

NORMA BRASILEIRA

**ABNT NBR
15280-2**

Terceira edição
14.12.2015

Versão corrigida
09.09.2016

Dutos terrestres Parte 2: Construção e montagem

*Onshore pipeline
Part 2: Construction and installation*



ICS 75.200

ISBN 978-85-07-05935-6



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS



Número de referência
ABNT NBR 15280-2:2015
96 páginas



© ABNT 2015

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT

Av.Treze de Maio, 13 - 28º andar
20031-901 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 3974-2346
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

Sumário	Página
Prefácio	vi
Introdução	vii
1 Escopo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	3
4 Requisitos gerais	3
5 Requisitos específicos	7
5.1 Inspeção de recebimento de materiais	7
5.2 Armazenamento e preservação de materiais	7
5.2.1 Geral	7
5.2.2 Tubos	7
5.2.3 Flanges, raquetes e figuras “8”	8
5.2.4 Válvulas	8
5.2.5 Parafusos, porcas e arruelas	9
5.2.6 Juntas (de vedação)	9
5.2.7 Conexões	9
5.2.8 Material de revestimento anticorrosivo	9
5.2.9 Atuadores de válvulas, filtros e tampões de fecho rápido	10
5.2.10 Consumível de soldagem	10
5.2.11 Tintas, graxas e solventes	11
5.3 Locação e marcação da faixa de domínio, pista ou faixa de trabalho	11
5.3.1 Geral	11
5.3.2 Área rural	12
5.3.3 Área urbana	13
5.4 Abertura da pista	14
5.4.1 Geral	14
5.4.2 Em área rural	15
5.4.3 Implantação da faixa de trabalho em área urbana	18
5.5 Abertura e preparação da vala	18
5.6 Transporte, distribuição e manuseio (incluindo carga e descarga) de tubos e outros materiais	21
5.7 Curvamento de tubos	22
5.8 Revestimento externo de tubos com concreto	25
5.8.1 Materiais, métodos e procedimentos de revestimento externo com concreto	25
5.8.2 Cura de revestimento de concreto	27
5.8.3 Inspeção e ensaios	28
5.8.4 Critérios de aceitação, rejeição e reparos no concreto	29
5.8.5 Concretagem das juntas de campo	29
5.8.6 Resíduos da concretagem	30
5.9 Soldagem	30
5.10 Inspeção após soldagem	34

5.11	Revestimento externo anticorrosivo e isolamento térmico – Juntas de campo e reparos	34
5.12	Abaixamento na vala.....	35
5.13	Cobertura da vala	36
5.14	Proteção, restauração e limpeza	38
5.15	Sinalização dos dutos e da faixa de domínio	40
5.16	Cruzamentos e travessias	41
6	Limpeza, enchimento e calibração	44
6.1	Geral	44
6.2	Procedimento executivo.....	44
6.3	Sistemas de captação e descarte de água	45
6.4	Qualidade da água	45
6.5	Limpeza	46
6.6	Enchimento e calibração	46
6.7	Relatório da fase de limpeza, enchimento e calibração	47
7	Teste hidrostático.....	47
7.1	Procedimento executivo	47
7.2	Requisitos mínimos	48
7.3	Equipamentos e instrumentos	49
7.4	Teste hidrostático de resistência mecânica	49
7.5	Teste hidrostático de estanqueidade	51
7.6	Correção da pressão em função da temperatura.....	51
7.7	Gráfico pressão x volume (PV)	52
7.8	Teste hidrostático simplificado.....	52
7.9	Requisitos gerais	53
7.10	Registros	53
7.11	Requisitos de segurança	54
8	Condicionamento do duto	54
8.1	Geral	54
8.2	Procedimento executivo	55
8.3	Esvaziamento	55
8.4	Pré-secagem	55
8.5	Limpeza	56
8.6	Montagem e instalação de componentes e complementos	56
8.7	Secagem final	57
8.8	Inertização.....	57
9	Inspeção do revestimento externo anticorrosivo – Após a cobertura.....	58
10	Documentação.....	58
10.1	Documentos “como construído”	58
10.2	Documentação de proprietários e órgãos envolvidos	60
10.3	Relatórios, certificados, procedimentos e documentação de fornecedores	60
	Anexo A (normativo) Definições.....	61
	Anexo B (normativo) Critérios para inspeção de recebimento de materiais	69

B.1	Geral	69
B.2	Tubos	69
B.3	Flanges	70
B.4	Conexões	71
B.5	Válvulas	72
B.6	Juntas (de vedação)	73
B.7	Parafusos e porcas	73
B.8	Filtros	74
B.9	Tampa de abertura e fechamento rápido	74
B.10	Atuadores de válvulas	74
B.11	Consumíveis de soldagem	74
B.12	Tintas	75
B.13	Materiais e equipamentos para proteção catódica	76
Anexo C (normativo) Tabelas e Figuras		77
Bibliografia		96

Figuras

Figura C.1 – Tela de segurança com fita de aviso	83
Figura C.2 – Instalação da tela de segurança (com fita de aviso) e da placa de concreto	84
Figura C.3-a – Marco delimitador	85
Figura C.3-b – Marco sinalizador de dutos	86
Figura C.4 – Marco quilométrico	87
Figura C.5-a – Modelo-padrão de placa de sinalização – Tipo I (Detalhes de fixação)	88
Figura C.5-b – Modelo-padrão de placa de sinalização – Tipo I (Características gráficas)	89
Figura C.6-a – Modelo-padrão de placa de sinalização – Tipo II (Detalhes de fixação)	90
Figura C.6-b – Modelo-padrão de placa de sinalização – Tipo II (Características gráficas)	91
Figura C.7-a – Modelo padrão de placa de sinalização – Tipo III (Detalhes de fixação)	92
Figura C.7-b – Modelo-padrão de placa de sinalização – Tipo III (Características gráficas)	93
Figura C.8 – Gráfico pressão x tempo ($P \times T$)	93
Figura C.9 – Medição gráfica do volume de ar residual	94
Figura C.10 – Gráfico pressão versus incremento volumétrico do tubo sob efeito da água injetada e comprimida	95

Tabelas

Tabela C.1 – Compatibilidade entre revestimentos	77
Tabela C.2 – Seleção da malha da tela	77
Tabela C.3 – Fita de polietileno	77
Tabela C.4 – Fio de polietileno	78
Tabela C.5 – Tipos de sinalização	78
Tabela C.6 – Fator de correção para o efeito da temperatura	81
Tabela C.7 – Requisitos de qualidade da água para teste hidrostático de dutos, em função de parâmetros químicos e microbiológicos	82
Tabela C.8 – Tratamento anticorrosivo para água de teste hidrostático	82

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Ressalta-se que Normas Brasileiras podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os Órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar outras datas para exigência dos requisitos desta Norma, independentemente de sua data de entrada em vigor.

A ABNT NBR 15280-2 foi elaborada no Organismo de Normalização Setorial de Petróleo (ABNT/ONS-34), pela Comissão de Estudo de Sistemas de Transporte de Petróleo e Derivados (CE-34:000.05). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 06, de 27.06.2014 a 25.08.2014. O seu 1º Projeto de Emenda circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 07, de 10.07.2015 a 09.08.2015. O seu 2º Projeto de Emenda circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 09, de 25.09.2015 a 25.10.2015.

Esta terceira edição incorpora a Emenda 1, de 14.12.2015, e cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 15280-2:2014).

Esta versão corrigida da ABNT NBR 15280-2:2015 incorpora a Errata 1, de 09.09.2016.

A ABNT NBR 15280, sob o título geral “*Dutos terrestres*”, tem previsão de conter as seguintes partes:

- Parte 1: Projeto;
- Parte 2: Construção e montagem.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This part of ABNT NBR 15280-2 establishes the minimum requirements for construction, installation, commissioning, testing and acceptance of onshore pipelines.

This part applies to the construction, installation, commissioning, testing and acceptance of new carbon steel onshore pipelines, their fabricated assemblies, as well as modifications of existing pipelines for the transportation of:

- a) *liquid hydrocarbons, including petroleum, liquid petroleum based products, liquefied petroleum gas (LPG) and alcohol – oil pipelines;*
- b) *natural gas and fuel gas (processed natural gas) – gas pipelines.*

Introdução

As características, o alto valor do empreendimento e as necessidades operacionais exigem que os trabalhos executados durante a construção e montagem de um duto sejam de alta qualidade. Os gerentes das empresas contratante e contratada devem dar grande atenção a todas as fases da obra, com eficiente coordenação. Os profissionais, em todos os níveis, devem ser cuidadosamente selecionados e bem orientados. Os equipamentos de construção e montagem devem atender, qualitativa e quantitativamente, às necessidades da obra.





Dutos terrestres

Parte 2: Construção e montagem

1 Escopo

1.1 Esta parte da ABNT NBR 15280 estabelece os requisitos mínimos exigíveis para construção, montagem, condicionamento, teste e aceitação de dutos terrestres.

1.2 Esta parte da ABNT NBR 15280 aplica-se à construção, montagem, condicionamento, teste e aceitação de dutos terrestres novos de aço carbono, seus componentes e complementos, e também às modificações de dutos existentes, destinados ao transporte, transferência e escoamento da produção de:

- a) hidrocarbonetos líquidos, incluindo petróleo, derivados líquidos de petróleo, gás liquefeito de petróleo (GLP) e álcool – oleodutos;
- b) gás natural processado e não processado – gasodutos.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5425, *Guia para inspeção por amostragem no controle e certificação de qualidade – Procedimento*

ABNT NBR 5732, *Cimento Portland comum – Especificação*

ABNT NBR 5733, *Cimento Portland de alta resistência inicial – Especificação*

ABNT NBR 5735, *Cimento Portland de alto-forno – Especificação*

ABNT NBR 5738, *Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova*

ABNT NBR 5739, *Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*

ABNT NBR 6502, *Rochas e solos*

ABNT NBR 6493, *Emprego de cores para identificação de tubulações*

ABNT NBR 7211, *Agregado para concreto – Especificação*

ABNT NBR 7276, *Sinalização de advertência em linhas aéreas de transmissão de energia elétrica – Procedimento*

ABNT NBR 7481, *Tela de aço soldada - Armadura para concreto – Especificação*

ABNT NBR 12712, *Projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível*

ABNT NBR 14842, *Critérios para a qualificação e certificação de inspetores de soldagem*

ABNT NBR 15280-2:2015

ABNT NBR 15221-1, *Tubos de aço – Revestimento anticorrosivo externo – Parte 1: Polietileno em três camadas*

ABNT NBR 15221-2, *Tubos de aço – Revestimento anticorrosivo externo – Parte 2: Polipropileno em três camadas*

ABNT NBR 15221-3, *Tubos de aço – Revestimento anticorrosivo externo – Parte 3: Epóxi em pó termicamente curado*

ABNT NBR 15273, *Indústrias de petróleo e gás natural – Curvas por indução para sistema de transporte por dutos*

ABNT NBR 15280-1, *Dutos Terrestres – Parte 1: Projeto*

ABNT NBR 15637-1, *Cintas Planas manufaturadas, com fitas tecidas com fios sintéticos de alta tenacidade formados por multifilamentos*

ABNT NBR 16049, *Dutos terrestres – Qualificação e certificação de pessoas – Inspetores*

ABNT NBR 16212, *Tubos – Estocagem em área descoberta*

ABNT NBR ISO 15589-1, *Indústria do petróleo e gás natural – Proteção catódica para sistemas de transporte de dutos – Parte 1: Dutos terrestres*

ABNT NBR 16381, *Dutos terrestres e submarinos – Câmara de Pig*

ABNT NBR ISO/IEC 17024, *Avaliação da conformidade – Requisitos gerais para organismos que certificam pessoas*

ABNT NBR NM 67, *Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*

ABNT NBR NM 248, *Agregados – Determinação da composição granulométrica*

ABNT NBR NM ISO 9712, *Ensaios não destrutivos – Qualificação e certificação de pessoal*

APHA 4500, *Standard Methods*

API RP 1110, *Recommended Practice for Pressure testing of liquid petroleum pipelines*

API STD 1104, *Welding of Pipelines and Related Facilities*

ASME B 31.4, *Pipeline transportation systems for liquid hydrocarbons and other liquids*

ASME B 31.8, *Gas Transmission and Distribution Piping Systems*

ASME BPVC Section IX, *Qualification standard for welding and brazing procedures, welders, brazers, and welding and brazing operators*

ASTM D638, *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*

ASTM D792, *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement*

ASTM D882, *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*

ASTM D1505, *Standard Test Method for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique*

ASTM E 1961, *Standard practice for mechanized ultrasonic examination of girth welds using zonal discrimination with focused search units*

BSI PD 8010-1, *Code of Practice for Pipelines – Part 1: Steel Pipelines on Land*

MSS SP 55, *Quality standard for steel castings for valves, flanges, fittings and other piping components – visual method for evaluation of surface irregularities*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições apresentados no Anexo A.

4 Requisitos gerais

4.1 A construção e a montagem de duto terrestre devem ser executadas considerando os seguintes aspectos básicos gerais, além do seu projeto:

- a) estar em consonância com as leis do município ou estado em que se localiza;
- b) dispor de todas as permissões das autoridades competentes com jurisdição sobre a faixa de domínio do duto;
- c) ter critérios estabelecidos para a garantia da qualidade da sua execução.

4.2 A construção e a montagem de duto terrestre devem ser executadas de acordo com procedimentos executivos específicos, emitidos previamente ao início de cada atividade da obra, elaborados em conformidade com os documentos de projeto e com esta Norma, e contemplando no mínimo os seguintes elementos:

- a) inspeção de recebimento, armazenamento e preservação de materiais;
- b) locação e marcação da faixa de domínio e da pista em área rural, incluindo: sinalização da obra e demarcações das interferências;
- c) locação e marcação da faixa de trabalho em área urbana;
- d) abertura da pista em área rural, incluindo: acessos, terraplenagem (corte e aterro), supressão vegetal e desmonte de rocha;
- e) compactação de reaterro, com controle tecnológico;
- f) implantação da faixa de trabalho em área urbana;
- g) abertura e preparação da vala, incluindo desmonte de rocha;
- h) transporte, distribuição e manuseio (incluindo carga e descarga) de tubos e outros materiais;
- i) curvamento de tubos;
- j) revestimento externo com concreto de tubos e juntas de campo;

ABNT NBR 15280-2:2015

- k) soldagem, incluindo: ajustagem, alinhamento e fixação dos tubos e acessórios para soldagem e respectivos registros de qualificação, guarda, preservação e tratamento dos insumos de soldagem;
- l) inspeção por ensaios não destrutivos após soldagem;
- m) revestimento externo anticorrosivo e isolamento térmico – tubos, juntas de campo, trechos de afloramento da tubulação e reparos;
- n) abaixamento na vala e cobertura;
- o) proteção da vala, restauração e limpeza;
- p) sinalização dos dutos e da faixa de domínio;
- q) montagem e instalação de componentes e complementos;
- r) cruzamentos e travessias;
- s) limpeza, enchimento e calibração;
- t) teste hidrostático;
- u) condicionamento do duto;
- v) inspeção do revestimento externo anticorrosivo após a cobertura;
- w) instalação de sistemas de proteção catódica;
- x) documentos “como construído” – organização e execução do livro de projeto (*data book*), incluindo documentos de rastreabilidade dos materiais utilizados (tubos, acessórios, eletrodos etc.), desenhos de fabricantes, manuais, desenhos “como construído”, planilhas de distribuição de tubos;
- y) inspeção dimensional interna do duto.

4.3 Nos procedimentos devem estar indicadas as características dos equipamentos a serem utilizados nas diferentes fases da construção e montagem.

4.4 Nos procedimentos devem estar indicados os critérios de segurança, meio ambiente e saúde ocupacional a serem seguidos, em cada uma das atividades de sua abrangência. Devem ser observados os requisitos mínimos contidos em 4.4.1 a 4.4.22.

4.4.1 Os serviços devem ser executados de acordo com os parâmetros de segurança, meio ambiente e saúde, estabelecidos pelas autoridades competentes com jurisdição sobre a faixa de trabalho ou de servidão do duto.

4.4.2 Os serviços devem ser executados dentro dos níveis máximos de ruído estabelecidos pela autoridade competente. Em caso de proximidade com comunidades, medidas para atenuação de ruídos podem vir a ser necessárias em determinadas fases do trabalho.

4.4.3 Todo trabalhador deve ser previamente treinado no tocante aos aspectos de segurança, meio ambiente e saúde, consoante os requisitos estabelecidos para a sua atividade, antes de ingressar pela primeira vez na faixa de dutos.

4.4.4 Todos os equipamentos estacionários devem ser instalados de modo a evitar contaminação do solo e dos cursos d'água.

4.4.5 A movimentação de qualquer máquina deve ser precedida de autorização do supervisor encarregado pelos serviços a serem realizados e deve-se certificar a não existência de qualquer pessoa, animal ou equipamento dentro do raio de ação da máquina.

4.4.6 Veículos de transporte e máquinas somente devem cruzar o raio de ação de uma máquina em serviço mediante contato visual e autorização direta do operador da máquina.

4.4.7 Toda máquina ou veículo que transite na pista de dutos deve ser prévia e periodicamente inspecionado, verificando:

- a) existência dos EPI e demais equipamentos de segurança recomendados para sua atividade;
- b) estado funcional do equipamento;
- c) existência de vazamentos de combustíveis ou lubrificantes;
- d) habilitação do operador ou condutor;
- e) verificação do nível mínimo nos tanques de combustível e lubrificante, antes do início de operação em terreno íngreme, a fim de que seja evitada pane seca ou travamento do equipamento.

4.4.8 Nos serviços realizados em trechos com riscos de deslizamento de equipamento, como escavadeiras, *side booms* e outros, deve estar prevista a amarração por guincho ou outro método que impeça o tombamento ou deslizamento destes equipamentos.

4.4.9 Nas faixas de dutos existentes, deve ser evitado o trânsito de equipamentos sobre os dutos, utilizando a barreira física, do tipo fita de segurança provisória, delimitando a área onde deve ser evitado este trânsito.

Caso não seja possível evitar trânsito de equipamentos sobre os dutos existentes na faixa de domínio, deve ser elaborado estudo de influência das cargas de terra e tráfego sobre os dutos, visando definir medidas de proteção, como execução de cobertura adicional ou estiva.

4.4.10 Não são admitidos transportes de pessoal em veículos de carga, a não ser na cabine ou se estiverem devidamente adaptados para isso, de acordo com a legislação específica.

4.4.11 Deve ser prevista, em todas as frentes de serviço, a existência de sistema de comunicação eficiente, de forma a atender de maneira imediata a situações de emergência.

4.4.12 Deve ser previsto um plano de comunicação prévia, englobando todas as atividades de construção, montagem e condicionamento, destinado às autoridades competentes e aos grupos de combate de emergências, bem como às comunidades existentes ao longo da faixa.

4.4.13 Por meio de profissional habilitado, a montadora deve desenvolver um plano de controle da erosão durante a etapa de construção. O plano deve conter procedimentos, medidas, estruturas e ações que visem ao atendimento dos seguintes requisitos:

- a) levantamento dos riscos de erosão, considerando os tipos de solo, as condições climáticas e o relevo das áreas afetadas;

ABNT NBR 15280-2:2015

b) elaboração de projeto definindo estruturas provisórias de drenagem e controle de erosão, a serem implantadas imediatamente após as atividades de abertura de pista.

4.4.14 Todo trabalhador deve ser treinado periodicamente nos aspectos de segurança, meio ambiente e saúde, consoante o estabelecido nos requisitos de segurança, meio ambiente e saúde para a atividade.

4.4.15 Todos os dias, antes do início das atividades de construção, os encarregados dos serviços devem realizar breves reuniões específicas com seus colaboradores, abordando temas relacionados com aspectos de segurança, meio ambiente e saúde.

4.4.16 Devem ser recolhidas as sobras de materiais utilizados nas atividades construtivas, as quais devem ser transportadas para o canteiro da obra, de onde devem ser enviadas para local adequado, visando impedir que venham a provocar impacto ambiental.

4.4.17 Nos locais de teste de pressão, tubulações aéreas, áreas de injeção de ar ou nitrogênio, lançamento/recebimento de *pig*, captação e descarte de água devem ser isoladas e sinalizadas, visando evitar acesso de pessoas não autorizadas, sendo providas de sistema de iluminação artificial e comunicação com canal ou linha exclusiva.

4.4.18 Tubulações, mangueiras de alta pressão e acessórios provisórios devem ser fornecidos com certificado de qualidade, inspecionados e previamente testados, antes de sua utilização.

4.4.19 As tubulações provisórias ou as mangueiras utilizadas para pressurização, captação ou descarte, devem ser adequadamente ancoradas, visando suportar os esforços gerados pelo fluxo e evitar movimentos que possam causar acidente.

4.4.20 Deve ser analisado o impacto ambiental causado pelo volume, vazão e qualidade da água captada e descartada.

4.4.21 A energia da água de descarte deve ser dissipada por meio de instalação de difusor na tubulação de descarte ou outro meio que impeça a erosão do terreno.

4.4.22 No descarte da água deve ser utilizado sistema para decantação de resíduos sólidos existentes na água antes de sua reintegração ao meio ambiente.

4.5 As atividades de construção e a montagem dos dutos devem ser executadas e inspecionadas por pessoal técnico que atenda no mínimo aos critérios de qualificação relacionados em 4.5.1 a 4.5.4.

4.5.1 A qualificação de soldadores e operadores de soldagem deve ser feita de acordo com o API STD 1104, sendo que, para a montagem de componentes e complementos, pode ser usado o ASME BPVC Section IX, como alternativa.

4.5.2 Os inspetores de soldagem devem ser certificados por entidades acreditadas pelo Inmetro, de acordo com a ABNT NBR 14842, ou por entidades internacionais que atendam aos requisitos da ABNT NBR ISO/IEC 17024.

4.5.3 Os inspetores de END devem ser certificados de acordo com a ABNT NBR NM ISO 9712.

4.5.4 Os inspetores de dutos devem ser certificados de acordo com a ABNT NBR 16049.

4.6 Equipamentos e instrumentos utilizados nos serviços de construção e montagem devem ser calibrados e certificados por entidades acreditadas pelo Inmetro e ser acompanhados dos respectivos certificados de calibração.

4.7 O projeto executivo abrange todos os projetos de detalhamento necessários à execução dos serviços de construção e montagem, normalmente emitidos pela contratada, em complementação aos documentos de projeto básico do duto e deve atender aos requisitos de 4.7.1 e 4.7.2.

4.7.1 Os documentos técnicos devem ser elaborados em meio digital, atendendo às prescrições definidas no projeto, inclusive na mesma precisão cartográfica. Ao final dos serviços, estes documentos devem ser entregues na forma de “como construído”, de acordo com a Seção 10.

4.7.2 Deve ser elaborada uma planilha de distribuição de tubos, baseada no levantamento planimétrico, contendo no mínimo os seguintes dados: material, diâmetro, espessura, revestimento anticorrosivo, isolamento térmico, raio e ângulo da curva, revestimento de concreto, número do tubo (conforme sequência de montagem) e número das soldas circunferenciais de campo. Nesta planilha devem ser considerados os comprimentos reais dos tubos a serem utilizados, incluindo a sua identificação para rastreabilidade e orientação para as atividades de curvamento e desfile.

Caso seja adotada numeração sequencial do tubo para montagem, deve haver uma correlação com o número do fabricante.

Qualquer segmento de tubo deve ter rastreabilidade assegurada, incluindo sobras da obra.

5 Requisitos específicos

5.1 Inspeção de recebimento de materiais

A inspeção de recebimento de materiais na obra deve ser executada de acordo com os critérios definidos no Anexo B.

5.2 Armazenamento e preservação de materiais

5.2.1 Geral

5.2.1.1 Os materiais devem ser preservados, levando-se em conta o tempo, o local e o tipo de armazenamento.

5.2.1.2 Todos os materiais sujeitos à deterioração com o tempo devem ser armazenados de tal forma que se possa utilizar primeiramente aqueles com maior tempo de armazenamento.

5.2.2 Tubos

5.2.2.1 A estocagem dos tubos revestidos e não revestidos deve atender à ABNT NBR 16212.

5.2.2.2 Para o manuseio dos tubos durante o carregamento e o descarregamento, devem ser utilizadas cintas de náilon (ou material similar), conforme ABNT NBR 15637-1, com largura adequada ou cabos de aço com ganchos especiais (patolas), para evitar danos nos tubos. Estes ganchos devem ser revestidos de material mais macio que o material do tubo, sendo os ganchos projetados para conformarem-se à curvatura interna dos tubos. Os tubos revestidos podem ser movimentados nos pátios de armazenamento, por empilhadeiras com garfos estendidos, protegidos com borracha ou plástico.

NOTA Para tubos concretados, cabos de aço podem ser utilizados diretamente no corpo do tubo, desde que não provoquem danos ao concreto.

5.2.3 Flanges, raquetes e figuras “8”

5.2.3.1 As faces de assentamento dos flanges, raquetes e figuras “8” devem ser protegidas contra corrosão com aplicação de graxa anticorrosiva não solúvel em água ou verniz removível à base de resina vinílica.

5.2.3.2 As superfícies usinadas de compressão das juntas dos flanges, raquetes e figuras “8” devem ser protegidas contra avarias mecânicas, usando-se discos de madeira ou de plástico fixados com arame galvanizado.

5.2.3.3 Os biséis dos flanges de pESCOÇO devem ser protegidos com verniz à base de resina vinílica.

5.2.3.4 As rosas dos flanges roscados devem ser protegidas contra corrosão, por graxa anticorrosiva não solúvel em água.

5.2.3.5 Os flanges devem ser armazenados em locais abrigados. Os flanges com diâmetro nominal até 150 mm (6 pol.) devem ser armazenados sobre prateleiras, separados por diâmetro, espessura de parede, classe de pressão e demais características.

5.2.3.6 Os flanges com diâmetro nominal acima de 150 mm (6 pol.) devem ser armazenados e manuseados sobre estrados de madeira (paletes), de modo a protegê-los contra avarias.

5.2.4 Válvulas

5.2.4.1 As válvulas devem ser armazenadas de maneira que não sofram danos, em local coberto e seguro, evitando contato direto entre as peças e o contato com o solo.

5.2.4.2 As válvulas devem ser armazenadas na posição vertical. As válvulas que não dispuserem de condições próprias para permanecerem na posição vertical devem receber duas tábuas aparafusadas aos flanges que permitam o seu posicionamento na vertical.

5.2.4.3 Após o teste hidrostático, todas as válvulas devem ser secadas com ar comprimido seco, na posição totalmente aberta. Em seguida, as válvulas devem ser fechadas e suas superfícies internas devem ser recobertas com graxa antioxidante em todas as partes não pintadas, como rosas, porcas, parafusos e biséis. As válvulas tipo esfera devem ser acondicionadas na posição totalmente aberta.

5.2.4.4 Não é necessário proteger com graxa as válvulas de bronze, aço inoxidável e outras ligas metálicas não oxidáveis, desde que todos os componentes da válvula sejam sabidamente não oxidáveis. Caso contrário, esses componentes devem ser protegidos com graxa.

5.2.4.5 As faces usinadas de assentamento dos flanges devem ser protegidas contra corrosão com aplicação de graxa anticorrosiva não solúvel em água ou verniz removível à base de resina vinílica.

5.2.4.6 As rosas das válvulas rosqueadas devem ser protegidas contra corrosão com aplicação de graxa anticorrosiva não solúvel em água ou verniz removível à base de resina vinílica.

5.2.4.7 As partes internas, haste, caixa de vedação, articulações, engrenagens e outras partes devem ser lubrificadas conforme recomendação do fabricante.

5.2.4.8 Os motores das válvulas motorizadas devem ser preservados conforme recomendação do fabricante.

5.2.4.9 As válvulas de grande diâmetro podem ser armazenadas a céu aberto sobre pranchões de madeira, com a haste do volante na posição vertical; as válvulas pequenas devem ser armazenadas em ambiente fechado, sobre prateleiras, separadas por tipo, diâmetro, classe de pressão e demais características.

5.2.4.10 As válvulas armazenadas a céu aberto devem ter as suas extremidades protegidas, de modo a impedir a entrada de poeira e umidade no seu interior.

5.2.5 Parafusos, porcas e arruelas

5.2.5.1 Parafusos, porcas e arruelas devem ser protegidos contra corrosão pela aplicação de graxa anticorrosiva não solúvel em água, exceto quando esses materiais forem cadmiados, galvanizados ou protegidos por outro processo de deposição.

5.2.5.2 As porcas devem ser armazenadas rosqueadas nos parafusos.

5.2.5.3 Os parafusos, porcas e arruelas devem ser armazenados em ambiente fechado, sobre prateleiras, identificados por tipo, comprimento, diâmetro e demais características.

5.2.6 Juntas (de vedação)

5.2.6.1 As juntas devem ser armazenadas sobre superfícies planas, em locais abrigados das intempéries, e devidamente identificadas.

5.2.6.2 As superfícies metálicas das juntas metálicas, semimetálicas e de anel devem ser protegidas com graxa anticorrosiva não solúvel em água ou com outro produto anticorrosivo.

5.2.6.3 As juntas devem ser armazenadas separadas por tipo, diâmetro, espessura e demais características.

5.2.7 Conexões

5.2.7.1 As conexões devem ser mantidas em suas embalagens originais, identificadas e protegidas das intempéries.

5.2.7.2 As conexões para solda de topo devem ter os biséis protegidos por verniz à base de resina vinílica.

5.2.7.3 As roscas das conexões devem ser protegidas por meio de graxa anticorrosiva não solúvel em água ou verniz removível à base de resina vinílica.

5.2.7.4 O armazenamento deve ser feito de modo a evitar acúmulo de água dentro das conexões e o contato direto entre elas ou com o solo.

5.2.7.5 As conexões de diâmetro nominal até 150 mm (6 pol.) devem ser armazenadas em ambiente fechado, sobre prateleiras, separadas por tipo, diâmetro, espessura de parede e demais características.

5.2.7.6 As conexões com diâmetro nominal acima de 150 mm (6 pol.) podem ser armazenadas a céu aberto, sobre calços de madeira, evitando danos mecânicos e contato direto com o solo.

5.2.8 Material de revestimento anticorrosivo

5.2.8.1 Geral

5.2.8.1.1 Os materiais necessários ao revestimento devem ser armazenados em local coberto e ventilado, de maneira a evitar danos, longe de eventuais fontes de calor e umidade, e nas embalagens originais.

5.2.8.1.2 Os materiais devem ser armazenados de tal forma que possam ser utilizados primeiramente aqueles com maior tempo de armazenamento.

5.2.8.2 Polietileno, polipropileno e fita de polietileno

Os materiais polietileno e polipropileno devem ser armazenados conforme ABNT NBR 15221-1 e ABNT NBR 15221-2 respectivamente. A fita de polietileno deve se armazenada conforme recomendações do fabricante.

5.2.8.3 FBE (*Fusion bonded epoxy*)

Os materiais devem ser armazenados conforme ABNT NBR 15221-3.

5.2.9 Atuadores de válvulas, filtros e tampões de fecho rápido

5.2.9.1 Atuadores de válvulas

Devem ser armazenados e preservados conforme recomendações do fabricante.

5.2.9.2 Filtros

5.2.9.2.1 O armazenamento dos filtros deve ser feito em suas embalagens originais, em local abrigado, de modo a evitar danos.

5.2.9.2.2 Todas as recomendações pertinentes à preservação de superfícies usinadas de flanges e de extremidades biseladas e rosqueadas para flanges aplicam-se à preservação de filtros.

5.2.9.3 Tampa de abertura e fechamento rápido

5.2.9.3.1 A tampa de abertura e fechamento rápido deve ser mantida em sua embalagem original, devidamente identificada e protegida das intempéries, conforme instruções do fabricante.

5.2.9.3.2 O anel de vedação deve ser protegido com vaselina e armazenado em embalagem plástica.

5.2.10 Consumível de soldagem

5.2.10.1 Os eletrodos, varetas e arames em rolo, em sua embalagem original, devem ser armazenados sobre estrados ou prateleiras, em estufas aquecidas por lâmpadas permanentemente ligadas, cuja temperatura interna deve ser de 10 °C acima da temperatura ambiente, porém nunca inferior a 20 °C. A estufa para armazenagem deve estar dotada de termômetro e higrômetro, para verificação dos requisitos de umidade e temperatura recomendados pelo fabricante.

5.2.10.2 A ordem de retirada do estoque deve privilegiar os materiais com maior tempo de residência nos locais de armazenamento.

5.2.10.3 Eletrodos revestidos, quando armazenados na posição vertical, devem ter as suas embalagens posicionadas com as pontas de abertura de arco voltadas para cima.

5.2.10.4 Para a secagem e manutenção da secagem dos consumíveis proceder conforme 5.2.10.4.1 a 5.2.10.4.6

5.2.10.4.1 As estufas para secagem de eletrodos revestidos de baixo hidrogênio devem dispor de resistências elétricas, para controlar e manter a temperatura de até 400 °C e de termômetro, termostato e respiro com diâmetro superior a 10 mm.

5.2.10.4.2 As estufas para manutenção da secagem de eletrodos revestidos de baixo hidrogênio devem dispor de resistências elétricas, para controlar e manter a temperatura de até 200 °C e de termômetro, termostato e respiro com diâmetro superior a 10 mm.

5.2.10.4.3 Eletrodos revestidos de baixo hidrogênio, quando na estufa de secagem, devem ser dispostos em prateleiras, em camada não superior a 50 mm. A estufa deve ter prateleiras furadas, ou em forma de grade, e afastadas das paredes verticais no mínimo em 25 mm.

5.2.10.4.4 A secagem de eletrodos revestidos de baixo hidrogênio deve obedecer à recomendação específica do fabricante. Caso não haja essa recomendação, os eletrodos revestidos devem ser submetidos à secagem na temperatura de (350 ± 30) °C, durante 1 h, e mantidos na estufa de manutenção da secagem na temperatura de (150 ± 15) °C.

5.2.10.4.5 A estufa para manutenção da secagem dos eletrodos revestidos de baixo hidrogênio deve ter prateleiras furadas ou em forma de grade; quando for usada estufa portátil, esta deve dispor de resistências elétricas, para manter a temperatura entre 80 °C e 150 °C.

5.2.10.4.6 Os eletrodos revestidos celulósicos dispensam a operação de secagem, podendo ser utilizados após residência na estufa de armazenamento.

5.2.11 Tintas, graxas e solventes

5.2.11.1 Os locais de armazenamento das tintas, vernizes, graxas, solventes e diluentes devem ser cobertos, bem ventilados, não sujeitos a temperaturas superiores a 40 °C, protegidos contra centelhas, descargas atmosféricas e raios diretos do sol.

5.2.11.2 O armazenamento deve ser feito em local exclusivo e provido de sistema de combate a incêndio.

5.2.11.3 O empilhamento máximo dos recipientes deve obedecer às recomendações do fabricante.

5.2.11.4 O armazenamento deve ser feito de forma tal que possibilite a retirada em primeiro lugar do material mais antigo e que a movimentação seja feita de forma a evitar danos.

5.3 Locação e marcação da faixa de domínio, pista ou faixa de trabalho

5.3.1 Geral

5.3.1.1 Em 5.3.1 são tratados requisitos válidos tanto para área rural como para área urbana.

5.3.1.2 A diretriz projetada somente pode ser alterada mediante análise prévia de viabilidade, considerando eventuais implicações no dimensionamento hidráulico e mecânico do duto, licenciamento ambiental e liberação cadastral/jurídica da nova faixa.

5.3.1.3 A locação da posição e cobertura de outros dutos, cabos de fibra ótica e outras interferências eventualmente existentes, em relação ao eixo da faixa e à superfície do terreno, deve ser feita de acordo com os seguintes critérios:

- a) consulta a banco de dados georreferenciados, aos desenhos “como construído” e ao cadastro de empresas públicas ou privadas;
- b) emprego de georadar (GPR) ou detector eletromagnético condutivo com apoio de rastreador DGPS. Adicionalmente, devem ser abertas trincheiras de inspeção escavadas manualmente, para confirmação do posicionamento das mudanças de direção ou cruzamentos;

- c) nos casos de paralelismo com interferências existentes, trincheiras de inspeção transversal à diretriz projetada para o duto, escavadas manualmente, devem ser abertas ao longo do trecho, para a comprovação da precisão do equipamento utilizado;
- d) colocação de sinalização provisória sobre os dutos ou cabos eventualmente existentes com espaçamento máximo de 10 m; nas curvas, essa distância deve ser reduzida para 2 m, definindo uma cor diferenciada para as estacas de cada duto ou cabo existente;
- e) sinalização e proteção adequada dos suspiros, pontos de testes, peças especiais existentes, leitos de anodo e cabos;
- f) identificação e sinalização dos trechos em que dutos existentes estiverem com a cobertura inferior à definida pelo estudo de influência das cargas externas de terra e tráfego sobre estes, conforme o previsto em 4.4.9;
- g) todas as informações relacionadas às interferências encontradas devem ser cadastradas e georreferenciadas para inclusão na documentação “como construído”.

5.3.1.4 A locação e a marcação da faixa de trabalho devem ser realizadas a partir da diretriz do duto estabelecida no projeto, devendo ser identificadas as interferências, constantes ou não nos documentos de projeto, antes do início dos serviços, observando-se também os requisitos de 5.3.3.

5.3.1.5 A identificação de interferências é feita conforme 5.3.1.5.1 a 5.3.1.5.4.

5.3.1.5.1 A localização das interferências deve ser feita mediante consulta ao projeto e pesquisa no cadastro das outras concessionárias.

5.3.1.5.2 A sondagem de interferências deve ser feita por escavação manual ou por método de mapeamento não destrutivo seguido de correlação por escavação manual.

5.3.1.5.3 As interferências cadastradas em projeto ou conforme orientações recebidas das concessionárias locais devem ser identificadas e marcadas no solo sobre a diretriz do duto.

5.3.1.5.4 As interferências cadastradas durante os serviços, constantes ou não no projeto, devem fazer parte do documento “como construído”.

5.3.1.6 Qualquer trabalho ou obra que passe ao longo ou cruze faixa de rodovia, ferrovia e hidrovia, quer seja municipal, estadual ou federal, servidão de passagem e área de risco, devem atender as prescrições anteriormente mencionadas e as exigências específicas destes órgãos e proprietários particulares relativas à sinalização e proteção da obra.

5.3.2 Área rural

A faixa de domínio e a pista devem ser demarcadas a partir da diretriz estabelecida nos documentos de projeto e de acordo com as seguintes condições:

- a) as testemunhas, eventualmente perdidas, devem ser realocadas topograficamente;
- b) as testemunhas devem ser colocadas nas laterais da faixa de domínio, em locais de fácil visibilidade, e com pouca possibilidade de serem afetadas por eventual terraplenagem;
- c) um marco de referência provisório deve ser fixado a cada quilômetro;
- d) as laterais da faixa de domínio e da pista devem ser identificadas no máximo a cada 50 m;
- e) os pontos de inflexão horizontais devem ser obrigatoriamente marcados.

5.3.3 Área urbana

5.3.3.1 A locação da diretriz e da posição do eixo da vala deve ser realizada em função da referência utilizada em projeto (plano de arruamento do logradouro, meio-fio etc.). Na falta desta, nova referência deve ser acordada e aprovada previamente. A referência utilizada deve constar no documento “como construído”.

5.3.3.2 Devem ser executados os serviços de desobstrução da faixa de trabalho com a antecedência mínima necessária em relação ao desfile de tubos, a fim de permitir o recebimento e o manuseio dos tubos.

5.3.3.3 Com base nos projetos e na identificação dos logradouros por onde o duto deve ser construído e montado, devem ser contatadas demais concessionárias de serviços públicos, a prefeitura e a companhia de tráfego, visando a determinar a faixa de trabalho e identificar as interferências pertencentes a outras concessionárias de serviço público.

5.3.3.4 As dimensões da faixa de trabalho por onde devem ser desenvolvidos os serviços são definidas em função da largura da via do sentido de tráfego (único ou duplo), da densidade de tráfego e da possibilidade de seu desvio.

5.3.3.5 A faixa liberada para trabalho deve possuir sinalização de segurança para tráfego de veículos e pedestres, diurna e noturna, horizontal ou vertical, conforme projeto ou orientação do órgão de trânsito local, ou secretaria municipal de obras públicas, bem como deve atender aos critérios básicos previstos em 5.4.3.

5.3.3.6 A locação por onde devem ser desenvolvidos os serviços de construção e montagem do duto deve atender aos seguintes requisitos:

- a) evitar a proximidade de bueiros e bocas de lobo;
- b) manter afastamento mínimo de 300 mm do meio-fio ou de 500 mm de muros e edificações;
- c) o corte das raízes das árvores ou a sua remoção devem ser evitados; caso seja necessário o corte de qualquer parte da árvore, deve-se solicitar uma autorização da prefeitura ou da administração regional.

5.3.3.7 A sinalização e proteção de trânsito devem atender ao descrito em 5.3.3.7.1 a 5.3.3.7.6.

5.3.3.7.1 Cabe à contratada providenciar a execução do projeto de sinalização para proteção e orientação de pedestres e veículos, e providenciar sua aprovação junto à autoridade competente.

5.3.3.7.2 Cabe à contratada a perfeita e permanente sinalização (dia e noite) dos locais em obras que ofereçam perigo à passagem de pedestres e ao trânsito de veículos, de acordo com as determinações da autoridade (federal, estadual ou municipal) e conforme critérios básicos abaixo:

- a) sinalização prévia do local da obra, com o objetivo de advertir os usuários da via sobre a existência da obra e canalizar o fluxo de veículos e pedestres de forma ordenada e devendo ser utilizados os seguintes tipos de sinais:
 - sinal de advertência quanto à existência da obra;
 - sinal de advertência indicando o tipo de problema (estreitamento de pista etc.);
 - cones ou balizadores para canalizar o tráfego;

- b) sinalização no local da obra, com objetivo de caracterizar a obra e separá-la com segurança do tráfego de veículos e pedestres, principalmente crianças, devendo ser utilizados os seguintes tipos:
- tapumes para o fechamento total do trecho ou obra;
 - barreiras para fechamento parcial do trecho da obra;
 - grades portáteis de proteção;
 - sinalização para orientação e proteção dos pedestres.

5.3.3.7.3 Nenhuma atividade de obra pode ser iniciada, tanto na pista de rolamento quanto na calçada, antes da autorização prévia junto à autoridade competente e antes que sua sinalização seja executada.

Os equipamentos que produzem ruídos devem possuir sistema de abafadores, para garantir que o nível de ruído provocado esteja dentro dos padrões aceitáveis à saúde humana.

Após o término de cada turno, o local de trabalho deve permanecer sinalizado ou totalmente desobstruído conforme acordado com as autoridades.

NOTA Os horários de início e término das atividades devem ser definidos junto às autoridades competentes, visando a menor interferência possível no trânsito e na comunidade local.

5.3.3.7.4 Os dispositivos de sinalização devem obedecer às prescrições técnicas contidas no Código de Trânsito Brasileiro e ser sempre mantidos em bom estado de conservação.

5.3.3.7.5 A fim de não interromper o trânsito de pedestres e veículos, quando da abertura de valas, devem ser colocados passarelas, pranchões e passadiços de madeira ou aço sobre a vala.

5.3.3.7.6 Quando não houver posturas municipais, deve ser adotada a legislação estadual ou federal atinente.

5.4 Abertura da pista

5.4.1 Geral

5.4.1.1 Em 5.4.1 são tratados requisitos válidos tanto para área rural como para área urbana.

5.4.1.2 Devem ser pesquisadas e perfeitamente identificadas no local, antes da abertura da pista, as interferências com vias, tubulações de água, esgoto, gás e outras tubulações, cabos elétricos, telefônicos e de fibra ótica, drenos, valas de irrigação, canais e outras instalações superficiais e subterrâneas.

5.4.1.3 Deve ser dada preferência à remoção de rochas por meio de marteletes pneumáticos ou hidráulicos, ou materiais expansivos, entretanto, se for necessário a utilização de material explosivo, devem ser observadas no mínimo as seguintes exigências:

- a) o procedimento de escavação na rocha com explosivos deve conter no mínimo os seguintes itens:
- autorização de autoridade competente;
 - atendimento às exigências das normas de segurança do Exército e da NR 19;
 - transporte;
 - armazenamento;

- dimensionamento dos depósitos;
 - critérios de manuseio;
 - detonação;
 - manuseio de explosivos deteriorados;
 - método de escavação em rocha para matações isolados, trechos de rocha em decomposição e trechos de rochas contínuas;
 - comprovação do credenciamento do operador de explosivos (*blaster*);
- b) a quantidade e o tipo de explosivo devem obedecer às recomendações do fabricante, sendo função da natureza e da quantidade do material a ser removido;
- c) onde houver risco, devem ser usadas malhas de aço ou outros dispositivos apropriados, com a finalidade de conter os fragmentos do material explodido;
- d) em faixa de domínio com dutos existentes, a utilização de material explosivo fica condicionada à apresentação prévia de estudos que comprovem que as tensões induzidas nos dutos existentes pelas detonações estejam dentro dos valores admissíveis para os dutos;
- e) a data e a hora de cada explosão devem ser notificadas aos habitantes das proximidades com antecedência de 24 h. A comunicação deve ser feita aos proprietários, órgãos públicos e concessionárias de redes telefônicas, linhas de transmissão de energia, linhas de telégrafos, adutoras, rodovias, ferrovias etc. com a antecedência mínima prescrita nos acordos, autorizações e convênios firmados e, no caso de omissão, com antecedência mínima de 72 h.

5.4.1.4 Todas as providências devem ser tomadas de modo a minimizar as interferências e os possíveis prejuízos decorrentes da execução dos serviços às atividades desenvolvidas por terceiros, como:

- a) previamente ao início da execução dos serviços, deve ser feita uma comunicação formal ao proprietário e concessionárias ou comunidades impactadas;
- b) nenhuma remoção de instalações de terceiros pode ser feita sem a autorização destes;
- c) devem ser executados todos os serviços complementares considerados necessários à segurança, à proteção pessoal e às atividades econômicas desenvolvidas na área atravessada;
- d) cercas de proteção em topo de taludes e áreas onde forem executadas escavações, em locais de acesso de pessoas ou animais;
- e) sinalização de alerta para movimentação de equipamentos, em locais de acesso de terceiros.

5.4.1.5 Os bota-fora e jazidas devem estar definidos e aprovados antes do início dos serviços.

5.4.2 Em área rural

5.4.2.1 A pista deve ser aberta com a largura determinada para a faixa de domínio.

NOTA Quando a diretriz atravessar trechos especiais, como pomares, jardins, matas, reservas florestais e áreas de reflorestamento, entre outros, recomenda-se que a pista seja aberta com a largura estritamente necessária ao lançamento do duto, evitando-se o rebaixamento do nível do terreno original.

5.4.2.2 Somente em condições excepcionais, quando for concluído pela total inviabilidade técnica dos serviços de montagem, são permitidos cortes que alterem os perfis – transversal e longitudinal – originais do terreno; todos os cortes devem ser executados de acordo com um projeto de terraplenagem específico, seguindo critérios adicionais de segurança contidos na NR 18.

5.4.2.3 Os raios de curvatura horizontais e verticais da pista devem ser compatíveis com o método de curvamento a ser adotado, conforme limites estabelecidos em 5.7. No caso de construção de dutos para produtos aquecidos, devem ser observados os raios mínimos de curvatura estabelecidos pelo projeto.

5.4.2.4 A camada superior do solo removida, composta de matéria orgânica (inclusive folhas e galhos), deve ser estocada para posterior reposição nos taludes de corte, nos aterros, na própria pista e nas áreas de descarte, quando da restauração, devendo ser evitada sua contaminação pela mistura com outros materiais retirados da pista.

5.4.2.5 Os descartes de vegetais e materiais provenientes da abertura da pista devem ser cuidadosamente dispostos em locais adequados, preferencialmente fora da faixa de domínio, com prévio consentimento do proprietário ou aprovação da autoridade competente. Estes locais devem ter inclinações compatíveis com a natureza do material constituinte, se necessário com a execução de bermas, evitando, assim, deslizamento e obstrução de mananciais e benfeitorias de terceiros.

5.4.2.6 Deve ser executado um sistema provisório de drenagem (calhas, calhas de crista, canaletas e saídas laterais, entre outros) conformado na pista, evitando-se erosões superficiais da pista, áreas terraplenadas, encostas e áreas de descartes, bem como o carreamento de materiais para terrenos mais baixos.

5.4.2.7 Devem ser executados todos os serviços provisórios necessários à preparação da pista, como estivas, pontilhão, bueiros, passagens temporárias etc., sendo que todos os dispositivos auxiliares de construção e montagem, quando utilizados, devem ser totalmente retirados após a execução das obras.

5.4.2.8 Deve ser preparado o projeto de estabilização e proteção da pista e áreas terraplenadas circunvizinhas, a partir do cadastramento das rampas, taludes e sondagens geotécnicas.

5.4.2.9 Deve ser evitado que os talvegues originais dos cursos d'água interceptados sejam associados pelo material de terraplenagem, com o consequente lançamento do duto em cota superior à linha do talvegue original.

5.4.2.10 Os eventuais acessos de serviço à pista devem ser executados, observando-se que:

- a) somente podem ser executados com a autorização prévia e formal dos proprietários e autoridades competentes;
- b) devem possibilitar o trânsito de veículos ou equipamentos, durante a execução dos serviços;
- c) devem possuir condições de rampa, de desenvolvimento e de drenagem compatíveis com os equipamentos e veículos a serem utilizados.

5.4.2.11 A terraplenagem deve ser feita de maneira a minimizar interferências com canais, valas de irrigação, de drenagem e outras instalações existentes. No caso de canais com diques de proteção ou açudes mais elevados que a pista e que tenham que ser cortados, eles devem ficar abertos o menor tempo possível.

5.4.2.12 Tanto quanto possível, deve ser evitada a realização de aterros na pista, os quais, quando necessário, devem ser realizados de forma controlada, de modo a ser obtido um grau de compactação no mínimo igual ao das condições locais. As saídas de água sobre as saias dos aterros devem ser evitadas; quando indispensável, a região atingida do aterro deve ser adequadamente protegida.

5.4.2.13 Recomenda-se que o greide acabado da pista tenha uma declividade transversal para o lado oposto ao da vala com o valor máximo de 2 %.

5.4.2.14 Deve ser executada a drenagem da pista conforme 5.14, a fim de assegurar o bom escoamento das águas.

5.4.2.15 Onde for necessário, devem ser executados serviços de rebaixamento do lençol d'água.

5.4.2.16 Nas travessias de cursos d'água, a abertura da pista deve ser feita de forma a evitar o repre-samento ou diminuição da seção de escoamento.

5.4.2.17 Os cursos d'água, que originalmente escoem para ou sobre a pista, devem ser desviados e canalizados. Nos casos em que não for possível executar o desvio dos cursos d'água, ou em que a abertura da pista interferir nos mananciais, devem ser executadas as obras que se fizerem necessárias, para evitar o arraste de material, a erosão da pista ou a destruição do manancial.

5.4.2.18 Quando a pista atravessar áreas ocupadas por vegetações arbóreas, devem ser respeitadas as diretrizes do código florestal ou órgão competente local e ser tomados os seguintes cuidados:

- a) o tombamento das árvores deve ser sobre a faixa;
- b) as árvores de grande porte devem sofrer desgalhamento prévio, de modo a não atingir a vegetação fora da faixa;
- c) devem ser executados o destocamento e a remoção de raízes ao longo da vala;
- d) devem ser removidos os tocos e raízes que possam impedir o livre trânsito de veículos e equipamentos pela pista.

5.4.2.19 Os trabalhos de limpeza e terraplenagem da pista devem ser executados de forma a evitar a destruição de instalações preexistentes. A remoção de instalações preexistentes somente deve ser realizada depois de obtida a permissão do proprietário ou da respectiva companhia concessionária.

5.4.2.20 Os blocos de rocha que se apresentam em posição perigosa nas laterais da pista devem ser removidos ou estabilizados.

5.4.2.21 As testemunhas e demais sinalizações provisórias removidas durante a abertura da pista devem ser recompostas e mantidas durante toda a obra.

5.4.2.22 Sempre que a pista atravessar uma cerca, antes que ela seja desmontada, o proprietário do terreno deve ser notificado. Toda cerca atravessada pela pista deve ser reforçada antes da abertura. Sempre que a passagem não estiver sendo utilizada, a cerca deve ser provisoriamente reconstruída e mantida fechada.

5.4.2.23 A utilização de germicidas, bactericidas e herbicidas, durante a execução dos serviços, deve ser evitado assim como a prática de queimadas para a limpeza da faixa de domínio.

5.4.3 Implantação da faixa de trabalho em área urbana

5.4.3.1 O estakeamento (marcação) deve ser executado com distâncias de 20 m; as estacas devem ser marcadas em pontos notáveis (guias/meios-fios, postes, muros etc.), ao longo da diretriz do duto, conforme especificado no projeto, para fácil visualização.

5.4.3.2 As curvas devem ser estakeadas nos pontos de início, de interseção e de término. No caso dos dados serem fornecidos em projeto, qualquer alteração de campo deve ser previamente aprovada.

5.4.3.3 Quando necessária a demolição de muros ou cercas, já autorizada pelos proprietários, estes devem ser notificados antes do desmonte. A demolição deve ser acompanhada da construção de portões ou tapumes provisórios.

5.4.3.4 Sempre que os trabalhos ao longo da diretriz do duto vierem a obstruir acessos de veículos ou pedestres às residências, instalações comerciais ou industriais, devem ser previstos e utilizados sistemas seguros que garantam o seu trânsito.

5.4.3.5 Todos os serviços devem ser executados de forma a não interferirem no sistema de drenagem de superfície do logradouro; todos os cortes devem ser executados de acordo com um projeto de terraplenagem específico, seguindo critérios adicionais de segurança contidos na NR 18.

5.4.3.6 Quando a diretriz do duto encontrar árvores, ela deve ser desviada. Na impossibilidade, deve ser necessária a aprovação da autoridade competente para a retirada da árvore.

5.4.3.7 Somente devem ser removidas as raízes encontradas no alinhamento da vala, conforme previsto em 5.4.2.18.

5.4.3.8 Quando a diretriz do duto atravessar jardins ou canteiros, a faixa de trabalho deve ser restrita à largura mínima, a fim de não danificar áreas adjacentes.

5.4.3.9 Todos os sistemas de sinalização (vertical, horizontal e noturna) devem estar preparados antes do início dos serviços, assim como o sistema de isolamento (tapumes ou outros) a ser adotado, em quantidades compatíveis com a obra e de acordo com a determinação das autoridades competentes.

5.5 Abertura e preparação da vala

5.5.1 Na execução dos serviços de abertura da vala, devem ser atendidos os requisitos e informações a seguir, fornecidos pelo projeto executivo:

- a) posição do eixo da vala em relação à linha de centro da faixa de domínio (área rural) ou em relação à linha de centro da faixa de trabalho (área urbana);
- b) dimensões da seção da vala;
- c) raios de curvatura permitidos, para cada diâmetro e espessura do tubo, atendendo a 5.7;
- d) interferências com instalações existentes, mesmo as não cadastradas;
- e) raios mínimos de curvatura para dutos para produtos aquecidos conforme projeto;
- f) nos casos em que a relação diâmetro nominal/espessura da tubulação for superior a 50, deve ser prevista na determinação da profundidade da vala a instalação de uma camada com espessura de 20 cm, composta de material isento de pedras e raízes, imediatamente abaixo da geratriz inferior do tubo.

5.5.2 Piquetes para demarcação, em áreas rurais, de curvas horizontais curvadas mecanicamente devem ser colocados a cada 2 m, em área urbana, e a demarcação deve ser feita com uma sinalização apropriada, indicando inclusive o início e o fim de cada tubo curvado.

5.5.3 A locação do eixo e do fundo da vala deve ser realizada por levantamento planialtimétrico, verificando o atendimento ao projeto executivo. Devem estar indicadas, em planta, as diretrizes dos dutos existentes e os pontos detectados com cobertura insuficiente.

5.5.4 A locação e a sinalização da posição do eixo da vala em relação a outros dutos existentes devem ser feitas observando-se os critérios previstos no 5.3.1.3.

5.5.5 A abertura da vala deve ser programada em função das demais frentes de serviço, de modo a mantê-la aberta o menor tempo possível.

NOTA Recomenda-se que a abertura e preparação da vala sejam realizadas somente após a preparação da coluna para abaixamento, exceto no caso mencionado em 5.6.11 e em áreas que apresentem interferências subterrâneas que possam influenciar o projeto da coluna a ser abaixada.

5.5.6 A abertura da vala deve ser cercada de cuidados prévios, observando as determinações contidas nas autorizações emitidas pela autoridade competente ou proprietários, como: dias e horários estabelecidos para a execução, método, sinalização, extensão de vala aberta, tapumes, remanejamento de interferências, passagens provisórias, escoramentos, proteções de estruturas e edificações adjacentes.

5.5.7 Devem ser executados serviços topográficos durante as operações de abertura da vala, com a finalidade de locar o eixo e de fazer o levantamento planialtimétrico do fundo da vala. Este levantamento serve de base para a preparação do programa de curvamento dos tubos e rastreamento das interferências aéreas e enterradas, como: edificações, benfeitorias, ferrovias, rodovias, cursos d'água, áreas inundáveis, cabos elétricos, dutos, fibras óticas e outros trechos especiais.

5.5.8 Em áreas rurais, nos pontos onde o tubo for curvado, a vala deve ser pelo menos 30 cm mais larga (nas curvas horizontais) e mais profunda (nas curvas verticais) do que as dimensões originais, a fim de permitir a instalação do duto.

5.5.9 Devem ser removidas todas as irregularidades existentes no fundo e laterais da vala, de forma a garantir o apoio contínuo do duto. Em caso de abertura de vala em terreno rochoso, as pontas de rocha ou matacões devem ser cortadas no mínimo 20 cm (para terrenos consistentes) ou 50 cm (para terrenos moles) abaixo da geratriz inferior do duto, depois de instalado no fundo da vala.

5.5.9.1 O espaço sob o duto deve ser preenchido com material que não deforme o revestimento, de forma que o tubo e o revestimento não venham a sofrer danos pelo contato com a rocha, mesmo após possíveis recalques do solo, garantindo condição de apoio contínuo.

5.5.9.2 O solo utilizado para revestimento do fundo da vala deve ser retirado preferencialmente do material escavado da própria vala, e ser isento de matéria orgânica, torrões, raízes, pedras etc.

5.5.9.3 Alternativamente, podem ser adotados os seguintes métodos para proteção do duto:

- a) aplicação de revestimento nas paredes e fundo da vala, de forma a garantir a regularidade da seção da vala;
- b) utilização de apoios de sacos de areia ou de solo selecionado, espaçados a cada 3 m no máximo, de forma a evitar qualquer contato dos tubos com o fundo da vala; este método somente pode ser aplicado nos casos em que a relação diâmetro nominal/espessura da tubulação for inferior a 50;

- c) envolvimento dos tubos com jaqueta de concreto de proteção mecânica;
- d) outros métodos, desde que seja assegurada a integridade do revestimento anticorrosivo e do próprio tubo, ao longo de sua vida útil estimada no projeto.

5.5.10 Na abertura da vala, devem ser observados os seguintes requisitos:

- a) a técnica de desmonte a ser adotada para valas em rocha sã ou fraturada deve garantir a geometria fixada no projeto e atender a 5.4.1.3;
- b) evitar que o material escavado e retirado da vala interfira no sistema de drenagem existente (provisório ou não) e que os marcos e sinalizações sejam encobertos ou as benfeitorias danificadas;
- c) as ocorrências de surgências, infiltrações e percolações devem ser investigadas e cadastradas, prevendo meios adequados, como colchão de areia e dreno cego, que preservem o curso d'água, sem causar influências negativas para o duto;
- d) devem ser evitados trabalhos que exijam presença do homem dentro da vala. Caso isto seja impossível, critérios adicionais de segurança devem ser implementados de acordo com a NR 18;
- e) nos cruzamentos com cabos de fibras óticas, telefônicos ou elétricos, tubulações e outras instalações enterradas, deve ser feita escavação manual para localização da interferência, a fim de evitar rupturas e danos;
- f) para dar acesso a habitações, garagens etc., devem ser providenciadas a instalação e a manutenção de passadiços seguros, feitos com chapa de aço ou prancha de madeira, compatíveis com a carga prevista, providos de parapeito transversal à escavação;
- g) em áreas rurais, onde houver a possibilidade de cruzamento de animais sobre a faixa de domínio, devem ser previstas passagens provisórias sobre a vala;
- h) em rampas íngremes, deve ser evitado que o material proveniente da escavação role rampa abaixo; caso haja risco de desmoronamento e danos a propriedades vizinhas, a vala deve permanecer aberta somente o tempo estritamente necessário à instalação do duto;
- i) em áreas urbanas ou junto a faixas de rodovias, as valas abertas além das cercas devem dispor de sinalização luminosa para utilização noturna;
- j) nas transições entre diferentes profundidades de vala, recomenda-se que a concordância do fundo da vala seja compatível com o curvamento natural do tubo utilizado.

5.5.11 Quando a pista estiver situada em meia encosta, a vala deve ser aberta no trecho obtido por corte. Não é permitida a abertura da vala em aterro sem a adoção de cuidados especiais (compactação, contenção, obras de arte etc.), devendo ainda ser atendido o descrito em 5.4.2.12.

5.5.12 O material proveniente da escavação deve ser disposto de modo a não causar obstruções a terceiros; nos trechos paralelos ou em cruzamentos, o material deve ser depositado fora da plataforma de ferrovias, plataforma e pavimento de rodovias ou arruamentos de áreas industriais e urbanas.

NOTA Recomenda-se que os materiais provenientes da escavação da vala não sejam dispostos sobre dutos existentes.

5.5.13 Nas proximidades de árvores, previamente ao corte das raízes na diretriz da vala, deve ser avaliada a necessidade de proteção do duto e escoramento da árvore, considerando eventual tendência ao tombamento da árvore e futuro crescimento da raiz na direção do duto.

5.5.14 O material proveniente da escavação, em área urbana, quando considerado inservível, deve ser prontamente transportado para bota-fora em local previamente aprovado.

5.5.15 No local onde é executada a interligação de colunas ou trechos de duto (*tie-in*) no interior da vala, esta deve ser alargada para ambos os lados e aprofundada além da sua cota de fundo projetada. Este acréscimo de escavação localizado da vala deve permitir que os serviços de acoplamento, soldagem, inspeção e revestimento de juntas sejam executados com segurança, devendo ser prevista a condição de estabilidade do solo das paredes da vala, em conformidade com a NR 18.

NOTA Recomenda-se a utilização de blindagem metálica para atendimento do escoramento necessário na execução dos trabalhos em 5.5.10 d) e 5.5.15, incluindo travamento para o tubo, no local onde houver pessoas trabalhando dentro da vala.

5.5.16 Em faixas com dutos existentes, previamente à escavação para abertura de vala, execução de *tie-ins* ou diques, deve ser instalada sinalização por barreira física composta por estacas e fitas de sinalização, com a finalidade de definir o limite físico máximo para escavação.

5.5.17 Nas escavações em áreas alagadas realizadas com escavadeiras instaladas em cima de balsas ou flutuantes, a sua movimentação e alinhamento devem ser feitos por dois guinchos posicionados próximos a cada margem, tracionando alternadamente o conjunto.

5.6 Transporte, distribuição e manuseio (incluindo carga e descarga) de tubos e outros materiais

5.6.1 As operações de transporte, distribuição e manuseio de tubos e outros materiais devem receber grandes cuidados e atenção, visando à preservação deles; as operações de transporte de materiais, especialmente dos tubos, devem ser realizadas de acordo com as disposições das autoridades responsáveis pelo trânsito na região atravessada. Deve ser evitado que as ruas, rodovias federais, estaduais e municipais ou estradas particulares sejam obstruídas durante o transporte. O transporte deve ser feito de forma a não constituir perigo para o trânsito normal de veículos.

5.6.2 No transporte de tubos, a carga deve ser disposta de modo a permitir amarração cuidadosa e firme, a fim de que esta não danifique o tubo ou seu revestimento. Todas as correntes e cabos usados para fixar a carga devem ser cuidadosamente almofadados nos locais de contato com os tubos. Proteções adicionais devem ser previstas a fim de proteger os ocupantes da cabine do veículo transportador dos tubos, em casos de movimentação inesperada da carga. Antes de desamarra a pilha para descarga, deve ser feita uma inspeção visual, a fim de verificar se os tubos estão convenientemente apoiados, sem risco de rolamento.

5.6.3 Durante estas atividades, devem ser mantidos nos locais de armazenamento e nos locais de distribuição de tubos ao longo da faixa pessoal e equipamentos adequados ao manuseio dos tubos e outros materiais, bem como devem ser tomados cuidados quanto à manutenção, segurança e limpeza permanente da área.

5.6.4 Os tubos devem ser distribuídos ao longo da faixa, de maneira a não interferirem na utilização normal dos terrenos atravessados.

5.6.5 Os tubos devem ser distribuídos, após a aprovação da planilha de distribuição com base no projeto executivo, conforme 4.7.2. Esta planilha deve ser de total confiabilidade, para permitir a perfeita rastreabilidade dos tubos e a totalização do comprimento real do duto ao final da montagem.

5.6.6 Quando houver necessidade de armazenamento provisório de materiais ao longo da faixa (área rural) ou ao longo da faixa de trabalho (área urbana), este deve obedecer aos requisitos de 5.2.

5.6.7 Para o manuseio dos tubos durante carregamento ou descarregamento, devem ser utilizados os procedimentos conforme 5.2.2.2.

Atenção especial deve ser dada à movimentação, ao posicionamento e ao levantamento de tubos depois de curvados, devido à possibilidade de movimentos inesperados provocados pela mudança em seu centro de gravidade.

5.6.8 Com a finalidade de guiar os tubos durante sua movimentação, cordas devem ser fixadas nas suas extremidades, de modo a evitar golpes inesperados e movimentos bruscos.

5.6.9 Para o descarregamento de feixes de tubos (tubos de pequeno diâmetro), devem ser utilizadas cintas de náilon. As cintas devem se ajustar ao feixe, de modo a impedir movimentos relativos entre os tubos.

5.6.10 Os equipamentos utilizados na distribuição dos tubos (desfile) devem ter as suas lanças protegidas com borracha, feltro ou material similar.

5.6.11 Os tubos devem ser preferencialmente distribuídos antes da abertura da vala. Nos trechos em que for necessário o emprego de explosivos para a abertura da vala, a distribuição de tubos deve ser executada após a sua escavação.

5.6.12 Nas rampas, com inclinação longitudinal igual ou superior a 20°, deve ser executada ancoragem provisória dos tubos distribuídos na pista, para evitar o seu deslizamento ou rolamento. A ancoragem provisória deve ser executada nas duas extremidades de cada tubo, utilizando, na extremidade inferior, um calço de topo, e, na extremidade superior, dois calços laterais.

5.6.13 Os tubos, quando distribuídos ao longo da faixa, devem ser apoiados com cuidado, de forma a impedir a ocorrência de danos ao bisel e ao revestimento anticorrosivo. Os tubos devem ser apoiados sobre sacos com material selecionado, isento de pedras e raízes, e devem ficar no mínimo a 30 cm do solo.

5.6.14 Em caso de eventuais danos aos tubos revestidos, estes devem ser imediatamente inspecionados e reparados.

5.6.15 Recomenda-se que os tubos de menor diâmetro não sejam transportados dentro dos de maior diâmetro.

5.7 Curvamento de tubos

5.7.1 O curvamento de tubos a frio ou natural deve atender a esta Norma, ao disposto na ABNT NBR 15280-1, para oleodutos, e ABNT NBR 12712, para gasodutos. O curvamento a quente por indução deve atender à ABNT NBR 15273 e aos requisitos do projeto.

NOTA Para o curvamento por indução, recomenda-se selecionar, entre os tubos disponíveis no canteiro, aqueles com maior espessura real e maior carbono equivalente, a fim de compensar as perdas de espessura e propriedades mecânicas decorrentes do processo.

5.7.2 As características dos equipamentos de curvamento devem ser adequadas aos tubos a serem curvados (diâmetro, espessura, material e revestimento).

5.7.3 Para adequação ao projeto de terraplenagem e abertura da vala, no que se refere aos seus raios horizontais e verticais, o raio mínimo de curvatura do tubo deve ser previamente verificado, por meio de um teste de qualificação, utilizando-se os tubos a serem aplicados, observando-se o disposto em 5.7.1.

5.7.3.1 O teste de qualificação deve ser realizado, distribuindo, ao longo de um tubo revestido, golpes com valores progressivos de ângulo até a ocorrência de enrugamento acima do limite estabelecido em 5.7.4 c) ou danos observáveis no revestimento anticorrosivo.

5.7.3.2 Posteriormente, o tubo testado deve ser examinado nas regiões mais tracionadas e nas mais comprimidas, determinando o limite angular aceitável por golpe, sem danos ao revestimento, atendendo aos critérios de ovalização e espessura de parede apresentados nesta Norma, na ABNT NBR 15280-1, para oleodutos, e ABNT NBR 12712, para gasodutos.

5.7.3.3 Todos os parâmetros envolvidos nesse tubo testado devem ser registrados em relatório específico para incorporação na documentação “como construído”, de acordo com o descrito na Seção 10.

5.7.4 O método de curvamento deve ser previamente aprovado, e os tubos curvados obtidos devem atender às seguintes condições mínimas de inspeção:

- a) não são permitidas reduções em qualquer ponto do diâmetro externo do tubo, especificado na norma dimensional de fabricação, em mais de 2,5 %;
- b) não são permitidos trincas e danos mecânicos no tubo, no revestimento ou no isolamento;
- c) os enrugamentos são permitidos dentro dos requisitos especificados pelo ASME B31.4, para oleodutos, e pelo ASME B31.8, para gasodutos;
- d) todos os tubos curvados devem ser inspecionados por passagem de gabarito interno para verificar se a ovalização está dentro do prescrito na alínea a);
- e) para a determinação do diâmetro da placa do gabarito, deve ser utilizada a seguinte equação:

$$DP = 0,975D - 2e$$

onde

DP é o diâmetro da placa, expresso em milímetros (mm);

D é o diâmetro externo do tubo, expresso em milímetros (mm);

e é a espessura nominal de parede do tubo, expressa em milímetros (mm).

- f) a placa calibradora deve passar pelo interior do tubo curvado sempre perpendicularmente ao seu eixo;
- g) nas curvas feitas de tubos revestidos ou isolados, deve ser feita cuidadosa inspeção visual em toda a superfície do tubo curvado para verificar possíveis danos causados no revestimento anticorrosivo ou no isolamento;
- h) deve ser feita inspeção visual em toda a superfície do tubo, para verificar possíveis danos nos biséis e no corpo;
- i) em cada extremidade do tubo curvado, deve ser deixado um comprimento reto mínimo, conforme determinado no teste de qualificação;
- j) a curvatura deve ser distribuída o mais uniformemente possível, ao longo do comprimento do tubo;

- k) nos tubos com solda longitudinal, não é permitida a coincidência da solda longitudinal com a geratriz mais tracionada ou mais comprimida, devendo o curvamento ser executado de forma que a solda longitudinal seja localizada o mais próximo possível da geratriz correspondente ao eixo neutro do tubo curvado, com uma tolerância de $\pm 30^\circ$;
- l) nos tubos que contenham solda circumferencial, estes devem ser curvados de modo que a solda não seja posicionada dentro da sela da curvadeira. Caso seja necessário posicionar a solda circumferencial no interior da sela, a solda deve ser 100 % radiografada após o curvamento.
- m) o curvamento de tubos com solda longitudinal deve ser realizado de modo a evitar, durante a soldagem, a coincidência das soldas longitudinais, mantendo a defasagem mínima prevista em 5.9.22;
- n) antes do curvamento, pelo menos um ponto da geratriz que vai ser mais comprimida deve ser marcado à tinta;
- o) devem ser marcadas à tinta as seções do tubo a serem golpeadas durante o curvamento;
- p) o tubo já curvado não pode ter aumentado o seu raio de curvatura;
- q) nos tubos com solda longitudinal do tipo resistência elétrica, a região da solda deve ser previamente marcada à tinta;
- r) o tubo curvado deve ter a posição de sua geratriz superior marcada junto às extremidades;
- s) no caso de dutos utilizando tubos com solda longitudinal, a localização da solda longitudinal após a montagem deve atender ao disposto em 5.9.7.

5.7.5 Deve ser assegurado que o curvamento natural não ultrapasse o limite elástico do material, sendo o raio mínimo calculado pela seguinte equação:

$$R = \frac{E_c \cdot \frac{D}{2}}{\left(0,9 \cdot S_y - \frac{0,7 \cdot P \cdot D}{2 \cdot e} - E_c \cdot \alpha \cdot \Delta\theta \right)}$$

onde

R é o raio mínimo de curvatura para curvamento natural, expresso em centímetros (cm);

E_c é o módulo de elasticidade do aço, expresso em megapascal (MPa);

S_y é a tensão mínima de escoamento especificada, expressa em megapascal (MPa);

D é o diâmetro externo do tubo, expresso em centímetros (cm);

e é a espessura nominal da parede do tubo, expressa em centímetros (cm);

P é a pressão, expressa em megapascal (MPa);

α é o coeficiente de dilatação térmica linear do aço, expresso em graus Celsius a menos um ($^{\circ}\text{C}^{-1}$);

$\Delta\theta$ é a diferença entre a temperatura de operação do duto e a temperatura estimada de montagem do duto, expressa em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

NOTA 1 $E_c = 2,00 \times 10^5$ MPa para aço carbono à temperatura ambiente de 21 °C.

NOTA 2 P é a pressão mínima de teste hidrostático para duto transportando produto à temperatura ambiente, ou P é a pressão de projeto para duto transportando produto aquecido.

NOTA 3 $\Delta\theta = 0$ para duto transportando produto à temperatura ambiente.

5.7.6 O curvamento natural é um processo que só deve ser empregado para dutos enterrados.

5.7.7 Os tubos curvados devem ser marcados com pintura externa com as seguintes informações:

- a) número do tubo;
- b) ângulo e raio da curva;
- c) posição da geratriz superior (na montagem);
- d) material e espessura do tubo;
- e) local de aplicação;
- f) sentido da montagem;

5.8 Revestimento externo de tubos com concreto

5.8.1 Materiais, métodos e procedimentos de revestimento externo com concreto

5.8.1.1 O revestimento externo de tubos com concreto, feito após seu revestimento anticorrosivo ou isolamento, deve ser executado de acordo com um procedimento qualificado, que deve ser elaborado de forma a atender aos requisitos especificados em projeto e nesta Norma, devendo abordar no mínimo os seguintes itens:

- a) fixação do tubo durante a aplicação do revestimento;
- b) materiais a serem utilizados, inclusive os aditivos necessários para redução do tempo de pega;
- c) traço do concreto;
- d) relação água-cimento;
- e) método e sequência de aplicação;
- f) desforma e tempo de desforma;
- g) espessura e peso específico do revestimento;
- h) taxa de aquecimento e de resfriamento, durante a cura;
- i) temperatura e tempo de cura, quando feita por meio de vapor de exaustão;
- j) inspeção e reparos;
- k) manuseio e armazenamento dos tubos concretados;

ABNT NBR 15280-2:2015

- I) formulário de registro de resultados;
- m) ensaios de resistência à compressão do concreto.

5.8.1.2 Antes do início dos serviços, o procedimento deve ser verificado, por meio da preparação do traço de concreto proposto e da execução de ensaios de laboratório, para a determinação do peso específico, da plasticidade (*slump test*) e da resistência mecânica. Os ensaios devem ser executados de acordo com o descrito em 5.8.3

5.8.1.3 O cimento deve atender às seguintes especificações:

- a) Portland comum – conforme ABNT NBR 5732;
- b) Portland de alta resistência inicial – conforme ABNT NBR 5733;
- c) Portland de alto-forno – conforme ABNT NBR 5735.

5.8.1.4 Os agregados para o concreto devem atender à ABNT NBR 7211.

5.8.1.5 A granulometria dos agregados deve ser determinada de acordo com a ABNT NBR NM 248.

5.8.1.6 A água utilizada na mistura e na cura do concreto deve ser isenta de impurezas.

5.8.1.7 A tela de reforço (gaiola) deve estar em conformidade com a ABNT NBR 7481.

5.8.1.8 A tela de reforço deve ter o material, o tamanho da malha e outras características compatíveis com o método de revestimento externo com concreto qualificado, obedecendo ainda aos seguintes parâmetros:

- a) para espessura de concreto inferior a 38 mm, os vergalhões devem ser de diâmetro igual ou maior que 2 mm;
- b) para espessura de concreto igual ou superior a 38 mm, os diâmetros mínimos dos vergalhões devem ser de 3 mm para o vergalhão transversal e de 5 mm para o longitudinal.

5.8.1.9 Os materiais a serem utilizados devem ter suas qualidades certificadas pelo fornecedor; caso contrário, devem ser submetidos a ensaios de laboratório, para qualificação do fornecedor e para comprovação do atendimento aos requisitos especificados nesta Norma e no projeto.

5.8.1.10 Devem ser feitos novos ensaios, sempre que houver mudança da fonte fornecedora dos materiais ou suspeita sobre a qualidade do material fornecido ou quando for comprovado que o material foi armazenado de forma inadequada.

5.8.1.11 A amostragem para inspeção no recebimento e os requisitos para armazenamento devem atender às normas de especificação dos materiais.

5.8.1.12 Todos os tubos a serem concretados, depois de posicionados nos apoios, devem sofrer inspeção visual e ensaio de descontinuidade elétrica por detector de falhas.

5.8.1.13 Qualquer descontinuidade detectada no revestimento anticorrosivo ou no isolamento térmico deve ser reparada.

5.8.1.14 A superfície do revestimento ou do isolamento térmico do tubo a ser concretado deve estar livre de graxa, óleo, terra e outras impurezas.

5.8.1.15 Os tubos devem ser fixados de forma a permanecerem imóveis durante o revestimento externo com concreto.

5.8.1.16 As gaiolas devem ficar concêntricas em relação ao eixo do tubo e na metade da espessura do revestimento de concreto. A centralização deve ser feita por espaçadores não metálicos.

5.8.1.17 As gaiolas devem ser colocadas juntas, de maneira que os seus últimos fios verticais fiquem o mais próximo possível um dos outros.

5.8.1.18 Nos casos em que o método de revestimento externo com concreto necessitar de vibração do concreto, deve ser utilizado vibrador elétrico ou pneumático, de contato ou de parede, acionado por excêntrico.

5.8.1.19 A gaiola deve terminar a 25 mm das extremidades do revestimento de concreto.

5.8.1.20 O revestimento de concreto deve terminar no mínimo a 400 mm a partir da extremidade do tubo.

5.8.1.21 O concreto pode ser aplicado pelo método de vazamento e vibração, projeção ou outro método previamente aprovado.

5.8.1.22 Os tubos concretados só devem ser manuseados depois de decorrido o tempo necessário para que a sua movimentação não ameace a integridade do revestimento. Esse tempo deve variar de acordo com o método empregado, os aditivos de aceleração de pega etc., e deve constar no procedimento qualificado.

5.8.1.23 As áreas do tubo concretado que entrarem em contato com os acessórios de movimentação devem ser inspecionadas e reparadas, se necessário.

5.8.1.24 Quando o revestimento externo com concreto for interrompido, para o seu reinício, após o endurecimento do concreto, deve-se lavar com água em abundância e aplicar nata de cimento na junta.

5.8.1.25 Para o aumento do peso específico do concreto, pode ser usado minério de ferro em substituição parcial ou total da pedra britada.

5.8.1.26 Todos os agregados devem ser isentos de quantidades prejudiciais de sais, álcalis, impurezas orgânicas, argila e outras substâncias nocivas que possam prejudicar a qualidade do concreto.

5.8.1.27 Os tubos, após concretados, devem ser externamente identificados, onde cabível, com as seguintes informações:

- a) data do revestimento externo com concreto;
- b) espessura do revestimento de concreto;
- c) peso do tubo concretado;
- d) local de aplicação (quilômetro ou estaca progressiva);

5.8.2 Cura de revestimento de concreto

5.8.2.1 Cura aquosa

Manter o revestimento continuamente úmido pela aspersão de água, por um período não inferior a 24 h; a umidificação deve ser iniciada logo após o fim da pega.

5.8.2.2 Cura por películas

Após o fim da pega, deve ser feita a desmoldagem dos tubos concretados e a aplicação da proteção contra os raios solares, de forma homogênea, em toda a superfície, por meio de trincha ou pulverizador de baixa pressão.

5.8.2.3 Cura por vapor

Feita por vapor de exaustão à pressão atmosférica, sob cobertura, deve ser iniciada imediatamente a cura, após a aplicação do concreto. A cobertura deve ser resistente à temperatura de cura e propiciar espaços entre os tubos, de maneira a permitir a livre circulação do ar úmido e aquecido, com a finalidade de obter uma temperatura uniforme ao longo de todo o revestimento.

5.8.3 Inspeção e ensaios

5.8.3.1 Deve ser prevista inspeção durante os serviços de revestimento externo com concreto, de forma a garantir o cumprimento dos requisitos estabelecidos nesta Norma.

5.8.3.2 A resistência mecânica do concreto deve ser verificada por meio de ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos, mediante a retirada de uma amostra a cada 20 tubos concretados ou a cada 30 m³ de concreto aplicados, o que ocorrer primeiro.

5.8.3.3 A amostra deve ser composta por quatro corpos de prova, moldados de acordo com a ABNT NBR 5738, e ensaiados de acordo com a ABNT NBR 5739. Dois devem ser ensaiados após sete dias de cura e dois após 28 dias.

5.8.3.4 As resistências mecânicas obtidas nos ensaios devem ser:

- a) aos 7 dias – maior ou igual a 80 % da resistência característica;
- b) aos 28 dias – maior ou igual à resistência característica.

5.8.3.5 Antes do ensaio de compressão, deve ser verificado, por meio da pesagem dos corpos de prova, o peso específico do concreto, que deve ser no mínimo igual ao definido em projeto.

5.8.3.6 A plasticidade do concreto deve ser verificada por meio do ensaio de determinação da consistência do abatimento do tronco de cone, de acordo com a ABNT NBR NM 67.

5.8.3.7 Para revestimento externo com concreto feito pelo método de vazamento e vibração, a espessura do revestimento deve ser verificada pela medição do espaço anular entre a forma e o revestimento anticorrosivo ou o isolamento térmico, admitindo-se uma tolerância de (0 + 10) % da espessura do concreto definida pelo projeto.

5.8.3.8 Para revestimento externo com concreto feito pelo método de projeção, a espessura média do revestimento deve ser verificada, indiretamente, por meio de medições do perímetro da circunferência da seção do tubo, admitindo-se uma tolerância de (0 + 10) % da espessura do revestimento de concreto definido pelo projeto, satisfazendo a seguinte condição:

$$e \leq \frac{P_m}{2\pi} - \frac{D + 2f}{2} \leq 1,1e$$

onde

- e é a espessura do revestimento de concreto definida pelo projeto, expressa em milímetros (mm);

P_m é o perímetro médio da circunferência medido em quatro seções ao longo do tubo, igualmente espaçadas, sendo duas nas extremidades e as outras duas nos terços do vão, expresso em milímetros (mm);

D é o diâmetro externo do tubo, expresso em milímetros (mm);

f é a espessura nominal do revestimento anticorrosivo ou do isolamento térmico, expressa em milímetros (mm).

5.8.4 Critérios de aceitação, rejeição e reparos no concreto

5.8.4.1 Antes da cura

5.8.4.1.1 Podem ser feitos reparos manuais no revestimento antes da cura, se a área danificada for inferior a $0,10 \text{ m}^2$. Estes reparos devem ser feitos removendo-se o revestimento afetado até a altura da tela de reforço, tomando cuidado para não danificá-la.

5.8.4.1.2 Caso a área danificada exceda $0,10 \text{ m}^2$, mas não se estenda por mais de 1 m ao longo do tubo, o reparo deve ser feito removendo-se todo o concreto da área afetada, inclusive abaixo da tela de reforço, e completando o reparo manualmente, incluindo o revestimento anticorrosivo ou o isolamento térmico.

5.8.4.1.3 Se a área danificada exceder $0,10 \text{ m}^2$ ou se estender por mais de 1 m ao longo do tubo, o tubo deve ser novamente revestido.

5.8.4.2 Após a cura

5.8.4.2.1 Danos causados na desmoldagem ou esmagamento, causados por impacto durante a movimentação e o armazenamento dos tubos conectados, devem ser reparados ou não, segundo os critérios estabelecidos a seguir:

- com perda de no máximo 25 % da espessura total ocorrendo em área menor que $0,10 \text{ m}^2$ e onde o concreto restante é firme, o tubo deve ser aceito sem reparos;
- com perda de no máximo 25 % da espessura total em área superior a $0,1 \text{ m}^2$ e inferior a $0,3 \text{ m}^2$, o concreto que restar nesta área deve ser removido até exposição da gaiola, a fim de propiciar o engaste do material de reparo;
- se a área danificada for maior que $0,30 \text{ m}^2$, o concreto deve ser reparado removendo-se o revestimento em toda a periferia do tubo ao longo da área afetada. O revestimento anticorrosivo ou o isolamento térmico deve ser devidamente reparado.

5.8.4.2.2 O concreto usado no reparo do revestimento deve ter as mesmas características daquele aplicado originalmente.

5.8.5 Concretagem das juntas de campo

5.8.5.1 Nas travessias, cruzamentos e onde indicado no projeto, as juntas de campo de tubos revestidos externamente com concreto devem ser igualmente concretadas com as mesmas características construtivas utilizadas nos tubos.

5.8.5.2 Não é necessária a concretagem das juntas de campo:

- a) nas travessias e locais alagáveis onde é possível inspecionar o fundo da vala e constatar que não existem materiais (como pedras e raízes) que possam danificar o revestimento do duto;
- b) nos cruzamentos em que não é requerida a concretagem de tubos.

5.8.6 Resíduos da concretagem

Devem ser minimizados os resíduos e respingos de concreto originados durante o processo de concretagem de tubos e juntas, evitando ao máximo que caiam diretamente sobre o solo. Todos os resíduos e respingos devem ser removidos para local adequado, visando impedir que venham a provocar impacto ambiental.

5.9 Soldagem

5.9.1 A soldagem deve obedecer ao disposto nas seguintes normas:

- a) para oleodutos – ASME B31.4;
- b) para gasodutos – ASME B31.8.

5.9.2 A preparação das extremidades para a soldagem de topo deve estar de acordo com o ASME B31.4, para oleodutos, e ASME B31.8, para gasodutos.

5.9.3 A ajustagem das peças para soldagem deve ser verificada por meio de gabarito apropriado e calibrado.

5.9.4 A qualificação de procedimentos de soldagem deve ser feita de acordo com a API STD 1104, sendo que, para componentes e complementos, pode ser usado, como alternativa, o ASME BPVC Section IX.

Para a soldagem de *tie-ins*, deve ser qualificado um procedimento específico, de acordo com a API STD 1104, prevendo obrigatoriamente à execução do passe de raiz pelo processo TIG (*Tungsten Inert Gas*).

5.9.5 Quando necessária a remoção de uma solda circunferencial, esta deve ser feita seccionando-se um anel de no mínimo 100 mm de comprimento contendo a solda na sua porção média.

5.9.6 Para a eliminação da oxidação superficial, todas as extremidades biseladas para soldagem devem ser esmerilhadas, e as bordas dos tubos devem ser escovadas em uma faixa de pelo menos 50 mm, medida a partir da extremidade do bisel, externa e internamente ao tubo. Esta limpeza deve ser feita com cuidado para não alterar a geometria do bisel. Se houver umidade, a junta deve ser seca com a utilização de maçarico a gás, com chama não concentrada (chuveiro), desde que não comprometa as propriedades físico-químicas do material.

5.9.7 Antes do acoplamento dos tubos, devem ser feitas inspeção e limpeza interna, com equipamentos adequados, para evitar a presença de detritos que possam prejudicar a soldagem ou passagem dos *pigs* de limpeza e de detecção de amassamento. Deve-se, na oportunidade, identificar, nas extremidades, a posição da solda longitudinal.

No caso de dutos utilizando tubos com solda longitudinal, a localização da solda deve estar situada fora da faixa compreendida entre $\pm 10^\circ$ em relação à geratriz inferior, quando da sua montagem, tanto em trechos retos quanto em trechos curvos.

5.9.8 Antes do acoplamento dos tubos, suas extremidades não revestidas devem ser inspecionadas visualmente, interna e externamente, verificando-se a existência de descontinuidades, como amassamentos, dupla lamination, entalhes ou outras descontinuidades superficiais.

5.9.9 Não são permitidos amassamentos e entalhes no bisel com mais de 2 mm de profundidade; caso ocorram, tais defeitos devem ser removidos por métodos mecânicos de desbaste ou pela retirada de um anel. O mesmo critério aplica-se para válvulas e conexões.

5.9.10 Todos os biséis de campo dos tubos devem ser feitos utilizando equipamento mecânico, um equipamento de biselar a oxigás ou método manual, respeitando-se os requisitos da Norma de fabricação do tubo e o descrito em 5.9.2.

5.9.11 As extremidades a serem soldadas devem estar isentas de óleo, graxa, ferrugem, tinta, resíduos do exame por líquido penetrante, areia e fuligem do preaquecimento a gás, em uma faixa de no mínimo 20 mm de cada lado das bordas.

5.9.12 As irregularidades e escória do oxicorte devem ser removidas.

5.9.13 Depósito de carbono, escória e cobre, resultante do corte com eletrodo de carbono, devem ser removidos, não podendo esta remoção ser inferior a 1 mm.

5.9.14 Na qualificação do soldador ou operador de soldagem, os métodos de limpeza entre passes de solda, de remoção de crateras e de abertura de arco (no chanfro ou em apêndice) devem ser os mesmos a serem utilizados na construção e montagem.

5.9.15 A qualificação do soldador ou operador de soldagem deve incluir a inspeção visual das soldas das peças de ensaio, sendo o critério de interpretação o mesmo da norma de fabricação e montagem do equipamento ou estrutura.

5.9.16 Os soldadores e operadores de soldagem qualificados devem possuir identificação visível.

5.9.17 Recomenda-se a utilização de acopladores de alinhamento interno.

5.9.18 Não é permitida a remoção dos acopladores de alinhamento interno, antes da conclusão do primeiro passe.

5.9.19 Quando for usado acoplador de alinhamento externo, o comprimento do primeiro passe de solda deve ser simetricamente distribuído em pelo menos 50 % da circunferência, antes da remoção do acoplador, devendo também atender a 5.9.21, quanto à movimentação da coluna.

No acoplamento de tubos para soldagem de *tie-ins*, devem ser evitadas tensões residuais que possam comprometer a integridade do duto durante a sua vida útil.

NOTA Recomenda-se que as extremidades das colunas a serem soldadas estejam descobertas no mínimo dois tubos de cada lado.

5.9.20 Nas interligações *tie-ins*, os primeiros passes devem ser depositados em trechos diametralmente opostos, em torno da circunferência do tubo, obedecidas às prescrições do procedimento de soldagem adotado.

5.9.21 Não é permitida a movimentação do tubo antes da conclusão do primeiro passe. Caso já tenha sido realizado o lixamento do primeiro passe, deve-se concluir a execução do segundo passe para permitir sua movimentação. No caso de tubos concretados ou colunas que possam ser submetidas à tensão durante a soldagem, a movimentação só deve ser feita após a conclusão do segundo passe.

5.9.22 Os tubos com solda longitudinal devem ser acoplados entre si, ou acoplados aos componentes com solda, de tal forma que não haja coincidência de alinhamento dos cordões das soldas longitudinais. O desencontro angular entre dois cordões vizinhos deve ser no mínimo o correspondente a 50 mm medidos no perímetro da circunferência do tubo.

5.9.23 No acoplamento de tubos de mesma espessura nominal, admite-se o desalinhamento máximo de 20 % desta espessura, limitando-se a 3 mm.

5.9.24 No acoplamento de tubos de espessuras nominais diferentes, recomenda-se a utilização de niple de transição e a substituição do ensaio de ultrassom por radiografia, no caso de transição de paredes com chanfro interno.

5.9.25 Para temperatura da peça inferior a 15 °C, a soldagem pode ser executada, desde que a região a ser soldada seja aquecida a no mínimo 50 °C, observando a extensão do aquecimento preconizada em 5.9.27.

5.9.26 A umidade das peças deve ser removida por meio de secagem com chama não concentrada (chuveiro), similar ao previsto no 5.9.6.

5.9.27 O preaquecimento, quando aplicável, deve se estender por pelo menos 100 mm em ambos os lados do eixo da solda, em torno de toda a circunferência do tubo.

5.9.28 A temperatura de preaquecimento, estipulada no procedimento de soldagem, deve ser mantida durante toda a soldagem e em toda a extensão da junta, e verificada por meio de lápis de fusão ou pirômetro de contato, no lado oposto à incidência da chama de aquecimento.

5.9.29 No preaquecimento de tubos é permitida a utilização de maçarico a gás, com chama não concentrada (chuveiro), similar ao previsto no 5.9.6, desde que seja garantida a uniformidade de temperatura em toda a junta.

5.9.30 No caso de aquecimento com chama, onde a temperatura só possa ser medida pelo lado da fonte, o aquecimento deve ser interrompido pelo menos por 1 min, para cada 25 mm de espessura da peça, antes de sua medição.

5.9.31 A temperatura interasse deve ser medida no metal de solda, do lado em que for depositado o passe seguinte.

5.9.32 O pós-aquecimento, quando requerido no procedimento de soldagem, deve ser aplicado imediatamente ao extinguir-se o arco elétrico, na conclusão da soldagem ou em suas interrupções.

5.9.33 A temperatura de pós-aquecimento deve ser medida da mesma forma que a temperatura de preaquecimento.

5.9.34 O intervalo de tempo entre os passes de solda deve atender ao especificado no procedimento de soldagem qualificado, conforme API STD 1104 ou ASME BPVC Section IX, onde aplicável.

5.9.35 O arco elétrico de soldagem deve ser aberto no chanfro. Qualquer vestígio da abertura de arco no tubo, fora do chanfro, deve ser eliminado por esmerilhamento e sua remoção verificada por ataque químico com solução de persulfato de amônio a 20 %. A espessura remanescente de parede, após a remoção da abertura de arco, deve ser igual ou maior que a mínima especificada para o tubo. Caso a espessura remanescente seja menor que a mínima especificada, o trecho deve ser substituído.

5.9.36 Os passes de solda devem ser iniciados em locais defasados em relação aos anteriores; o início de um passe deve sobrepor o final do passe anterior.

5.9.37 O reparo de defeitos de solda deve ser executado por soldadores ou operadores de soldagem qualificados, utilizando procedimento qualificado, com a devida reinspeção.

5.9.38 O martelamento de soldas não é permitido para o primeiro e último passe de solda e, em qualquer caso, para espessura (da peça sujeita aos impactos) inferior a 15 mm.

5.9.39 Poros, escórias e quaisquer outros defeitos visíveis devem ser removidos, entre a execução dos passes de soldagem.

5.9.40 Eletrodos com evidência de danos no revestimento, umidade ou sem identificação devem ser imediatamente segregados.

5.9.41 Não é permitida a utilização de ferramentas de cobre ou de ligas de cobre para remoção de escória e limpeza.

5.9.42 Na montagem, devem ser observados os seguintes cuidados adicionais:

- a) manter fechadas, por meio de tampões, as extremidades das colunas, a fim de evitar a entrada de animais, água, lama e objetos estranhos, não sendo permitida a utilização de pontos de solda para fixação desses tampões;
- b) recolher as sobras de tubos e restos de consumíveis de soldagem, bem como de quaisquer outros materiais utilizados na operação de soldagem, os quais devem ser removidos para o canteiro da obra. No caso de reaproveitamento de sobras de tubos, estes devem estar identificados, em bom estado e com comprimento mínimo de 1 m, não se aplicando essa condição para a montagem de complementos;
- c) iniciar os passes de solda em locais defasados em relação aos anteriores, sendo que o início de um passe deve sobrepor o final do passe anterior;
- d) não permitir o punctionamento das soldas para sua identificação;
- e) não permitir o reparo na raiz e no enchimento em solda de *tie-in*.

5.9.43 O reparo em áreas de solda anteriormente reparadas deve ser realizado em conformidade com as recomendações contidas na API STD 1104, com procedimento qualificado e específico para esta situação.

5.9.44 As lixadeiras, utilizadas na limpeza de biséis e passes de solda, devem ser utilizadas com os seus protetores e hastes de manipulação, montados em conformidade com as especificações de seus fabricantes.

5.9.45 Ações devem ser tomadas para a prevenção de incêndios e queimaduras, que podem ser originados pelos maçaricos utilizados no corte ou preaquecimento, assim como pelos equipamentos elétricos utilizados na operação de soldagem.

5.9.46 Todos os trabalhadores que atuem nas imediações da área onde está sendo realizada uma soldagem devem portar, entre outros EPI, óculos de segurança com lente especificada com o propósito de prevenir queimaduras nos olhos.

5.9.47 A soldagem das colunas em terrenos com inclinação igual ou superior a 20° deve ser precedida pela instalação de dispositivos para escoramento ou ancoragem da coluna, ou ambos. Os dispositivos utilizados devem ser dimensionados de forma a impedir o deslocamento da coluna.

Caso haja necessidade de corte da coluna, em algum ponto da rampa, deve ser adotado o mesmo critério para os trechos separados pelo corte.

5.10 Inspeção após soldagem

5.10.1 Os métodos e a extensão da inspeção não destrutiva de juntas soldadas devem obedecer ao disposto nas seguintes normas:

- a) para oleodutos – ASME B31.4;
- b) para gasodutos – ASME B31.8.

5.10.2 Os critérios de aceitação de descontinuidades em juntas soldadas (inclusive de reparos) de dutos, componentes e complementos, devem seguir os padrões de aceitabilidade estabelecidos na API STD 1104 ou ASME BPVC Section IX, conforme o procedimento qualificado.

5.10.3 Quando empregado o ultrassom para a inspeção de soldas circunferenciais, este deve ser realizado por equipamento que atenda aos requisitos da ASTM E1961 ou outro mecanizado que seja capaz de fornecer registros digitais reproduzíveis e permanentes, abrangendo 100 % do volume da solda em toda a circunferência.

NOTA No caso de complementos, componentes ou *tie-ins*, em que não é possível a utilização de equipamento mecanizado, equipamento manual que seja capaz de fornecer registros digitais reproduzíveis e permanentes pode ser utilizado, abrangendo 100 % do volume da solda em toda a circunferência.

5.10.4 Quando for adotado o processo de gamagrafia, devem estar previstas, no procedimento executivo, atividades prévias de informação à comunidade, isolamento e controle de radiação.

5.10.5 Devem ser definidas área e forma adequada, para a guarda da fonte radioativa, sem prejuízo para a comunidade circundante a esta área, em conformidade com a legislação específica.

5.11 Revestimento externo anticorrosivo e isolamento térmico – Juntas de campo e reparos

5.11.1 Todas as juntas de campo de dutos enterrados dotados de revestimento anticorrosivo externo devem ser revestidas. Todas as juntas de campo de dutos enterrados dotados de isolamento térmico devem ser revestidas e isoladas.

5.11.2 A aplicação do revestimento e do isolamento térmico de juntas deve obedecer aos parâmetros estabelecidos pelo projeto.

5.11.3 O procedimento executivo de aplicação deve conter no mínimo os seguintes tópicos:

- a) documento técnico no qual foi baseado o procedimento;
- b) materiais de revestimento qualificados, quando aplicável;
- c) especificação do sistema de revestimento, de modo a atender às condições de projeto do duto;
- d) características dos equipamentos e instrumentos de medição a serem utilizados;
- e) plano de recebimento, armazenamento, manuseio e transporte dos materiais de revestimento;
- f) método de aplicação do revestimento;
- g) método de inspeção e ensaio;
- h) método para execução de reparos no revestimento aplicado.

5.11.4 Recomenda-se que o material seja o mesmo do revestimento ou do isolamento térmico original dos tubos, de maneira a garantir a continuidade das suas características.

5.11.5 Materiais diferentes do revestimento ou do isolamento térmico original dos tubos podem ser utilizados, desde que confirmam uma qualidade compatível com ele.

5.11.6 O aplicador dos reparos de revestimento do tubo ou revestimento das juntas e componentes deve ser treinado pelos fornecedores dos materiais de revestimento e de acordo com os procedimentos de aplicação, inspeção e reparo.

5.11.7 A Tabela C.1 define as compatibilidades do revestimento de juntas de campo com o revestimento original dos tubos.

5.11.8 Nos trechos aéreos, deve ser executada pintura externa nos tubos não revestidos (incluindo as juntas de campo), atendendo às condições ambientais estabelecidas no projeto, nas cores conforme ABNT NBR 6493. Nos trechos aéreos de dutos operando com produtos aquecidos, um isolamento térmico deve ser executado, garantindo, na superfície externa, uma temperatura abaixo de 60 °C.

5.11.9 Na transição do trecho enterrado para o aéreo deve ser mantido o revestimento anticorrosivo no trecho aéreo, até que não haja contato direto da parede metálica com o solo. Em caso de existência de isolamento térmico, este deve ser mantido no trecho aéreo, de acordo com as orientações do projeto.

5.12 Abaixamento na vala

5.12.1 O abaixamento da coluna na vala somente pode ser iniciado após o exame das condições de integridade da coluna, do revestimento ou do isolamento térmico e da vala, visando principalmente a:

- a) localizar defeitos ou danos nos tubos e no revestimento ou no isolamento térmico;
- b) confirmar a existência de tampões nas extremidades da coluna a ser abaixada conforme descrito em 5.9.42 a); caso negativo, deve ser feita uma inspeção visual interna das extremidades e, se necessário, proceder à limpeza interna da coluna, recolocando, em seguida, os tampões;
- c) verificar se as condições do fundo da vala e o acabamento das suas paredes laterais atendem aos critérios descritos em 5.5.9.

5.12.2 O abaixamento da coluna com tubos não revestidos externamente com concreto deve ser precedido do esgotamento da água existente na vala. Quando não for possível tal esgotamento e, consequentemente, a verificação das condições da vala, um dos métodos de proteção listados em 5.5.9.3 deve ser utilizado.

5.12.3 Quando a vala for aberta em terrenos com ocorrência de rochas, que podem causar danos ao revestimento externo ou ao isolamento térmico dos tubos, o abaixamento deve ser precedido da utilização dos meios adequados de proteção, conforme definido em 5.5.9.3.

5.12.4 Nos casos em que a relação diâmetro nominal-espessura da tubulação for superior a 50, mesmo em solos não rochosos, deve ser assegurada uma camada com espessura de 20 cm, composta de material isento de pedras e raízes, imediatamente abaixo da geratriz inferior do tubo, conforme previsto em 5.5.1 f).

5.12.5 O abaixamento deve ser feito por método e equipamentos que garantam a perfeita acomodação dos tubos no fundo da vala, evitando deslocamentos, deslizamentos, tensões, oscilações, deformações e danos ao revestimento ou ao isolamento térmico. Não são permitidas improvisações que coloquem em risco as pessoas envolvidas nas operações e danos aos tubos e ao revestimento.

5.12.6 O espaçamento máximo entre os pontos de sustentação da coluna a ser abaixada deve ser determinado no procedimento executivo, de forma a garantir a não ocorrência de tensões que possam ultrapassar o limite de elasticidade do material. Durante o abaixamento da coluna, deve ser evitada a sua movimentação longitudinal.

5.12.7 Para o abaixamento de trechos revestidos com isolante térmico, deve ser observado adicionalmente o seguinte:

- a) a utilização de pontos de sustentação deslizantes ou rolantes deve ser evitada;
- b) as cintas de sustentação devem ter largura suficiente, de modo a não provocar o esmagamento do isolamento térmico.

5.12.8 No caso de dutos destinados à transferência de produtos à temperatura acima da ambiente, a coluna deve ser abaixada e coberta durante os períodos de maior temperatura ambiente, de maneira a garantir que os tubos fiquem submetidos à mínima tensão de compressão longitudinal.

5.12.9 Após a inspeção do revestimento anticorrosivo ou do isolamento térmico (incluindo eventuais reparos), a coluna deve ser abaixada na vala e coberta de imediato.

5.12.10 Antes de ser iniciada a cobertura de qualquer trecho, devem ser reparados todos os danos porventura causados no revestimento, no isolamento térmico ou nos tubos, durante a operação de abaixamento.

5.12.11 Em locais onde houver ocorrência de percolação, minadouros ou interceptação de veios d'água, em rampas de inclinação superior a 5 %, o abaixamento deve ser seguido pela construção de sistema específico de drenagem de fundo de vala, conforme projeto, buscando manter o curso d'água, sem influências negativas para coluna abaixada.

NOTA Recomenda-se ainda envelopar o duto com material capaz de reter os sedimentos e que, ao mesmo tempo, deixe passar a água como geotêxtil.

5.12.12 Nos locais onde o lençol d'água aflorar na vala, métodos adequados devem ser adotados para garantir o abaixamento do duto e assentamento adequado no fundo da vala, conforme requisitos do projeto e de acordo com o disposto na ABNT NBR 15280-1, para oleodutos, e ABNT NBR 12712, para gasodutos.

5.12.13 Em trechos onde houver paralelismo com outros dutos providos de proteção catódica, a cobertura deve ser precedida da interligação elétrica entre os dutos, nos pontos de teste eletrolíticos, de forma a se obter o equilíbrio do sistema e a proteção do novo duto.

5.12.14 Todo trecho abaixado deve ser imediatamente interligado ao sistema de proteção catódica, utilizando, se necessário, sistema provisório.

5.13 Cobertura da vala

5.13.1 A cobertura da vala deve ser realizada logo após o abaixamento da coluna, preferencialmente na mesma jornada de trabalho em que for realizado o abaixamento; quando não for possível a realização da cobertura total da vala no trecho abaixado, deve ser feita no mínimo uma cobertura parcial que garanta proteção ao duto.

5.13.2 A primeira camada de cobertura, até uma altura de 30 cm acima da geratriz superior do duto, deve ser constituída de solo solto e isento de pedras, torrões e outros materiais que possam causar

danos ao revestimento ou ao isolamento térmico, devendo ser retirada da própria vala ou de jazida; o restante deve ser completado com material da vala, podendo conter pedras de até 15 cm na sua maior dimensão.

5.13.3 Os métodos, equipamentos e materiais a serem empregados devem levar em consideração o tipo de solo e as características do terreno.

5.13.4 Não é permitido o rebaixamento do nível de terreno original da faixa para obtenção de material para a cobertura, salvo em caso de corte do terreno definido em projeto.

5.13.5 Quaisquer danos observados na coluna durante a cobertura devem ser prontamente reparados ou corrigidos.

5.13.6 Quando for requerida a compactação controlada do reaterro da vala, devem ser colocadas camadas de altura compatível com o tipo de solo e o grau de compactação necessário.

5.13.7 A critério da companhia operadora, pode ser utilizado o adensamento hidráulico do material de reaterro. Neste caso, deve ser verificada a estabilidade do duto à flutuação.

5.13.8 A atividade de cobertura deve ser executada de forma a garantir a segurança e a estabilidade do duto, atendendo aos seguintes requisitos:

- a) a princípio, todo o material retirado durante a escavação da vala, que for isento de matéria orgânica, torrões, raízes, pedras etc., que atenda a 5.13.2, deve ser recolocado na vala, na atividade de cobertura, cuidando-se para que a camada externa do solo (contendo material orgânico) seja recolocada na sua posição original (na superfície);
- b) deve ser providenciada uma sobrecobertura ao longo da vala (leira principal), a fim de compensar possíveis acomodações do material, exceto nos casos previstos pela alínea c) deste item;
- c) deve ser evitada a execução da sobrecobertura nos seguintes casos:
 - passagem através de regiões cultivadas ou irrigadas nas quais a pista, após restaurada, deve ficar no nível anterior, de forma a não causar embaraços ao cultivo e à irrigação;
 - trechos em que a existência de uma sobrecobertura possa obstruir a boa drenagem da pista;
 - cruzamentos ao longo de ruas, estradas, acostamentos, pátios de ferrovias, trilhos, caminhos e passagens de qualquer natureza;
- d) sempre que a sobrecobertura não puder ser realizada, deve ser providenciada a compactação com controle tecnológico do material de cobertura, em camadas de espessura determinada por meio de ensaios (máxima de 15 cm), de modo que o solo, após compactado, atinja o grau de compactação de 95 % do proctor normal; junto ao duto a compactação deve ser executada por soquete manual;
- e) deve-se evitar que o material de cobertura contenha madeiras, galhos, folhas e outros tipos de material orgânico;
- f) nos trechos em rampa, devem ser adotados métodos de drenagem superficial e proteção de pista e vala, para evitar deslizamentos ou erosão do material de cobertura.

5.13.9 Em regiões urbanas ou industriais, quando da execução da cobertura, deve ser instalada tela de segurança com fita de aviso, conforme Figura C.1 e Tabelas C.2, C.3 e C.4, sobre as placas de concreto de proteção mecânica do duto (Figura C.2).

5.13.10 O valor mínimo da cobertura deve atender ao projeto e ao disposto na ABNT NBR 15280-1, para oleodutos, e na ABNT NBR 12712, para gasodutos.

5.14 Proteção, restauração e limpeza

5.14.1 Os serviços de proteção, restauração e limpeza da faixa de domínio, dos logradouros, das instalações públicas e das propriedades privadas devem ser definidos em função dos seguintes princípios básicos:

- a) garantia de segurança para a pista, logradouros, demais propriedades e, consequentemente, para o duto;
- b) garantia da segurança e da restauração das condições originais das propriedades de terceiros e bens públicos, decorrentes de possíveis consequências negativas, diretas ou indiretas, causadas pela implantação do duto;
- c) minimização dos impactos causados ao meio ambiente, restituindo-se, na medida do possível, as condições originais das áreas envolvidas.

5.14.2 Devem ser executados serviços de drenagem superficial, medidas de controle de erosão e proteção vegetal das áreas envolvidas, incluindo acessos e áreas de bota-fora, bem como a restauração definitiva das instalações danificadas. Estes serviços devem ser iniciados imediatamente após a cobertura da vala, de maneira que estejam concluídos, no menor tempo possível.

5.14.3 No caso de faixas com dutos existentes, antes do início dos serviços de restauração, deve ser recuperada a sinalização provisória conforme 5.3.

5.14.4 O material retirado na operação de restauração e limpeza da pista, logradouro ou terrenos deve ser depositado em local adequado, de modo a evitar destruição ou dano à propriedade de terceiros, bem como a obstrução de vias de acesso, cursos d'água, escoamento de águas pluviais e canais de drenagem.

5.14.5 Os cruzamentos com logradouros, estradas e caminhos devem ser convenientemente restaurados, de forma definitiva, logo depois de concluídos os trabalhos.

5.14.6 Em áreas de preservação ambiental, as árvores e a vegetação removidas durante a execução da obra devem ser replantadas de acordo com as determinações da autoridade competente.

5.14.7 As cercas atravessadas durante a construção, e reconstituídas provisoriamente, devem ser restauradas em caráter definitivo, de forma que apresentem condições e resistência iguais ou superiores às originais.

5.14.8 A restauração deve ser tal que o material da pista, logradouro ou terreno utilizado nos serviços de construção não seja transportado pelas águas das chuvas e depositado em mananciais, açudes, estradas, bocas de lobo, sarjetas, calçadas ou benfeitorias.

5.14.9 Todas as instalações de terceiros, remanejadas na faixa de trabalho, no logradouro e em terrenos vizinhos para possibilitar a execução da obra, devem ter sua posição e condições originais restabelecidas, a menos que previsto em contrário no projeto.

5.14.10 A execução da recomposição de pavimentos dos logradouros públicos, asfaltados ou não, das calçadas, sarjetas, jardins, praças, obras estruturais, obras de arte e de quaisquer outros encontrados nos logradouros e danificados durante a execução da obra deve ser feita de acordo com as determinações da autoridade competente.

5.14.11 Todos os dispositivos de sinalização de trânsito, como lombadas e limitadores de pista, quando removidos ou danificados durante a execução da obra, devem ser reparados e instalados nas suas posições originais de acordo com as especificações da autoridade competente.

5.14.12 Durante a restauração, devem ser tomadas precauções, a fim de evitar que os dispositivos de proteção catódica sejam danificados.

5.14.13 A restauração da pista, logradouro ou terreno utilizado em serviços de construção, já com obras de proteção executadas anteriormente, deve ser compatível com estas, exceto quando previsto em contrário no projeto.

5.14.14 Os serviços de drenagem superficial devem ser realizados em função das características das áreas atravessadas quanto à constituição do solo, topografia (declividade e comprimento de rampas), pluviosidade, condições de cobertura vegetal e tolerâncias de perda de solo em função do ambiente adjacente à faixa. Estes serviços visam a proporcionar a proteção dos eventuais taludes formados a partir da abertura da pista, a proteção da pista propriamente dita, principalmente em encostas com declividade superior a 5°, e a proteção de terrenos de terceiros em função das eventuais alterações na drenagem natural das áreas ocasionada pela implantação do duto.

5.14.15 Além do procedimento executivo de proteção de vala, restauração e limpeza, deve ser emitido projeto executivo específico de drenagem superficial, levando em consideração as condições pluviométricas, geomorfológicas, geotécnicas e topográficas da faixa de dutos, incluindo estudos e memórias de cálculo que comprovem a eficiência do sistema projetado. O projeto executivo de drenagem deve atender aos seguintes requisitos:

- a) evitar não apenas a erosão da faixa de dutos, mas também das áreas adjacentes a ela, prevendo não apenas dispositivos de coleta da água, mas também dispositivos de redução de energia cinética (por exemplo, caixas dissipadoras, caixas de passagem etc.);
- b) priorizar para trechos de inclinação longitudinal acentuada, o sistema de drenagem tipo “espinha de peixe”, com leiras dispostas transversalmente ao sentido do fluxo de água e cimento para suas extremidades, sendo coletadas por dispositivos longitudinais como canaletas ou escadas;
- c) levar a água coletada até cursos d’água ou talvegues existentes, ou ainda para o sistema de águas pluviais urbano, não sendo permitido seu descarte na lateral de faixa de dutos fora destas condições;
- d) evitar fluxo de água sobre a vala, uma vez que esta tende a ser a área mais vulnerável à erosão superficial;
- e) definir o revestimento dos dispositivos de drenagem de acordo com as velocidades de fluxo envolvidas, priorizando soluções com canaletas longitudinais e transversais conformadas no terreno, com revestimento vegetal ou solo-cimento;
- f) prever canaletas de topo e pé nos taludes de corte e aterro;
- g) restabelecer as condições originais dos pontos de travessias de reservatórios, rios, canais e cursos d’água imediatamente após concluir os trabalhos. Os serviços necessários para garantir a integridade das margens dos cursos d’água e reservatórios atravessados devem ser executados de forma favorável ao escoamento, evitando-se estrangulamento e represamento, utilizando-se materiais adequados ao revestimento vegetal nativo;
- h) a pista, o logradouro e demais terrenos atingidos devem ser restaurados de forma a não permitir a formação de canais naturais de drenagem e enxurradas causadoras de erosão;

- i) todos os cursos d'água desviados durante a execução da obra devem retornar ao seu leito normal;
- j) não canalizar a drenagem pluvial de estradas de acesso para a pista.

NOTA Soluções de drenagem que considerem a absorção total da água na própria faixa só podem ser utilizadas em faixas de dutos e áreas com pouca inclinação (inferior a 10 %) e com solos permeáveis (coeficiente de permeabilidade $k > 10^{-3}$ cm/s).

5.14.16 A proteção vegetal deve ser realizada na pista, encostas e terrenos impactados pela construção, sujeitos à erosão superficial ou que, por qualquer motivo, requeiram o restabelecimento da vegetação. A execução dos serviços de recomposição vegetal deve ser supervisionada por profissional habilitado sob responsabilidade da executante.

5.14.17 As áreas de proteção, assim como os métodos de semeadura, preparo do terreno, análise e correção dos solos, controle de pragas e adubações, devem ser objeto de projeto executivo específico de proteção e restauração a serem elaborados pela executante.

5.14.18 Cuidados especiais na restauração devem ser tomados quando a pista atravessar terrenos cultivados, para assegurar que os terrenos possam ser utilizados independentemente de qualquer outro serviço adicional por parte dos proprietários. Retirar todas as pedras, raízes, galhos e outros materiais depositados na faixa, eliminar todos os obstáculos e irregularidades do terreno resultantes dos serviços de construção e repor a cobertura de terra vegetal existente antes da abertura da pista.

5.14.19 Exceto quando estabelecido de outra forma, devem ser removidos todos os acessos, pontes, pontilhões, passarelas de pedestres, chapas de aço, tapumes, cones, canaletas, placas, sistemas de iluminação e outras instalações provisórias, inclusive estivas, utilizados nos trabalhos de construção.

5.14.20 Deve ser realizada a limpeza completa da faixa, do logradouro e dos terrenos utilizados durante os serviços de construção, retirando-se, inclusive, equipamentos, ferramentas e sobras de outros materiais. A destinação dos materiais inservíveis deve seguir procedimentos específicos, em função da legislação ambiental vigente.

5.15 Sinalização dos dutos e da faixa de domínio

5.15.1 Com o objetivo de preservar a faixa de domínio, facilitar a orientação de forma geral e alertar o público para a existência dos dutos, a faixa de domínio, seus acessos, cruzamentos, travessias, leitos de anodo e válvulas intermediárias devem ser sinalizados utilizando-se os critérios da Tabela C.5.

A sinalização apresentada na Tabela C.5, é a mínima requerida para as ocorrências comumente encontradas em dutos. Cabe ao proprietário do duto avaliar a necessidade do emprego de sinalização adicional, observando-se que os aspectos “gráficos” das placas e dos marcos devem ser obedecidos.

Esta Norma não restringe a utilização de materiais alternativos para fabricação da sinalização. Materiais alternativos devem ser comprovadamente adequados à aplicação considerada e sua utilização condicionada à aceitação do proprietário do duto.

5.15.2 A sinalização deve obedecer, quando for o caso, às restrições previstas pelo órgão regulador da utilização do espaço público.

5.15.3 Em regiões urbanas ou industriais, devem ser instaladas telas de segurança com fitas de aviso sobre placas de concreto de proteção mecânica do duto, enterradas ao longo do alinhamento do duto, conforme prescrito em 5.13.9.

5.15.4 Em áreas rurais de culturas altas ou de colheitas mecanizadas, devem ser executados projetos específicos para marcos delimitadores.

5.15.5 A concessionária operadora das linhas de transmissão deve ser informada quanto à necessidade de instalação de sinalização de advertência, conforme ABNT NBR 7276, nos cruzamentos com linhas de transmissão elétrica, visando à segurança na inspeção aérea da faixa de duto.

5.16 Cruzamentos e travessias

5.16.1 Nos cruzamentos de rodovias, ruas e ferrovias, e nas travessias de cursos d'água, canais, áreas alagadas e reservatórios, devem ser atendidos os requisitos do projeto básico, da ABNT NBR 15280-1, para oleodutos, da ABNT NBR 12712, para gasodutos, e os relacionados a seguir:

- a) nenhum cruzamento ou travessia deve ser executado sem a prévia autorização dos órgãos competentes;
- b) os métodos de construção a serem utilizados em cada cruzamento ou travessia devem ser definidos a partir das limitações existentes nas autorizações de passagem e das disposições estabelecidas pelo projeto;
- c) durante a execução dos serviços, devem ser utilizados todos os meios necessários para evitar a interrupção do trânsito de veículos, pessoas e animais nos cruzamentos, e a diminuição da seção de escoamento das águas nas travessias.

5.16.2 A escolha do método para a realização do cruzamento deve levar em conta as normas e determinações do órgão responsável pela ferrovia ou rodovia, e mais os seguintes aspectos:

- a) profundidade em relação ao leito da ferrovia ou rodovia;
- b) comprimento do cruzamento a ser executado;
- c) natureza do solo;
- d) disponibilidade de equipamento;
- e) densidade de tráfego;
- f) possibilidade de desvio do trânsito;
- g) disponibilidade de área para instalação dos equipamentos;
- h) nível do lençol freático.

5.16.3 Levando em consideração as limitações e disposições constantes no projeto e nas permissões de passagem, os cruzamentos podem ser executados por qualquer um dos métodos relacionados a seguir:

- a) a céu aberto, pela escavação de uma vala;
- b) pela execução de furo (*boring-machine*) quando a largura, o tipo de terreno e o equipamento disponível permitirem;
- c) pela execução de túnel (*tunneling*) nos casos de terrenos muito resistentes;
- d) por cravação (*punching*) nos casos de cruzamentos curtos em terrenos pouco resistentes;
- e) pela construção de pontilhões ou passagem sob pontilhões existentes;
- f) pela execução de furo direcional.

5.16.4 Quando o cruzamento de ruas e rodovias for executado pelos métodos descritos em 5.16.3 (alíneas a), b) ou d)), o duto deve ser protegido contra os esforços decorrentes do tráfego previsto na via atravessada, por quaisquer dos seguintes processos (combinados ou não):

- a) simples aprofundamento da vala; cobertura mínima de 2,0 m;
- b) revestimento do duto com concreto, executado de acordo com 5.8;
- c) instalação de tubo-camisa;
- d) em cruzamentos de estradas secundárias não pavimentadas, instalação de placas de concreto, além da fita de aviso com tela de segurança (conforme Figura C.1), com no mínimo 0,5 m acima da geratriz superior do duto, de modo a servir como sinalização contra danos decorrentes de eventuais rebaixamentos no nível da estrada.

5.16.5 Nos cruzamentos de ferrovias, devem ser utilizados os métodos não destrutivos de execução descritos em 5.16.3 [alíneas b), d) ou f)]. Quando forem utilizados os métodos descritos em 5.16.3 [alíneas b) e d)], deve ser utilizado tubo camisa em toda a largura da faixa de domínio da ferrovia.

5.16.6 A instalação de tubo-camisa em cruzamentos de ruas, rodovias e ferrovias deve atender aos seguintes requisitos gerais, além daqueles estabelecidos no projeto:

- a) verificar se não há condutividade elétrica entre o tubo camisa e o duto antes dos fechamentos dos *tie-ins*;
- b) assegurar a limpeza interna do tubo-camisa, bem como a livre passagem do duto pelo seu interior;
- c) utilizar tubos concretados para evitar o contato direto com o tubo camisa, facilitando a introdução e a retirada da coluna;
- d) tamponar as extremidades do tubo-camisa para impedir a infiltração de água, materiais sólidos e animais.

5.16.7 Durante a execução das travessias de corpos d'água navegáveis e cruzamentos, deve ser instalada a sinalização adequada, inclusive a noturna, para a segurança da navegação ou tráfego, atendendo a todas as condições e exigências do órgão responsável pela operação da via atravessada ou cruzada.

5.16.8 As travessias de rios, riachos, canais de drenagem, lagos, reservatórios e terrenos alagados devem ser executadas por um dos métodos relacionados a seguir, o qual deve ser previamente aprovado com base em um procedimento qualificado:

- a) travessia enterrada, compreendendo a abertura de uma vala no leito do curso d'água ou reservatório, o lançamento do duto nesta vala e o seu recobrimento;
- b) travessia subterrânea, obtida pela execução de furo direcional ou de túnel sob o leito a ser atravessado;
- c) travessia aérea, com duto apoiado em suportes ou suspenso por cabos.

NOTA Esta Norma não é aplicável para travessias submersas com o duto apoiado sobre o leito do curso d'água.

5.16.9 Na escolha do método, devem ser levados em conta os seguintes aspectos:

- a) lâmina d'água;
- b) extensão da travessia;
- c) natureza do solo;
- d) regime do rio (vazão, correnteza, navegabilidade, perfil de erosão etc.);
- e) disponibilidade de equipamento;
- f) tráfego de embarcações;
- g) economicidade.

5.16.10 Em caso de travessia enterrada, devem ser atendidos os seguintes requisitos gerais:

- a) após a locação do eixo da travessia, deve ser executado o levantamento topográfico e batimétrico da seção de travessia ao longo do eixo, antes e depois da abertura da vala, para confirmação das condições previstas no projeto da travessia;
- b) o método de escavação da vala deve ser determinado com base nas condições locais e nas características do terreno, podendo ser utilizadas dragas, bombas de areia, ensecadeiras, perfuração e explosão de leitos rochosos etc.;
- c) em geral, o lançamento do duto deve ser feito por arraste ao longo do eixo da vala ou por flutuação sobre boias;
- d) o duto deve ser lançado horizontalmente. Dependendo da configuração das margens, é permitida a utilização de curvas verticais e cavalotes, visando evitar grandes escavações;
- e) após o abaixamento do duto na vala, o trecho lançado deve ser inspecionado com a finalidade de verificar a existência de danos e assegurar o seu contato total com o fundo da vala;
- f) caso seja constatada a existência de trechos submersos não apoiados, devem ser providenciados suportes de forma a limitar as tensões aos valores admissíveis previamente calculados;
- g) nas travessias de rios e lagos que tenham projeto específico, o duto deve ser submetido ao teste hidrostático simplificado antes do lançamento, conforme 7.8, com as juntas ainda sem revestimento;
- h) após o lançamento, o trecho deve ser percorrido por pig com placa calibradora, conforme 6.6.8, impulsionado por ar comprimido;
- i) para garantir a estabilidade do duto à flutuação e dotá-lo de proteção mecânica, deve ser empregado um revestimento externo de concreto, executado de acordo com 5.8, com a espessura determinada no projeto ultrapassando no mínimo 5 m as margens definidas no curso d'água;
- j) a cobertura da vala deve ser realizada imediatamente após o lançamento do duto, ressalvado o disposto na alínea e).

5.16.11 A execução de travessias submersas deve considerar todas as restrições impostas pela entidade que as autorizou, em especial no que diz respeito à limitação, à navegação, à dragagem e ao alargamento dos cursos d'água.

5.16.12 O projeto executivo das travessias deve atender aos seguintes requisitos:

- a) realizar todos os estudos geológicos, hidrológicos e de perfil de erosão e outros considerados necessários para um projeto executivo de travessia;
- b) projetar o cavalote após a definição final do perfil de fundo de vala, nas travessias em leitos rochosos;
- c) determinar as margens definidas dos cursos d'água, considerando dados históricos de vazão e estimativas pluviométricas para a vida útil do projeto, além dos perfis projetados (calhas) pelas concessionárias.

5.16.13 Nas travessias enterradas cuja extensão for superior a 50 m ou que tenham sido objeto de projeto específico, devem ser realizados levantamentos batimétricos, após o seu lançamento e antes da sua interligação com as demais seções, visando comparar o perfil projetado com o construído. Estas informações devem constar também nos desenhos “como construído” em detalhe específico.

5.16.14 Nos cruzamentos ou paralelismo com linhas de transmissão de energia elétrica de alta-tensão (69 kV ou superior), devem ser atendidos os seguintes requisitos:

- a) aterrarr tubos, equipamentos ou veículos, sempre que houver proximidade com linhas de transmissão elétricas, que possam provocar interferência ou indução de tensão nos tubos, equipamentos, veículos ou outras estruturas, colocando em risco a integridade física das pessoas envolvidas nos serviços;
- b) o afastamento mínimo entre o duto e os cabos de aterramento existentes das torres da linha de transmissão deve ser 5 m, solicitando à concessionária operadora das linhas de transmissão, o remanejamento de eventuais cabos existentes dentro da faixa de domínio do duto;
- c) restringir a utilização de explosivos na faixa de domínio de linhas de transmissão ficando a utilização eventual à aprovação e acompanhamento pela companhia operadora do sistema.

6 Limpeza, enchimento e calibração

6.1 Geral

As etapas de limpeza, enchimento e calibração visam a remoção de carepas dos tubos, detritos e deformações geométricas do duto, bem como a eliminação de ar do seu interior.

6.2 Procedimento executivo

O procedimento executivo para as atividades de limpeza, enchimento e calibração do duto a ser preparado previamente ao início dos serviços deve estar em conformidade com a API RP 1110 e atender aos requisitos do projeto e ao disposto a seguir:

- a) estudo que comprove a viabilidade da captação e do descarte de água nos pontos indicados e nas vazões máximas, em conformidade com a legislação brasileira, incluindo as questões ambientais;
- b) apresentação do detalhamento das instalações de captação da água, incluindo os pontos de captação e descarte, vazão máxima e mínima de água a ser injetada e análise de qualidade d'água, conforme 6.4;
- c) definição de acessos e áreas disponíveis para instalação dos equipamentos;

- d) descrição dos principais equipamentos a serem utilizados;
- e) detalhamento do projeto das cabeças de teste e linhas de descarte de água.

6.3 Sistemas de captação e descarte de água

Os sistemas de captação e descarte de água a serem utilizados devem atender no mínimo aos seguintes requisitos:

- a) a instalação típica do sistema de bombeamento deve conter filtro no ponto de coleta, tanque-pulmão, sistema de filtragem antes da injeção da água no duto, bem como manômetro e medidor de vazão de água injetada;
- b) o filtro do ponto de coleta deve reter partículas de 100 µm, podendo ser construído em tecido geotêxtil ou tela;
- c) o tanque-pulmão deve ter volume tal que assegure um tempo mínimo de permanência da água em seu interior por cerca de 5 min;
- d) o filtro a ser instalado antes da injeção no duto deve reter partículas maiores do que 30 µm; o teor de sólidos suspensos, após o filtro, em qualquer situação, deve ser igual ou menor que 30 mg/L;
- e) o equipamento para o bombeamento deve estar dimensionado para garantir que todos os *pigs* lançados tenham uma velocidade entre 0,2 m/s e 1,0 m/s, e sistema de controle de vazão e contrapressão, de forma a assegurar fluxo contínuo, mantendo os *pigs* em movimento ininterrupto;
- f) nas extremidades dos trechos para teste devem ser instaladas cabeças de teste, linhas de captação e descarte de água, todas adequadamente dimensionadas, visando minimizar possíveis danos ao meio ambiente e permitir o controle da pressão no trecho, assegurando a integridade das pessoas envolvidas nas atividades e das instalações existentes;
- g) deve ser evitado que a captação e o descarte da água prejudiquem a utilização do corpo d'água por terceiros e nem provoquem erosões ou assoreamentos.

6.4 Qualidade da água

A água a ser utilizada deve atender no mínimo aos seguintes requisitos:

- a) os parâmetros a serem analisados apresentados na Tabela C.7;
- b) análise prévia por entidade reconhecida, com base em amostras coletadas nos pontos de captação, de forma a determinar sua composição química e microbiológica e definir a necessidade de emprego de produtos anticorrosivos;
- c) adição de produtos anticorrosivos à água, como sequestrante de oxigênio e biocida, deve ser condicionada à aprovação prévia do órgão ambiental competente;
- d) métodos de análise e formas de preservação das amostras descritas no APHA 4500;
- e) caso não atenda aos requisitos de qualidade indicados na Tabela C.7, a água deve ser tratada conforme indicado na Tabela C.8;

NOTA Não existem restrições para o tempo de permanência da água no interior do duto , se atendidos os requisitos definidos nas alíneas anteriores.

6.5 Limpeza

Na operação de limpeza, devem ser observados os seguintes procedimentos:

- a) inicialmente, deve ser realizada uma lavagem interna no duto, sendo, para tanto, bombeado para seu interior um volume de água equivalente ao volume de 500 m de duto;
- b) em seguida, devem ser lançados *pigs* de limpeza equipados com escovas de aço pré-tensionadas (raspadores), de modo a cobrir todo o perímetro da parede interna do duto; em caso de dutos com pintura interna, devem ser utilizadas escovas não metálicas;
- c) devem ser passados tantos *pigs* de limpeza quanto necessário, até que a água descartada imediatamente antes da chegada de cada *pig* de limpeza apresente visualmente as mesmas características da água injetada no duto;
- d) cada *pig* de limpeza só deve ser lançado após o *pig* anteriormente lançado ter percorrido 500 m no duto.

6.6 Enchimento e calibração

6.6.1 Após o requisito de 6.5 c) ter sido alcançado, devem ser passados um *pig* de enchimento e um *pig* calibrador, espaçados entre si em aproximadamente 500 m do duto.

6.6.2 O *pig* de enchimento deve ser do tipo bidirecional, com discos de poliuretano, visando à eliminação total de bolsões de ar.

6.6.3 O *pig* calibrador deve ser similar ao *pig* de enchimento, sendo equipado com placa calibradora conforme 6.6.6 e 6.6.7, instalada entre os discos, com a finalidade de detectar eventuais amassamentos, ovalizações e outras causas de redução da seção interna do duto.

6.6.4 Durante a execução da operação de enchimento, deve ser assegurada pressão positiva em todos os pontos do duto, por meio do controle da pressão no descarte. A verificação do volume de ar residual contido no duto deve seguir o procedimento definido em 7.4.2 d).

6.6.5 O *pig* calibrador deve possuir dispositivo magnético ou eletrônico que possibilite o seu acompanhamento e a sua localização mesmo quando não estiver em movimento.

6.6.6 O diâmetro da placa calibradora do *pig* deve ser calculado pela seguinte equação:

$$D_p = 0,95 D_i$$

$$D_i - D_p \text{ não inferior a } 7 \text{ mm}$$

onde

D_p é o diâmetro da placa, expresso em milímetros (mm);

D_i é o menor diâmetro interno do trecho a ser calibrado (incluindo tubos, componentes e complementos), expresso em milímetros (mm);

6.6.7 A placa calibradora deve ser de aço carbono AISI 1020 ou de alumínio, com pelo menos oito cortes radiais e com as espessuras indicadas a seguir:

- a) 6,35 mm (1/4 pol.) para tubos com diâmetro nominal ≥ 150 mm (6 pol.);

- b) 3,18 mm (1/8 pol.) para tubos com diâmetro nominal < 150 mm (6 pol.).

NOTA Utilizar placa calibradora de alumínio, no caso de dutos com revestimento interno.

6.6.8 Após a passagem do *pig* calibrador, sua placa deve ser inspecionada e verificada quanto a eventuais danos. Em caso positivo, os pontos do duto que provocaram danos na placa devem ser identificados e reparados ou substituídos.

6.6.9 Após o reparo do duto, o trecho deve ser novamente percorrido pelo *pig* calibrador, não havendo necessidade de nova passagem dos *pigs* de limpeza, a menos que haja suspeita da permanência de detritos no interior do duto.

6.6.10 O duto deve ser considerado aceito para o teste hidrostático quando a placa não apresentar amassamentos que evidenciem a redução da seção ou a falta de circularidade do duto superior aos limites admissíveis pelo ASME B31.4, para oleodutos, e pelo ASME B31.8, para gasodutos.

6.7 Relatório da fase de limpeza, enchimento e calibração

Um relatório abrangente e detalhado deve ser emitido para a fase de limpeza, enchimento e calibração do duto, contendo pelo menos os seguintes registros:

- a) todos os documentos oriundos dos requisitos em 6.2;
- b) resultados das análises da água, conforme 6.4;
- c) registros das ocorrências relativas a 6.6.

7 Teste hidrostático

7.1 Procedimento executivo

O procedimento executivo para a atividade de teste hidrostático, a ser preparado previamente ao início dos serviços, deve estar de acordo com os requisitos do projeto básico e com o seguinte conteúdo mínimo:

- a) diagrama de teste hidrostático para cada trecho de teste consistindo em desenhos de planta e perfil da diretriz, elaborados a partir dos documentos do projeto básico, discriminando pelo menos as seguintes informações:
 - pressão (mínima e máxima) do teste de resistência mecânica (conforme projeto);
 - pressão (mínima e máxima) do teste de estanqueidade (conforme projeto);
 - ponto onde a pressão de teste deve ser aplicada (km e cota);
 - pressão de teste a ser aplicada em cada ponto de teste;
 - pressões e correspondentes tensões circunferenciais máximas e mínimas desenvolvidas e localização (km e cota dos pontos);
 - gráfico *PV* (pressão × volume de água injetada) teórico;
 - classes de locação, espessuras de parede e materiais, válvulas, suspiros, rodovias e rios mais importantes;

- gradiente de teste hidrostático, em metros de coluna d'água (mca);
 - pontos de captação e descarte da água, conforme 7.1 b);
 - vazão máxima e mínima e volume máximo de água a ser injetada na pressurização;
- b) diagrama de teste hidrostático consolidado, apresentando, em um único desenho de perfil da diretriz do duto, um resumo das principais informações relacionadas em 7.1 a);
- c) teste hidrostático conforme requisitos mínimos de 7.2;
- d) descrição do sistema de comunicação a ser utilizado;
- e) descrição do plano de comunicação prévia às autoridades competentes e grupos de combate de emergências, bem como às comunidades existentes ao longo da faixa.

7.2 Requisitos mínimos

O teste hidrostático deve atender aos seguintes requisitos mínimos:

- a) o teste hidrostático de cada trecho do duto deve ser realizado após a execução das respectivas etapas de abaixamento, cobertura, limpeza, enchimento e calibração;
- b) restrições para acesso (isolamento) e sinalização devem ser providenciadas, durante o teste hidrostático, principalmente em trechos expostos, ou áreas em que houver riscos para as pessoas que estejam localizadas no entorno do duto;
- c) a primeira parte do teste hidrostático do duto deve consistir em um teste de resistência mecânica, conforme definido em 7.4, visando verificar a integridade estrutural e resistência mecânica do trecho de teste, bem como aliviar as tensões decorrentes da montagem;
- d) a segunda parte do teste hidrostático do duto deve consistir em um teste de estanqueidade conforme definido em 7.5, realizado logo após o teste de resistência mecânica;
- e) o gráfico pressão × tempo ($P \times T$) para os testes hidrostáticos de resistência mecânica e estanqueidade deve ter o aspecto da Figura C.8;
- f) as pressões do teste de resistência mecânica devem atender simultaneamente às seguintes condições:
 - a pressão no ponto mais alto do trecho a ser testado deve ser igual ou maior que a pressão mínima de teste de resistência mecânica, definida no projeto;
 - a pressão no ponto mais baixo do trecho a ser testado deve ser igual ou menor que a pressão máxima de teste de resistência mecânica definida no projeto;
- g) a pressão do teste de estanqueidade deve ser igual à pressão definida no projeto.

7.3 Equipamentos e instrumentos

Os equipamentos e instrumentos requeridos para a execução do teste hidrostático devem atender aos requisitos do da API RP 1110. Os instrumentos necessários ao teste, acompanhados dos respectivos certificados de calibração (dentro do prazo de validade), devem também atender aos seguintes requisitos:

- a) balança de peso morto ou um equivalente dispositivo sensor de pressão, que seja capaz de medir incrementos de pressão menores ou iguais a 0,07 bar;
- b) medidor e transmissor de vazão que forneçam, na cabine de teste, a indicação da vazão instantânea;
- c) dispositivo totalizador de vazão que permita a leitura de incrementos de volume para incrementos de 0,1 bar da pressão de teste;
- d) dispositivo de registro contínuo da pressão (como um registrador de carta) que forneça um registro permanente da pressão em função do tempo; deve ter resolução mínima de 0,07 bar;
- e) manômetros com resolução mínima de 0,5 bar e faixa de medição no segundo terço da escala;
- f) dispositivo de registro de temperatura que forneça um registro permanente da temperatura do duto em função do tempo; deve ter resolução mínima de 0,1 °C;
- g) termômetro de leitura direta, para determinação da temperatura ambiente;
- h) válvula de alívio de pressão, a ser instalada no trecho do duto a ser testado, com ajuste não superior a 5 % da pressão máxima prevista durante o teste, no ponto específico do duto em que a válvula de alívio for instalada.

NOTA 1 Como alternativa, um sistema computadorizado pode ser utilizado para monitorar pressão, vazão, volume injetado e temperatura, desde que os sensores pertinentes ao sistema tenham resolução compatível com os instrumentos acima listados e possam ser calibrados de modo similar.

NOTA 2 Instalar os instrumentos de leitura do teste em ambiente fechado, com temperatura controlada e livre de intempéries.

7.4 Teste hidrostático de resistência mecânica

7.4.1 Após a conclusão da limpeza, do completo enchimento e do recebimento do *pig* calibrador com a placa sem amassamentos, o duto deve ser submetido ao teste hidrostático de resistência mecânica. Este teste visa comprovar a resistência mecânica do duto, detectar eventuais defeitos e, como resultado das elevadas pressões desenvolvidas durante o teste, aliviar as tensões mecânicas dos tubos.

7.4.2 Inicialmente, deve ser feita uma verificação da eventual presença de ar residual no interior do duto, utilizando-se o gráfico *PV* (pressão × volume de água injetada), de acordo com o seguinte procedimento:

- a) a pressurização deve ter início a partir da pressão estática da coluna de água à taxa máxima de 1 bar por minuto;
- b) a pressão no ponto de teste deve ser elevada até que alcance 50 % da pressão de teste;

- c) enquanto a pressão é aumentada, deve ser desenhado um gráfico PV ; deste gráfico, por extrapolação, deve ser estimado o volume residual de ar no interior do duto;
- d) o volume de ar deve ser determinado na interseção do prolongamento do segmento reto do gráfico PV com o eixo do volume; a Figura C.9 ilustra a metodologia proposta;
- e) medidas corretivas devem ser tomadas se o conteúdo de ar (ΔV_{ar}) exceder 0,2 % do volume total do trecho de teste (V_t), ou seja, se $\Delta V_{ar} > 0,002 \cdot V_t$, incluindo uma nova purga completa de ar ou até mesmo um novo enchimento total do duto, conforme 7.4.2 a).

7.4.3 A sequência, intensidade, duração e controle da pressurização, descritos em 7.4.3.1 a 7.4.3.8, constituem o prosseguimento do teste hidrostático de resistência mecânica, cujo início foi tratado em 7.4.2.

7.4.3.1 A pressão deve permanecer por pelo menos 24 h no valor de 50 % da pressão de teste. Durante este período, devem ser feitos todos os ajustes necessários para permitir que a sequência de operações do teste possa ter início e prosseguir sem interrupções.

7.4.3.2 Na sequência, o trecho deve ser pressurizado em taxa não superior a 1 bar por minuto, permitindo que o controle das variáveis pressão e volume garanta um traçado preciso do gradiente $\Delta P/\Delta V$, até 70 % da pressão de teste, definindo um novo gráfico PV , cuja origem das ordenadas corresponde a 50 % da pressão de teste.

7.4.3.3 As pressões de teste em qualquer ponto do trecho testado devem estar limitadas ao valor máximo e mínimo indicado no projeto.

7.4.3.4 O bombeamento deve evitar grandes variações de pressão a partir dos 70 % da pressão de teste, garantindo que incrementos de 1 bar sejam perfeitamente lidos e registrados; tais incrementos devem ser efetuados com um intervalo mínimo de 3 min até a pressão atingir 95 % da pressão de teste.

7.4.3.5 Ler a pressão de teste efetuando os ajustes finos pela balança de peso morto e prosseguir a pressurização até atingir, com exatidão, 100 % da pressão de teste, mantendo a mesma taxa de incremento em 7.4.3.4.

7.4.3.6 Atingida a pressão de teste, observar um período de 30 min para a estabilização de pressão no duto.

7.4.3.7 Iniciar a contagem de tempo, mantendo 100 % da pressão de teste e recuperando ou aliviando a pressão, sempre que esta variar fora da faixa de $\pm 0,5$ % da pressão de teste.

7.4.3.8 O teste hidrostático de resistência mecânica é dado por concluído, e o duto ou trecho de duto é considerado aprovado (quanto à resistência mecânica) quando, após um período contínuo de 4 h à pressão de teste, esta se mantiver dentro dos limites de $\pm 0,5$ %, com eventual injeção ou purga de água.

7.4.4 A sequência de operações e controles, descrita em 7.4.3.1 a 7.4.3.8, corresponde a um teste hidrostático no qual o limite de escoamento dos tubos no trecho de teste não é atingido. Assim, o gráfico da Figura C.9 deve permanecer totalmente linear, exceto o trecho inicial até aproximadamente 50 % da pressão de teste, em que pode haver desvios da linearidade em função da eventual presença de ar no trecho.

7.4.5 O desvio máximo na linearidade do gráfico da Figura C.9 é aquele em que o volume de água injetada no duto dobra para incrementos de pressão de 1 bar ($2\Delta V$ para um ΔP) ou se houver um desvio volumétrico de 0,2 % do volume total de enchimento do trecho de teste na pressão atmosférica, conforme Figura C.9.

7.4.6 O bombeamento deve ser interrompido, em qualquer estágio da pressurização, se for observado desvio do gráfico da Figura C.10 tendendo para o limite estabelecido em 7.4.5; a pressão deve ser mantida no último patamar atingido, observando-se a eventual ocorrência de vazamento.

7.4.7 O teste de resistência mecânica pode vir a detectar um eventual vazamento que impossibilite a sua aprovação dentro dos critérios apresentados em 7.4.3.8. Constatada esta ocorrência e não tendo ainda sido localizado o vazamento, parar de injetar água e observar o comportamento da queda de pressão, que pode dar um indicativo do tipo de defeito ou anomalia.

Após a localização e reparo do defeito, um novo período de teste é iniciado, sendo repetida toda a sequência de teste anteriormente executada.

7.4.8 A pressão de teste deve, de preferência, ser elevada nas horas mais quentes do dia, de modo a evitar sobrepressão no duto, decorrente da elevação da temperatura.

7.5 Teste hidrostático de estanqueidade

7.5.1 O teste de estanqueidade visa comprovar a inexistência de pequenos vazamentos em um duto ou trecho de duto.

7.5.2 A pressão deve ser reduzida, após a realização do teste de resistência, para atender aos limites definidos no projeto para o teste de estanqueidade.

7.5.3 A duração mínima do teste de estanqueidade deve ser de 24 h.

7.5.4 O critério de aceitação do teste de estanqueidade não admite a injeção ou a purga de água do trecho em teste.

7.5.5 O teste de estanqueidade é concluído, e o duto ou trecho é considerado aprovado (quanto a vazamentos) quando, após período contínuo de 24 h à pressão de teste, não for observado indício de vazamento e se eventual variação na pressão entre início e término do teste for justificada por efeito térmico, conforme 7.6.

7.5.6 O trabalho para corrigir possíveis defeitos detectados deve ser executado de imediato, e o teste de estanqueidade refeito. Eventuais reparos devem ser executados de forma a não exigir novo teste de resistência mecânica.

7.5.7 Concluído e aceito o teste de estanqueidade, o duto deve ser despressurizado e mantido completamente cheio d'água.

7.6 Correção da pressão em função da temperatura

7.6.1 Para cálculo da variação de pressão por efeito térmico, utilizar a equação a seguir:

$$\Delta P = \frac{264,7 \times T_f}{(D/t) + 100} \cdot \Delta T$$

onde

ΔP é a variação incremental de pressão, expressa em bar;

ΔT é a variação real da temperatura durante o teste, expressa em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$);

D é o diâmetro nominal do duto, expresso em metros (m);

t é a espessura nominal de parede do duto, expressa em metros (m);

T_f é o fator de correção para o efeito da temperatura, conforme Tabela C.6, expresso em bar/°C.

7.6.2 Devem ser instalados termômetros para medição de temperatura ambiente e da superfície externa do duto enterrado. A localização dos termômetros para medição de temperatura do duto enterrado deve ser nas extremidades, e ao longo do trecho de teste, em um espaçamento máximo de 10 km, para permitir avaliação mais precisa do efeito da expansão térmica.

7.6.3 A temperatura média deve ser calculada pela média aritmética da variação de cada ponto monitorado.

7.7 Gráfico pressão x volume (PV)

O gráfico PV, para duto enterrado, totalmente cheio de água (isento de ar), deve ser elaborado a partir da seguinte correlação teórica de variação de pressão com o incremento de água:

$$\frac{\Delta V}{\Delta P} = V \left(0,044 \cdot \left(\frac{D}{t} \right) + 4,5 \right) \cdot 10^{-5}$$

onde

ΔP é a variação incremental de pressão, expressa em bar;

ΔV é a variação incremental de água, expressa em metros cúbicos (m^3);

D é o diâmetro nominal do duto, expresso em metros (m);

t é a espessura nominal de parede do duto, expressa em metros (m);

V é o volume de água no duto, expresso em metros cúbicos (m^3).

7.8 Teste hidrostático simplificado

7.8.1 As seguintes instalações devem ser submetidas a um teste hidrostático simplificado, de acordo com o procedimento definido em 7.8.2, antes do lançamento ou da conexão ao duto:

- a) travessias de rios e lagos que tenham projeto específico;
- b) trechos de cruzamento com extensão superior a 50 m;
- c) trechos de cruzamento com tubos-camisa ou localizados em áreas ambientalmente sensíveis;
- d) qualquer outro equipamento ou dispositivo que deve ser testado hidrostaticamente em separado do duto, como tubos ou niples para *tie-in*, lançadores/recebedores de *pig*, cabeças de teste, *by-pass* de válvulas, ramais.

7.8.2 O teste hidrostático simplificado deve ter pelo menos o seguinte procedimento:

- a) toda a extensão do trecho deve ser internamente limpa e cheia de água;
- b) a restrição de acesso com isolamento da área de injeção e o descarte de água e sinalização destes locais devem ser providenciados para o trecho a ser testado que não estiver devidamente enterrado;

- c) dispositivos adequados para recebimento de *pig* e linhas de descarte de água nas extremidades do trecho devem ser instalados de modo a minimizar possíveis danos ao meio ambiente durante a drenagem;
- d) o trecho deve ser testado com as juntas de campo sem revestimento, com pressão fixada pelo valor máximo estabelecido no projeto;
- e) registradores de pressão e temperatura devem ser utilizados;
- f) o trecho deve ser considerado aprovado se, após 4 h de pressurização, não forem detectados vazamentos após realização de inspeção visual;
- g) toda a sequência de teste deve ser repetida após a correção de qualquer defeito encontrado;
- h) a água utilizada neste teste deve estar de acordo com os requisitos mencionados em 6.4;
- i) a água deve ser totalmente removida após o teste;
- j) ao final do teste, deve ser emitido um relatório simplificado, contendo todas as informações oriundas do teste, comprovando a sua aceitação.

7.8.3 Todos os dispositivos e acessórios temporários sujeitos à pressão durante o teste hidrostático devem estar adequadamente dimensionados e testados antes da sua instalação no duto.

7.8.4 As travessias mencionadas em 7.8.1 a) devem sofrer inspeção interna por *pig* calibrador, de acordo com 6.6, logo após o lançamento e antes do teste hidrostático completo.

7.8.5 Instalações mencionadas em 7.8.1 (alíneas a), b) e c)), mesmo tendo sido aprovadas pelo teste hidrostático simplificado, devem ser também submetidas ao teste hidrostático completo, após a sua interligação ao duto.

7.9 Requisitos gerais

7.9.1 A água do teste hidrostático deve atender aos requisitos de 6.4, independente do tempo de permanência no duto.

7.9.2 Recomenda-se, após o teste hidrostático, a passagem de *pig* geométrico em toda a extensão do duto, visando a detecção de possíveis defeitos não identificados pela placa calibradora. Os critérios de aceitação devem ser conforme o ASME B31.4, para oleodutos, e o ASME B31.8, para gasodutos.

7.9.3 Devem ser instaladas câmaras de recebimento do *pig* e linhas de descarte d'água nos terminais de cada trecho, de maneira a minimizar eventuais danos ao meio ambiente durante o escoamento e danos a corpos d'água utilizados por terceiros.

7.9.4 As juntas soldadas não testadas hidrostaticamente devem ser inspecionadas por radiografia ou ultrassom, devendo essa situação ser convenientemente identificada na planilha referida em 4.7.2 e incluída nos documentos “como construído”.

7.10 Registros

Um relatório abrangente e detalhado deve ser emitido para o teste hidrostático do duto e seus componentes e complementos (onde aplicável), contendo todos os procedimentos e registros de execução de teste hidrostático e inspeção dimensional interna (quando aplicável) incluindo no mínimo as seguintes informações:

- a) todos os documentos relacionados em 7.1 e 7.8.2 j);

ABNT NBR 15280-2:2015

- b) data e hora de realização do teste;
- c) identificação de cada trecho testado;
- d) localização de falhas e vazamentos, e a descrição das possíveis causas e dos reparos realizados;
- e) registro da temperatura ambiente ao longo do teste;
- f) gráfico contínuo de pressão × tempo;
- g) gráfico contínuo de temperatura do fluido × tempo;
- h) gráfico de pressão × volume com curva de deformação teórica e real;
- i) lista de instrumentos utilizados e seus certificados de calibração; descrição de tais instrumentos com relação à precisão, resolução e outros;
- j) certificado de teste hidrostático, assinado pelos profissionais executantes habilitados na entidade de classe;
- k) relatório conclusivo da inspeção dimensional interna por meio do *pig* geométrico (quando aplicável).

7.11 Requisitos de segurança

7.11.1 Todos os pontos sensíveis em termos de integridade, cruzamentos com rodovias, ferrovias, passagens aéreas e áreas de acesso ao público devem ser patrulhados durante o período de teste, e os responsáveis devem estar munidos de sistema de comunicação compatível para acionamento rápido do plano de contingência.

7.11.2 Todo o pessoal envolvido no teste deve utilizar equipamentos de proteção individual adequado (EPI).

7.11.3 Deve ser provido um sistema eficiente de comunicação para todos os envolvidos no teste nos pontos de patrulhamento e central de controle do teste.

8 Condicionamento do duto**8.1 Geral**

8.1.1 O condicionamento compreende as atividades necessárias para, logo após a aprovação do teste hidrostático e passagem do *pig* geométrico (quando aplicável), colocar o duto em condições de ser pré-operado com o produto previsto, compreendendo atividades de esvaziamento, pré-secagem, limpeza, montagem de componentes e complementos, secagem final e inertização do duto.

8.1.2 O condicionamento pode ser realizado por trechos do duto, entretanto, não são permitidos cortes adicionais aos previstos no plano de teste hidrostático, exceto nos locais de instalação de válvulas ou demais componentes e complementos.

8.1.3 Os descartes de água devem ser realizados de acordo com o procedimento executivo preparado previamente ao início dos serviços, conforme descrito em 6.2 b) e 6.3 g).

8.2 Procedimento executivo

O procedimento executivo para as atividades do condicionamento a ser preparado previamente ao início dos serviços deve incluir o seguinte conteúdo mínimo:

- a) relação e descrição dos principais equipamentos e ferramental a serem utilizados;
- b) descrição das atividades a serem executadas;
- c) previsão de instalação, no descarte, de válvula que permita o controle do fluxo durante o esvaziamento do duto;
- d) análise de adequabilidade dos *pigs*, em função do material empregado na sua construção e o diâmetro e comprimento do duto;
- e) análise do perfil hidráulico do duto, verificando a possibilidade de formação de bolsões de ar ou líquido;
- f) descrição das atividades necessárias para esvaziamento, secagem e inertização do duto;
- g) definição do método para o acompanhamento dos *pigs*, inclusive prevendo a sua localização mesmo durante eventual parada do seu deslocamento;
- h) estudo dos métodos de descarte a serem utilizados;
- i) controle de pressão de bombeamento;
- j) sistemática de comunicação à comunidade;
- k) sistema de comunicação a ser utilizado, com suas características e área geográfica de cobertura;
- l) matriz de atribuições do pessoal envolvido;
- m) previsão de utilização de dispositivos para recebimento de *pigs* de espuma, se for o caso;
- n) teste de funcionamento dos componentes e complementos;
- o) registro dos resultados.

8.3 Esvaziamento

8.3.1 Considera-se esvaziamento a remoção da água proveniente do teste hidrostático.

8.3.2 A remoção da água deve ser realizada com a utilização de *pigs* do tipo *solid cast*, deslocados por ar comprimido ou gás inerte.

8.3.3 Deve ser garantida uma contrapressão no descarte, de forma a assegurar o deslocamento do *pig* em uma velocidade inferior a 2,0 m/s, para evitar a formação de bolsões de ar.

8.4 Pré-secagem

8.4.1 Considera-se pré-secagem a remoção da água livre remanescente do esvaziamento, bem como a remoção da água adsorvida na parede do duto.

8.4.2 A pré-secagem do duto ou trecho do duto deve ser iniciada imediatamente após o seu esvaziamento.

8.4.3 Priorizar os locais de montagem das válvulas de bloqueio para injeção e descarte do fluido de pré-secagem, considerando também aspectos de topografia do terreno, extensão do trecho e facilidades de montagem da unidade de secagem.

8.4.4 A operação de pré-secagem deve ser iniciada pela eliminação de água livre, com a utilização de *pigs* de espuma de baixa densidade, intercalados com *pigs* selados, deslocados pelo fluido de secagem (ar comprimido ou gás inerte), com velocidades entre 0,2 m/s a 1,0 m/s.

8.4.5 Devem ser passados *pigs* de espuma de baixa densidade e *pigs* selados em quantidade suficiente, até que seja alcançado o requisito “seco ao toque”, na superfície do *pig* quando da sua retirada da linha.

8.4.6 Uma vez atingido o requisito “seco ao toque”, todas as atividades de passagem de *pigs* subsequentes devem empregar ar seco ou gás inerte (nitrogênio).

ADVERTÊNCIA Quando for empregado nitrogênio, devem ser avaliados os riscos e adotadas medidas de controle para garantir a segurança.

8.5 Limpeza

8.5.1 Uma vez atingido o requisito “seco ao toque”, deve ser realizada limpeza para a remoção de óxidos, areia e resíduos metálicos no duto e facilitar a etapa final da secagem.

8.5.2 Devem ser lançados conjuntos de *pigs*, consistindo em *pig* raspador conforme 6.5 b) e *pig* de espuma de baixa densidade, com intervalo mínimo de 30 min entre conjuntos.

O lançamento de conjunto de *pigs* deve cessar somente quando os *pigs* raspadores forem recebidos com as escovas íntegras e com baixa impregnação de material removido.

8.5.3 Após a passagem dos conjuntos de *pigs*, conforme 8.7.2, devem ser passados *pigs* de espuma de baixa densidade em quantidade suficiente, até que a seção transversal do *pig* revele uma profundidade de penetração de resíduos inferior a 19 mm (3/4 pol.).

8.5.4 Em seguida, devem ser lançados conjuntos constituídos de *pigs* de espuma e *pigs* magnéticos de limpeza.

8.5.5 Os magnetos devem ser fabricados em blocos de neodímio-ferro-boro grau 35, ou grau superior, com espaçamento máximo dos blocos à parede interna do duto igual a 15 % do diâmetro.

8.5.6 O *pig* deve ser pesado antes e depois da passagem, a fim de se verificar a quantidade de elementos aderidos.

8.5.7 A passagem de *pigs* pode ser cessada e a limpeza considerada concluída quando a quantidade de resíduos metálicos, aderida ao *pig*, for inferior a 50 g/km.

8.6 Montagem e instalação de componentes e complementos

8.6.1 Concluída a limpeza, devem ser realizadas a montagem e instalação dos componentes e complementos, de acordo com as especificações do projeto e requisitos técnicos aplicáveis. O sistema de proteção catódica deve ser projetado e instalado de acordo com a ABNT NBR ISO 15589-1. A câmara de *pig* deve ser projetada, fabricada e instalada conforme a ABNT NBR 16381.

8.6.2 A montagem e a instalação dos componentes e complementos devem ser executadas de acordo com os documentos de projeto, o ASME B31.4, para oleodutos, o ASME B31.8, para gasodutos.

8.6.3 Devem ser garantidas, onde aplicável, condições permanentes de acesso às áreas onde forem instalados os componentes e complementos.

8.6.4 Deve ser previsto um sistema de proteção catódica provisório para todo duto enterrado, enquanto o sistema definitivo de proteção catódica não estiver em operação.

8.6.5 Antes da instalação das válvulas, lançadores/recebedores de *pig* e demais componentes, deve ser garantido que não há presença de água no seu interior, incluindo linhas de equalização, tomadas para instrumentos, drenos e suspiros.

8.6.6 Todos os componentes devem ser previamente verificados e testados de acordo com procedimentos específicos.

8.7 Secagem final

8.7.1 Concluída a montagem e instalação dos componentes e complementos, deve ser realizada a secagem final do duto até que seja alcançada a seguinte condição de ponto de orvalho estabilizado, no lançador, no recebedor, nas válvulas de bloqueio e demais componentes:

- dutos de gás natural processado: -39°C (1 atm);
- demais dutos: 0°C (1 atm).

NOTA 1 Considera-se que o ponto de orvalho do fluido está estabilizado quando os valores das medições (de ponto de orvalho) não variam ao longo de um período de tempo de 24 h.

NOTA 2 Assegurar que os drenos e suspiros do corpo das válvulas sejam abertos previamente à operação de secagem das válvulas.

8.7.2 A medição do ponto de orvalho deve ser feita com medidor eletrônico, não sendo aceitos medidores de espelho resfriado, por não serem adequados para medições sucessivas.

8.7.3 A operação de secagem final deve ser realizada através de passagens de *pigs* de espuma de baixa densidade, impulsionados por ar seco ou nitrogênio.

8.7.4 Para a conclusão do processo de secagem final, depois de concluídas as passagens de *pigs*, uma sopragem simples deve ser realizada, com o mesmo ar seco ou gás inerte, com as válvulas intermediárias colocadas na posição meio aberta para a drenagem e secagem dos internos.

8.7.5 Opcionalmente à utilização de ar seco ou nitrogênio, pode ser utilizada a secagem a vácuo, atendendo ao critério de aceitação descrito em 8.9.1.

8.8 Inertização

8.8.1 Uma vez concluída a secagem, as válvulas devem ser completamente abertas e os drenos e suspiros do corpo fechados, para que seja iniciada a inertização do duto.

8.8.2 Entende-se por inertização do duto a operação de preenchimento completo com gás inerte (nitrogênio), até que seja atingida pressão igual ou superior a 49 kPa ($0,5 \text{ kgf/cm}^2$ man).

NOTA Alternativamente, quando prevista pré-operação imediata das instalações, um selo de gás inerte (nitrogênio) pode ser utilizado, atendendo aos requisitos do operador do duto.

8.8.3 A inertização é considerada concluída quando for verificado teor de oxigênio abaixo de 5 % e pressão de gás inerte (nitrogênio) igual ou superior a 49 kPa (0,5 kgf/cm² man), medidos no lançador, no recebedor, nas válvulas de bloqueio e demais componentes.

9 Inspeção do revestimento externo anticorrosivo – Após a cobertura

9.1 Decorrido um tempo mínimo de um mês após a cobertura do duto e a realização do teste hidrostático no trecho, deve ser efetuado um levantamento de falhas no revestimento anticorrosivo, por método que possibilite a localização das falhas através de inspeção de campo, acompanhando o nível do terreno. Para a realização desta inspeção, são necessárias a perfeita localização e demarcação do traçado do duto e o seu isolamento elétrico de outros dutos existentes.

9.2 Todos os pontos para os quais forem obtidas indicações de existência de falhas no revestimento devem ser inspecionados mediante escavação. Os defeitos constatados devem ser reparados de acordo com o procedimento aplicável.

10 Documentação

Durante a execução dos serviços de construção, montagem e testes, devem ser preparados documentos “como construído” do duto e dos componentes e complementos, para fornecimento ao operador das instalações, assim como relatórios, documentação de fornecedores, autorizações e registros de terceiros envolvidos, contendo as informações mínimas e os requisitos relacionados em 10.1 a 10.3.

10.1 Documentos “como construído”

10.1.1 Desenhos em planta e perfil em escala no mínimo igual ao do levantamento topográfico cadastral, contendo os seguintes elementos:

- a) eixo da vala (em relação à linha de centro da faixa);
- b) limites da faixa de domínio e da pista realmente abertos;
- c) locação e posição dos marcos topográficos, quilométricos e de sinalização dos limites de faixa e de dutos;
- d) locação do duto em planta e perfil, incluindo demais interferências e instalações existentes na faixa;
- e) classificação de solos e rochas encontrados, conforme ABNT NBR 6502;
- f) características dos tubos aplicados:
 - número de ordem;
 - diâmetro;
 - material e espessura de parede;
 - revestimento ou isolamento térmico (tipo, espessura etc.);

- raios de curvatura (horizontais e verticais);
 - locação dos trechos com lastreamento;
 - indicação sequencial das juntas soldadas, inclusive dos *tie-ins*;
- g) identificação, locação e respectivos afastamentos típicos dos dutos existentes na faixa, com suas seções típicas;
- h) cruzamentos e travessias, referindo-se aos desenhos de detalhes correspondentes;
- i) locação e detalhamento das instalações relativas aos componentes e complementos e acessórios instalados, referindo-se aos respectivos desenhos de detalhe (válvulas, suportes, ancoragens, sistema de proteção catódica etc.);
- j) locação e detalhamento das instalações existentes na faixa, inclusive daquelas destinadas à proteção da pista, referindo-se aos desenhos de detalhe correspondentes às interferências com instalações aéreas e subterrâneas, tubos e caixas de drenagem, rodovias, ferrovias, pontes, diques, redes elétricas etc.;
- k) indicação do nome do proprietário e a divisa das propriedades e municípios envolvidos;
- l) indicação da classe de locação para gasodutos;
- m) estaqueamento progressivo e desenvolvido;
- n) indicação e locação das placas de sinalização de válvulas, cruzamentos, travessias, leitos de anodos, estações e faixas de domínio;
- o) indicação das estações de compressão ou bombeamento, áreas cercadas de lançadores/recededores de *pig* e estações de medição e controle;
- p) indicação da cota de cobertura ao longo do duto.

10.1.2 Todos os desenhos citados em 10.1 devem conter o seguinte alerta, em local de fácil visualização:

“Para determinação exata da posição do duto, em caso de escavação e outros serviços que possam comprometer sua integridade, complementar as informações deste desenho por meio de métodos mais precisos de localização”.

10.1.3 Todos os desenhos citados em 10.1.1 devem ser elaborados em formato digital, abrangendo no máximo 1 000 m de faixa.

10.1.4 Os desenhos “como construído” devem indicar coordenadas UTM do duto em toda a sua extensão, incluindo juntas soldadas e pontos notáveis (origem, destino, entroncamentos, saídas de ramais, cruzamentos, travessias, componentes e complementos), especificando o DATUM de origem do sistema de coordenadas e utilizando no mínimo a mesma precisão da base cartográfica do projeto.

10.1.5 Os desenhos de cruzamentos e travessias devem conter os seguintes elementos:

- a) detalhes em escala do duto ao longo do cruzamento ou travessia em planta e perfil (com cortes, se necessário) e com todas as dimensões, cotas em relação ao terreno natural, ao fundo do curso d’água (travessia) ou ao topo da estrada (cruzamento) e distâncias às instalações e construções existentes nas proximidades;

ABNT NBR 15280-2:2015

- b) tipo de instalação e método de construção utilizado;
- c) informações conforme relacionadas em 10.1.1, 10.1.2 e 10.1.4;
- d) estudo hidrológico (quando aplicável).

10.1.6 Recomenda-se que todos os desenhos citados em 10.1.5 sejam elaborados em formato digital, em escala horizontal de 1:200.

10.1.7 Recomenda-se planilha de distribuição de tubos conforme 4.7.2, incluindo a atualização de informações como construído.

10.2 Documentação de proprietários e órgãos envolvidos

São os seguintes:

- a) cadastramento dos proprietários envolvidos, descrevendo todos os serviços realizados em suas terras, decorrentes da implantação do duto, e contendo uma declaração de cada proprietário, atestando sua satisfação quanto aos trabalhos realizados;
- b) dossiê de todos os órgãos públicos envolvidos, contendo, de forma organizada, a confirmação da aprovação do projeto de cruzamentos e travessias e uma declaração de que os serviços foram realizados de forma satisfatória.

10.3 Relatórios, certificados, procedimentos e documentação de fornecedores

São os seguintes:

- a) relatórios dos testes hidrostáticos e inspeção com *pig* geométrico (quando aplicável);
- b) relatório de inspeção do revestimento anticorrosivo após a cobertura;
- c) todos os certificados de qualidade de materiais recebidos e incorporados à obra;
- d) procedimentos de soldagem e registros de ensaios não destrutivos das juntas soldadas;
- e) procedimentos executivos listados em 4.2;
- f) documentos de equipamentos e instrumentos incorporados à obra.

Anexo A (normativo)

Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes termos e definições:

A.1

abertura de arco

pontos de superfície do tubo onde ocorreu a fusão superficial devido à abertura de um arco elétrico

A.2

área de descarte

local destinado ao depósito de materiais resultantes do desmatamento, destocamento, raspagem do solo e limpeza do terreno e de entulhos e materiais especiais, bem como dos excessos de material de corte

A.3

autoridade competente

órgão, repartição pública ou privada, pessoa jurídica ou física, encarregada pela legislação vigente de examinar, aprovar, autorizar ou fiscalizar a construção de dutos. Às autoridades competentes cabem a aprovação e fiscalização da passagem de dutos por vias públicas, ferrovias, acidentes naturais e outras interferências. Além disso, trata de questões relativas à passagem do duto junto a instalações de concessionárias de outros serviços públicos. Na ausência de legislação específica, a autoridade competente é a própria entidade pública ou privada que promove a construção do duto

A.4

bisel

borda de um tubo ou componente a ser soldado, preparado na forma angular

A.5

boring-machine

equipamento especial, utilizado para introduzir tubos no solo sem necessidade de abertura de vala

A.6

calçada (passeio)

revestimento impermeável do piso ao redor de edificações, junto às paredes de perímetro e limitado pelo meio-fio ou guia

A.7

canteiro de obra

área destinada à execução e apoio dos trabalhos de construção e montagem de dutos, dividindo-se em áreas operacionais e de vivência

A.8

cavalote

trecho de duto pré-fabricado, geralmente contendo curvas verticais conformadas a frio, utilizado frequentemente em travessias enterradas de rios; por extensão, denomina-se cavalote qualquer coluna pré-fabricada para utilização em travessias, mesmo inexistindo as curvas verticais a frio

A.9**chanfro**

abertura ou sulco na superfície de uma peça ou preparação em ângulo nas bordas de dois componentes que determina o espaço para receber a solda

A.10**cobertura**

distância, medida perpendicularmente ao duto enterrado, entre a sua geratriz superior e o nível acabado do terreno

A.11**coluna**

conjunto de vários tubos ligados entre si

A.12**companhia operadora**

empresa pública ou privada responsável pela operação do duto

A.13**complementos**

instalações necessárias à segurança, proteção e operação do duto, compreendendo, mas não se limitando, às seguintes: suportes, sistema de proteção catódica, incluindo pontos de medição de potencial estrutura/eletrólito, leitos dos anodos, retificadores e equipamentos de drenagem de corrente, juntas de isolamento elétrico, instrumentação, provadores de corrosão, sistemas de alívio, redução ou controle de pressão, estações de medição, sistemas de odorização, pontos de entrega, estações de interconexão, estações intermediárias de bombeamento, compressão ou de reaquecimento

A.14**componentes**

qualsquer elementos mecânicos pertencentes ao duto, compreendendo, mas não se limitando, aos seguintes: lançadores e recebedores de *pigs* e esferas, válvulas, flanges, conexões padronizadas, conexões especiais, derivações, parafusos e juntas

A.15**condicionamento**

conjunto de operações prévias necessárias para deixar o duto em condições apropriadas para iniciar uma das seguintes atividades: pré-operação, operação, teste hidrostático, manutenção, inspeção por *pig* ou hibernação

A.16**“como construído”**

documento ou conjunto de documentos que descrevem ou representam o duto e suas respectivas instalações, em sua forma final, após sua construção e montagem

A.17**consumível de soldagem**

todo material empregado na deposição ou proteção da solda, como: eletrodo revestido, vareta, arame, fluxo, anel consumível e gás, entre outros

A.18**contratada**

empresa à qual são adjudicados os serviços de construção e montagem de dutos

A.19**contratante**

empresa que contrata os serviços de construção e montagem de dutos

A.20**corrosão**

defeito causado por uma reação eletroquímica entre a parede do tubo e o ambiente, provocando uma perda de metal

A.21**cruzamento**

passagem de duto por rodovias, ferrovias, ruas e avenidas, linhas de transmissão, cabos de fibra ótica, outros dutos e instalações subterrâneas

A.22**curva horizontal**

mudanças de direção introduzidas no tubo para permitir o acompanhamento de uma mudança de direção da vala no plano horizontal

A.23**curva vertical**

mudança de direção introduzida no tubo para permitir o acompanhamento de uma mudança de direção da vala no plano vertical, podendo ser instalada com a concavidade voltada para cima ou para baixo

A.24**curvamento natural**

mudança de direção feita através do curvamento do duto, durante sua instalação na vala, sem que ocorra uma deformação permanente no tubo

A.25**derivados de petróleo**

produtos decorrentes da transformação do petróleo

A.26**desfile (de tubos)**

distribuição ordenada e sequencial dos tubos a serem soldados (sobre o solo ao longo da vala)

A.27**detector de falhas de revestimento (*holiday detector*)**

instrumento elétrico que, pela passagem de um eletrodo ao longo de um tubo revestido, é capaz de registrar uma diferença de potencial elétrico correspondente à falha do revestimento

A.28**diâmetro nominal (DN)**

número que expressa uma dimensão diametral padronizada para tubos e componentes de tubulação, não correspondendo necessariamente ao seu diâmetro interno ou externo

A.29**dique**

parede de contenção construída no interior da vala, utilizando sacos com solo granular ou com solo-cimento umedecido e compactado, para conter o reaterro da vala e proporcionar sustentação ao duto durante sua instalação

A.30**diretriz**

linha de centro de uma faixa de dutos que indica a direção e desenvolvimento desta faixa; quando em área urbana, representa a linha de centro do eixo da vala

A.31**duto**

designação genérica de instalação constituída por tubos ligados entre si, incluindo os componentes e complementos, destinada ao transporte ou transferência de fluidos, entre as fronteiras de unidades operacionais geograficamente distintas

A.32**enrugamento**

ondulação que pode ocorrer na zona mais comprimida do tubo, durante o curvamento a frio

A.33**teste hidrostático**

teste de pressão com água que demonstra que um tubo, componente ou complemento possui resistência mecânica compatível com suas especificações ou suas condições operacionais

A.34**teste de estanqueidade**

teste de pressão (positiva ou negativa) para comprovação da inexistência de vazamentos em um duto ou trecho de duto, ou defeitos passantes em juntas soldadas

A.35**teste de resistência mecânica**

teste de pressão para comprovar a resistência mecânica do duto ou trecho de duto, detectar eventuais defeitos e aliviar as tensões mecânicas decorrentes da montagem

A.36**escoramento**

sustentação que se faz nas paredes da vala com escoras de madeira ou perfis metálicos, de forma a manter o corte vertical da parede

A.37**esfera**

tipo de *pig* de formato esférico

A.38**espessura nominal**

espessura de parede prevista na especificação ou norma dimensional do tubo ou do componente de tubulação

A.39**estaqueamento**

conjunto das estacas de um caminhamento topográfico

A.40**faixa de domínio ou faixa**

área de terreno de largura definida no projeto, ao longo da diretriz, legalmente destinada à construção, montagem, operação e manutenção de duto, compreendida entre as cercas limítrofes das áreas industriais de origem/destino

A.41**faixa de trabalho (frente de serviço)**

área de terreno, compreendendo qualquer logradouro, onde se desenvolvem todas as atividades decorrentes da construção de dutos em área urbana, destinada à construção, montagem e operação do duto

A.42**fita de aviso**

fita de material resistente à deterioração pelos agentes químicos do solo, enterrada ao longo da vala entre o duto e a superfície do terreno, trazendo inscritas palavras de advertência quanto à existência do duto e à possibilidade de sinistros

A.43**furo direcional**

método construtivo de travessia ou cruzamento, executado por equipamento especial de perfuração, capaz de produzir furo de grande profundidade e extensão, através do qual é instalado o duto

A.44**gaiola**

tela de arame curvada em torno do tubo, com função de armadura, para o revestimento de concreto do tubo

A.45**gamagrafia**

método de ensaio não destrutivo que consiste na emissão de ondas eletromagnéticas de comprimento muito curto (10^{-9} μm a 10^{-5} μm), a partir de um elemento isótopo radioativo (fonte) permanentemente ativo

A.46**hibernação**

ato de manter, temporária ou permanentemente, um duto ou trecho de duto fora de operação, devidamente condicionado, para eventual retorno à operação futura

A.47**inflexão (ponto de)**

ponto onde ocorre mudança de direção da diretriz. Nas curvas horizontais, é o ponto de encontro das tangentes tiradas no início e no fim da curva

A.48**inspetor de soldagem qualificado**

profissional qualificado e certificado segundo os requisitos estabelecidos pelo sistema nacional de qualificação e certificação de inspetores de soldagem, empregado pela contratada para exercer as atividades de controle de qualidade relativas à soldagem

A.49**interligação (tie-in)**

união, por meio de solda, com ou sem a utilização de niples, de duas colunas, que possuem restrição à livre movimentação longitudinal

A.50**interferência**

qualquer construção, aérea ou subterrânea, localizada na passagem do duto em implantação. Para duto existente, é qualquer obra ou serviço a ser executado sobre a faixa

A.51**jaqueta de concreto**

revestimento de concreto aplicado ao duto, com a finalidade de conferir peso adicional para estabilização à flutuação ou proteção mecânica contra ações externas

A.52**jazida**

depósito natural de materiais minerais testados e aprovados para utilização em reaterro de vala de duto

A.53**junta de campo**

ligação por solda feita por processo manual, semiautomático ou automático, fora de fábrica

A.54**lançador, recebedor e lançador-recebedor de *pigs* ou esferas**

instalação para lançamento, recebimento ou lançamento e recebimento de *pigs* ou esferas

A.55**leito de anodos**

dispositivo de um sistema de proteção catódica destinado a sofrer a corrosão em benefício da estrutura que se deseja preservar

A.56**lote (para amostragem)**

número total de peças idênticas entregues em uma mesma data e provenientes de um mesmo fabricante

A.57**meio-fio (guia)**

renque ou fieira de pedras de cantaria ou, ainda, estrutura em concreto pré-moldado, que limita e indica a direção de uma calçada ou passeio

A.58**niple**

pequeno segmento de tubo utilizado em reparos, fechamento de *tie-in*, como peça de transição entre tubos com espessuras diferentes, entre outros

A.59**ovalização**

perda da circularidade da seção transversal de um duto, por deformação elastoplástica, pela ação de esforços externos

A.60**passe de solda**

progressão unitária de uma operação de soldagem ao longo de uma junta

A.61***pig***

denominação genérica dos dispositivos que passam pelo interior dos dutos, impulsionados pelo fluido transportado ou eventualmente por um sistema tracionador, sendo conforme a finalidade: separador, raspador, calibrador, de limpeza interna, de remoção de líquidos, de inspeção de corrosão, de inspeção geométrica, de verificação do perfil de pressão e temperatura etc

A.62***pig calibrador***

pig que contém placa calibradora

A.63***pista***

parte ou a totalidade da faixa de domínio, fora das áreas urbanas, destinada aos trabalhos de construção e montagem e manutenção de dutos

A.64***placa calibradora***

disco metálico deformável, instalado no corpo do *pig*, com a finalidade de verificar a existência de restrições no interior do duto

A.65***ponto de teste***

ponto do duto, ou trecho do duto, para instalação dos equipamentos de injeção de água, pressurização, monitoração e registro da pressão de teste

A.66***pressão mínima de teste***

menor pressão a que um duto ou trecho do duto deve ficar submetido, de forma a atender aos requisitos das normas de projeto

A.67***pressão de teste***

pressão que deve ser aplicada no ponto de teste, de forma a submeter qualquer ponto do duto ou trecho do duto que está sendo testado a uma pressão não inferior à pressão mínima de teste

A.68***pressão máxima de teste***

maior pressão a que um duto ou trecho do duto pode ser submetido, de forma que não seja ultrapassado um limite preestabelecido de tensão circumferencial

A.69***projeto***

conjunto de informações documentadas que compõem o dimensionamento mecânico do duto, objetivando a integridade estrutural e a segurança operacional das instalações e garantindo a preservação ambiental

A.70***radiografia***

método de ensaio não destrutivo que consiste na emissão de ondas eletromagnéticas de curto comprimento de onda (10^{-6} μm a 10^{-2} μm), produzidas pelo bombardeio de elétrons altamente energéticos sobre um alvo metálico, de forma controlada

A.71***sarjeta***

escoadouro de água localizado entre a guia ou meio-fio e a via pública, normalmente em concreto pré-moldado ou em concreto moldado no local

A.72***suspiro***

tomada em tubulação, equipamento ou válvula para permitir o alívio manual de ar ou gases

A.73**tensão mínima de escoamento especificada (S_y)**

tensão de escoamento mínima prescrita pela especificação, sob a qual o tubo é fabricado. É obtida de ensaios padronizados e representa um valor probabilístico

A.74**tensão circunferencial**

tensão na parede do tubo provocada pela pressão interna do fluido, normalmente calculada pela equação de Barlow

A.75**testemunha**

marco implantado na lateral da faixa, a partir do qual torna-se mais fácil a localização de outros marcos topográficos eventualmente perdidos

A.76**travessia**

passagem do duto através de rios, riachos, lagos, açudes, canais e regiões permanentemente alagadas, ou sobre depressões profundas, grotas e outros acidentes, por onde a passagem do duto é necessariamente aérea

A.77**tubo**

produto tubular fabricado de acordo com uma norma de fabricação

A.78**tubo-camisa**

tubo de aço no interior do qual o duto é instalado, destinando-se a dar proteção mecânica ao duto nos cruzamentos e, eventualmente, possibilitar a substituição do duto sem necessidade de abertura de vala

A.79**tubo concretado**

tubo ao qual foi aplicado um revestimento de concreto destinado à proteção mecânica ou a evitar a flutuação quando submerso

A.80**tubulação**

conduto fechado que se diferencia de duto pelo fato de movimentar ou transferir fluido pressurizado dentro dos limites de uma planta industrial ou instalação de produção ou armazenamento de petróleo e seus derivados

A.81**tunneling**

técnica de execução de túnel no solo, sem abertura de vala, com a utilização de chapas de aço corrugadas, montadas de forma a evitar o desmoronamento do solo escavado

A.82**ultrassom**

método de ensaio não destrutivo que consiste na emissão de ondas sonoras de alta frequência (0,5 MHz a 15 MHz) produzidas em cristais piezoeléctricos estimulados por impulsos elétricos

A.83**vala**

cava feita a céu aberto, em trechos contínuos, com seção reta constante, para alojar o duto

Anexo B (normativo)

Critérios para inspeção de recebimento de materiais

B.1 Geral

B.1.1 Na elaboração do procedimento executivo de inspeção de recebimento de materiais, devem ser observados os critérios descritos em B.1.2 a B.1.4 e B.2 a B.13.

B.1.2 Todos os materiais devem ser inspecionados na fase de recebimento, antes de sua aplicação na montagem, e devem estar de acordo com as especificações de projeto (documentos de compra), normas referenciadas (normas de fabricação) e desenhos certificados (quando aplicável).

B.1.3 Todos os materiais devem ser identificados de acordo com os critérios das normas de fabricação ou especificações de projeto, bem como por esta Norma e estarem acompanhados dos respectivos certificados de qualidade, a fim de serem aprovados pela inspeção de recebimento. A identificação deve permitir a rastreabilidade até o certificado de qualidade do material (da matéria-prima até o produto acabado).

B.1.4 O plano de inspeção para verificação das características de inspeção por amostragem, conforme ABNT NBR 5425, deve ser o seguinte:

- a) tubos: nível geral de inspeção II, QL 15, plano de amostragem simples e risco do consumidor 5 %;
- b) parafusos e porcas: nível geral de inspeção II, QL 10, plano de amostragem simples e risco do consumidor 5 %;
- c) eletrodos: nível geral de inspeção II, plano de amostragem simples, sendo para eletrodos de aço carbono QL 6,5 %, risco do consumidor 10 % e para eletrodos de aço-liga QL 4,0 %, risco do consumidor 5 %;
- d) tintas: nível geral de inspeção II, QL 2,5, plano de amostragem simples/dupla, risco do consumidor 5 %.

B.2 Tubos

B.2.1 Todos os tubos devem ter pelo menos as seguintes identificações:

- a) número do tubo (código de rastreabilidade);
- b) logotipo do fabricante;
- c) especificação (grau) do material;
- d) diâmetro;
- e) comprimento;

ABNT NBR 15280-2:2015

- f) espessura da parede;
- g) identificação do material por cores, (quando aplicável).
- h) revestimento (logotipo ou nome do aplicador, tipo, data de aplicação e código de rastreabilidade), (quando aplicável);
- i) isolamento (logotipo ou nome do aplicador, tipo e densidade, data de aplicação e código de rastreabilidade), (quando aplicável).

B.2.2 Deve ser verificado, por amostragem, conforme plano de inspeção definido em B.1.4, se as seguintes características dos tubos estão de acordo com as especificações de projeto ou com as normas referenciadas:

- a) espessura, ovalização e diâmetro;
- b) bisel e ortogonalidade;
- c) estado da superfície interna e externa;
- d) empenamento;
- e) estado do revestimento ou do isolamento térmico.

NOTA 1 A rejeição na inspeção por amostragem indica a necessidade da ampliação desta inspeção para 100 % dos tubos, nas características rejeitadas;

NOTA 2 A inspeção do estado do revestimento anticorrosivo ou isolamento térmico abrange 100 % dos tubos.

B.2.3 Os critérios e requisitos para aceitação e reparo de defeitos superficiais nos tubos devem estar de acordo com o ASME B31.4, para oleodutos, e o ASME B31.8, para gasodutos.

B.2.4 Os tubos recebidos na obra devem ser identificados, por código de cores, quanto à sua espessura de parede. A pintura deve ser aplicada em forma de anel, em uma das extremidades, sobre o revestimento anticorrosivo.

B.3 Flanges

B.3.1 Todos os flanges devem possuir identificação estampada com as seguintes informações:

- a) tipo de flanges;
- b) tipo de face;
- c) especificação e grau do material;
- d) diâmetro nominal;
- e) classe de pressão;
- f) diâmetro do furo (para flanges de pESCOÇO e encaixe para solda).

B.3.2 Os certificados de qualidade de material de todos os flanges devem estar de acordo com a especificação solicitada.

B.3.3 Devem ser verificadas se as seguintes características dos flanges estão de acordo com as especificações de projeto ou com as normas referenciadas:

- a) diâmetro interno;
- b) espessura no bisel dos flanges de pescoço;
- c) altura e diâmetro externo do ressalto;
- d) acabamento da face de contato;
- e) dimensões do bisel ou do encaixe para solda ou da rosca (tipo e passo);
- f) estado das rosas quanto a amassamentos, corrosão e rebarbas para os flanges roscados;
- g) dimensões do rebaixo para junta de anel.

B.3.4 Deve ser verificado, em todos os flanges, se existem trincas, dobras, rebarbas, corrosão e amassamentos, bem como o estado geral da face e ranhura, sem presença de agentes causadores de corrosão, segundo critérios das especificações de projeto ou das normas referenciadas.

B.4 Conexões

B.4.1 Todas as conexões devem estar identificadas por pintura ou punctionamento pelo fabricante, com os seguintes dados:

- a) especificação completa do material;
- b) diâmetro;
- c) classe de pressão ou espessura;
- d) tipo e marca do fabricante.

B.4.2 Os certificados de qualidade do material, inclusive o laudo radiográfico (quando aplicável), devem estar de acordo com as especificações de projeto ou normas referenciadas.

B.4.3 Deve ser verificado se as seguintes características das conexões estão de acordo com as especificações de projeto ou normas referenciadas:

- a) diâmetro nas extremidades;
- b) ovalização nas extremidades;
- c) distância centro-face;
- d) bisel, encaixe para solda ou rosca (tipo e passo);
- e) espessura;
- f) angularidade das curvas forjadas;
- g) estado da superfície quanto a amassamentos, corrosão e trincas.

B.5 Válvulas

B.5.1 Todas as válvulas devem estar embaladas e acondicionadas de acordo com as especificações de projeto ou normas referenciadas.

B.5.2 Todas as válvulas devem estar identificadas por placa, de acordo com a codificação de projeto.

B.5.3 Em todas as válvulas dotadas de acionadores, devem ser realizados testes de funcionamento utilizando o seu mecanismo de acionamento manual. Quando aplicável, deve ser verificada a calibração do curso do obturador.

Nas válvulas com acionamento pneumático, deve ser realizado teste de acionamento do conjunto válvula e atuador, utilizando gás inerte (nitrogênio).

B.5.4 Os certificados de qualidade dos materiais devem estar de acordo com as especificações de projeto ou normas referenciadas.

B.5.5 Deve ser verificado se as seguintes características das válvulas estão de acordo com as especificações de projeto, normas referenciadas e documentos emitidos pelo fabricante:

- a) classe de pressão;
- b) diâmetro interno e nominal;
- c) características dos internos e sistemas de vedação;
- d) flanges (ver B.3);
- e) características e distância entre extremidades;
- f) pintura ou revestimento externo;
- g) dreno, suspiro e alívio do corpo.

B.5.6 O estado da superfície do corpo da válvula deve ser verificado quanto à corrosão, ao amassamento e às falhas de fundição; o empenamento da haste, o aspecto geral do volante e o estado das gaxetas devem ser também verificados.

B.5.7 Deve ser realizado, após o recebimento na obra, previamente à instalação, o teste hidrostático do corpo e sede das válvulas de bloqueio, conforme especificação do fabricante. As condições de teste e critério de aceitação devem estar de acordo com as especificações de projeto ou normas referenciadas. A água a ser utilizada deve ter qualidade compatível com a especificada no 6.4.

NOTA Quando especificado pelo projeto, o teste hidrostático da sede das válvulas pode ser complementado por teste pneumático de baixa pressão.

B.5.8 Imediatamente após o teste hidrostático, as válvulas devem ter os seus internos (inclusive a cavidade interna do corpo) drenados e secos, com a utilização de nitrogênio ou ar seco, sendo mantidos limpos, secos, engraxados e protegidos. As hastes devem ser condicionadas e protegidas mecanicamente.

B.6 Juntas (de vedação)

B.6.1 Todas as juntas devem estar identificadas, contendo as seguintes características:

- a) material;
- b) tipo de junta;
- c) material de enchimento e espessura;
- d) diâmetros (externo e interno);
- e) classe de pressão;
- f) padrão dimensional de fabricação.

B.6.2 Não é permitido que as juntas tipo anel (*RTJ*) apresentem, na sua superfície, corrosão, amassamento, avarias mecânicas e trincas.

B.6.3 Deve ser verificado se as seguintes características das juntas estão de acordo com as especificações de projeto ou normas referenciadas:

- a) classe de pressão e norma de fabricação do flange, material, espessura, diâmetros externo e interno e passo (juntas espiraladas ou corrugadas);
- b) espaçadores das juntas metálicas (diâmetro externo e espessura);
- c) material, espessura e diâmetros (externo e interno) das juntas de papelão hidráulico;
- d) classe de pressão, material, dureza, tipo e número (do anel) das juntas tipo anel.

B.7 Parafusos e porcas

B.7.1 Todos os lotes de parafusos e porcas devem ser identificados com as seguintes características:

- a) especificação do material;
- b) tipo de parafuso e dimensões.

B.7.2 Os certificados de qualidade do material de todos os lotes de parafusos e porcas devem estar de acordo com as especificações de projeto e normas referenciadas.

B.7.3 Deve ser verificado, por amostragem, de acordo com plano de inspeção definido em B.1.4, se as seguintes características das porcas e parafusos estão de acordo com as especificações de projeto ou com as normas referenciadas:

- a) comprimento do parafuso, diâmetros do parafuso e porca, altura e distância entre faces e arestas da porca e tipo e passo da rosca;
- b) estado geral quanto a amassamentos, trincas, corrosão, acabamento geral e proteção da peça.

B.8 Filtros

- B.8.1** Os filtros devem ser identificados e possuir indicação do sentido de fluxo.
- B.8.2** Devem ser verificadas as seguintes dimensões: distância entre extremidades, suportes, extremidades, dimensões e malha do elemento filtrante.
- B.8.3** Devem ser verificados o estado geral do filtro, principalmente do elemento filtrante, e as falhas de fundição, segundo critérios da MSS SP 55.

B.9 Tampa de abertura e fechamento rápido

- B.9.1** As tampas de abertura e fechamento rápido para câmaras de *pig* devem estar identificadas de acordo com as especificações do projeto.
- B.9.2** Os certificados de material devem estar em conformidade com a especificação de projeto e normas referenciadas.
- B.9.3** Deve ser verificado se as seguintes características estão de acordo com a especificação de projeto e normas referenciadas, bem como com os desenhos certificados (quando aplicável):
- a) diâmetro interno;
 - b) *bisel*, integridade do anel de vedação e sede;
 - c) classe de pressão;
 - d) material;
 - e) posição de abertura.

B.10 Atuadores de válvulas

- B.10.1** Todos os atuadores de válvulas devem estar identificados de acordo com as especificações de projeto, normas referenciadas e desenhos certificados (quando aplicável).
- B.10.2** Os certificados de material devem estar em conformidade com a especificação de projeto e normas referenciadas.

B.11 Consumíveis de soldagem

- B.11.1** No recebimento de consumíveis deve ser feita uma inspeção visual das embalagens por lote, conforme plano de inspeção definido em B.1.4.
- B.11.1.1** A embalagem dos eletrodos, varetas e arames deve indicar, de modo legível e sem rasuras, a marca comercial, especificação, classificação, diâmetro (exceto fluxos), número da corrida e data de fabricação.
- B.11.1.2** Não é permitido que as embalagens de eletrodos revestidos, de varetas e de arames apresentem defeitos que provoquem a contaminação ou danos nos consumíveis.

B.11.2 O eletrodo revestido deve dispor de identificação individual por meio de inscrição legível, constando pelo menos a referência comercial indicada na embalagem. A vareta deve ser identificada, por tipagem, em ambas as extremidades. O arame em rolo deve ser identificado no carretel.

B.11.3 Para eletrodos revestidos deve ser verificado, por amostragem, de acordo com o plano de inspeção definido em B.1.4, se as seguintes características estão presentes:

- a) regularidade e continuidade do revestimento;
- b) concentricidade do revestimento;
- c) espessura do revestimento;
- d) comprimento do corpo;
- e) diâmetro da alma;
- f) aderência do revestimento
- g) ausência de trincas
- h) integridade da ponta

B.11.4 Eletrodo nu ou vareta com sinais de oxidação não são aceitáveis.

B.11.5 A unidade para o tamanho do lote e da amostra é considerada em número de eletrodos.

B.11.6 Considerar, para amostragem, apenas eletrodos de uma mesma corrida.

B.11.7 Efetuar amostragem abrindo pelo menos uma embalagem para cada dez recebidas e retirar a amostra igualmente parcelada entre as embalagens abertas, de forma aleatória.

B.12 Tintas

B.12.1 No recebimento das tintas, deve ser feita, inicialmente, uma inspeção visual das embalagens por lote, conforme plano definido em B.1.4.

B.12.2 Devem ser retiradas amostras consistindo em um número determinado de recipientes, de acordo com a faixa a que corresponde o tamanho do lote, conforme plano de inspeção.

B.12.3 Para efeito de inspeção visual, os defeitos das embalagens a serem considerados são os seguintes:

- a) insuficiência de enchimento;
- b) excesso de enchimento;
- c) fechamento imperfeito;
- d) vazamento;
- e) amassamento;

ABNT NBR 15280-2:2015

- f) rasgos;
- g) cortes;
- h) falta ou insegurança da alça;
- i) mau estado de conservação;
- j) marcação deficiente.

B.12.4 Cada recipiente portador de um ou mais defeitos deve ser considerado defeituoso e registrado pormenorizadamente em boletim de inspeção.

B.12.5 Caso o lote seja aceito, os recipientes defeituosos encontrados na amostra devem ser eliminados do lote e substituídos por outros perfeitos, que se reincorporam ao lote juntamente com os recipientes perfeitos da amostra.

B.12.6 No recebimento de tintas, deve ser verificado o certificado de garantia da qualidade com o respectivo resultado dos ensaios realizados.

B.12.7 A embalagem deve conter a data de validade de utilização e a identificação da tinta.

B.13 Materiais e equipamentos para proteção catódica

O recebimento, a armazenagem e o manuseio de materiais e equipamentos para proteção catódica devem atender aos requisitos da ABNT NBR ISO 15589-1.

Anexo C (normativo)

Tabelas e Figuras

Tabela C.1 – Compatibilidade entre revestimentos

Revestimento da junta de campo					
Revestimento original	Epóxi em pó termicamente curado	Epóxi líquido dois componentes	Fita de polietileno	Polietileno termocontrátil	Polipropileno termocontrátil
Polipropileno extrudado			X		X
Polietileno extrudado			X	X	
Epóxi em pó (FBE)	X	X	X	X	
Fita de polietileno			X		

Tabela C.2 – Seleção da malha da tela

Diâmetro externo do duto (mm)	Largura da tela (mm)	Diâmetro do fio (mm)	Largura da fita (mm)	Espessura da fita (mm)
Até 50	100	2,0	50	0,10
De 50 a 300	150	2,5	75	0,10
Acima de 300	200	2,5	100	0,10

Tabela C.3 – Fita de polietileno

Propriedades	Valores especificados		Métodos de ensaio
	Mínimo	Máximo	
Cor	Alaranjado-segurança (2.5 YR 6/14)		Visual
Inscrição	Preto (inclusive o desenho da chama)		–
Variação de espessura (%)	– 0	+ 20	Micrômetro
Variação da largura (%)	10		Escala
Densidade	0,915	0,930	ASTM D1505
Alongamento na ruptura (%)	400	–	ASTM D882
Tensão na ruptura (MPa)	17	–	ASTM D882

Tabela C.4 – Fio de polietileno

Propriedades	Valores especificados		Métodos de ensaio
	Mínimo	Máximo	
Cor	Alaranjado-segurança (2.5 YR 6/14)		Visual
Variação no diâmetro do fio (%)	– 0	+ 20	Paquímetro
Densidade	0,940	–	ASTM D792, método B
Alongamento no escoamento (%)	7		ASTM D638, CP tipo IV
Tensão no escoamento (MPa)	21		ASTM D638, CP tipo IV

Tabela C.5 – Tipos de sinalização

Tipo	Finalidade	Critério de utilização	Mensagem (exemplos)
Marco delimitador (Figura C.3-a)	Delimitação da faixa (instalado aos pares, nas laterais da faixa)	<ul style="list-style-type: none"> — A cada 50 m em área urbana — A cada 200 m em área rural — Nos cruzamentos e travessias — Nas seções da faixa de entrada e saída limítrofes de áreas industriais 	–
	Delimitação de leito de ânodos	Extremidades dos cabos e pontos de inflexão do leito	–
Marco sinalizador (Figura C.3-b)	Posicionamento do duto (instalado sobre a diretriz do duto)	<ul style="list-style-type: none"> — Junto às margens dos cruzamentos de vias públicas e privadas — Cruzamento com outros dutos, cabos elétricos ou de comunicação — Junto às margens das travessias — Seções da faixa de entrada e saída limítrofes de áreas industriais. 	DUTO ENTERRADO – NÃO ESCAVAR
Marco quilométrico (Figura C.4)	Quilometragem da faixa	Uma das laterais da faixa, a cada quilômetro (desenvolvido)	–

Tabela C.5 (continuação)

Tipo	Finalidade	Critério de utilização	Mensagem (exemplos)
Placa de sinalização Tipo I (Figuras C.5-a e C.5-b) ou Placa de sinalização Tipo II (Figuras C.6-a e C.6-b) (Ver Nota 1)	Sinalização de cruzamento	Cruzamento com estradas e ruas	Atenção – Duto enterrado Não escavar e não transitar com veículo sobre a faixa
		Cruzamento com ferrovias	Atenção – Duto enterrado Não escavar
		Cruzamento com outros dutos ou cabos	Atenção cruzamento (nome do duto) / (cabو/potência do cabo)
	Sinalização de travessia	Rios, canais e lagos não navegáveis, em ambas as margens	Atenção – Duto submerso Não dragar
		Advertência	Atenção – Faixa de dutos – Proibido construir – Os infratores estão sujeitos às penalidades da Lei
			Atenção – Faixa de dutos Não jogar lixo ou entulhos
			Atenção – Faixa de dutos Não acender fogueira
	Advertência	Área intermediária de válvula, lançador/recebedor de <i>pig</i> e outras instalações	Perigo Não fume Produto inflamável/alta pressão
		Área de leito de ânodo	Atenção – Leito de ânodos Não escavar
	Identificação	Área intermediária de válvula	Área de válvulas Válvula Nº (nome do duto)
		Área de lançador/recebedor de <i>pig</i>	Área de lançador/recebedor de <i>pig</i> (nome do duto)
		Área de domínio	Áreas de propriedade da Companhia XXXXX

Tabela C.5 (continuação)

Tipo	Finalidade	Critério de utilização	Mensagem (exemplos)
Placa de sinalização Tipo I (Figuras C.5-a e C.5-b) ou Placa de sinalização Tipo II (Figuras C.6-a e C.6-b) (Ver Nota 1)	Indicação	Nos acessos (lançador/recebedor de pig, faixas de dutos, estações retificadoras ou de drenagens elétricas, estações intermediárias de bombeamento ou de compressão, caixas de provadores de corrosão etc.)	Nº da válvula Nome do duto  (distância)
Placa de sinalização Tipo III (Figuras C.7-a e C.7-b)	Sinalização de travessia	Rios navegáveis, em ambas as margens	Atenção – Duto submerso Não dragar Não fundear
	Identificação	Estações de produção, compressão bombeamento, entre outras	Estação de compressão de XXXXXXXXXXXXXXX
	Sinalização	Trechos aéreos de dutos	Devem ser pintadas setas indicando o sentido do fluxo, nome e diâmetro do duto
		Complementos	Recomenda-se identificar, por meio de pintura dos respectivos números, com letras de dimensões compatíveis com o espaço disponível, possibilitando a visualização em inspeções aéreas.
NOTA A placa de sinalização do Tipo I é utilizada nas mesmas situações previstas para a do Tipo II. Quando for necessário, destacar ou aumentar o texto da mensagem.			

Tabela C.6 – Fator de correção para o efeito da temperatura

Temperatura média de teste °C	Fator de temperatura bar/°C
8	0,35
9	0,45
10	0,55
11	0,66
12	0,74
13	0,83
14	0,93
15	1,02
16	1,09
17	1,18
18	1,26
19	1,34
20	1,44
21	1,51
22	1,58
23	1,66
24	1,75
25	1,82
26	1,88
27	1,95
28	2,03
29	2,09
30	2,16

NOTA Esta Tabela é baseada na BSI PD 8010-1.

Tabela C.7 – Requisitos de qualidade da água para teste hidrostático de dutos, em função de parâmetros químicos e microbiológicos

Parâmetro	Resultado da análise
Cloreto	< 200 mg/L
Sólidos totais	< 500 mg/L
pH	6,5 a 8,0
Sulfetos (H_2S)	≤ 0,1 mg/L
Sulfato	≤ 20 mg/L
Bactérias redutoras de sulfato (BRS)	≤ 10 NMP/mL
Bactérias aeróbias Heterotróficas totais (BAHT)	≤ 10^3 UFC/mL
Carbono orgânico total (TOC)	≤ 2 mg/L
Sólidos suspensos	≤ 30 mg/L
Oxigênio dissolvido	≥ 5,0 mg/L

NOTA 1 NMP – Número Mais Provável.
NOTA 2 UFC – Unidade Formadora de Colônias.

Tabela C.8 – Tratamento anticorrosivo para água de teste hidrostático

Parâmetro	Resultado da análise	Procedimento de correção
Oxigênio dissolvido (ver NOTA 4)	Não existem restrições se atendidos os critérios de 6.4	Dosar sequestrante de oxigênio (ver NOTA 1)
	< 5,0 mg/L	Dosar biocida ou empregar outra fonte de água (ver NOTA 3)
pH	< 6,5	Substituir a fonte de água ou corrigir o pH com NaOH (ver NOTA 2)
Sólidos suspensos	> 30 mg/L	Dosar biocida ou empregar outra fonte de água (ver NOTA 3)
Bactérias aeróbias Heterotróficas totais (BAHT)	> 10^3 UFC/mL	Dosar biocida ou empregar outra fonte de água (ver NOTA 3)
Bactérias redutoras de sulfato (BRS)	> 10 NMP/mL	Dosar biocida ou empregar outra fonte de água (ver NOTA 3)
Sulfato	> 20 mg/L	Dosar biocida ou empregar outra fonte de água (ver NOTA 3)
Sulfetos (H_2S)	> mg/L	Dosar biocida ou empregar outra fonte de água (ver NOTA 3)

Tabela C.8 (continuação)

Parâmetro	Resultado da análise	Procedimento de correção
(TOC)	> 2,0 mg/L	Dosar biocida ou empregar outra fonte de água (ver NOTA 3)

NOTA 1 Empregar 20 mg/L de solução de bissulfito de sódio ($39,0 \pm 1,0\%$), para cada mg/L de oxigênio dissolvido, acrescentando um fator de segurança de 10 %.

NOTA 2 Caso seja necessário, dosar também sequestrantes de O₂ e reajustar o pH até 8,0 para acelerar a reação com O₂ dissolvido. Nos outros casos, ajustar para no mínimo 6,5, porém sem ultrapassar o valor-limite especificado.

NOTA 3 Dosar a água com sequestrante de oxigênio (conforme NOTA 1) e biocida (100 mg/L de THPS a 75 %). Injetar o sequestrante a montante do biocida, visando evitar a desativação do biocida pela reação com o sequestrante.

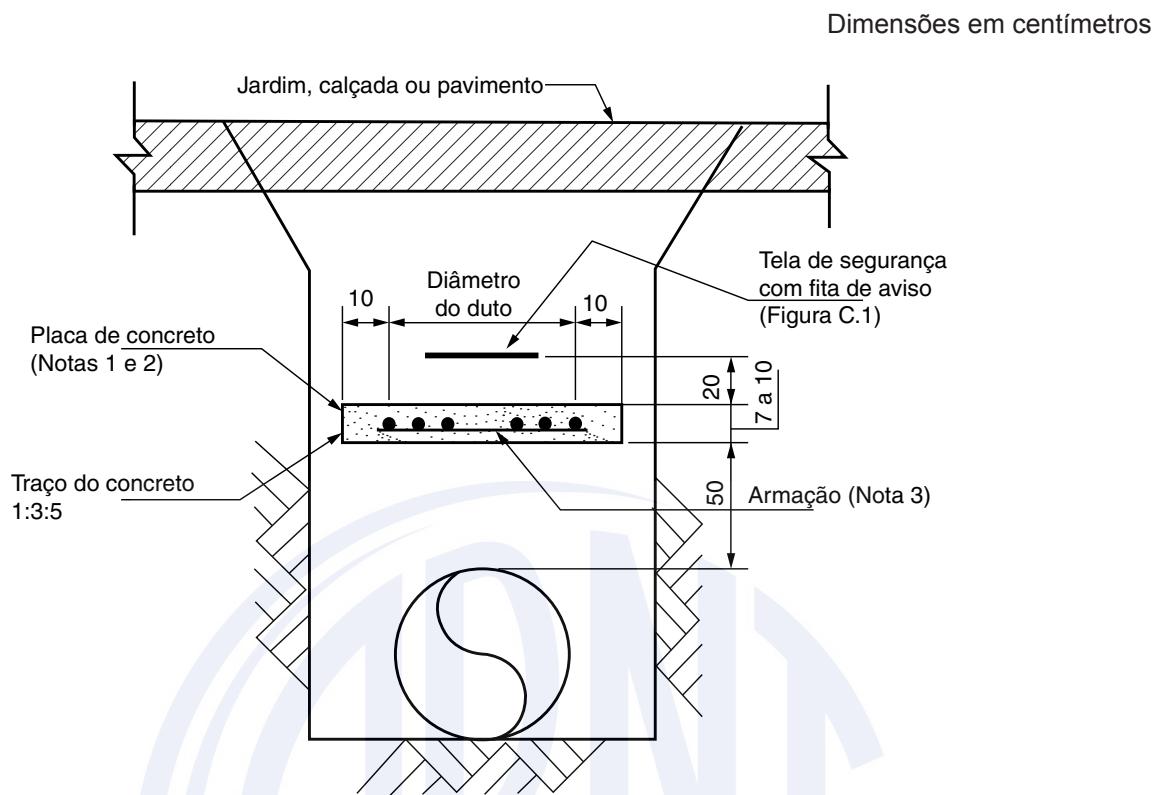
NOTA 4 O teor de oxigênio dissolvido na água doce varia entre 8,0 mg/L e 11,0 mg/L, em função do local de captação. Teores muito baixos são indicativos de atividade de bactérias aeróbias



NOTA 1 Soldagem por brasagem da fita na tela.

NOTA 2 Aplicar camada de filme de polietileno incolor sobre as inscrições.

Figura C.1 – Tela de segurança com fita de aviso



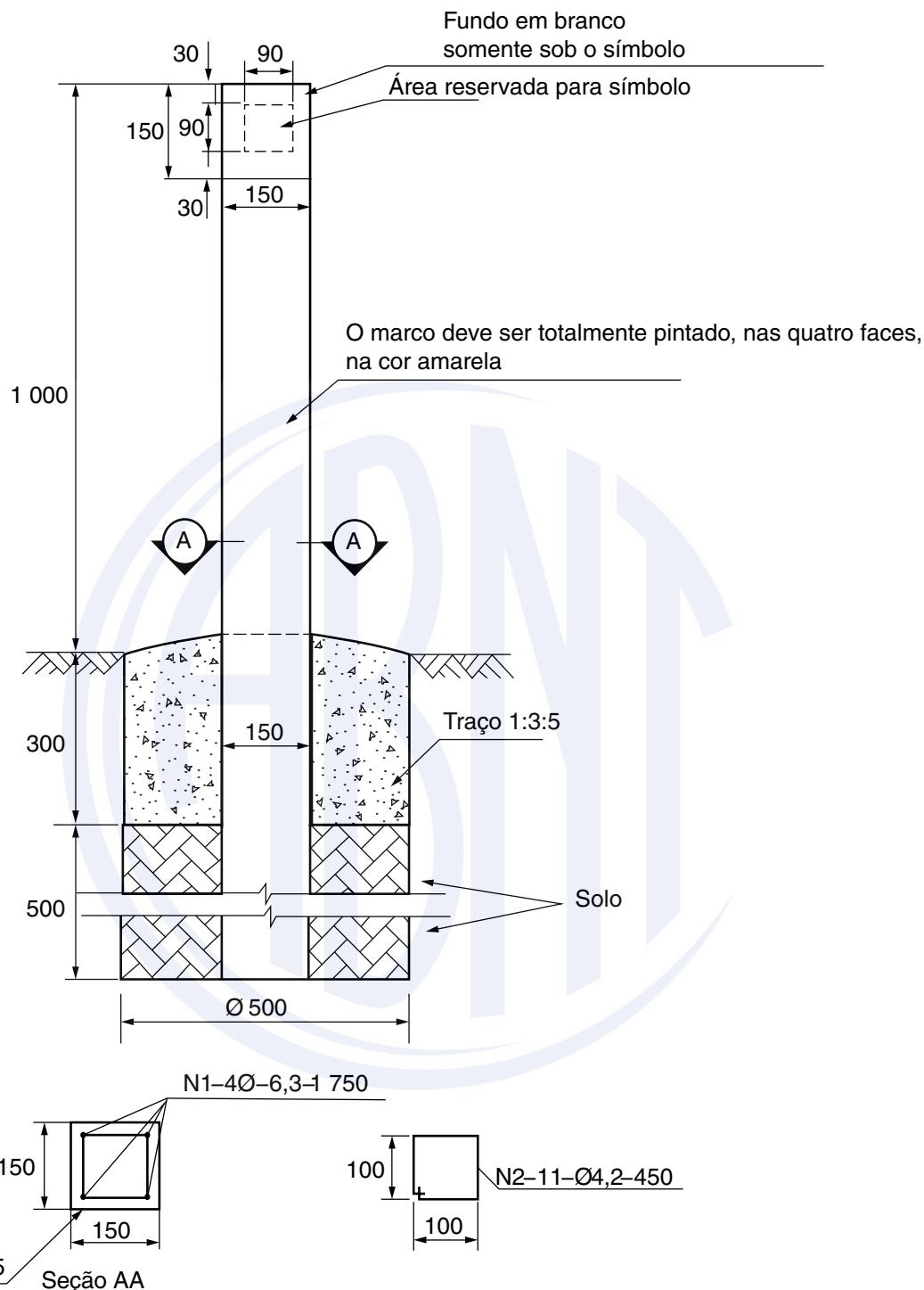
NOTA 1 Afastamento máximo entre placas: 40 cm.

NOTA 2 Placas com comprimento de 50 cm. Essa dimensão, a critério da fiscalização, pode ser modificada, a fim de facilitar o transporte e a instalação.

NOTA 3 Usar armação tipo tela soldada com malha de arame de (10×10) cm e diâmetro do arame de 4,5 mm nas duas direções.

Figura C.2 – Instalação da tela de segurança (com fita de aviso) e da placa de concreto

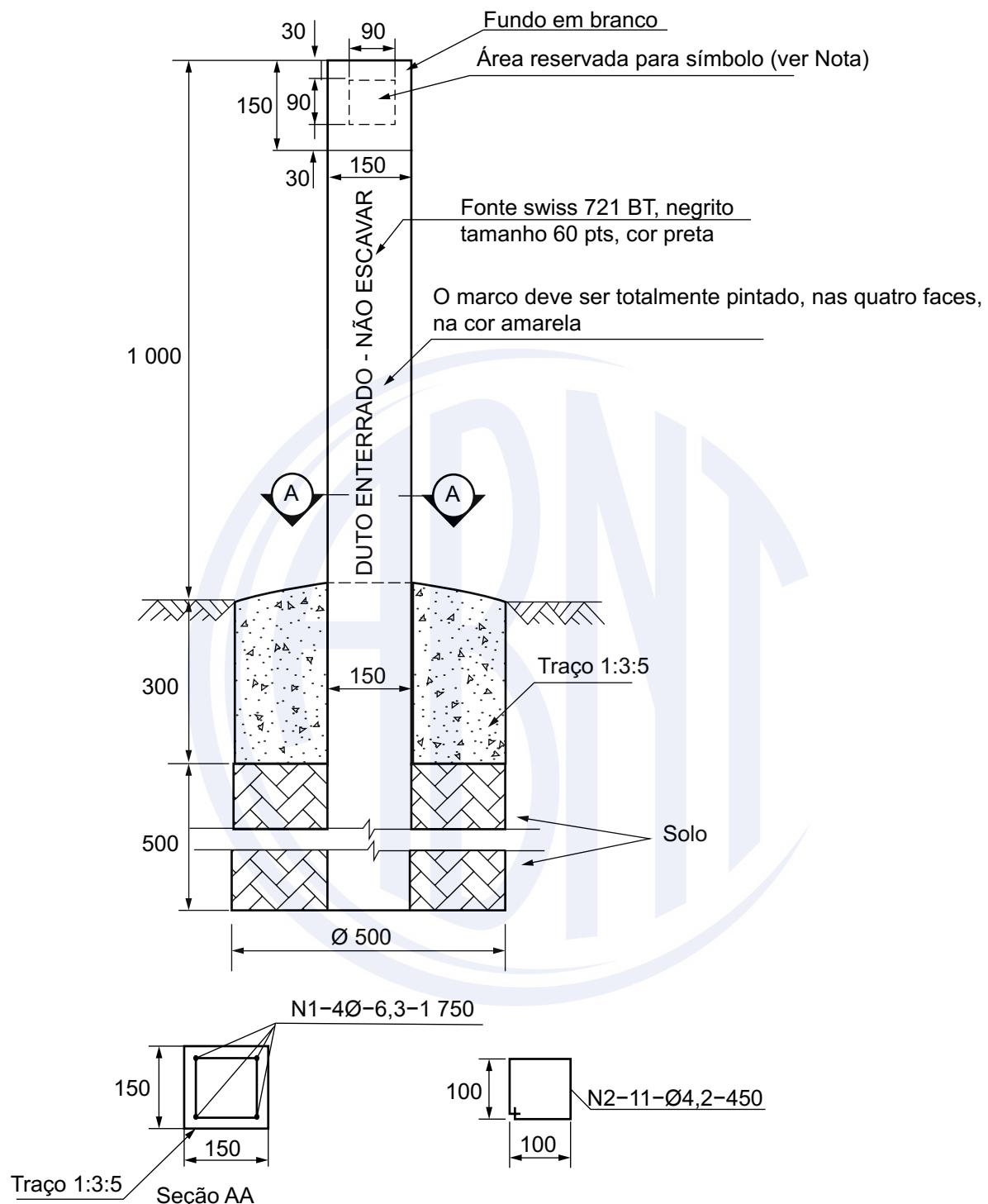
Dimensões em milímetros



NOTA Símbolo aplicado apenas em uma das faces, voltado para o lado de melhor visualização.

Figura C.3-a – Marco delimitador

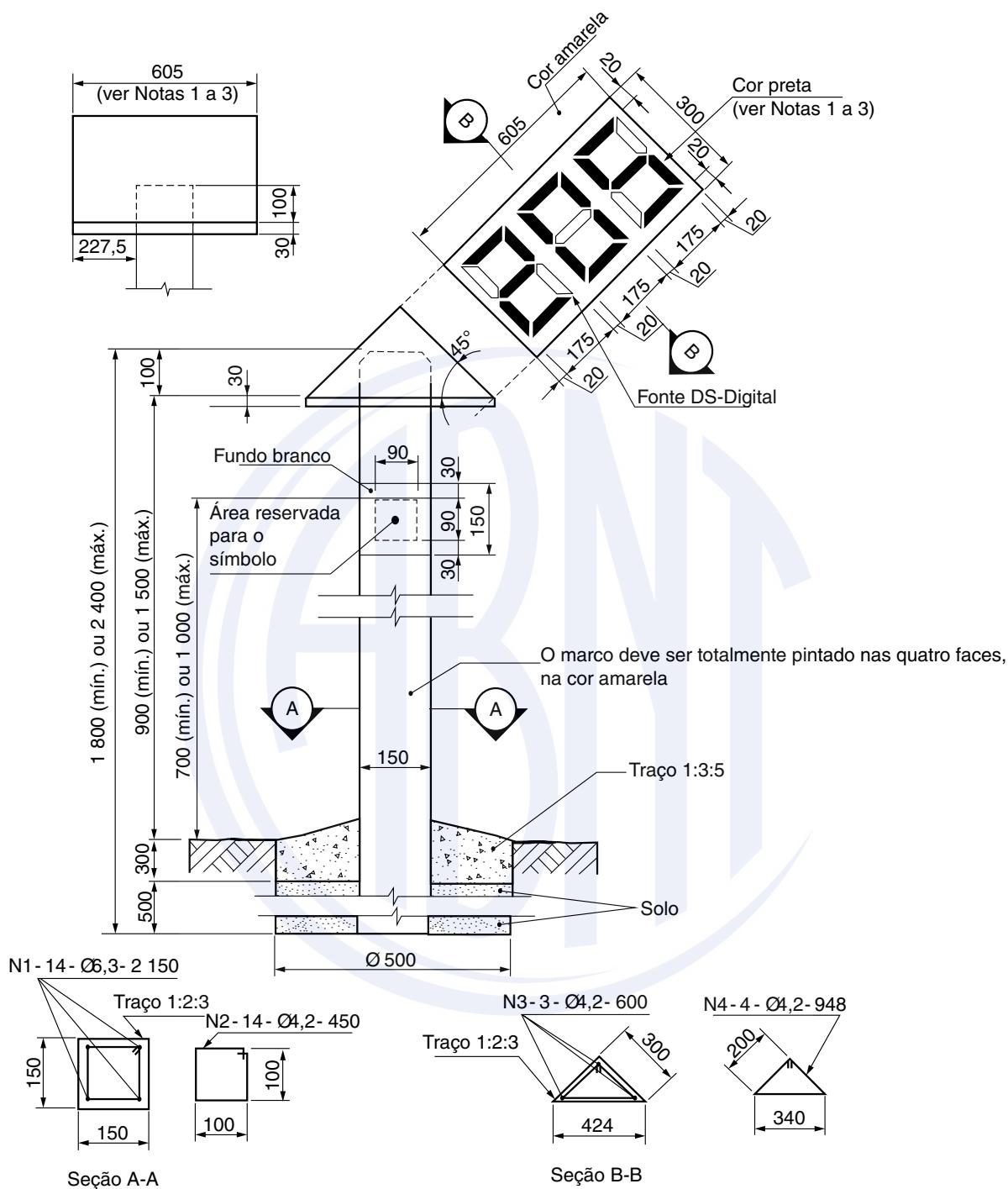
Dimensões em milímetros



NOTA Símbolo aplicado apenas em uma das faces, voltada para o lado de melhor visualização.

Figura C.3-b – Marco sinalizador de dutos

Dimensões em milímetros



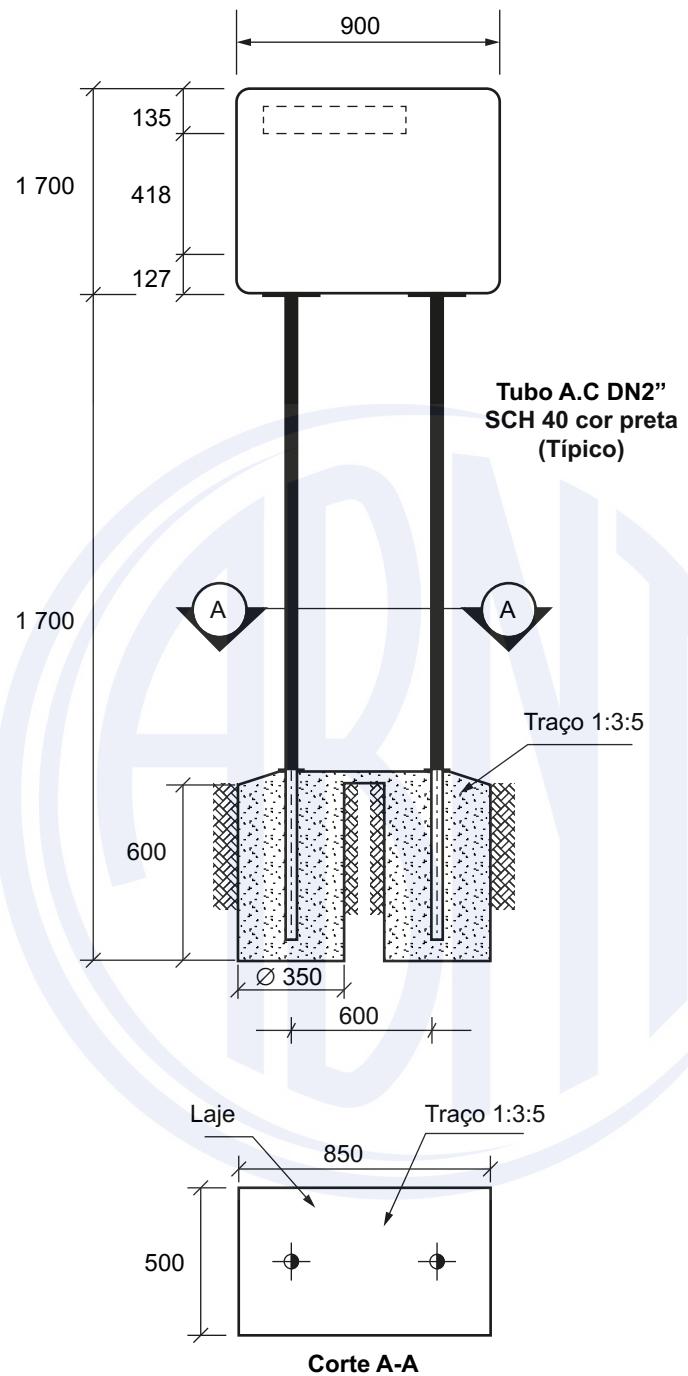
NOTA 1 A quilometragem é aplicada nas duas faces do topo do marco e o símbolo é aplicado apenas em uma das faces voltada para o lado de melhor visualização.

NOTA 2 Fixar o “topo do marco” ao marco com adesivo para concreto à base de epóxi.

NOTA 3 O chapéu pode ser de concreto armado com fonte em formato digital em baixo relevo ou em chapa galvanizada com espessura mínima de 2 mm com os números em formato digital pintados.

Figura C.4 – Marco quilométrico

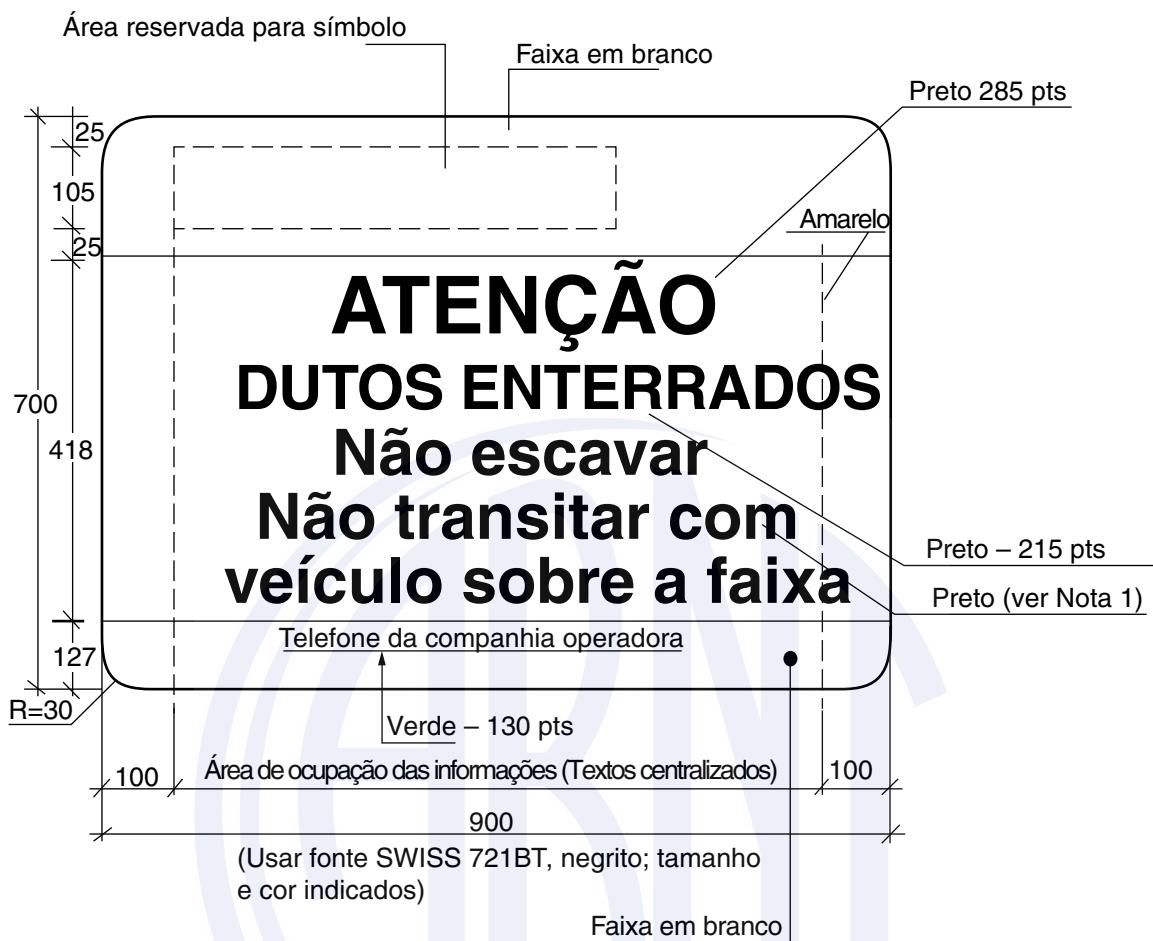
Dimensões em milímetros



NOTA Pode ser utilizada em uma ou ambas as faces da placa; quando for utilizada em apenas uma das faces, a outra é pintada totalmente na cor preta

**Figura C.5-a – Modelo-padrão de placa de sinalização – Tipo I
(Detalhes de fixação)**

Dimensões em milímetros

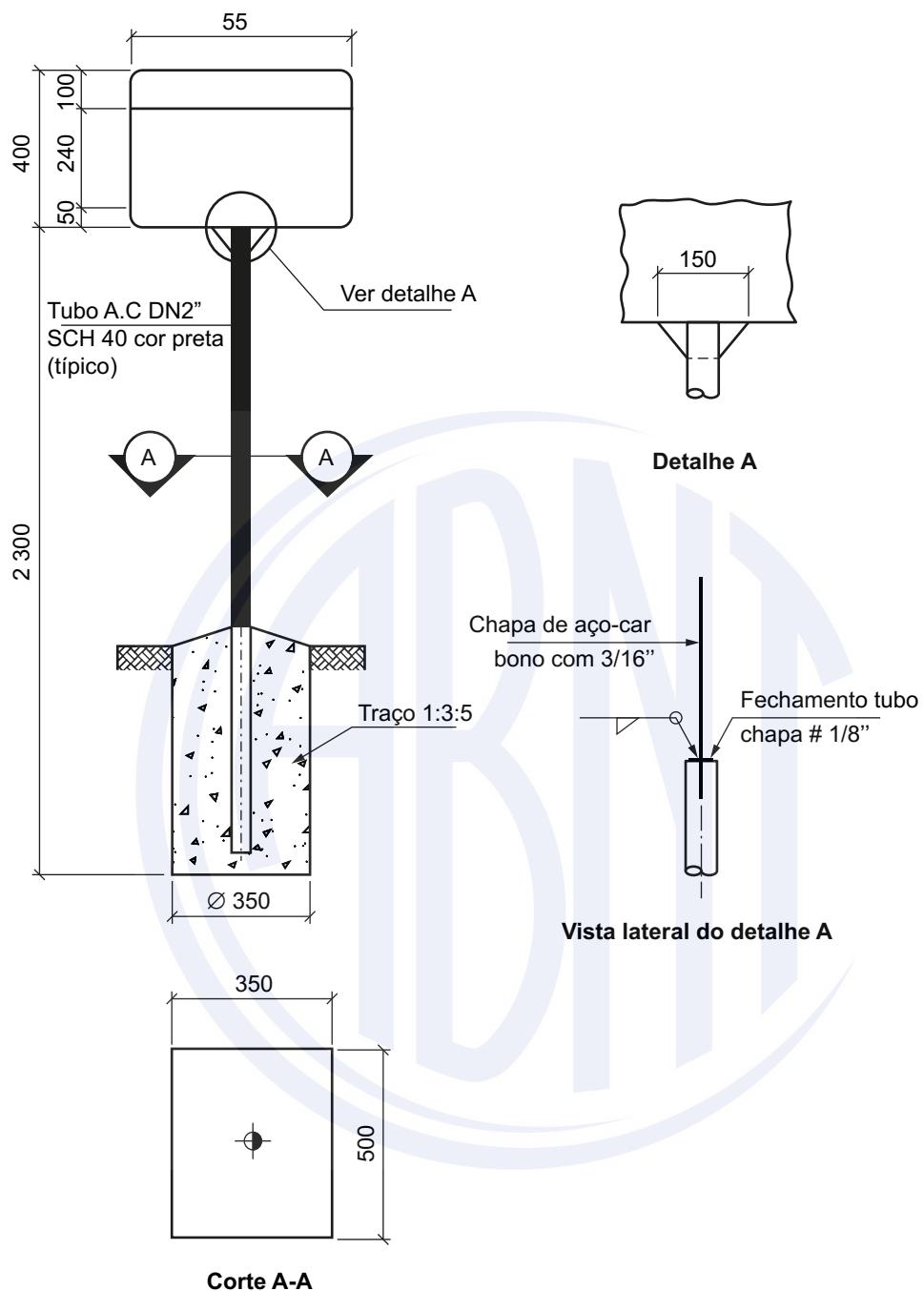


NOTA 1 O tamanho da fonte é definido em função do texto.

NOTA 2 Pode ser utilizada em uma ou ambas as faces da placa; quando for utilizada em apenas uma das faces, a outra é totalmente pintada na cor preta.

Figura C.5-b – Modelo-padrão de placa de sinalização – Tipo I (Características gráficas)

Dimensões em milímetros



**Figura C.6-a – Modelo-padrão de placa de sinalização – Tipo II
(Detalhes de fixação)**

Dimensões em milímetros

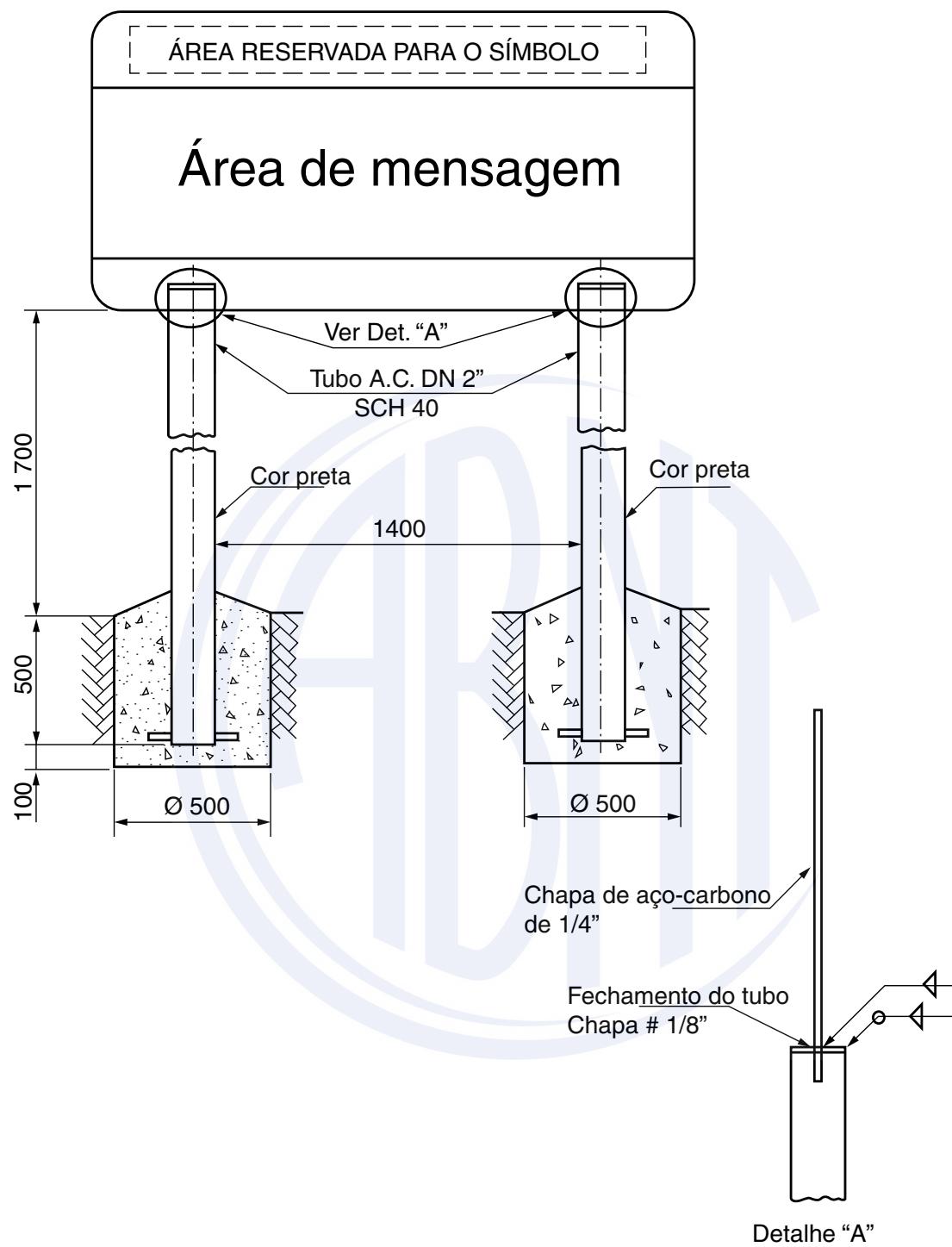


NOTA 1 O tamanho da fonte é definido em função do texto.

NOTA 2 Pode ser utilizada em uma ou ambas as faces da placa; quando for utilizada em apenas uma das faces, a outra é totalmente pintada na cor preta.

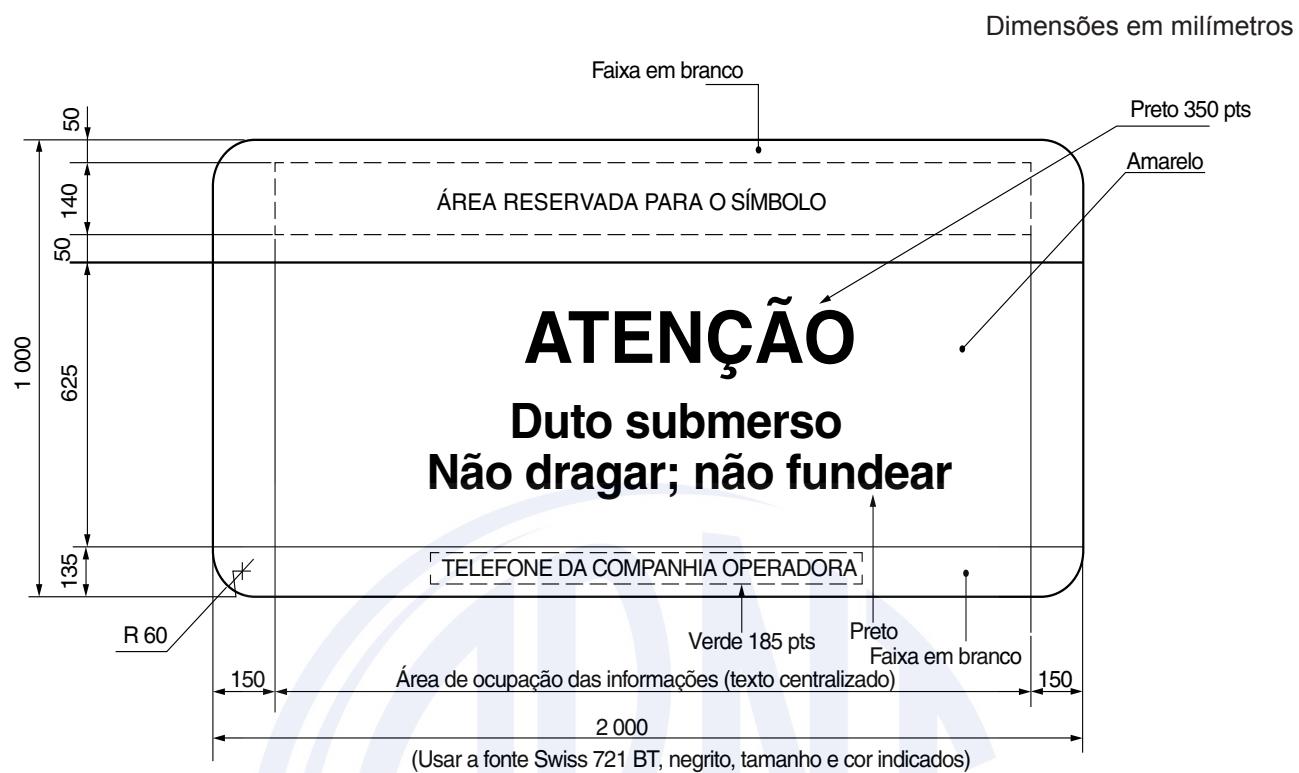
**Figura C.6-b – Modelo-padrão de placa de sinalização – Tipo II
(Características gráficas)**

Dimensões em milímetros



NOTA Pode ser utilizada em uma ou ambas as faces da placa; quando for utilizada em apenas uma das faces, a outra é totalmente pintada na cor preta.

**Figura C.7-a – Modelo padrão de placa de sinalização – Tipo III
(Detalhes de fixação)**



**Figura C.7-b – Modelo-padrão de placa de sinalização – Tipo III
(Características gráficas)**



Figura C.8 – Gráfico pressão x tempo ($P \times T$)

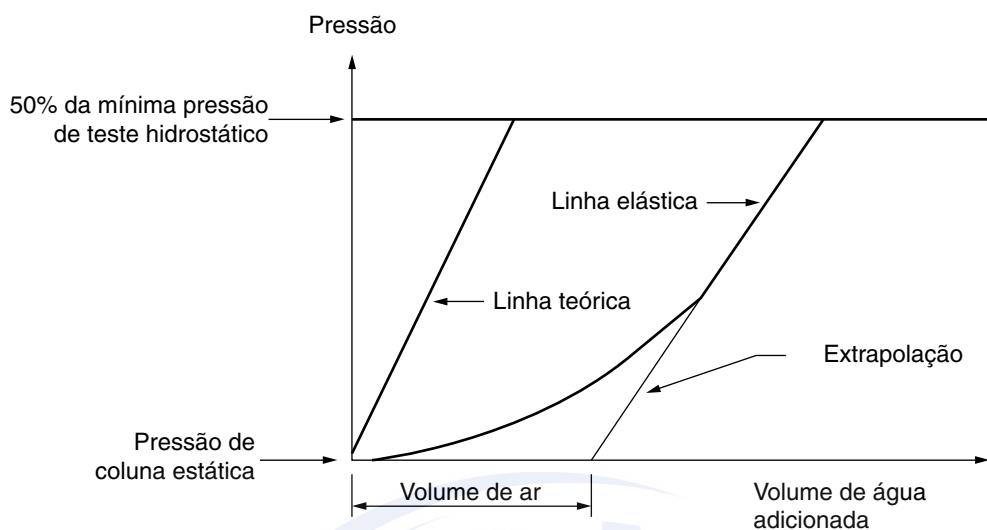
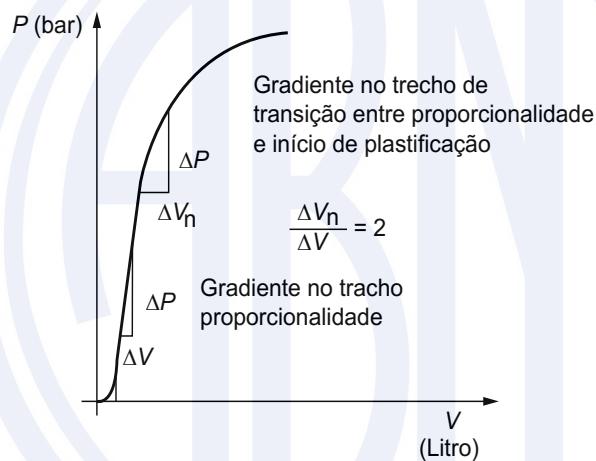
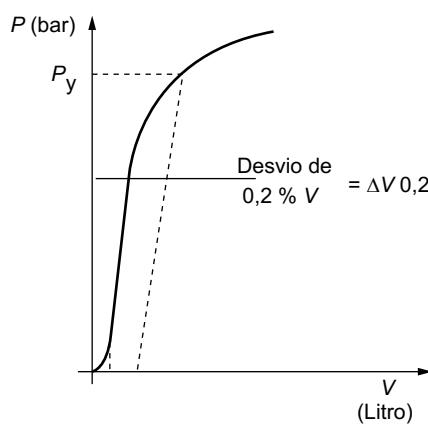


Figura C.9 – Medição gráfica do volume de ar residual



NOTA A proximidade do limite elástico σ_y , durante a pressurização de um trecho de teste, é estabelecida quando o volume de água ΔV_n , injetado para produzir um incremento de pressão de 1 bar torna-se duas vezes superior ao volume ΔV que vinha sendo injetado para obtenção do mesmo incremento de pressão durante o traçado do segmento reto do gráfico PV .

a) Controle do limite elástico pela relação $\Delta V / \Delta P$



NOTA 1 A indicação de que o limite elástico σ_y foi atingido, durante a pressurização de um trecho de teste, é estabelecida ao ser determinada a pressão P_y , tirada no gráfico PV , correspondente a um desvio (do trecho reto deste gráfico) igual a 0,2 % do volume inicial de água no trecho de teste.

NOTA 2 Parâmetros do gráfico:

P_y é a pressão que produz uma tensão correspondente ao limite elástico σ_y ;

$\Delta V_{0,2}$ é o incremento volumétrico numericamente igual a 0,2 % de V_i ;

ΔV é o incremento volumétrico do tubo sob efeito da água injetada e comprimida;

V_i é o volume inicial de água no trecho de teste;

P é a pressão (medida) correspondente ao incremento volumétrico ΔV .

b) Controle do limite elástico pelo desvio de 0,2 % do volume

Figura C.10 – Gráfico pressão versus incremento volumétrico do tubo sob efeito da água injetada e comprimida

Bibliografia

- [1] Norma Regulamentadora – Ministério do Trabalho – NR 18, Condições e meio ambiente de trabalho na industria da construção
- [2] Norma Regulamentadora – Ministério do Trabalho – NR 19, Explosivos
- [3] Normas de Segurança para armazenamento, descontaminação e destruição de explosivos do Exército

