluidos, assim:

|                    |               |            |         |         |
|--------------------|---------------|------------|---------|---------|
| CATEGORIA<br>ASME/ | D             | D          | D       | D       |
|                    | NORMAL        | B          | B       | C       |
|                    | M             | A          | B       | B       |
|                    | HIGH PRESSURE | A          | B       | B       |
|                    |               | Class 1    | Class 2 | Class 3 |
|                    |               | CLASSE API |         |         |

Matriz de categorização



A partir da correlação entre categoria ASME e classe API, teremos a categorização da tubulação sendo elas: A, B, C ou D.

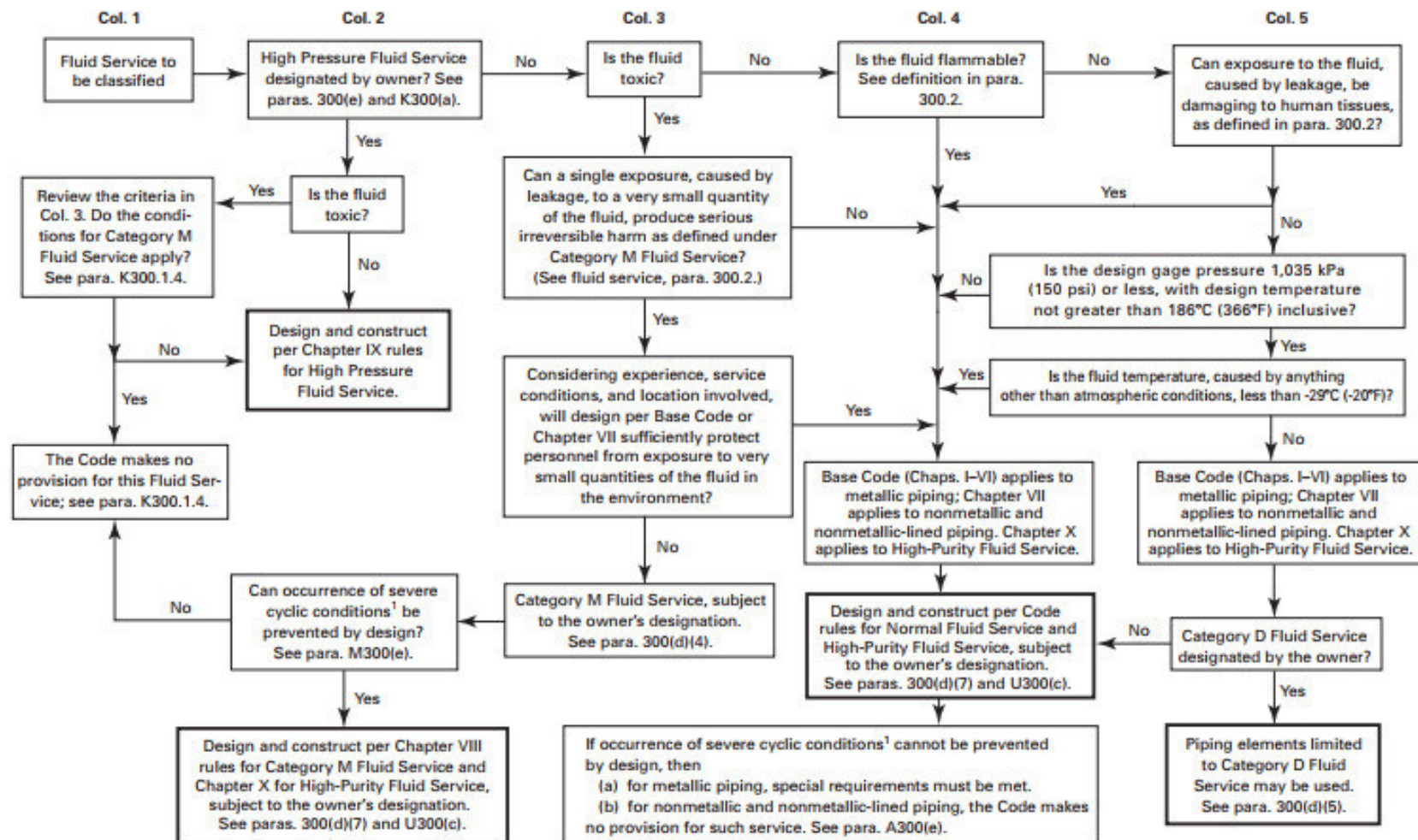
| FLUIDO                   | Classe API | Cat. ASME | CAT      |
|--------------------------|------------|-----------|----------|
| Água de incêndio         | -          | D         | <b>D</b> |
| Donor                    | 2          | M         | <b>B</b> |
| Propileno (gás+ líquido) | 1          | Normal    | <b>B</b> |
| Teal                     | 1          | M         | <b>A</b> |

Exemplo de categorização de tubulação

Nota: O fluxograma apresentado na figura M300 do ASME B.31.3 auxilia na definição das categorias ASME em relação aos tipos de fluidos. Na API pode-se determinar pelo parágrafo 6.2.

(12)

**Fig. M300 Guide to Classifying Fluid Services**



**GENERAL NOTES:**

(a) See paras. 300(b)(1), 300(d)(4) and (5), and 300(e) for decisions the owner must make. Other decisions are the designer's responsibility; see para. 300(b)(2).

(b) The term "fluid service" is defined in para. 300.2.

**NOTE:**

(1) Severe cyclic conditions are defined in para. 300.2. Requirements are found in Chapter II, Parts 3 and 4, and in paras. 323.4.2 and 241.4.3.



**6.2 PIPING SERVICE CLASSES** All process piping systems shall be categorized into different classes. Such a classification system allows extra inspection efforts to be focused on piping systems that may have the highest potential consequences if failure or loss of containment should occur. In general, the higher classified systems require more extensive inspection at shorter intervals in order to affirm their integrity for continued safe operation. Classifications should be based on potential safety and environmental effects should a leak occur. Owner/users shall maintain a record of process piping fluids handled, including their classifications. API RP 750 and NFPA 704 provide information that may be helpful in classifying piping systems according to the potential hazards of the process fluids they contain. The three classes listed below in 6.2.1 through 6.2.3 are recommended.

**6.2.1 Class 1** Services with the highest potential of resulting in an immediate emergency if a leak were to occur are in Class 1. Such an emergency may be safety or environmental in nature. Examples of Class 1 piping include, but are not necessarily limited to, those containing the following: a. Flammable services that may auto-refrigerate and lead to brittle fracture. b. Pressurized services that may rapidly vaporize during release, creating vapors that may collect and form an explosive mixture, such as C2, C3, and C4 streams. c. Hydrogen sulfide (greater than 3 percent weight) in a gaseous stream. d. Anhydrous hydrogen chloride. e. Hydrofluoric acid. f. Piping over or adjacent to water and piping over public thoroughways. (Refer to Department of Transportation and U.S. Coast Guard regulations for inspection of overwater piping.)

**6.2.2 Class 2** Services not included in other classes are in Class 2. This classification includes the majority of unit process piping and selected off-site piping. Typical examples of these services include those containing the following: a. On-site hydrocarbons that will slowly vaporize during release. b. Hydrogen, fuel gas, and natural gas. c. On-site strong acids and caustics.

**6.2.3 Class 3** Services that are flammable but do not significantly vaporize when they leak and are not located in high-activity areas are in Class 3. Services that are potentially harmful to human tissue but are located in remote areas may be included in this class. Examples of Class 3 service are as follows: a. On-site hydrocarbons that will not significantly vaporize during release. b. Distillate and product lines to and from storage and loading. c. Off-site acids and caustics.



## FREQUENCIA DE INSPEÇÃO

De acordo com cada categoria determina-se o **intervalo de inspeção** da tubulação ou sistema. Os intervalos de inspeção estão dispostos na tabela abaixo.

| Categoria | Periodicidade                  |                           |
|-----------|--------------------------------|---------------------------|
|           | Inspeção Visual Externo (anos) | Exame Complementar (anos) |
| A         | 3                              | 3                         |
| B         | 5                              | 5                         |
| C         | 7                              | 7                         |
| D         | *                              | *                         |
| E         | **                             | **                        |

Onde:

(\*) Para esta categoria a atuação da inspeção e de manutenção poderá ser de **caráter corretivo. (Categoria D)**

(\*\*) Tubulações que se enquadram na categoria D do código ASME B.31.3 e/ou item 1.2.2 do API 570, **porém sua falha e/ou paralisação poderá acarretar interrupção na produção ou parada geral da planta** deverão estar categorizados no plano de inspeção como E.

## Requisitos legais

Em abril de 2014, foi publicada a revisão da Norma regulamentadora **NR-13**, incluindo tubulações industriais como parte de seu escopo. A norma define parâmetros para inclusão e exclusão de seus requisitos. Para efeito de inclusão na NR-13, considera-se: **Tubulações ou sistemas de tubulação interligados a caldeiras ou vasos de pressão, que contenham fluidos de classe A ou B.**

| Classe   | Características                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fluidos inflamáveis, e fluidos combustíveis com temperatura igual ou superior a 200 °C;</li> <li>- Tóxico com limite de tolerância <math>\leq 20</math> ppm;</li> <li>- Hidrogênio;</li> <li>- Acetileno.</li> </ul> |
| <b>B</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fluidos combustíveis com temperatura menor que 200 °C;</li> <li>- Fluidos tóxicos com limite de tolerância <math>&gt; 20</math> ppm.</li> </ul>                                                                      |

Tabela 5 – Classe de fluido conforme NR-13

Os intervalos máximos para inspeção de tubulações devem atender aos prazos máximos da inspeção “interna” do vaso de pressão mais crítico a elas interligadas limitada a 10 (dez) anos.

| Fluido Classe | Categoria e Intervalos para Vasos de Pressão e Tubulação (Interligada aos vasos mais crítico) |                                   |                                     |                                     |                                     |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>A</b>      | I<br>(3 anos)<br>(6 anos - SPIE)                                                              | I<br>(3 anos)<br>(6 anos - SPIE)  | II<br>(4 anos)<br>(8 anos - SPIE)   | III<br>(6 anos)<br>(10 anos - SPIE) | III<br>(6 anos)<br>(10 anos - SPIE) |
| <b>B</b>      | I<br>(3 anos)<br>(6 anos - SPIE)                                                              | II<br>(4 anos)<br>(8 anos - SPIE) | III<br>(6 anos)<br>(10 anos - SPIE) | IV<br>(8 anos)<br>(10 anos - SPIE)  | IV<br>(8 anos)<br>(10 anos - SPIE)  |

Tabela 6 – Categoria de Vasos de Pressão e intervalos de inspeção interna.

## INTERVALOS ENTRE INSPEÇÕES:

### Regra Geral

Os intervalos de inspeção devem atender aos prazos máximos da inspeção interna do vaso ou da caldeira mais crítica a elas interligadas, podendo ser ampliados pelo plano de inspeção elaborado pelo Engenheiro de Inspeção, fundamentado tecnicamente com base nos mecanismos de danos e na criticidade do sistema, desde que essa ampliação não ultrapasse o intervalo máximo de 100% sobre o prazo da inspeção interna do vaso ou da caldeira associada, limitada a 10 anos (120 meses).

**Exemplo:** uma tubulação Classe I interligada a um vaso NR-13 Categoria I pode ser inspecionada no prazo da inspeção interna do mesmo, em 72 meses (**6 ANOS**) , ou no máximo em 120 meses (**10 ANOS** , pois, nesse caso, o dobro de 72 meses são 144 meses, prazo superior ao exigido pela NR-13).

O API- 570 menciona a Inspeção baseada em Risco "*Risk Based Inspection*" – relativa às Práticas de Inspeção e Testes, como uma ferramenta importante para a estratégia de inspeção de tubulações. Esta metodologia poderá ser implementada de acordo com a necessidade das unidades, entretanto, não deverão ultrapassar os limites estipulados pelos requisitos legais e normativos vigentes.



## ACOMPANHAMENTO DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM E INSPEÇÃO INICIAL

Esta “Inspeção” tem por objetivo verificar se a tubulação atendem aos critérios de construção, normativos e se está em condições de operar.

### **QUEM FARÁ A MONTAGEM?:**

*A Garantia da Qualidade deve ser assegurada pela empresa contratada responsável pelos trabalhos. Devem ser realizadas auditorias de conformidade a fim de verificar os critérios de qualidade e aderências aos procedimentos internos de qualidade, como também aos procedimentos, instruções e padrões normativos da empresa.*

### **O QUE DEVE SER VERIFICADO:**

**Soldagem**, verificar no mínimo:

- ✓ A existência de procedimentos de soldagem qualificados
- ✓ Se os **soldadores estão qualificados** para o processo de soldagem.
- ✓ Se os **consumíveis estão em conformidade** com o procedimento de soldagem.

## ACOMPANHAMENTO DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM E INSPEÇÃO INICIAL (cont.)

### Controle de Qualidade

É recomendado a existência de procedimento para “exames” não destrutivos –específico para definição dos END´s aplicados no Controle de Qualidade de montagem de tubulação.

| Tipo | "P-number"<br>(ASME B31)    | END<br>Exigidos         | Extensão exigida para cada tipo de solda |                              |                   |                  |                          |
|------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------------|------------------------------|-------------------|------------------|--------------------------|
|      |                             |                         | Circunferenciais<br>(3)                  | Bocas de lobo<br>(1) (6) (9) | De Suporte<br>(7) | Em Ângulo<br>(2) | Longitudinais<br>(6) (9) |
| I    | 1                           | Visual                  | 100%                                     | 100%                         | 100%              | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5)        | -                                        | -                            | -                 | -                | 100%                     |
|      |                             | Ultrassom (5) (13)      | -                                        | -                            | -                 | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (8)  | -                                        | -                            | -                 | -                | -                        |
| II   | 1                           | Visual                  | 100%                                     | 100%                         | 100%              | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5)        | 10%                                      | -                            | -                 | -                | 100%                     |
|      |                             | Ultrassom (5) (13)      | 10%                                      | 20%                          | -                 | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (8)  | -                                        | -                            | -                 | -                | -                        |
|      | 3                           | Visual                  | 100%                                     | 100%                         | 100%              | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5)        | 10%                                      | -                            | -                 | -                | 100%                     |
|      |                             | Ultrassom (5) (13)      | 10%                                      | 20%                          | -                 | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (8)  | -                                        | 20%                          | -                 | -                | -                        |
|      |                             | Dureza (4)              | 100%                                     | 100%                         | 100%              | 100%             | 100%                     |
|      | 4,5,6,7                     | Visual                  | 100%                                     | 100%                         | 100%              | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5)        | 10%                                      | -                            | -                 | -                | 100%                     |
|      |                             | Ultrassom (5) (13)      | 10%                                      | 20%                          | -                 | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (8)  | 100%                                     | 100%                         | 100%              | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Dureza (4)              | 100%                                     | 100%                         | 100%              | 100%             | 100%                     |
|      | 8, 9A, 9B<br>31-35<br>41-45 | Visual                  | 100%                                     | 100%                         | 100%              | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5) (14)   | 10%                                      | -                            | -                 | -                | 100%                     |
|      |                             | Ultrassom (5) (13) (14) | 10%                                      | 20%                          | -                 | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (6)  | 100%                                     | 100%                         | 20%               | 20%              | 20%                      |

### ACOMPANHAMENTO DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM E INSPEÇÃO INICIAL (cont.)

#### Tubos, Conexões e Acessórios

Os materiais a serem aplicados na fabricação e reparos de tubulações **devem ser inspecionados durante o recebimento**. (elaborar **procedimento específico** definindo tipo / métodos de inspeção, tamanho de lote, rastreabilidade, etc.)

Devem ser verificadas suas condições físicas quanto a deformação, existência de processo corrosivo e se os mesmos **atendem a especificação** de projeto quanto a especificação dos tipos de materiais e dimensões (**inspeção dimensional**).

**Punch list:** Verificar se válvulas, purgadores, juntas de expansão, filtros, entre outros acessórios, estão instalados no local correto atendendo ao definido em seu isométrico de montagem e/ou especificação. **Atentar-se para acessórios com sentido de fluxo.**

Verificar se as juntas de expansão estão instaladas de acordo com a folha de dados e dentro do range de trabalho. **Durante o teste hidrostático, as mesmas devem ser mantidas travadas. Após o teste hidrostático devem ser destravadas de acordo com o especificado pelo fabricante. (pode causar sérios danos)**



### ACOMPANHAMENTO DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM E INSPEÇÃO INICIAL (cont.)

**“As built:** Verificar se a montagem da **tubulação esta de acordo com o traçado** em seu isométrico de montagem. Caso não, solicitar a laboração de um **“as built”**.

**Suportes:** Verificar se os suportes estão de acordo com o **tipo, local e quantidade estabelecidos** na lista de suportes definida no projeto da tubulação.

Verificar suas condições físicas quanto à deformação, corrosão, danos permanentes e **calibração quanto aplicável**.

Verificar se foi realizado **estudo de flexibilidade e tensões para as tubulações críticas**.

**Desejável:** Verificar **regiões de apoio**, recomenda-se a instalação de materiais “isolante” (por exemplo, UTEC, PEAD, PTFE, Poliéster, entre outros).

**Testes:** O teste hidrostático – TH deve ser conduzido conforme procedimentos específicos.

O teste pneumático é permitido, entretanto, deve ser “evitado”. Quando necessários devesse atender os critérios de procedimentos específicos

### ACOMPANHAMENTO DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM E INSPEÇÃO INICIAL (cont.)

Para colarinhos é recomendável o teste de pressão positiva conforme definido em códigos de construção ou procedimentos específicos.

**Pintura e Isolamento:** O tipo, método de aplicação e inspeção de pintura e isolamento térmico e/ou acústico deverão atender aos padrões normativos da empresa.

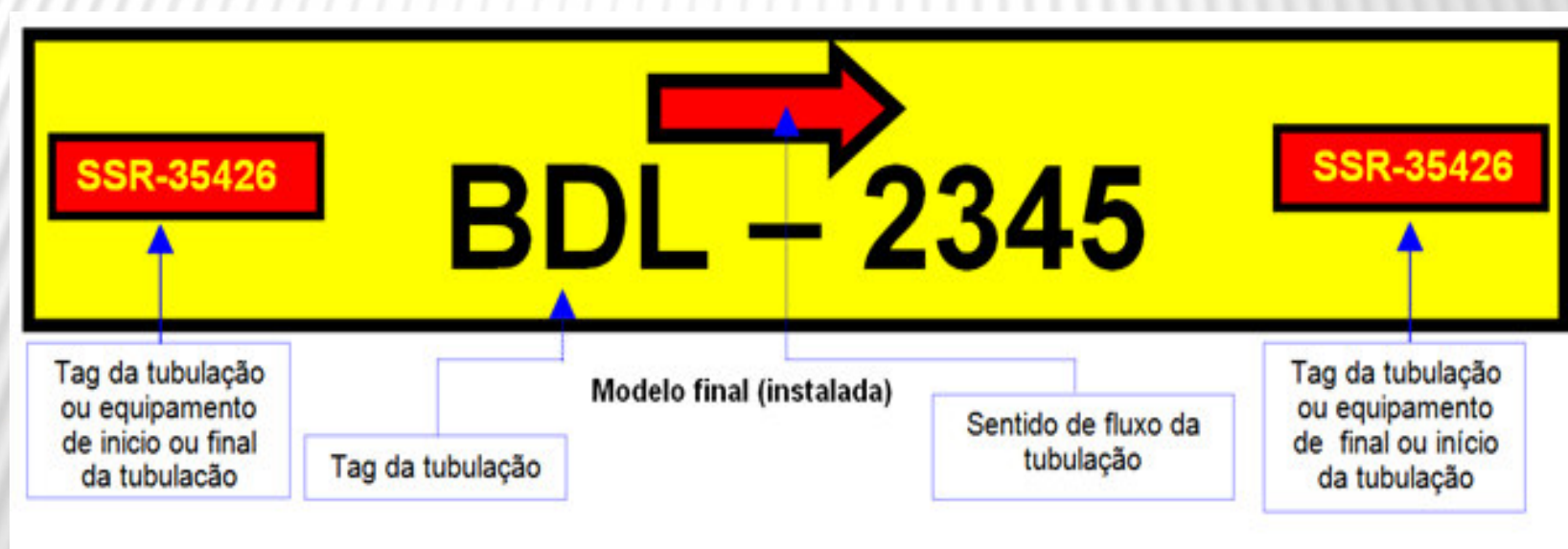
A pintura e/ou a instalação de isolamento térmico deverão ser realizada após as etapas de testes.

Deve-se atentar para os requisitos de identificação por cores quanto a NR-26.

**Comissionamento:** O comissionamento deverá ser realizado pela área de Operação, ficando a seu critério o tipo de “limpeza”: lavagem, secagem, purga ou inertização.

## INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO

**Identificação (Ideal):** Recomenda-se que cada tubulação possua identificação “TAG number”. O ideal é que a identificação possua além do TAG, o sentido de fluxo, e o De/Para do fluido. Veja abaixo um modelo de identificação (**falta indicação do sistema**). A quantidade de identificação em campo deve-se ser compatível com a extensão da tubulação.





## INSPEÇÃO (EXECUÇÃO):

### SERVIÇOS PRELIMINARES

Antes da execução da inspeção em campo, o inspetor deve realizar **uma avaliação prévia** dos seguintes itens:

Consultar o **fluxograma de processo e/ou isométrico de tubulação** a fim de se inteirar quanto sua localização e características de processo;

Consultar **lista de linhas**, especificação da tubulação **“Piping class”** ou documento similar a fim de se inteirar quanto as informações de processo pressão, temperatura e características construtivas da tubulação, como por exemplo: **diâmetros, material, componentes existentes, revestimento, tipo de suportes, existência de traço de aquecimento, entre outros;**

Inteirar-se dos **danos típicos** que possam ocorrer na tubulação e em **que regiões elas estão mais susceptíveis a ocorrer;**

## SERVIÇOS PRELIMINARES (cont...)

Verificar antecipadamente os **acessos e apoios técnicos necessários** para a inspeção foram implementados;

Verificar as **recomendações de inspeção** emitidas nas inspeções anteriores;

Analisar os **relatórios de inspeção anteriores** quanto as condições físicas, medição de espessura e outros ensaios;

Verificar as **condições físicas e de calibração** quanto ao ferramental e aparelhagem de inspeção;

Solicitar a **Ordem de Serviço** junto a área de planejamento para a realização do trabalho programado;

Outros necessários.

## SERVIÇOS PRELIMINARES (cont...)

Quando da necessidade de contratação de ensaios não destrutivos “especiais”, além dos itens acima mencionados, deve ser verificado também:

Consultar se o **peçoal contratado** para execução de ensaios não destrutivos especiais **estão com a qualificação em dia**. Esta comprovação deve ser impressa antes da execução dos trabalhos;

Consultar a **existência procedimentos qualificados** das empresas contratadas para execução de END´s em questão. Estes devem atender às exigências mínimas para o trabalho contratado, além dos requisitos referentes a SSMA;

Verificar se as equipes contratadas de inspeção e de exames não destrutivos **estão com o ferramental e materiais apropriados, aparelhagem calibradas com certificados e em condições de uso**;

Verificar se o profissional está autorizado e liberado a solicitar Permissão de Trabalho / LOTO / Ambiente Confinado/ Trabalhos em Altura. **(treinamento preliminares)**



## SERVIÇOS PRELIMINARES (cont...)

Antes do início dos trabalhos de inspeção propriamente ditos, devem ser tomadas todas as ações necessárias e cabíveis no sentido de **prevenir os atos e condições inseguras - fontes potenciais de acidentes**. Para tanto a área de inspeção de equipamentos deve:

Consultar e validar o documento de **Análise de Segurança do Tarefa - AST** para trabalho de inspeção programado;

Caso seja necessário, elaborar a **Análise Preliminar de Risco e Perigos do Serviço - APPS** exclusiva para a tarefa;

Separar os equipamentos de segurança - **EPI's adequados** para cada situação;

Atentar-se para o ambiente de trabalho nas proximidades das tubulações em operação e/ou **condições atmosféricas adversas**.

## INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

**Tubulação / Acessórios:** Verificar as condições físicas da tubulação observando e registrando a ocorrência de **deformações mecânicas, empenamentos, tensionamento, trincas, processos corrosivos, vazamentos, vibrações, desgastes e materiais inadequados** (em desconformidade com o especificado no projeto).

Atentar-se para as regiões de contato com os suportes e/ou dormentes.

**Drenos e Vent's:** Além da verificação acima, todos os “Vents” e Drenos deverão apresentar flanges cegos ou “cap's” em suas extremidades.

**Pintura:** Observar e registrar a ocorrência de empolamentos, empoamentos, descascamentos, arranhões, fendilhamentos e impregnação de impurezas.

Atentar-se para a norma **NR-26** quanto a padronização de cores.

**Filtros:** Verificar a existência de identificação (quando aplicável) e sentido do fluxo.

### INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

**Válvulas:** Observar a ocorrência de **trincas**, **processos corrosivos** e/ou **desgaste** no corpo e/ou castelo / tampa, **vazamentos** pelas juntas de vedação e gaxetas, estado da **pintura**, componentes em desacordo com a especificação de projeto e **danos no volante ou alavanca**.

**Válvulas De Retenção:** Atentar-se para a indicação do **sentido do fluxo**.

**Válvulas de Controle:** Atentar para a integridade das **conexões pneumáticas ou elétricas**.

Verificar a existência de plaqueta ou adesivo de **identificação** ..

Atentar-se para a indicação do **sentido do fluxo** da válvula se está correto.

**Válvulas de Segurança:** Atentar para, **vazamentos** pelas juntas de vedação e orifício do castelo, **congelamento** do corpo, **pintura**, componentes em desacordo com o projeto, **rompimento de lacre** e presença de **parafuso GAG**.

Verificar a existência de identificação **TAG** e **Plaqueta de Calibração**.

Se houver válvulas de bloqueio antes e/ou após as válvulas de segurança, verificar a existência de DCBI (Dispositivo Contra Bloqueio Inadvertido).



### INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

**Prisioneiros, Parafusos, Estojos e Porcas:** Observar processos corrosivos e desgaste, engraxamento, padronização, “*short bolt*” ou “*long bolt*” e com a especificação de projeto.

**Soldas:** Observar processos corrosivos e desgaste, trincas, poros, mordeduras e deposição insuficiente. A critério do inspetor, a inspeção pode ser complementada por ensaios não destrutivos aplicáveis.

**Suportes:** Observar processos corrosivos e desgaste, trincas, **deformações mecânicas**, tensionamento, pintura, posicionamento (suportes rígidos e de mola, guias).

**Nos suportes de mola\*:** observar se está devidamente ajustado no range de trabalho (Quente e Frio) – Calibração.

\* Sugere-se um plano de aferição periódico para os suportes tipo mola instaladas em tubulações críticas com prazos e critérios definidos pelo PH.

**Suportes tipo tirantes :** devem estar devidamente tensionado , sem tirantes soltos.

## INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

**Suporte de contrapesos:** Os contrapesos devem estar **identificados (peso)** e em boas condições físicas. Os **cabos** de aço devem estar **íntegros** e sem indícios de dobramento e fios rompidos. Os acessórios em boas condições físicas.

**Suportes “Trunion”:** Atentar-se para quanto a **indícios de infiltração** de água. Caso necessário, solicitar a abertura da extremidade para inspeção interna. Deve-se tomar cuidado para seu fechamento quanto a possibilidade de infiltração.

**Unões Flangeadas:** Observar a ocorrência de **processos corrosivos e desgaste, vazamentos, desalinhamentos, trincas, aperto inadequado** e se esta em desacordo com a especificação de projeto.

A critério de o inspetor realizar **teste de estanqueidade** - pressão positiva (Teste de bolhas).

**Juntas de Vedação:** Observar a ocorrência de **processos corrosivos e desgaste, vazamentos, desalinhamentos, e materiais em desacordo** com a especificação de projeto.

## INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

**Juntas de Expansão\*:** Observar a ocorrência de processos corrosivos e desgaste nos componentes, vazamentos, desalinhamentos, trincas, ajuste inadequado dos tirantes, deformações e danos no fole e componentes em desacordo com a especificação de projeto. Existência de identificação TAG e plaqueta de identificação.

- Atentar-se para o numero de ciclos definidos pelo fabricante e tempo de operação da tubulação.

**Instrumentos:** Verificar as condições físicas quanto a funcionamento, identificação e vazamentos. Ex.: manômetros, termômetros, transmissores, medidores de vazão.

**Purgadores:** Observar a ocorrência de processos corrosivos e desgaste, vazamentos, estado da pintura e se seus componentes ou tipo estão em desacordo com o projeto. Atentar-se para a indicação do **sentido do fluxo** , Identificação (!?)

**Revestimentos Externos:** Observar a ocorrência de trincas, defeitos e má aplicação do revestimento. Deverá também ser efetuado o teste com o *“Holiday Detector”* a fim de verificar a existência de falhas no revestimento.



### INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

**Traçado das Tubulações:** Observar e registrar desvios no traçado da tubulação. Os mesmos deverão ser informados à área responsável na atualização de documentos que providenciará a atualização da documentação “*as built*”.

O inspetor deverá realizar anotações em croquis ou no próprio isométrico a respeito dos desvios encontrados e manter no prontuário da tubulação.

**Áreas Corroídas: (dimensionar)** Registrar a forma, distribuição e intensidade do desgaste corrosivo, indicando a profundidade máxima dos alvéolos e/ou regiões afetadas. Caso seja de difícil avaliação, considerar a alternativa de obter um decalque, com massa de modelar, da região mais corroída, avaliá-la e fotografá-la.

**Vibração:** Avaliar a ocorrência de **vibração excessiva**. Se necessário, solicitar a análise de um especialista.

Atentar-se para as tubulações interligadas a equipamentos dinâmicos. Nestes casos recomenda-se a inclusão de medições de vibração no plano de inspeção.

Na constatação de vibração, devem-se realizar Ensaios Não Destrutivos (Líquido Penetrante ou Partículas Magnéticas) em locais previamente definidos para verificar a existência de processo de deterioração.

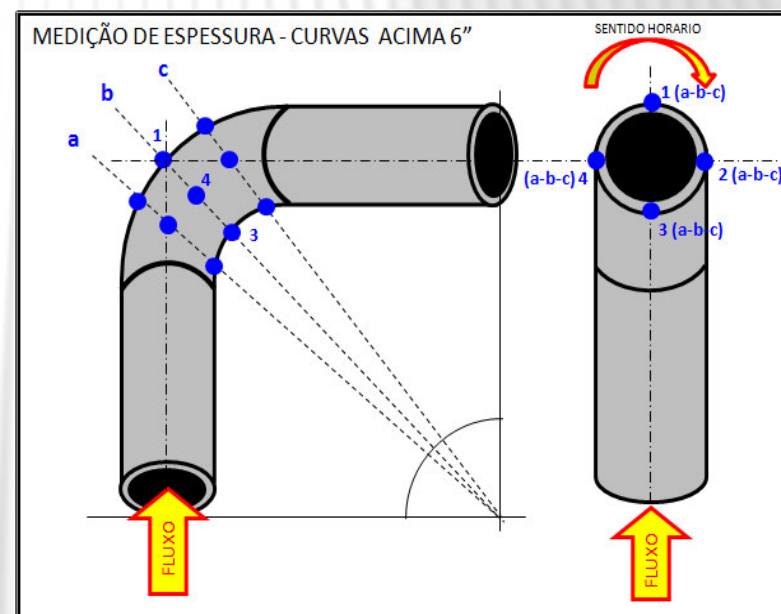
## INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

**Medição de Espessura:** Deve ser realizada conforme procedimento específico.

Os pontos de medição devem ser realizados em:

- Curvas;
- Trechos retos;
- Tes;
- Reduções;
- Vents e Drenos;
- Bota de condensação;
- Pontos de Injeção.

**V'O" - IMPORTANTE**



Caso seja necessário, podem ser adicionados outros locais de medições além dos já mencionados acima. A inclusão deve ser avaliada em função do processo de deterioração esperado.

### INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

**Ensaio Não Destrutivo (End):** Quando requeridos, devem ser executados de acordo com os procedimentos internos específicos e das **exigências do código ASME – Seção V**.

Para tubulações fabricadas em aços inoxidáveis, materiais não ferrosos e revestidas, os END's aplicados deverão ser definidos de acordo com os **critério pré estabelecidos pelo PH**.

**Ensaio Mecânicos e análise de Laboratório:** Deverão ser definidos pelo técnico de inspeção e/ou do PH na ocasião da inspeção ou no plano de inspeção previamente definido.

**Teste de Estanqueidade:** Quando aplicável deverá ser realizado o teste de estanqueidade (teste de sabão) nas ligações flangeadas, engaxetadas e roscadas.

**Radiografia:** Para tubulações de pequenos diâmetros consideradas críticas, com histórico de processo corrosivo, recomenda-se a aplicação de **ensaio radiográfico como exame complementar**. A Tubulações de pequeno diâmetro são aquelas em que o diâmetro nominal da tubulação é **menor ou igual à 2 polegadas**.



### INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

**Teste sensitivo:** Poderá ser efetuado o teste de martelo em conexões de pequeno diâmetro de tubulações. Atentar para que **não se utilize força demasiada** evitando deformações na tubulação e/ou seus acessórios.

**Proteção Catódica:** Deverão ser efetuadas **inspeções e medições de potenciais** (tubo x solo) periódicas conforme instruções de trabalho e/ou procedimentos específicos.

**Registro Fotográfico:** **Registrar todas as situações consideradas relevantes**, a critério da área de Inspeção, para registro histórico e de ocorrência e/ou realização de estudos complementares.

**Inspeção em Tubulações isoladas:** Devem ser analisadas pela equipe de inspeção as condições operacionais e construtivas de cada tubulação definindo os critérios, recursos e condições mínimas para sua avaliação. Estas condições devem ser definidas no plano de inspeção para possibilitar os resultados esperados da inspeção. Esta análise deve contemplar, além de outros critérios, a susceptibilidades a CASI.

## INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

Matriz de susceptibilidade  
quanto a CASI para tubulações  
em **aços carbonos** conforme  
*Recommended Practice* RP API  
583

| AÇOS CARBONOS                              |                                                    |                                                                                |                                                                         |                                                                                                                                    |         |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Parâmetro                                  | 0                                                  | 1                                                                              | 3                                                                       | 5                                                                                                                                  |         |
| Temperatura de Operação                    |                                                    | -4°C a 38°C ou 132 a 177°C                                                     | 38°C a 77°C ou 110°C a 132°C                                            | 77°C a 110°C ou cíclico de > 177°C a < 110°C                                                                                       |         |
| Pintura / Idade                            | Pintura de Qualidade < 8 anos ou sistema < 15 anos | Pintura de Qualidade com < 15 anos ou sistema < 30 anos                        | Pintura Geral entre 8 e 15 anos                                         | Pintura geral com mais de 15 anos ou sistema com mais de 30 anos ou desconhecido.                                                  |         |
| Condição do Isolamento / Proteção Mecânica | Sistema < 5 anos sem deficiências                  | Condição média com boa manutenção (selado, sem vazios, pontos de ME com plugs) | Condição Média com algumas deficiências                                 | Condição deteriorada com várias deficiências                                                                                       |         |
| Traço de Vapor                             | sem                                                | Traço de Vapor de alta integridade ou sistema elétrico                         | Sistema de vapor com integridade média                                  | Sistema de traço de vapor com vazamentos visíveis                                                                                  |         |
| Ambiente Externo                           | Sem condensação                                    | Árido e no continente                                                          | Todos os outros                                                         | Ambiente Marinho, zona de torre de resfriamento, exposição externa a água (sistemas de dilúvio, condensado de vapor pingando, etc) |         |
| Tipo de Isolamento                         | Pintura isolante                                   | Perlita expandida, foam glass, espuma de célula fechada                        | Fibra de vidro, perlita, fibra mineral, isolamento com < 10ppm cloretos | Silicato de Cálcio, fibra mineral com > 10ppm cloretos ou desconhecido                                                             |         |
| Diâmetro da linha                          |                                                    | > 6"                                                                           | > 2" <= 6"                                                              | <= 2"                                                                                                                              |         |
| Soma dos parâmetros                        |                                                    | 0 a 6                                                                          | 7 a 13                                                                  | 14 a 20                                                                                                                            | 21 a 27 |
| Classificação de probabilidade             |                                                    | A                                                                              | B                                                                       | C                                                                                                                                  | D       |
|                                            |                                                    |                                                                                |                                                                         |                                                                                                                                    | E       |

## INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

Matriz de susceptibilidade  
quanto a CASI para tubulações  
em **aços inoxidáveis e duplex**  
conforme Recommended  
Practice RP API 583

| AÇOS INOXIDÁVEIS E DUPLEX                  |                               |                                                                                                 |                                                                        |                                                                                                                                    |         |
|--------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Parâmetro                                  | 0                             | 1                                                                                               | 3                                                                      | 5                                                                                                                                  |         |
| Temperatura de Operação                    |                               | 47°C a 60°C                                                                                     | 121°C a 204°C                                                          | 60°C a 121°C                                                                                                                       |         |
| Pintura / Idade                            | Pintura de Qualidade < 8 anos | Pintura de Qualidade com < 15anos                                                               | Pintura Geral entre 8 e 15 anos                                        | Pintura geral com mais de 15 anos ou desconhecido.                                                                                 |         |
| Condição do Isolamento / Proteção Mecânica | sem deficiências              | Condição média com boa manutenção (selado, sem vazios, pontos de ME com plugs)                  | Condição Média com algumas deficiências                                | Condição deteriorada com várias deficiências                                                                                       |         |
| Traço de Vapor                             | sem                           | Traço de Vapor de alta integridade ou sistema elétrico (com revestimento de cabos sem cloretos) | Sistema de vapor com integridade média                                 | Sistema de traço de vapor com vazamentos visíveis ou elétrico com cobertura de PVC                                                 |         |
| Ambiente Externo                           | Sem condensação               | Árido e no continente                                                                           | Todos os outros                                                        | Ambiente Marinho, zona de torre de resfriamento, exposição externa a água (sistemas de dilúvio, condensado de vapor pingando, etc) |         |
| Tipo de Isolamento                         | Pintura isolante              | Perlita expandida, foam glass, espuma de célula fechada                                         | Fibra de vidro, perlita, fibra mineral, isolamento com <10ppm cloretos | Silicato de Cálcio, fibra mineral com >10ppm cloretos ou desconhecido                                                              |         |
| Diâmetro da linha                          |                               | > 6"                                                                                            | > 2" <= 6"                                                             | <= 2"                                                                                                                              |         |
| Soma dos parâmetros                        |                               | 0 a 6                                                                                           | 7 a 13                                                                 | 14 a 20                                                                                                                            | 21 a 27 |
| Classificação de probabilidade             |                               | A                                                                                               | B                                                                      | C                                                                                                                                  | D       |
|                                            |                               |                                                                                                 |                                                                        |                                                                                                                                    | E       |



### INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

Considerando os resultados obtidos pelas matrizes, devem ser implementados no plano de inspeção de cada tubulação e/ou sistema de tubulação as seguintes condições:

**Probabilidade “A” :** Inspeção sem a necessidade de remoção de isolamento.  
Solicitar a remoção de trechos do isolamento nas regiões que apresentarem danos.

**Probabilidade “B” e “C”:** Remoção de trechos do isolamento por amostragem para inspeção em Trechos retos em trechos verticais na interface tubo X isolamento, Drenos e vents, Pontos baixos (como por exemplo: by pass de válvulas de controle, drenagens, cavaletes, botas de condensação, etc.) e Regiões de suportes, ancoragens e tirantes.  
Solicitar remoção de trechos do isolamento nas regiões que apresentarem danos no isolamento.

**Probabilidade “D”:** Remoção obrigatória do isolamento nas seguintes regiões:  
Pontos baixos (como por exemplo: by pass de válvulas de controle, linhas de drenagens, cavaletes, botas de condensação, etc.); Drenos e vents; Regiões de suportes, ancoragens e tirantes; Trechos retos em trechos verticais na interface tubo X isolamento.  
Remoção de trechos do isolamento por amostragem para inspeção nas seguintes regiões:  
Trechos de interligações (Tes, Boca de lobos e Cruzetas), Curvas, Flanges e reduções.

## INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

### Probabilidade “E”:

Remoção obrigatória de todos os trechos do isolamento nas seguintes regiões:

Trechos de interligações (Tes, Boca de lobos, Tomadas de instrumentos e Cruzetas);

Pontos baixos (como por exemplo: by pass de válvulas de controle, linhas de drenagens, cavaletes, botas de condensação, etc.), Regiões de suportes, ancoragens e tirantes;

Drenos e vents, Válvulas, Trechos retos em trechos verticais na interface tubo X isolamento e Curvas.

### Notas:

1) Caso seja confirmada a existência de CASI, e dependendo da condição física da tubulação encontrada, recomenda-se o aumento da amostra de remoção de isolamento, podendo estender até a remoção integral do isolamento térmico

2) A realização de inspeção sem a necessidade de remoção do isolamento é permitida caso sejam utilizadas técnicas de inspeção por radiografia (convencional ou digital) ou PEC (Correntes Parasitas Pulsadas) que permitem a avaliação do componentes sem necessidade de remoção de isolamento.

## INSPEÇÃO EXTERNA COM A TUBULAÇÃO EM OPERAÇÃO (cont.)

Na tabela encontra-se a extensão mínima para remoção de isolamento de acordo com os critérios de amostragem.

| Local                                                                                                                                                                                                                               | Extensão para remoção de isolamento                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vents, Drenos e derivações de pequeno diâmetro                                                                                                                                                                                      | Remoção do componente e adicionalmente 500 mm do tubo tronco (250 mm para cada lado do componente)             |
| Apoios e guias                                                                                                                                                                                                                      | Remoção em 500 mm do tubo tronco                                                                               |
| Curvas, Reduções, Boca de lobo e Tes.                                                                                                                                                                                               | Remoção do componente e adicionalmente 500 mm do tubo tronco (250 para cada lado do componente)                |
| Suportes                                                                                                                                                                                                                            | Remoção do componente e adicionalmente 500 mm do tubo tronco (250 para cada lado do componente)                |
| Pontos baixos                                                                                                                                                                                                                       | Remoção das curvas, drenos, botas de condensação e válvulas. Se possível remover todo o trecho do ponto baixo. |
| Tubo                                                                                                                                                                                                                                | Remoção em 500 mm do trecho                                                                                    |
| <p>Nota:</p> <p>a) Tubulações com diâmetro menor ou igual a 4", considerar a remoção em 100% da circunferência do tubo.</p> <p>b) Tubulações acima de 6", considerar a remoção da metade da circunferência do tubo (meia cana).</p> |                                                                                                                |



## IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO

Inicialmente pode-se utilizar prazos menores e ir aumentando e para algumas categorias (sem históricos) antecipar as inspeções. Exemplos:

- ✓ Tubulações que foram inspecionadas nos últimos dois anos passarão automaticamente para os novos prazos;
- ✓ Demais tubulações se adequarão a partir da próxima inspeção programada.

## EXAME COMPLEMENTAR

Entende-se “EXAME COMPLEMENTAR”: Medição de Espessura, Líquido Penetrante, Partículas Magnéticas, Eddy Current, Teste Hidrostático, Ultrassom, entre outros.

A escolha do tipo de exame **dependerá dos mecanismos de danos esperados e características de cada tubulação e/ou sistema de tubulação.**

## INSPEÇÃO INTERNA FORA DE OPERAÇÃO

Poderá ser realizada inspeção **visual interna indireta\***, utilizando-se **fibroscópios** ou **videoscópios**, em função do processo corrosivo/erosivo esperado na tubulação ou em seu sistema ou em atendimento à solicitação da área de Operação, do técnico de inspeção ou do PH.

\* Com a abertura de flanges, remoção de acessórios (Válvulas, filtros, carretel, etc....), pode-se realizar a inspeção interna parcial “direta”, nessas regiões.

## REPAROS:

Para execução de “reparos” deverá ser emitido um PAR - Projeto de Alteração e Reparo o qual deverá ser previamente aprovado pelo PH.

## REDUÇÃO DE ESPESSURA

De acordo com o suplemento do código ASME B31G, foi desenvolvido um método como referência para auxiliar na decisão sobre aceitação de áreas corroídas. Os resultados desse método devem ser interpretados pelo PH.

O critério está limitado à análise de tubulações soldadas construída em aço carbono ou baixa liga, com deterioração provocada por corrosão e / ou erosão.

Foi formulado para áreas com corrosão alveolar, onde devem ser analisados os seguintes itens:

- **Profundidade máxima de corrosão:** a profundidade do maior alvéolo na área corroída deve ser quantificada;
- **Espessura original do tubo,** medida no momento da inspeção;
- **Comprimento longitudinal da área corroída;**
- **Raio do tubo.**

Nota: Todas as medidas devem estar na mesma unidade métrica.



## REDUÇÃO DE ESPESSURA (cont.)

Onde:

No eixo vertical do gráfico encontra-se a relação entre a espessura nominal e a perda de espessura.

No eixo horizontal estão relacionados o comprimento longitudinal da corrosão, o raio e a espessura original do tubo.

O gráfico está dividido em duas regiões, uma região de aceitação, onde nenhuma intervenção é necessária e e outra de rejeição, onde alguma intervenção se faz necessária.

Vertical=  $PMC / e \text{ Nom.}$

Horizontal=  $L \text{ da } C / \sqrt{r * e \text{ Nom.}}$

AVALIAÇÃO DE ÁREA CORROÍDA  
 critério de aceitação do ASME B31.3.G

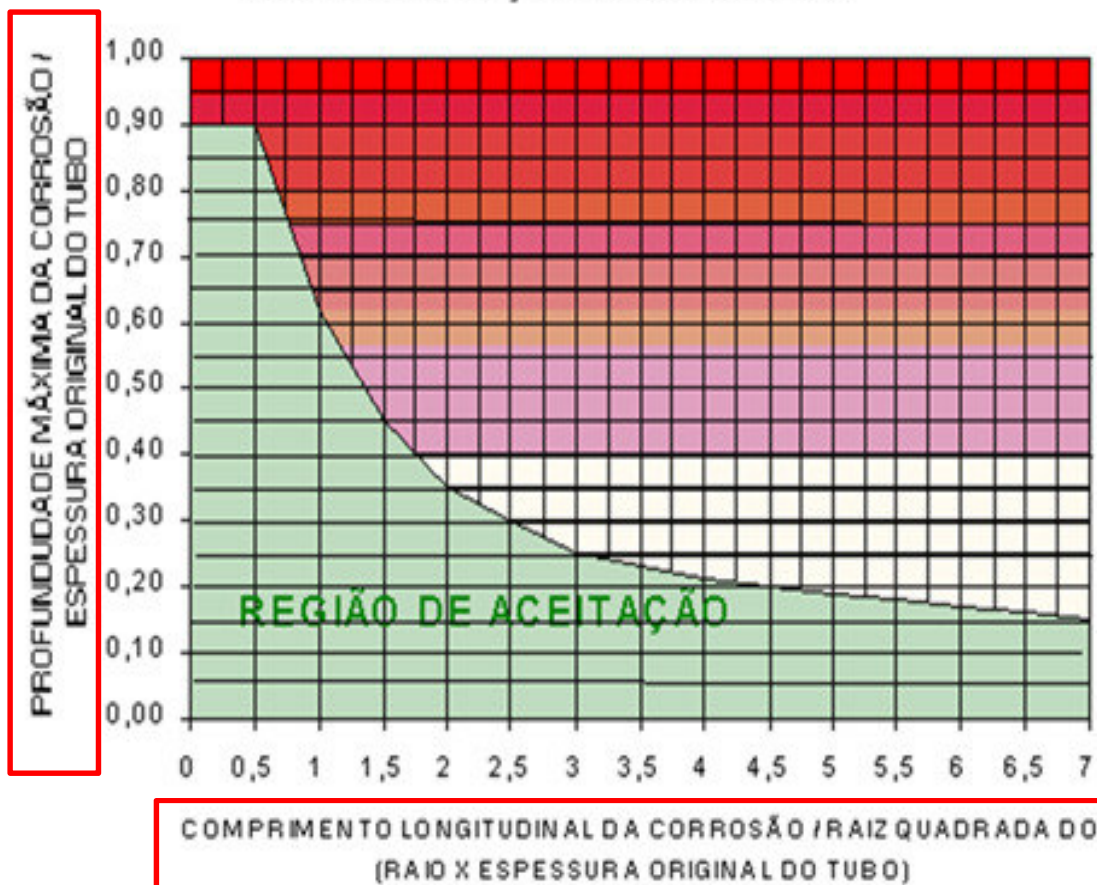


Tabela 8 – Critérios de aceitação para áreas corroídas.

## Espessura Mínima

O valor de espessura mínima aceitável, não deve ser interpretado como valor limite, deve ser considerado como um **guia conservativo** para uma tomada de decisão, ou seja: nesse ponto uma **análise\*** mais detalhada deve ser feita.

\* Considerar o período da nova campanha da decisão

Entretanto, o valor de espessura mínima mais conservativo é obtido subtraindo-se à sobre espessura de corrosão da espessura nominal. Pontos com valores acima desse limite podem ser considerados aprovados sem necessidade de considerações mais abrangentes.

## CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

Cosideerar os critérios do código de projeto da tubulação previstos, na norma ASME B31.3, nos documentos própria empresa (“*Design and Engineering Practices*”, “*standards*” da Licenciadora, da Montadora, e no API-570, entretanto, é importante considerar os parâmetros envolvidos, operacionais e técnicos, além de bom senso e experiência adquirida, e ainda, os conhecimentos da **Mecânica de Fratura ou Análise de Tensões**, para um bom julgamento dos limites de deterioração admissível para cada caso.



# FÓRUM TÉCNICO INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS / NR-13

| DIAMETRO<br>INT. (in) | ESPESSURAS (mm) |        |     | 150 PSI |       |       |       |       | 300 PSI |       |       |       |       | 600 PSI |       |       |       |       | 900 PSI |       |       |       |       |
|-----------------------|-----------------|--------|-----|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
|                       | SCH 40          | SCH 80 | MIN | 149°C   | 260°C | 343°C | 399°C | 454°C | 149°C   | 260°C | 343°C | 399°C | 454°C | 149°C   | 260°C | 343°C | 399°C | 454°C | 149°C   | 260°C | 343°C | 399°C | 454°C |
| 1/2"                  | 2,8             | 3,7    | 1,8 |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |
| 3/4"                  | 2,9             | 3,9    | 1,8 |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |
| 1"                    | 3,4             | 4,5    | 2,1 |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |
| 1.1/2"                | 3,7             | 5,1    | 2,3 |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       | 2,5   |
| 2"                    | 3,9             | 5,5    | 2,6 |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       | 3,1   |
| 2.1/2"                | 5,2             | 7      | 2,6 |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       |       | 3,8   |
| 3"                    | 5,5             | 7,6    | 2,6 |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       | 3,1   |       |         |       | 3,1   | 4,6   |       |
| 4"                    | 6               | 8,6    | 3,1 |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       | 3,9   |       |         |       | 4     | 5,9   |       |
| 6"                    | 7,1             | 11     | 3,9 |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       | 5,8   | 4,9   | 4       | 4,5   | 5,8   | 8,7   |       |
| 8"                    | 8,2             | 12,7   | 4,6 |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       | 5,1   | 7,6   | 6,1     | 5,2   | 5,8   | 7,6   | 11,3  |
| 10"                   | 9,3             | 15,1   | 4,9 |         |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |       |       | 6,3   | 9,4   | 7,3     | 6,5   | 7,2   | 9,5   | 14,1  |
| 12"                   | 10,3            | 17,5   | 4,9 |         |       |       |       |       |         |       |       |       | 5,6   |         | 5,1   | 5,7   | 7,5   | 11,2  | 8       | 7,7   | 8,6   | 11,2  | 16,8  |
| 14"                   | 11,1            | 19     | 4,9 |         |       |       |       |       |         |       |       |       | 6,1   | 5,3     | 5,6   | 6,3   | 8,2   | 12,3  | 9,1     | 8,5   | 9,4   | 12,3  | 18,4  |
| 16"                   | 12,7            | 21,4   | 4,9 |         |       |       |       |       |         |       |       |       | 7     | 6,1     | 6,5   | 7,2   | 9,4   | 14    | 10,3    | 9,7   | 10,8  | 14,1  | 21    |
| 18"                   | 14,3            | 23,8   | 4,9 |         |       |       |       |       |         |       |       | 5,3   | 7,9   | 6,9     | 7,3   | 8,1   | 10,6  | 15,8  | 10,3    | 10,9  | 12,1  | 15,8  | 23,6  |
| 20"                   | 15,1            | 26,8   | 4,9 |         |       |       |       |       |         |       |       | 5,9   | 8,8   | 7,6     | 8,1   | 9     | 11,7  | 17,5  | 11,4    | 12,1  | 13,4  | 17,6  | 26,3  |
| 24"                   | 17,5            | 31     | 4,9 |         |       |       |       | 5,3   |         |       | 5,4   | 7     | 10,5  | 9,1     | 9,7   | 10,8  | 14,1  | 21    | 13,7    | 14,5  | 16,1  | 21,1  | 31,5  |

- Para tubulações rosqueadas devem ser somados 1,3 mm aos valores de espessuras mínimas a menos que as uniões recebam soldas de selagem cobrindo os fios de roscas expostos.

- Para conexões com extremidades para solda de topo devem ser utilizados os mesmos valores para tubos;

- Conservativamente podemos adotar como espessura mínima para válvulas e conexões, fundidas ou forjadas, 1,5 vezes os valores tabelados.

Espessuras mínimas para tubulações (Aço Carbono):



Quando necessário a realização de cálculos para determinação da espessura mínima, deve-se verificar que a espessura mínima para resistir aos esforços mecânicos será o maior valor entre a espessura mínima calculada conforme ASME B31.3 ou a espessura mínima estrutural recomendada pelo API 574. A espessura mínima necessária conforme critérios do ASME B31.3 deve ser determinada utilizando a seguinte equação:

$$t_1 = \frac{P * D}{2 * S * E}$$

Onde:

$t_1$  = espessura mínima requerida para pressão interna, em mm;

P = pressão manométrica de projeto do tubo, em kgf/cm<sup>2</sup>;

D = diâmetro externo do tubo, em mm;

S = tensão admissível do material do tubo na temperatura de projeto, em kgf/cm<sup>2</sup>;

E = eficiência de solda.

## ESPESSURA MÍNIMA ESTRUTURAL:

De acordo com o API 574, os valores de espessura mínima estrutural para sistemas construídos em aço carbono e aços de baixa liga, que operem em temperatura abaixo de 205°C, sem significativos carregamentos externos, carregamentos térmicos ou vibração excessiva estão descritos na tabela.

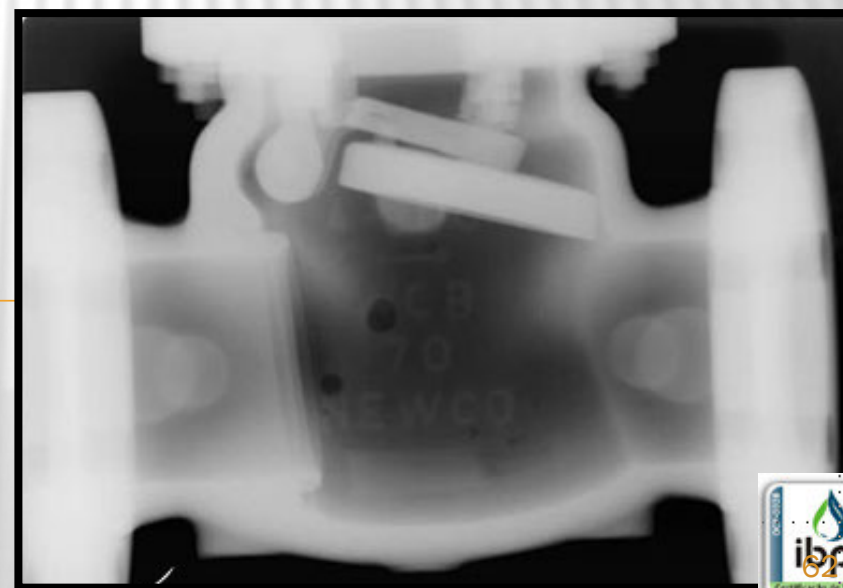
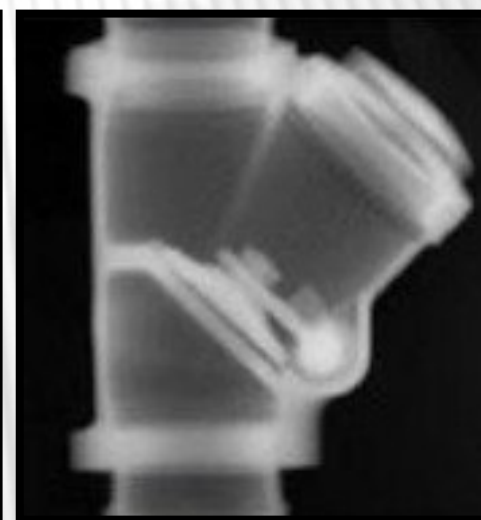
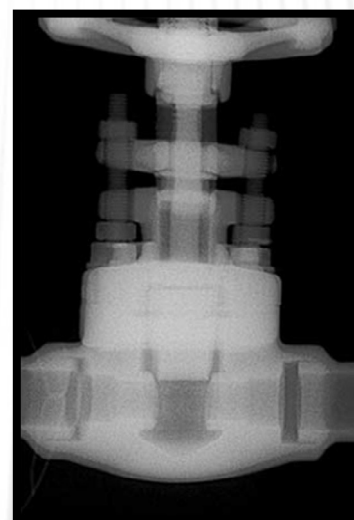
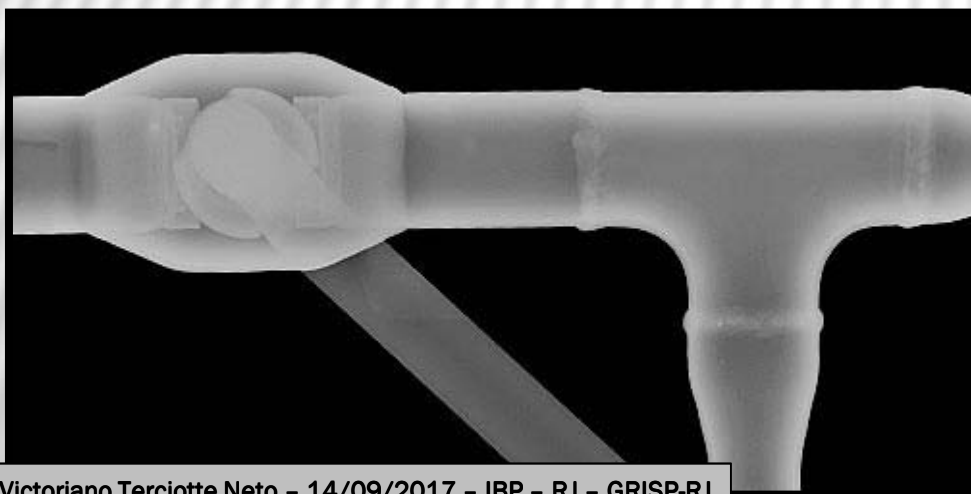
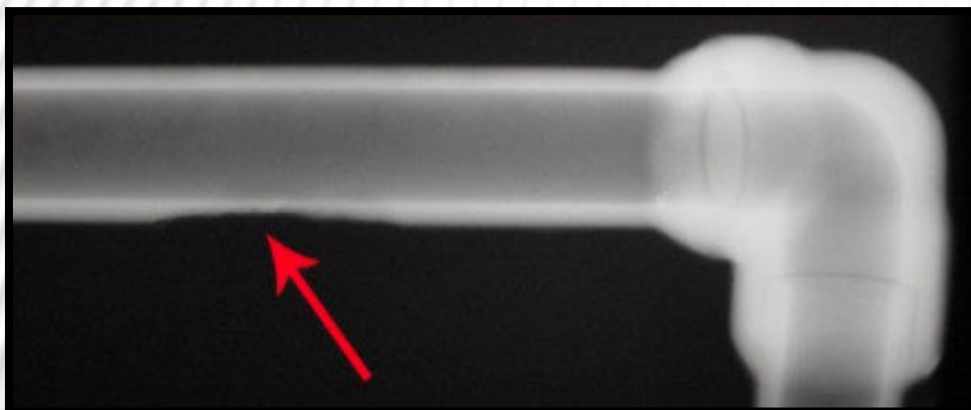
| NPS       | Espessura Mínima Estrutural (mm) |
|-----------|----------------------------------|
| 1/2" a 2" | 1,8                              |
| 3"        | 2,0                              |
| 4"        | 2,3                              |
| 6" a 18"  | 2,8                              |
| 20" a 24" | 3,1                              |

Valores de espessura mínima estrutural

Para as tubulações que não se enquadram nestas características é necessária a determinação da espessura mínima estrutural pela Engenharia.

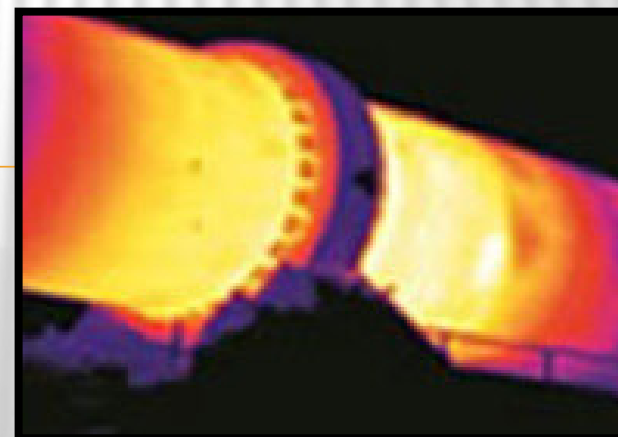
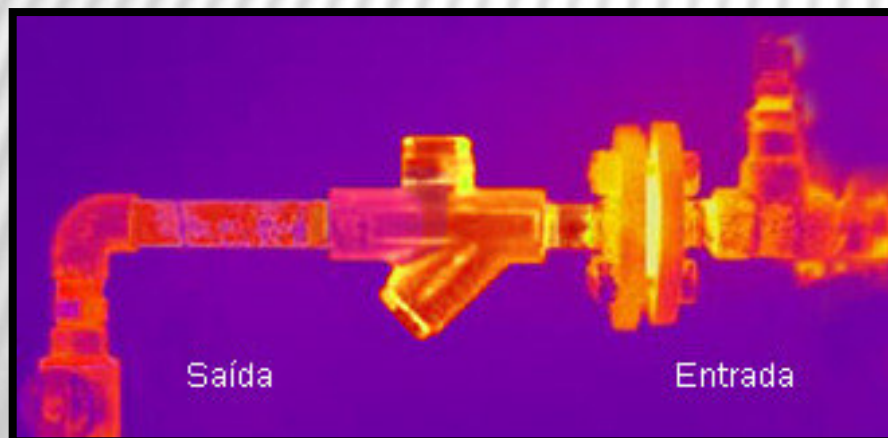
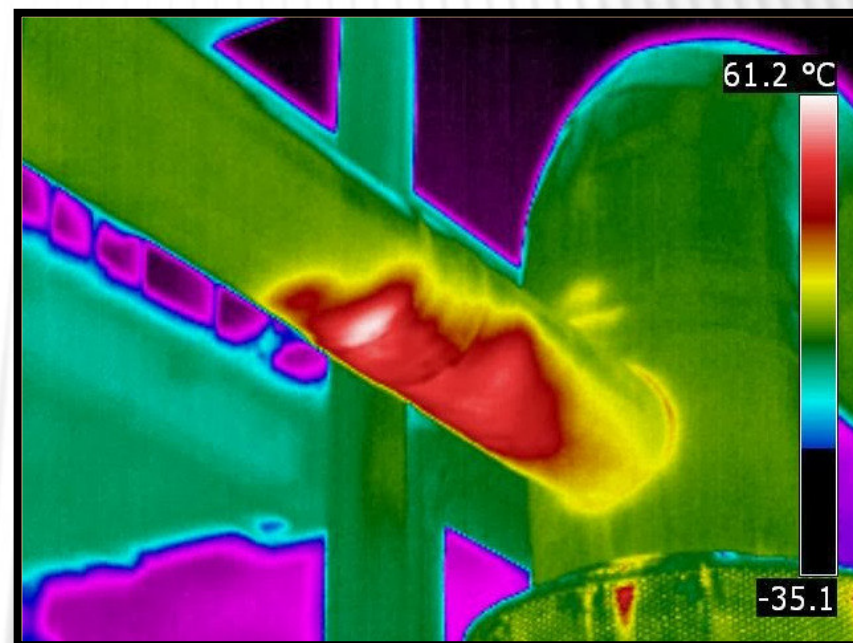
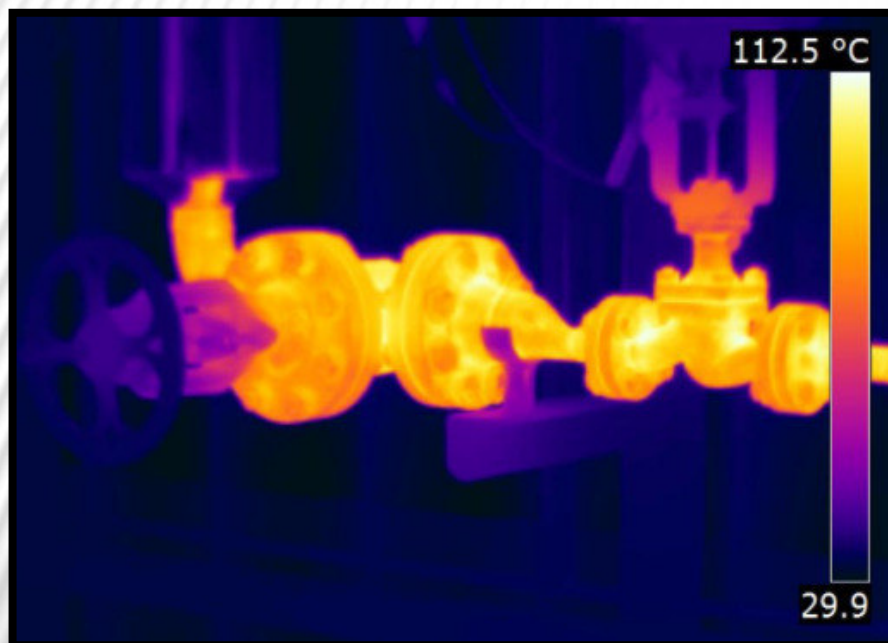
## ENSAIOS COMPLEMENTARES:

### Radiografia

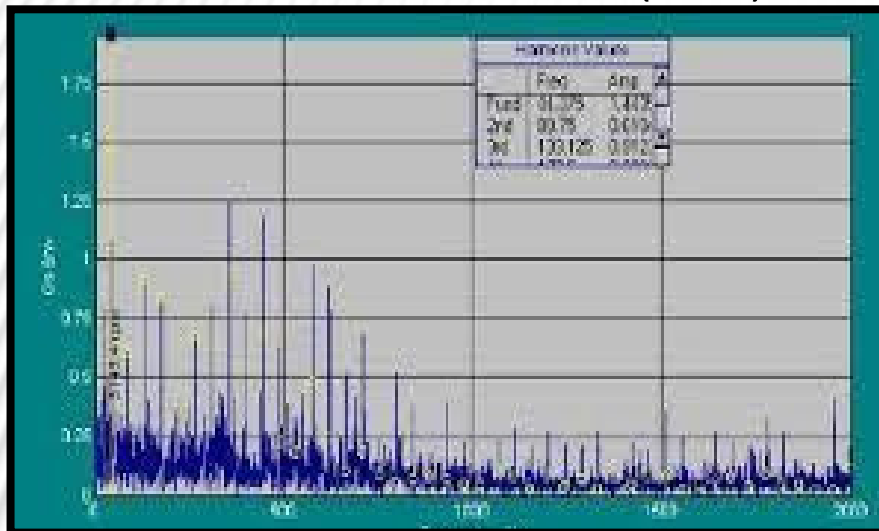




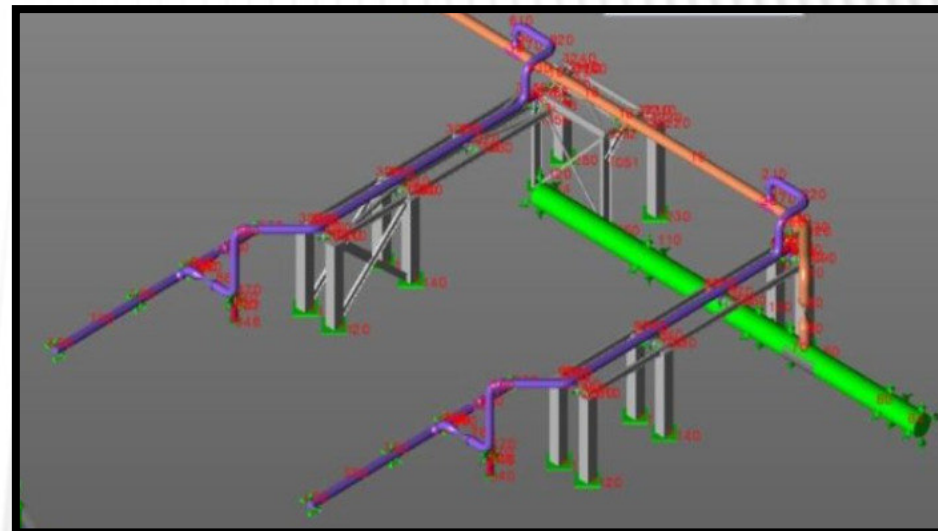
ENSAIOS COMPLEMENTARES: Termografia:



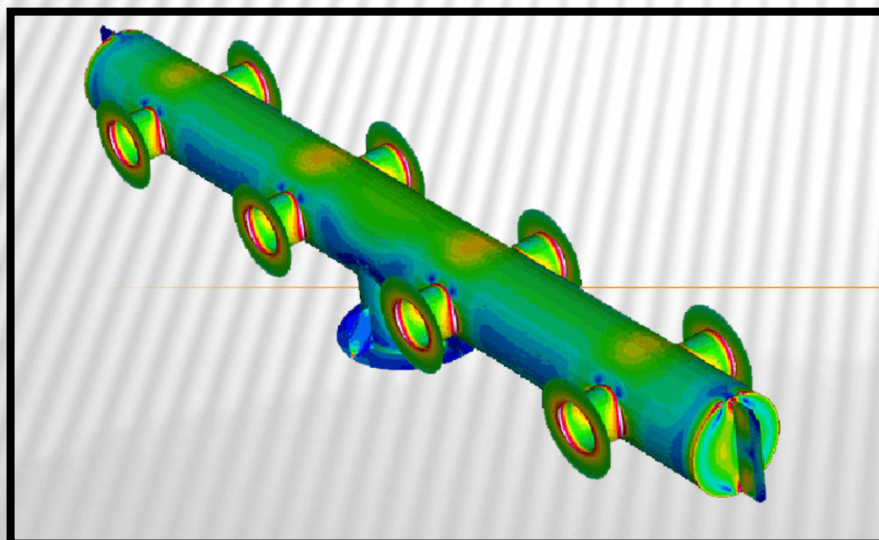
## ENSAIOS COMPLEMENTARES: (cont.)



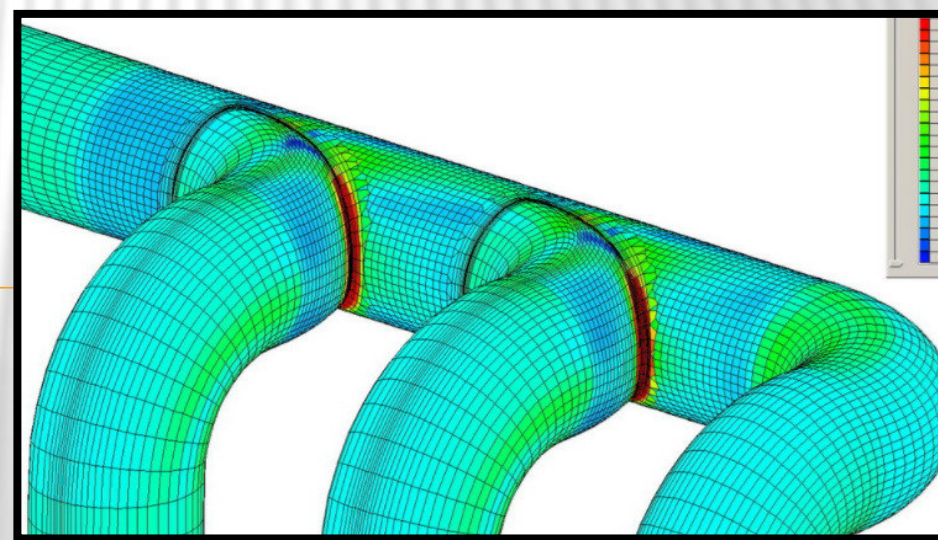
Análise / medições de vibração



Análise de flexibilidade / tensão



Modelagem 3D



Análise por elementos finitos



## CHECK LIST DE CAMPO

Exemplo de Check list para utilização durante a inspeção em campo:

|                                |                                                                                                                      |    |                   |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------|
| <b>IDENTIFICAÇÃO</b>           | <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I   | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>TUBULAÇÃO</b>               | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>ACESSÓRIOS</b>              | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>DRENO E VENTS</b>           | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>PINTURA</b>                 | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>VALVULAS DE BLOQUEIO</b>    | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>VALVULAS DE RETENÇÃO</b>    | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>VALVULAS DE CONTROLE</b>    | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>VALVULAS DE SEGURANÇA</b>   | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>FILTROS</b>                 | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>ESTOJOS E PORCAS</b>        | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>ISOLAMENTO TERMICO</b>      | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>SOLDAS</b>                  | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>SIUPORTES</b>               | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>UNIÕES FLANGEADAS</b>       | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>JUNTA DE EXPANSÃO</b>       | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>JUNTAS DE VEDAÇÃO</b>       | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>INSTRUMENTOS</b>            | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>PURGADORES</b>              | <input type="checkbox"/> BCF <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>REVESTIMENTOS EXTERNOS</b>  | <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> DANOS <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>POTENCIAL DE VAZAMENTOS</b> | <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I   | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>TRAÇADO DA TUBULAÇÃO</b>    | <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I    | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |
| <b>VIBRAÇÃO</b>                | <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> R.I   | Nº | COMENTARIOS (Nº ) |

Formulário



## RELATÓRIOS (atender NR-13)

Após A Inspeção deverá ser emitido relatório com os resultados encontrados, (Inspeção e ensaios), com as análises efetuadas e as recomendações de inspeção.

- ✓ O relatório de inspeção deve conter as seguintes informações (mínimo):
- ✓ Identificação da tubulação ou sistema;
- ✓ Fluidos de serviço;
- ✓ Informações sobre temperatura e pressão;
- ✓ Tipo de inspeção executada;
- ✓ Data de início e término da inspeção;
- ✓ Descrição das inspeções, exames e testes executados;
- ✓ Registros fotográficos dos exames;
- ✓ Resultado das inspeções e providências;
- ✓ Recomendações e providências necessárias;
- ✓ Parecer conclusivo quanto à integridade até a próxima inspeção;
- ✓ Data prevista para a nova inspeção de segurança;
- ✓ Nome legível, assinatura e número do registro no conselho profissional do PH e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção.

LINKs:

VÍDEO  
PLANEJAMENTO  
“PERFEITO”

CHECK LIST DA  
TUBULAÇÃO

PLANO DE  
INSPEÇÃO END

VÍDEO  
PLANEJAMENTO  
“ANTIGO”

IT – BRASKEM

## FONTES:

### Imagens:

[www.google.com.br](http://www.google.com.br)

<http://inspecaoequipto.blogspot.com.br>

[http://www.tbq.com.br/pt\\_br/o-gasoduto/faixa-de-servidao.htm](http://www.tbq.com.br/pt_br/o-gasoduto/faixa-de-servidao.htm)

<http://www.tlv.com/global/BR/steam-theory/steam-trap-test.html>

<http://www.gcinspector.com.br/>

<http://www.vce-eng.com/engineering/piping-stress-analysis-analisi-fem>

<http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/prestadores-de-servicos/vibmaster/produtos/instalacoes-e-equipamentos-industriais/analise-de-vibracao-em-tubulacao>

Texto e conteúdos Técnico: Material técnico Petrobras e Braskem

Agradecimentos especiais pelo apoio técnico na elaboração do trabalho:

Engº. de Inspeção Edneu Jatcoski

Engº. de Inspeção Michael Gildo da Silva

Engº. de Inspeção Teófilo Antonio da Silva



# FÓRUM TÉCNICO INSPETOR DE EQUIPAMENTOS / NR-13

GRINSP – RJ / IBP

INSPEÇÃO EM SOLDAS: “CQ”

Engº VICTORIANO TERCIOTTE NETO

## TIPOS DE INSPEÇÃO:

Tipo I Corresponde à inspeção das soldas em tubulações para serviços de fluidos não inflamáveis e/ou não tóxicos e/ou não perigosos, em pressões de projeto até 10 Kgf/cm<sup>2</sup> e/ou em temperaturas de projeto até 185 °C, tais como água, ar comprimido e outros fluidos de baixa responsabilidade.

Tipo IV Corresponde à inspeção das soldas em tubulações para serviços de fluidos altamente tóxicos (conforme ASME categoria “M”). Incluem-se aqueles fluidos e seus derivados cujo vazamento possa acarretar sérios danos à saúde das pessoas (ex: benzeno, cloro, etc).

## TIPOS DE INSPEÇÃO:

Tipo V Corresponde à inspeção de soldas em tubulações sujeitas a serviço cíclico severo (ver definição no ASME), submetidas à corrosão sob tensão e/ou com danos pelo hidrogênio (ver definição no item 3.9) e/ou instalações de compressão projetadas pela norma ASME B31.8. Incluem-se ainda neste Tipo, todos os materiais especiais cujo P-number não conste na Tabela 01 a seguir, a exemplo do titânio (P-Number 51 a 52), os sistemas de flare e ainda os sistemas de vapor ou outros produtos de 1500#, 2500# e alta pressão, além de soldas de fechamento (“closure welds”) das tubulações enquadradas nos Tipos II, III e IV.

Tipo II e III Corresponde à inspeção das soldas em tubulações para serviços e/ou fluidos não incluídos nos Tipos I, IV e V acima, e conforme definição da Tabela 01 a seguir:



| Material                  | "P-number" | Limitações                                              | Tipo de Inspeção |           |
|---------------------------|------------|---------------------------------------------------------|------------------|-----------|
|                           |            |                                                         | II               | III       |
| Aço Carbono               | 1          | $T < 430^{\circ}\text{C}$                               | 150 a 600        | 900       |
| C – ½ Mo<br>½ Cr – ½ Mo   | 3          | -                                                       | 150 a 600        | 900       |
| 1 a 2 Cr – Mo             | 4          | -                                                       | 150 a 600        | 900       |
| 2 ¼ a 9 Cr-Mo             | 5          |                                                         |                  |           |
| 12 Cr (tipo 410)          | 6          |                                                         |                  |           |
| 12 Cr (tipo 405)          | 7          |                                                         |                  |           |
| 2 ¼ Ni                    | 9A         |                                                         |                  |           |
| 3 ½ Ni                    | 9B         |                                                         |                  |           |
| 5 Ni                      | 11A-SG2    | -                                                       | -                | 150 a 900 |
| 9 Ni                      | 11A-SG1    |                                                         |                  |           |
| Aços inox<br>austeníticos | 8          | $-101^{\circ}\text{C} < T < 430^{\circ}\text{C}$        | 150 a 600        | 900       |
|                           |            | $T < -101^{\circ}\text{C}$<br>$T > 430^{\circ}\text{C}$ | -                | 150 a 900 |
| Ligas de níquel           | 41 a 45    | $-101^{\circ}\text{C} < T < 399^{\circ}\text{C}$        | 150 a 600        | 900       |
|                           |            | $T < -101^{\circ}\text{C}$<br>$T > 399^{\circ}\text{C}$ | -                | 150 a 900 |
| Ligas de cobre            | 31 a 35    | $-101^{\circ}\text{C} < T < 200^{\circ}\text{C}$        | 150 a 600        | -         |
|                           |            | $T < -101^{\circ}\text{C}$<br>$T > 200^{\circ}\text{C}$ | -                | 150 a 900 |

# FÓRUM TÉCNICO INSPETOR DE EQUIPAMENTOS / NR-13

| Tipo | "P-number"<br>(ASME B31)    | END<br>Exigidos         | Extensão exigida para cada tipo de solda |                                 |                      |                  |                          |
|------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------|--------------------------|
|      |                             |                         | Circunferenciais<br>(3)                  | Bocas de<br>lobo<br>(1) (6) (9) | De<br>Suporte<br>(7) | Em Ângulo<br>(2) | Longitudinais<br>(6) (9) |
| I    | 1                           | Visual                  | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5)        | -                                        | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                             | Ultrassom (5) (13)      | -                                        | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (8)  | -                                        | -                               | -                    | -                | -                        |
| II   | 1                           | Visual                  | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5)        | 10%                                      | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                             | Ultrassom (5) (13)      | 10%                                      | 20%                             | -                    | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (8)  | -                                        | -                               | -                    | -                | -                        |
|      | 3                           | Visual                  | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5)        | 10%                                      | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                             | Ultrassom (5) (13)      | 10%                                      | 20%                             | -                    | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (8)  | -                                        | 20%                             | -                    | -                | -                        |
|      | 4,5,6,7                     | Dureza (4)              | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Visual                  | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5)        | 10%                                      | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                             | Ultrassom (5) (13)      | 10%                                      | 20%                             | -                    | -                | 100%                     |
|      | 8, 9A, 9B<br>31-35<br>41-45 | Líquido Penetrante (8)  | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Dureza (4)              | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Visual                  | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5) (14)   | 10%                                      | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      | 1                           | Ultrassom (5) (13) (14) | 10%                                      | 20%                             | -                    | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (6)  | 100%                                     | 100%                            | 20%                  | 20%              | 20%                      |
|      |                             | Visual                  | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5)        | 10% (10)                                 | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      | 3,4                         | Ultrassom (5) (13)      | 10%                                      | 20%                             | -                    | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (8)  | -                                        | 20%                             | -                    | 20%              | -                        |
|      |                             | Visual                  | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5)        | 10% (10)                                 | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      | 1                           | Ultrassom (5) (13)      | 10%                                      | 20%                             | -                    | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (8)  | -                                        | 20%                             | -                    | 20%              | -                        |
|      |                             | Visual                  | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Radiográfico (5)        | 10% (10)                                 | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      | 3,4                         | Ultrassom (5) (13)      | 10%                                      | 20%                             | -                    | -                | 100%                     |
|      |                             | Líquido Penetrante (8)  | 100%                                     | 20%                             | 20%                  | 20%              | -                        |
|      |                             | Dureza (4)              | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                             | Visual                  | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |

| Tipo | "P-number"<br>(ASME B31)                          | END<br>Exigidos            | Extensão exigida para cada tipo de solda |                                 |                      |                  |                          |
|------|---------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------|--------------------------|
|      |                                                   |                            | Circunferenciais<br>(3)                  | Bocas de<br>lobo<br>(1) (6) (9) | De<br>Suporte<br>(7) | Em Ângulo<br>(2) | Longitudinais<br>(6) (9) |
| III  | 5,6,7                                             | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Radiográfico (5)           | 100%                                     | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Ultrassom (5) (13)         | 100%                                     | 100%                            | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Líquido Penetrante (8)     | 100%                                     | 100%                            | 20%                  | 100%             | 20%                      |
|      | 8, 9A, 9B<br>11A-SG1<br>11A-SG2<br>41-45          | Dureza (4)                 | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Radiográfico (5) (14)      | 100%                                     | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Ultrassom (5) (13) (14)    | 100%                                     | 100%                            | -                    | -                | 100%                     |
|      | 1                                                 | Líquido Penetrante (6)     | 100%                                     | 100%                            | 20%                  | 100%             | 20%                      |
|      |                                                   | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Radiográfico (5) (12) (15) | 20%                                      | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Ultrassom (5) (13)         | 20%                                      | 20%                             | -                    | -                | 100%                     |
| IV   | 3,4,5,6,7                                         | Líquido Penetrante (8) (6) | -                                        | -                               | -                    | -                | -                        |
|      |                                                   | Dureza (4) (11)            | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Radiográfico (5) (12) (15) | 20%                                      | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      | 8, 9A, 9B<br>11A-SG1<br>11A-SG2<br>41-45<br>51-52 | Ultrassom (5) (13)         | 20%                                      | 100%                            | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Líquido Penetrante (8) (6) | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Dureza (4)                 | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      | 1                                                 | Radiográfico (5) (12) (14) | 20%                                      | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Ultrassom (5) (13) (14)    | 20%                                      | 100%                            | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Líquido Penetrante (6)     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      | 3,4,5,6,7                                         | Radiográfico (5) (12)      | 100%                                     | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Ultrassom (5) (13)         | 100%                                     | 100%                            | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Líquido Penetrante (8) (6) | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Dureza (4)                 | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      | 8, 9A, 9B<br>11A-SG1<br>11A-SG2<br>41-45<br>51-52 | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Radiográfico (5) (12) (14) | 100%                                     | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Ultrassom (5) (13) (14)    | 100%                                     | 100%                            | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Líquido Penetrante (6)     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
| V    | 3,4,5,6,7                                         | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Radiográfico (5) (12)      | 100%                                     | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Ultrassom (5) (13)         | 100%                                     | 100%                            | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Líquido Penetrante (8) (6) | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      | 8, 9A, 9B<br>11A-SG1<br>11A-SG2<br>41-45<br>51-52 | Dureza (4)                 | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Radiográfico (5) (12) (14) | 100%                                     | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Ultrassom (5) (13) (14)    | 100%                                     | 100%                            | -                    | -                | 100%                     |
|      | 1                                                 | Líquido Penetrante (6)     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Dureza (4) (11)            | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Radiográfico (5) (12)      | 100%                                     | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      | 3,4,5,6,7                                         | Ultrassom (5) (13)         | 100%                                     | 100%                            | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Líquido Penetrante (8) (6) | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Dureza (4)                 | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      | 8, 9A, 9B<br>11A-SG1<br>11A-SG2<br>41-45<br>51-52 | Radiográfico (5) (12) (14) | 100%                                     | -                               | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Ultrassom (5) (13) (14)    | 100%                                     | 100%                            | -                    | -                | 100%                     |
|      |                                                   | Líquido Penetrante (6)     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |
|      |                                                   | Visual                     | 100%                                     | 100%                            | 100%                 | 100%             | 100%                     |



## Notas:

- (1) As soldas de boca-de-lobo são conforme definido no parágrafo 5.2.1, sendo que:  
Quando utilizados detalhes suscetíveis a exame radiográfico (conexão extrudada ou integral para solda de topo), as soldas devem ser 100 % radiografadas.
- (2) Soldas em ângulo incluem, entre outras, as soldas de encaixe, soldas de selagem de conexões rosqueadas e soldas de flanges sobrepostos.
- (3) Aplicável somente às soldas feitas para ligação de tubos e acessórios. As soldas feitas para confecção de tubos e acessórios devem atender aos requisitos das normas de fabricação destes componentes (API ou ASTM). (4) O exame de dureza é uma verificação do tratamento térmico de soldas ou curvamento a quente. Soldas que não requeiram tratamento térmico não necessitam deste exame. Para serviço com Tipos IV e V de inspeção, na qualificação do procedimento de soldagem, devem ser examinados por microdureza, o metal de solda e a zona afetada termicamente (ZAT). No caso de soldas dissimilares, ambas as ZATs devem ser examinadas. De uma forma geral a dureza deve estar limitada a:



| "P-Number" | Material              | Dureza Brinell  |
|------------|-----------------------|-----------------|
|            | Grupo                 | Valores Máximos |
| 1          | Aço carbono           | 220 HB (*)      |
| 4          | Aço liga ½ a 2% Cr    | 225 HB          |
| 5          | Aço liga 2,5 a 10% Cr | 241 HB          |

(\*) Especificações de aço carbono (P-Number 1) sujeitas a corrosão sob tensão, requerem medições de dureza com o valor máximo admissível 200 HB.

(5) As juntas circunferenciais poderão ser inspecionadas na maioria dos casos por ultrassom, particularmente as automatizadas e semi-automatizadas (Phased Array), em substituição à radiografia, pois além de demandar menor tempo para execução, geram os registros das varreduras e não possuem restrição quanto à área de isolamento. Os requisitos das normas ASME B31 e Seção V (Artigos 2 e 4) do BPVC devem ser atendidos.

(6) O exame com líquido penetrante em soldas deve ser obrigatoriamente feito na primeira e última camada de metal depositado (conforme percentual indicado do LP).

(7) Solda entre o suporte e a superfície do tubo.

(8) Quando houver impossibilidade de aplicação de Líquido penetrante, o exame por Partícula magnética pode ser usada na mesma extensão desde que aprovado pela fiscalização.

(9) Após o passe de raiz da solda deve ser realizado o exame visual, aplicável para soldas de pipeshop e campo.

(10) Válido apenas se todas as condições listadas abaixo forem atendidas. Caso contrário ou se forem encontrados defeitos não aceitáveis, as soldas devem ser 100 % inspecionadas com ultrassom ou radiografia:

a) passe de raiz executado utilizando o processo TIG;

b) o diâmetro interno na região da raiz da solda deve ser controlado por esmerilhamento;

c) espessura de parede para tubos de “P-number” 1 deve ser menor ou igual a 1¼” (32 mm); d) espessura de parede para tubos de “P-number” 3 e 4 deve ser menor ou igual a 5/8” (16 mm). (11) Para tubos sem costura de especificação de material ASTM A 106 Gr. B, podem ser examinadas com apenas 20% das soldas, exceto para tubulações sujeitas a serviço cíclico severo, submetidas à corrosão sob tensão e/ou com danos pelo hidrogênio e/ou ou altamente tóxico.



(12) Quando autorizada a substituição por ultrassom devem ser considerados os requisitos correspondentes a coluna de condições de serviço cíclico severo da ASME B31.3.

(13) Válida para a nota (1).

(14) Para materiais de base, a exemplo do inox (P-number 8), em que a realização do US ou do RX é de difícil aplicação, estes ENDs podem ser suprimidos e os demais deverão ser aplicados 100% em sua extensão e todas as soldas deverão ser 100% inspecionadas por LP na primeira camada e na última depositadas. A liberação do US ou do RX deverá ter a aprovação da Engenharia