

**MINISTÉRIO DAS CIDADES - Secretaria Nacional da Habitação**  
**Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H)**  
**Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT)**

# **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos**

## **DIRETRIZ SINAT**

Nº 013

Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno de alta densidade reciclado para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais

Brasília, abril de 2018

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	3
1.1 Objeto .....	3
1.2 Restrições de uso .....	4
1.3 Campo de aplicação .....	4
1.4 Terminologia .....	4
1.5 Documentos técnicos complementares .....	7
2. CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO .....	8
3. REQUISITOS E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO .....	10
3.1 Desempenho estrutural .....	10
3.1.1 Rigidez anelar .....	10
3.1.2 Achatamento .....	11
3.1.3 Resistência ao impacto .....	11
3.1.4 Fissuramento sob tensão com entalhe (notched constant ligament stress - NCLS) .....	11
3.2 Resistência ao calor .....	11
3.2.1 Verificação do comportamento ao calor .....	11
3.3 Estanqueidade à água .....	11
3.3.1 Ensaio de estanqueidade para qualificação do projeto da junta (união) .....	11
3.3.2 Verificação da estanqueidade da junta .....	11
3.4 Durabilidade .....	12
3.4.1 Fissuramento sob tensão sem entalhe (un-notched constant ligament stress - UCLS) – verificação da durabilidade .....	12
3.4.2 Vida útil de projeto .....	12
4. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO .....	13
4.1 Métodos para a caracterização do produto .....	13
4.2 Métodos de avaliação do desempenho .....	14
5. ANÁLISE GLOBAL DO DESEMPENHO DO PRODUTO .....	15
6. CONTROLE DA QUALIDADE .....	15
6.1 Controle de produção (fábrica) .....	15
6.1.1 Controle da matéria-prima .....	15
6.1.2 Controle do composto .....	16
6.1.3 Controle da fabricação dos tubos .....	17
6.2 Controle no canteiro de obras .....	17
7. MANUSEIO, ARMAZENAMENTO E INSTALAÇÃO .....	18
7.1 Manuseio e armazenamento .....	18
7.2 Controle de execução em canteiro de obras .....	19
7.2.1 Materiais .....	19
7.2.2 Escavação da vala .....	19
7.2.3 Instalação .....	21
ANEXO A – Avaliação da toxicidade .....	23
ANEXO B – Ensaio de resistência química .....	27
ANEXO C – Classificação Unificada dos Solos conforme a ASTM D2321-14 .....	28

# **DIRETRIZ PARA AVALIAÇÃO TÉCNICA DE TUBULAÇÕES CORRUGADAS DE POLIETILENO CONTENDO POLIETILENO RECICLADO DE ALTA DENSIDADE PARA MICRODRENAGEM DE ÁREAS INTERNAS DE EMPREENDIMENTOS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS**

## **1. Introdução**

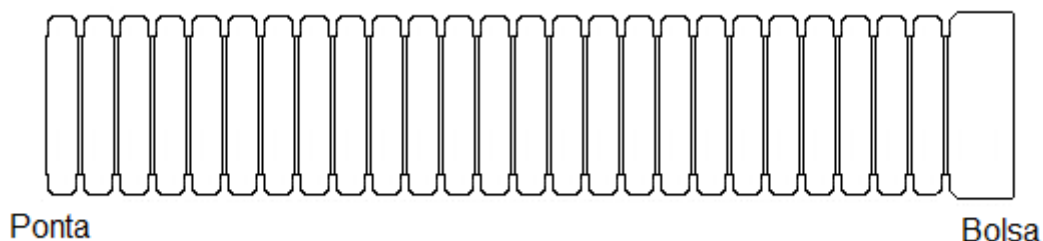
### **1.1 Objeto**

Esta diretriz tem como objeto as tubulações corrugadas de polietileno de alta densidade (PEAD) com resina reciclada também de polietileno de alta densidade, pós-indústria e pós-consumo. Tais tubulações são sempre enterradas e destinam-se a microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais.

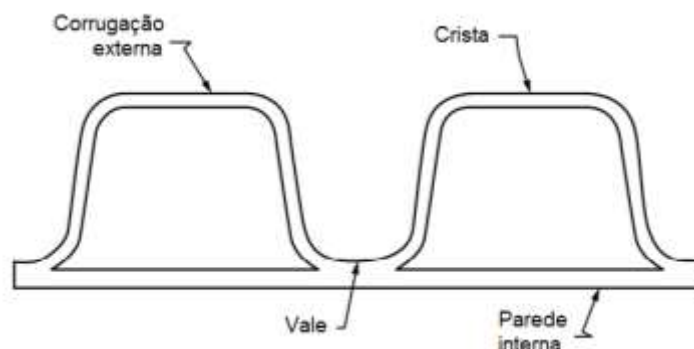
Destaca-se que a Norma Brasileira ABNT NBR ISO 21138-3:2016 não se aplica às tubulações alvo desta Diretriz pois a referida norma não contempla o uso de polietileno reciclado de origem pós-consumo e pós-indústria.

Assim, as tubulações alvo desta Diretriz são compostas por:

- Tubos corrugados (ver Figura 1) com ponta e bolsa. A ponta do tubo acomoda o anel de vedação elastomérico. Estes tubos possuem parede dupla, sendo a parede interna lisa (superfície que fica em contato com água de escoamento) e a parede externa com corrugações anelares ocas (ver Figura 2). A matéria-prima utilizada na fabricação destes tubos contém polietileno de alta densidade reciclado (pós-consumo e pós-indústria) e/ou polietileno reprocessado, cujo percentual na composição deve estar de acordo com os limites estabelecidos no item 1.2. Estes tubos devem atender aos requisitos e critérios especificados por esta Diretriz;



**Figura 1 – Tubo corrugado objeto desta Diretriz**



**Figura 2 – Perfil típico da parede do tubo objeto desta Diretriz (Fonte: ASTM F2947-14)**

**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

- Poços de visita, que devem ser utilizados para mudanças do tipo de material da tubulação, de diâmetro, de inclinação, de direção do fluxo, elevação e outros. Devem ser em concreto conforme a ABNT NBR 16085:2012.

## 1.2 Restrições de uso

Esta Diretriz aplica-se a tubos de diâmetro interno de 300 mm a 1.500 mm.

O percentual máximo de polietileno de alta densidade reciclado pós-consumo no composto utilizado na fabricação dos tubos alvo desta Diretriz é de 60 %<sup>1</sup>. Não são estabelecidos limites máximos para polietileno de alta densidade pós-indústria e polietileno de alta densidade reprocessado. Para o aceite do polietileno de alta densidade reciclado são necessários ensaios para a verificação da toxicidade (Anexo A).

As tubulações alvos desta Diretriz não devem ser utilizadas em drenagem pública, drenagem de rodovias, estações rodoviárias, ferrovias e aeroportos, e coleta de esgotos.

As restrições específicas, quando existirem, devem ser consignadas nos respectivos DATec's.

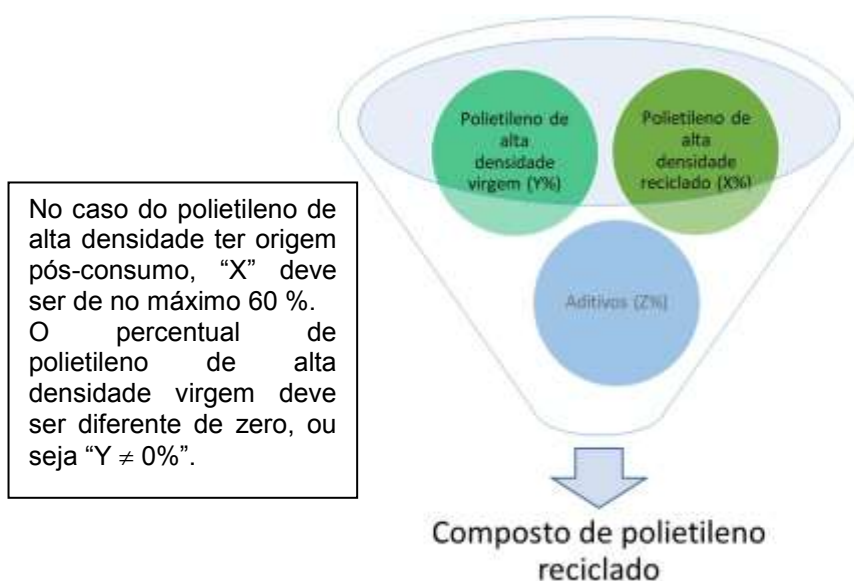
## 1.3 Campo de aplicação

As tubulações alvos desta Diretriz são destinadas à microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais tais como escritórios, shopping centers, hospitais, centros comerciais etc.

## 1.4 Terminologia

Para efeito desta Diretriz valem as definições a seguir apresentadas.

**Composto de polietileno de alta densidade reciclado:** No âmbito desta Diretriz, considera-se como composto de polietileno reciclado utilizado na fabricação dos tubos objeto desta Diretriz, o composto resultante da mistura das matérias-primas conforme ilustrado na Figura 3.



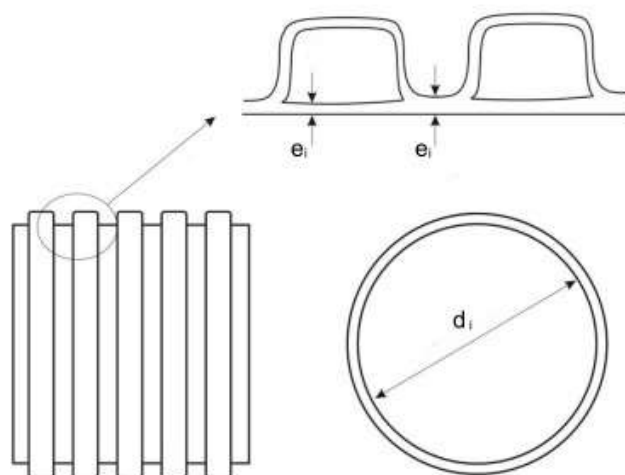
**Figura 3** – Composto de polietileno reciclado utilizado na fabricação dos tubos objetos desta Diretriz

<sup>1</sup> Este limite foi estabelecido com base nos resultados de ensaios de desempenho realizados em diversas amostras (combinações de compostos com e sem resina virgem, e com diferentes percentuais de polietileno reciclado)

**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

**Diâmetro nominal (DN/DI):** número que serve de designação para projeto e classificar os tubos em dimensões e que corresponde a aproximadamente ao diâmetro interno dos tubos em milímetros;

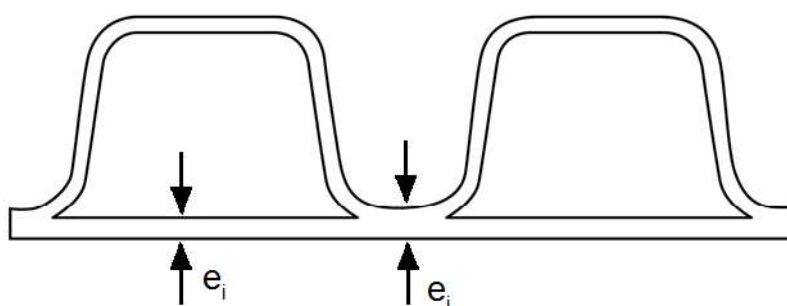
**Diâmetro interno mínimo ( $d_i$ ):** menor valor do diâmetro interno do tubo (vide Figura 4) determinado conforme a ISO3126;



**Figura 4 – Diâmetro interno do tubo**

**Espessura de parede (e):** espessura de parede medida em qualquer ponto do tubo;

**Espessura da parede interna do tubo ( $e_i$ ):** espessura da parede da camada interna do tubo que fica em contato com a água conforme indicação da Figura 5;



**Figura 5 – Espessura da parede interna do tubo**

**Iniciação de fissuras:** a fase do mecanismo de propagação lenta de fissuras associada ao desenvolvimento inicial de zonas de fissuras e micro trincas ao redor de um vazio ou descontinuidade (ver Figura 6);

**Microdrenagem:** também denominado como sistema de drenagem inicial ou coletor de águas pluviais, é um sistema composto pelo pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais e também canais de pequenas dimensões. (Fonte: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo);

**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

**Propagação de fissuras:** a fase do mecanismo de propagação lenta de fissuras associada com sucessivos escoamentos do polietileno de alta densidade na frente da ponta da trinca (ver Figura 6);

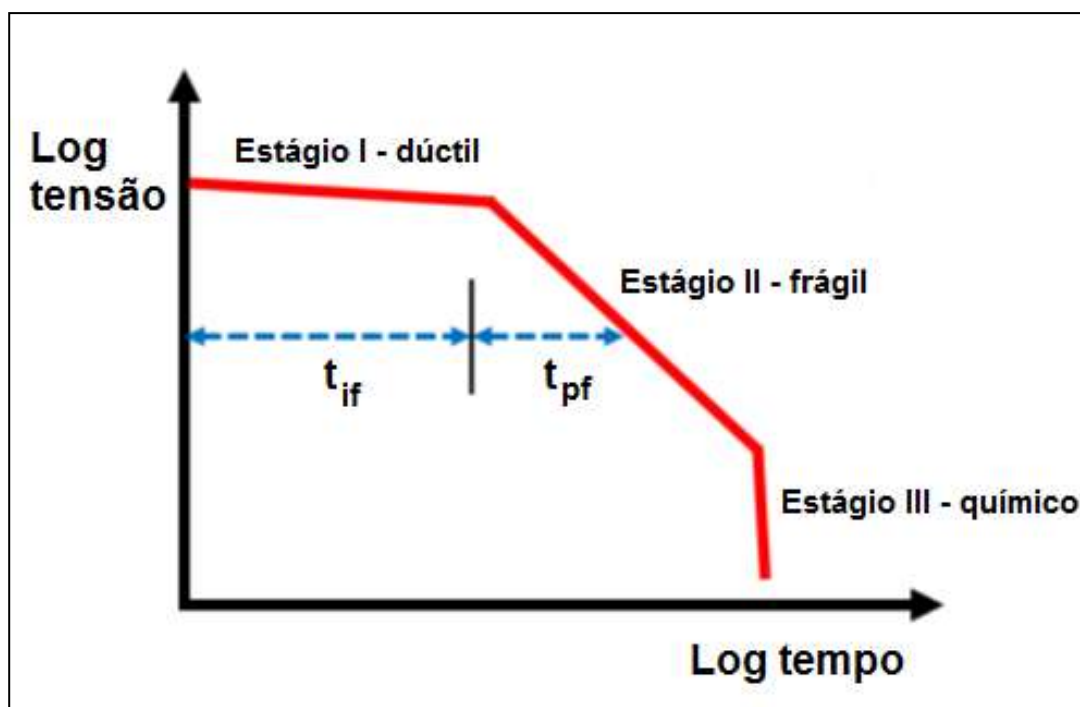
**Polietileno de alta densidade:** polietileno com densidade entre 0,941 a 0,965 g/cm<sup>3</sup>;

**Polietileno de alta densidade reciclado pós-consumo:** polietileno de alta densidade obtido a partir de produtos que tenham servido propósito ao consumidor (por exemplo, garrafas de detergentes, leites e outros produtos de consumo). A densidade deve estar entre 0,941 a 0,965 g/cm<sup>3</sup>;

**Polietileno de alta densidade reciclado pós-indústria:** polietileno de alta densidade recuperado no processo de manufatura e que não chegou ao usuário final. A densidade deve estar entre 0,941 a 0,965 g/cm<sup>3</sup>;

**Polietileno de alta densidade reprocessado próprio:** polietileno de alta densidade preparado a partir de tubos ou conexões produzidos pelo próprio fabricante de tubos alvos desta Diretriz, que foram rejeitados e não utilizados, inclusive suas aparas. A densidade deve estar entre 0,941 a 0,965 g/cm<sup>3</sup>;

**Propagação lenta de fissuras:** mecanismo de falha do polietileno de alta densidade definido por fissuras que se propagam de maneira frágil através do material em condições de tensão de tração abaixo da resistência à tração de curta duração, também conhecido Estágio II (ver Figura 6), que é composta de duas fases: iniciação e propagação de fissuras;



**Figura 6** – Ilustração do Estágio II – falha frágil, ou mecanismo de propagação lenta de fissuras. O tempo total para a falha é compreendido por dois estágios: 1) O tempo para iniciação de fissuras ( $t_{if}$ ) e 2) O tempo para propagação das fissuras ( $t_{pf}$ ) (PLUIMER, 2016)

## 1.5 Documentos técnicos complementares

A seguir listam-se os documentos que serviram de base para a elaboração desta Diretriz, bem como as normas técnicas referenciadas ao longo deste texto.

**ABNT NBR 14300:1999** - Sistemas de ramais prediais de água - Tubos, conexões e composto de polietileno PE - Determinação do tempo de oxidação induzida;

**ABNT NBR 16085:2012** - Poços de visita e poços de inspeção para sistemas enterrados — Requisitos e métodos de ensaio;

**ABNT NBR 10007:2004** - Amostragem de resíduos sólidos

**ABNT NBR 10004:2004** - Resíduos sólidos - Classificação

- *International Organization for Standardization (ISO)*

**ISO 1183-1:2012** - *Plastics - Methods for determining the density of non-cellular plastics - Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method*

**ISO 3126:2005** - *Plastics piping systems - Plastics components - Determination of dimensions*

**ISO 9969: 2016** - *Thermoplastics pipes - Determination of ring stiffness*

**ISO 11357-6:2008** - *Plastics - Differential scanning calorimetry (DSC) - Part 6: Determination of oxidation induction time (isothermal OIT) and oxidation induction temperature (dynamic OIT)*

**ISO 12091:1995** - *Structured-wall thermoplastics pipes - Oven test*

**ISO 18263-2:2015** - *Plastics - Mixtures of polypropylene (PP) and polyethylene (PE) recycle derived from PP and PE used for flexible and rigid consumer packaging - Part 2: Preparation of test specimens and determination of properties*

- *American Society for Testing Materials (ASTM)*

**ASTM D638-14** - *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*

**ASTM D790-17** - *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*

**ASTM D792-13** - *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement*

**ASTM D1238-13** - *Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer*

**ASTM D1603-14** - *Standard Test Method for Carbon Black Content in Olefin Plastics*

**ASTM D2321-14** – *Standard Practice for Underground Installation of Thermoplastic Pipe for Sewers and Other Gravity-Flow Applications*

**ASTM D2444-10** - *Standard Test Method for Determination of the Impact Resistance of Thermoplastic Pipe and Fittings by Means of a Tup (Falling Weight)*

**ASTM D3212-13** - *Standard Specification for Joints for Drain and Sewer Plastic Pipes Using Flexible Elastomeric Seals*

**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

**ASTM D5630-13** - *Standard Test Method for Ash Content in Plastics*

**ASTM F2136-08** - *Standard Test Method for Notched, Constant Ligament-Stress (NCLS) Test to Determine Slow-Crack-Growth Resistance of HDPE Resins or HDPE Corrugated Pipe*

**ASTM F2648/F2648M-13** - *Standard Specification for 2 to 60 inch [50 to 1500 mm] Annular Corrugated Profile Wall Polyethylene (PE) Pipe and Fittings for Land Drainage Applications*

**ASTM F3181-16** - *Standard Test Method for the Un-notched, Constant Ligament Stress Crack Test (UCLS) for HDPE Materials Containing Post- Consumer Recycled HDPE*

- Relatórios Técnicos do National Cooperative Highway Research Program – NCHRP

**NCHRP REPORT 696** - *Performance of Corrugated Pipe Manufactured with Recycled Polyethylene Content*

**NCHRP REPORT 870** - *Performance of Corrugated Pipe Manufactured with Recycled Content*

- *Environmental Protection Agency - EPA*

USEPA - SW 846 – *Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods*

- *Plastic Pipes Institute (PPI) / Corrugated Polyethylene Pipe Association (CPPA)*

*Corrugated Polyethylene Pipe Design Manual & Installation Guide”, Capítulo 6 – Installation and Construction*

*Recommended Installation Practices for Corrugated Polyethylene Pipes and Fittings*

## 2. Caracterização do produto

Com relação à matéria-prima, o fabricante de tubos alvo desta Diretriz, deve possuir um documento no qual são estabelecidas regras e exigências para homologação de fornecedores de polietileno de alta densidade reciclado, considerando no mínimo a verificação do atendimento às características do material tais como índice de fluidez, densidade, teor de polipropileno e toxicidade.

A Tabela 1 apresenta o resumo dos requisitos para caracterização dos tubos corrugados objetos desta Diretriz.

**Tabela 1 - Requisitos para caracterização dos tubos corrugados objetos desta Diretriz**

Item	Requisitos	Indicador de conformidade
<b>A</b>	<b>Características do composto de polietileno reciclado</b>	
A.1	Densidade	Densidade entre 0,947 g/cm <sup>3</sup> e 0,955 g/cm <sup>3</sup> , conforme ASTM F2648-13
A.2	Índice de fluidez	Índice de Fluidez ≤ 1,6 g/10 min (5 kg / 190 °C)
A.3	Módulo de flexão	Módulo de flexão: ≥ 758 MPa, conforme ASTM F2648-13

Continua



**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

Continuação

Item	Requisitos	Indicador de conformidade
<b>A</b>	<b>Características do composto de polietileno reciclado</b>	
A.4	Tensão de escoamento na tração	Tensão de escoamento na tração $\geq 21$ MPa
A.5	Teor de negro de fumo	Teor de negro de fumo entre 2 % a 4 %, conforme ASTM F2648-13
A.6	Tempo de oxidação induzida	Tempo de oxidação induzida $\geq 20$ minutos
A.7	Teor de cinzas	Teor de cinzas $< 2$ %, conforme ASTM F2648-13
A.8	Teor de polipropileno	Teor de polipropileno $\leq 5$ %, conforme ASTM F2648-13
A.9	Resistência química	A variação de até 20% entre os valores da tensão máxima e o alongamento máximo de corpos de prova expostos e não expostos a agentes químicos, conforme Anexo B
<b>B</b>	<b>Características dimensionais e visuais do tubo</b>	
B.1	Análise visual	As superfícies dos tubos devem ter a cor declarada pelo fabricante e aspecto uniforme e serem isentas de corpos estranhos, bolhas, rachaduras ou outros defeitos visuais que indiquem descontinuidade do composto ou do processo de extrusão.
B.2	Marcação	Os tubos devem ser marcados de forma indelével, em intervalos máximos de 2 metros, com as seguintes informações: a) Nome e/ou marca do fabricante; b) Diâmetro nominal; c) Rigidez anelar nominal; d) "PE"; e) Os dizeres: "contém PE reciclado"; f) Número desta Diretriz; g) Rastreabilidade.

Continua

Continuação

Item	Requisitos	Indicador de conformidade																																										
<b>B</b>	<b>Características dimensionais e visuais do tubo</b>																																											
B.3	Análise dimensional – diâmetro interno ( $d_i$ ) e espessura de parede interna ( $e_i$ )	<p><b>Tabela B.3 – Dimensões nominais, diâmetro interno mínimo e espessura mínima da parede interna</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diâmetro nominal DN/DI</th> <th>Diâmetro interno mínimo (<math>d_i</math>) mm</th> <th>Espessura mínima da parede interna (<math>e_i</math>) mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>300</td><td>294</td><td>0,9</td></tr> <tr><td>375</td><td>369</td><td>1,0</td></tr> <tr><td>400</td><td>392</td><td>1,1</td></tr> <tr><td>450</td><td>450</td><td>1,3</td></tr> <tr><td>500</td><td>490</td><td>1,4</td></tr> <tr><td>600</td><td>588</td><td>1,5</td></tr> <tr><td>750</td><td>751</td><td>1,5</td></tr> <tr><td>800</td><td>785</td><td>1,6</td></tr> <tr><td>900</td><td>902</td><td>1,7</td></tr> <tr><td>1000</td><td>985</td><td>1,8</td></tr> <tr><td>1050</td><td>1051</td><td>1,8</td></tr> <tr><td>1200</td><td>1185</td><td>1,8</td></tr> <tr><td>1500</td><td>1501</td><td>2,0</td></tr> </tbody> </table> <p>Esta Diretriz especifica as dimensões nominais apresentadas na Tabela B.3, entretanto outras dimensões de DN/DI são aceitas.</p>	Diâmetro nominal DN/DI	Diâmetro interno mínimo ( $d_i$ ) mm	Espessura mínima da parede interna ( $e_i$ ) mm	300	294	0,9	375	369	1,0	400	392	1,1	450	450	1,3	500	490	1,4	600	588	1,5	750	751	1,5	800	785	1,6	900	902	1,7	1000	985	1,8	1050	1051	1,8	1200	1185	1,8	1500	1501	2,0
Diâmetro nominal DN/DI	Diâmetro interno mínimo ( $d_i$ ) mm	Espessura mínima da parede interna ( $e_i$ ) mm																																										
300	294	0,9																																										
375	369	1,0																																										
400	392	1,1																																										
450	450	1,3																																										
500	490	1,4																																										
600	588	1,5																																										
750	751	1,5																																										
800	785	1,6																																										
900	902	1,7																																										
1000	985	1,8																																										
1050	1051	1,8																																										
1200	1185	1,8																																										
1500	1501	2,0																																										
B.4	Análise dimensional – comprimento do tubo	O comprimento dos tubos não deve ser inferior ao informado pelo fabricante.																																										

### 3. Requisitos e critérios de desempenho

#### 3.1 Desempenho estrutural

##### 3.1.1 Rigidez anelar

A rigidez anelar dos tubos deve ser determinada conforme a ISO 9969:2016, sendo que a rigidez anelar obtida deve ser maior ou igual a rigidez anelar nominal (SN).

Os tubos devem ser classificados e marcados de acordo com a classe de rigidez anelar nominal (SN) inferior mais próxima:

DN ≤ 500: SN4, SN8 ou SN16

DN > 500: SN2, SN4, SN8 ou SN16.

### **3.1.2 Achatamento**

Os tubos, ao serem submetidos à compressão até 40% do diâmetro interno, não podem apresentar ruptura, fissuras, separação entre as corrugações externa e a parede interna, ou combinação destas falhas.

### **3.1.3 Resistência ao impacto**

Quando submetidos à energia de impacto de 136 J a temperatura de  $(-4 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , os tubos não devem apresentar quebra ou nenhum tipo de fissura ou separação que possa ser verificado a olho nu.

### **3.1.4 Fissuramento sob tensão com entalhe (*notched constant ligament stress - NCLS*)**

O ensaio de fissuramento sob tensão com entalhe avalia a propagação lenta de fissuras após a iniciação da fissura (Estágio II da Figura 6), pois é realizado em corpos de prova com um entalhe produzido artificialmente (ou seja, o local de iniciação de fissuras é previamente inserido no corpo de prova por meio da realização de um entalhe controlado).

Quando ensaiado conforme a ASTM F2136-08, o tempo médio de falha de cinco corpos de prova deve ser de no mínimo 24 horas sendo que nenhum dos corpos de prova deve apresentar tempo de falha menor que 17 horas.

## **3.2 Resistência ao calor**

### **3.2.1 Verificação do comportamento ao calor**

Quando submetidos à temperatura de  $110 ^\circ\text{C}$  por 30 minutos, os tubos não devem apresentar delaminações, fissuras ou bolhas.

## **3.3 Estanqueidade à água**

### **3.3.1 Ensaio de estanqueidade para qualificação do projeto da junta (união)**

Este ensaio deve ser realizado para avaliar os efeitos das propriedades de longo prazo do tubo e do material de vedação de uma junta montada. Deve ser realizado para validação de um diâmetro específico, geometria do perfil do tubo, tipo e material de vedação e projeto da junta de um determinado fabricante. A junta ensaiada não deve apresentar sinais de vazamento quando ensaiada conforme a ASTM D3212-13.

### **3.3.2 Verificação da estanqueidade da junta**

A junta ensaiada não deve apresentar sinais de vazamento quando ensaiada conforme a ASTM D3212-13.

**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

### **3.4 Durabilidade**

Manter a capacidade funcional da tubulação durante a vida útil de projeto (VUP), desde que a instalação seja realizada de acordo com o especificado em projeto, conforme as orientações do fabricante e recomendações desta Diretriz. Para a verificação deste requisito deve ser realizado o ensaio descrito em 3.4.1.

#### **3.4.1 Fissuramento sob tensão sem entalhe (*un-notched constant ligament stress - UCLS*) – verificação da durabilidade**

A quantidade de partículas de contaminantes, o tamanho e formato podem reduzir a resistência à propagação lenta de fissuras de tubos corrugados de polietileno de alta densidade com percentual de polietileno reciclado pós-consumo.

O ensaio de fissuramento sob tensão com entalhe apresentado em 3.1.4 avalia a propagação lenta de fissuras porém não analisa a fase de iniciação de fissuras (ver Figura 6). Para os tubos de polietileno fabricados com percentual de polietileno reciclado pós-consumo, a fase de iniciação de fissuras é a mais importante do mecanismo de propagação lenta de fissuras, uma vez que a probabilidade da presença de um contaminante, vazio ou outro iniciador de tensão é maior nesses materiais do que em resinas virgens.

Desta forma, o ensaio de fissuramento sob tensão sem entalhe avalia os efeitos de contaminantes na fase de iniciação de fissuras. É um ensaio que utiliza os mesmos dispositivos do ensaio de fissuramento sob tensão com entalhe, porém os corpos de prova são diferentes (maiores e sem entalhe) e é utilizada água no lugar da solução surfactante.

Tendo como base o Relatório 870 do NCHRP, quando ensaiado conforme a ASTM F3181-16, o tempo médio de falha de cinco corpos de prova deve ser de no mínimo 34 horas sendo que nenhum dos corpos de prova deve apresentar tempo de falha menor que 18 horas.

#### **3.4.2 Vida útil de projeto**

A vida útil de projeto dos tubos especificados por esta Diretriz é de no mínimo 25 anos. O resultado do ensaio especificado no item 3.4.1 subsidia a análise do atendimento a este critério, além das inspeções de campo durante a vida útil do tubo.

##### **3.4.2.1 Premissas de projeto**

O detentor da tecnologia deve prover informações para elaboração do projeto, condições de instalação, uso e operação das tubulações, especialmente com relação às:

- Interfaces com os poços de visita;
- Limpeza e reparos;
- Verificações pós-instalação.

## 4. Métodos de avaliação

### 4.1 Métodos para a caracterização do produto

A Tabela 2 mostra os métodos de ensaio ou análises a serem adotados na avaliação de cada um dos requisitos explicitados.

**Tabela 2 – Métodos para caracterização dos tubos corrugados objetos desta Diretriz**

Item	Requisitos	Método de avaliação
<b>A</b>	<b>Características do composto de polietileno reciclado</b>	
A.1	Densidade	ASTM D792-13 / ISO 1183-1:2012
A.2	Índice de Fluidez	ASTM D1238-13
A.3	Módulo de flexão	ASTM D790-17
A.4	Tensão de escoamento na tração	ASTM D638-14
A.5	Teor de negro de fumo	ASTM D1603-14
A.6	Tempo de oxidação induzida	NBR 14300:1999, 200 °C ISO 11357-6:2008, 200 °C
A.7	Teor de cinzas	ASTM D5630-13 a 800 °C
A.8	Teor de polipropileno	ISO 18263-2:2015
<b>B</b>	<b>Características dimensionais e visuais</b>	
B.1	Análise visual	Análise visual a olho nu
B.2	Marcação	Análise visual a olho nu
B.3	Análise dimensional – diâmetro interno ( $d_i$ ) e espessura de parede interna ( $e_i$ )	ISO 3126:2005
B.4	Análise dimensional – comprimento do tubo	Medição com trena

Para os ensaios de Módulo de Flexão e Tensão de Escoamento na Tração, os corpos de prova devem ser confeccionados a partir do produto final (tubo extrudado). Os segmentos de tubo devem ser triturados utilizando moinhos de facas ou equipamento semelhante. Após isso, o material poderá ser reprocessado na forma de grânulos (pellets) por extrusão, ou ser inseridos diretamente em equipamento de moldagem por compressão a quente, utilizando-se os parâmetros de temperatura, pressão e taxa de resfriamento especificados na norma ASTM D4703-16. Os corpos de prova podem ser produzidos diretamente nas dimensões finais ou produzidos por usinagem, desde que as dimensões e tolerâncias estejam de acordo com o especificado nos respectivos métodos de ensaio.

**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

Para os ensaios de Densidade, Índice de Fluidez, Tempo de Oxidação Induzida (OIT), Teor de Cinzas, Teor de Negro de Fumo e Teor de Polipropileno, pode-se utilizar o composto final utilizado na fabricação do tubo, desde que esta tenha sido devidamente homogeneizado. Para esses ensaios também é possível utilizar diretamente o material do tubo triturado, sem a necessidade de reprocessamento e moldagem.

## 4.2 Métodos de avaliação do desempenho

A Tabela 3 mostra os métodos de ensaio ou análises a serem adotados na avaliação do desempenho dos tubos corrugados objetos desta Diretriz.

**Tabela 3 – Métodos para avaliação do desempenho dos tubos corrugados objetos desta Diretriz**

Requisitos	Método de avaliação
Rigidez anelar	O ensaio deve ser realizado conforme a ISO9969:2016.  Devem ser ensaiados três corpos de prova
Achatamento	Após realizar o ensaio de rigidez anelar conforme a ISO9969:2016, sem interromper o ensaio e mantendo a mesma velocidade de compressão, continuar o achatamento diametral do corpo de prova até 40 % do seu diâmetro interno.  Durante a compressão deve ser verificada a ocorrência de quebras, fissuras, separação entre a corrugação e a parede interna, ou combinação destas falhas.  Devem ser ensaiados os mesmos três corpos de prova submetidos ao ensaio de rigidez anelar.
Resistência ao impacto	O ensaio deve ser realizado conforme a ASTM D2444:1999. Devem ser ensaiados seis corpos de prova ou aplicados seis impactos em um corpo de prova. Neste último caso, impactos sucessivos devem ser espaçados em $(120 \pm 10)^\circ$ aplicados em uma única circunferência ou espaçados pelo menos 300 mm longitudinalmente.  Os corpos de prova devem ser condicionados por 24 h na temperatura de $(-4 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Para tubos até DN450 (inclusive), o comprimento dos corpos de prova deve ser 300 mm. Corpos de prova de diâmetros superiores a DN450 devem ter comprimento equivalente a metade do DN mas não menor que 457 mm.  A energia de impacto deve ser pelo menos de 136 J. A ponteira do percussor de impacto deve ser “ <i>Tup B</i> ” e o suporte tipo “ <i>Holder B –flat plate</i> ” ambos especificados pela ASTM D2444-99.  O impacto deve ser aplicado na crista da corrugação sendo que esta região deve estar a pelo menos 150 mm da extremidade do corpo de prova, em até 120 s após a sua retirada do condicionamento.
Verificação do comportamento ao calor	O ensaio deve ser realizado conforme a ISO 12091:1995, nas condições a seguir: Temperatura: $(110 \pm 2)^\circ\text{C}$ ; Tempo de aquecimento: e $\leq 8$ mm – 30 min e $> 8$ mm – 60 min

Continua

Continuação

Requisitos	Método de avaliação
Ensaio de estanqueidade para comprovação de projeto da junta	Antes de realizar a verificação da estanqueidade, manter corpo de prova (junta montada) por um período mínimo de 1.000 h na temperatura de $(24 \pm 3) ^\circ\text{C}$ livre de movimentações e intervenções na junta. Após este período o ensaio de ser realizado conforme a ASTM D3212-07.
Ensaio de verificação da estanqueidade da junta	O ensaio deve ser realizado conforme a ASTM D3212-07, em estado original
Fissuramento sob tensão com entalhe (NCLS)	O ensaio deve ser realizado conforme a ASTM F2136-08
Fissuramento sob tensão sem entalhe (UCLS)	O ensaio deve ser realizado conforme a ASTM F3181-16

## 5. Análise global do desempenho do produto

Os relatórios específicos de análise e de ensaios são consolidados em um Relatório Técnico de Avaliação, no qual é apresentada uma síntese do desempenho global do produto, considerando a análise de todos os resultados obtidos no processo de avaliação técnica do produto, realizado no âmbito do SINAT, incluindo os ensaios de caracterização e de desempenho do produto, com base nas exigências especificadas nesta Diretriz.

## 6. Controle da qualidade

Tanto a inspeção inicial antes da concessão do DATec, como as inspeções periódicas, após concessão do DATec, serão realizadas pela ITA considerando a fase de produção e a fase de recebimento no canteiro de obras, conforme itens 6.1 e 6.2. As inspeções periódicas, após concessão do DATec, serão realizadas a cada 6 meses.

### 6.1 Controle de produção (fábrica)

O fabricante deve demonstrar que realiza os controles de qualidade do processo apresentados nos itens 6.1.1, 6.1.2 e 6.1.3 por meio da apresentação dos registros dos ensaios que serão verificados pela ITA nas auditorias técnicas.

#### 6.1.1 Controle da matéria-prima

O fabricante dos tubos alvo desta Diretriz deve homologar seus fornecedores de polietileno reciclado. Esta qualificação deve incluir, no mínimo, as seguintes verificações:

**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

- Atendimento as especificações técnicas do material estabelecidas pelo fabricante de tubos, considerando no mínimo os controles estabelecidos na tabela 4;
- Análise de toxicidade dos lotes fornecidos conforme Anexo A.

A manutenção desta qualificação deve ser realizada por meio de auditorias técnicas periódicas, com periodicidade mínima de seis meses, pelo fabricante de tubos.

**Tabela 4 – Controle da qualidade da matéria-prima (PEAD reciclado) utilizada na fabricação do composto para fabricação dos tubos corrugados objetos desta Diretriz**

Item	Requisitos	Amostragem/Frequência
1	Índice de fluidez	No mínimo 1 amostra a cada lote recebido
2	Densidade	No mínimo 1 amostra a cada lote recebido
3	Teor de polipropileno	No mínimo 1 amostra a cada lote recebido

### 6.1.2 Controle do composto

**Tabela 5 – Controle da qualidade do composto utilizado na fabricação dos tubos corrugados objetos desta Diretriz**

Item	Requisitos	Amostragem/Frequência
1	Determinação do percentual de polietileno de alta densidade pós-consumo incorporado no composto	a cada lote de tubos ou composto
2	Densidade	1 amostra a cada lote de tubos ou composto
3	Índice de Fluidez	1 amostra a cada lote de tubos ou composto
4	Módulo de flexão	1 amostra a cada lote de tubos ou composto
5	Tensão de escoamento na tração	1 amostra a cada lote de tubos ou composto
6	Teor de negro de fumo	1 amostra a cada lote de tubos ou composto
7	Tempo de oxidação induzida	1 amostra a cada lote de tubos ou composto
8	Teor de cinzas	1 amostra a cada lote de tubos ou composto
9	Teor de polipropileno	1 amostra a cada lote de tubos ou composto
10	Resistência química	1 amostra a cada lote de tubos ou composto



### 6.1.3 Controle da fabricação dos tubos

**Tabela 6 – Controle da qualidade durante a fabricação dos tubos corrugados objetos desta Diretriz**

Item	Requisitos	Amostragem/Frequência
1	Análise visual	1 amostra / lote de tubos / início da produção e a cada 8 horas
2	Marcação	1 amostra / lote de tubos / início da produção e a cada 8 horas
3	Análise dimensional – comprimento do tubo, diâmetro interno e espessura de parede interna	1 amostra / lote de tubos / início da produção e a cada 8 horas
4	Rigidez anelar	1 amostra / lote de tubos / início da produção e a cada 48 horas
5	Achatamento	1 amostra / lote de tubos / início da produção e a cada 48 horas
6	Resistência ao impacto	1 amostra / lote de tubos / início da produção e a cada 48 horas
7	Verificação do comportamento ao calor	1 amostra / DN / semana
8	Ensaio de estanqueidade para comprovação de projeto da junta	1 amostra / DN / projeto da junta
9	Ensaio de verificação da estanqueidade da junta	1 amostra / DN / ano
10	Fissuramento sob tensão com entalhe (NCLS)	1 amostra / lote de tubos
11	Fissuramento sob tensão sem entalhe (UCLS)	1 amostra / lote de tubos

### 6.2 Controle no canteiro de obras

O controle da qualidade dos tubos em obra feitos pela construtora, orientados pelo detentor da tecnologia, refere-se à análise visual da quantidade, marcação e diâmetro interno do tubo, conforme Tabela 7.

Quando do recebimento do lote de tubos corrugados, o comprador deve realizar a conferência dos itens apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7 – Controle de recebimento em canteiro de obra**

Requisito	Método de avaliação	Amostragem/ Frequência de inspeção
Marcação	Inspeção visual (verificação das informações conforme item B.2 desta Diretriz)	Lote recebido na obra
Verificação do diâmetro do tubo	Conferência com trena metálica, conforme nota fiscal	Lote recebido na obra
Integridade dos tubos e acessórios	Análise visual para verificar integridade (ausência de fissuras, quebras, bolhas e outras falhas visíveis)	Lote recebido na obra
Quantidade	Conferência da quantidade	Lote recebido na obra

## 7. Manuseio, armazenamento e instalação

Para que as tubulações alvo desta Diretriz apresentem um desempenho adequado, deve-se garantir não só que sejam atendidos os requisitos e critérios estabelecidos nesta Diretriz, como também a execução adequada da instalação das tubulações. Características como por exemplo dimensões adequadas da vala, correta seleção e compactação do material de preenchimento da vala são essenciais para o desempenho adequado da tubulação.

As recomendações de manuseio e armazenamento apresentadas em 7.1 têm como referência os documentos “*Corrugated Polyethylene Pipe Design Manual & Installation Guide*” do *Plastics Pipe Institute* (PPI), e “*Recommended Installation Practices for Corrugated Polyethylene Pipes and Fittings*” do *Corrugated Polyethylene Pipe Association* (CPPA). As recomendações de instalação apresentadas em 7.2 têm como referência a norma ASTM D2321-14. Ressalta-se que as boas práticas apresentadas a seguir visam proporcionar uma orientação geral para um adequado desempenho da tubulação e não devem substituir as especificações de projeto. Adicionalmente devem também ser observadas as recomendações do fabricante.

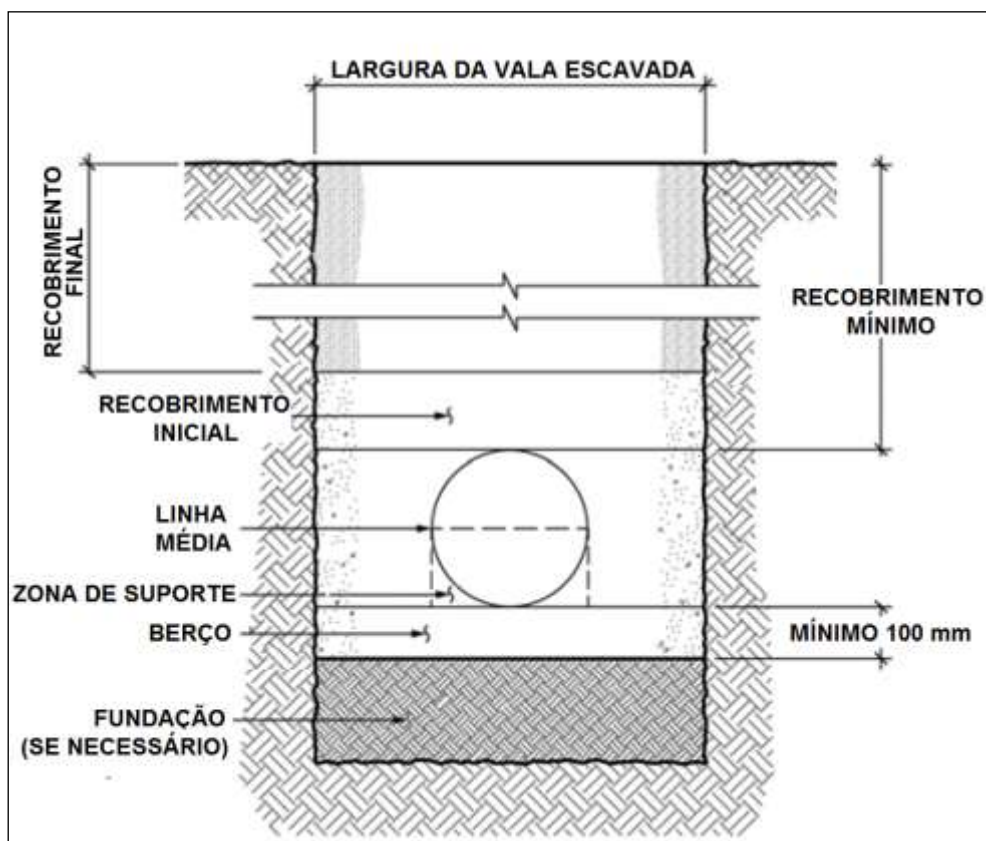
### 7.1 Manuseio e armazenamento

O manuseio e armazenamento dos tubos e acessórios devem seguir as recomendações do respectivo fabricante. A seguir são apresentadas algumas recomendações gerais:

- Por medidas de segurança e prevenir os tubos contra danos, devem ser evitadas quedas e rolamento durante o descarregamento e manuseio dos tubos;
- Devem ser consultadas as instruções do fabricante para realizar o descarregamento dos tubos de caminhões, reboques e plataformas ferroviárias;
- Tubos de diâmetros até 500 mm (inclusive) podem ser manuseados por duas pessoas. Maiores diâmetros exigem a utilização de equipamentos mecânicos. Devem ser utilizadas cintas de elevação (evitar correntes e cabos metálicos);
- Os tubos devem ser armazenados em terreno nivelado e em pilhas de até 2 m. Para evitar o rolamento dos tubos, as pilhas devem ser bloqueadas em pelo menos 2 pontos localizados a aproximadamente a um terço do comprimento total do tubo. Por exemplo, para uma pilha de tubos de 6 m de comprimento, os bloqueios devem ser realizados a 2 m de cada extremidade. A remoção de um único tubo não deve causar deslocamento ou rolamento dos demais tubos da pilha;
- A proteção do anel elastomérico ou embalagens das extremidades, se houverem, devem ser mantidas até o momento de sua instalação. Quando o anel elastomérico não possuir proteção, este deve ser armazenado protegido de poeira e raios solares;
- O empilhamento dos tubos deve ser realizado com as bolsas alternadas em camadas sucessivas. As bolsas dos tubos devem se sobressair à camada inferior para evitar sua deformação e danos;
- O calor intenso do verão pode afetar a ovalização ou formato de alguns tubos, desta forma, recomenda-se seguir as orientações de armazenamento do respectivo fabricante para evitar eventuais deformações.

## 7.2 Controle de execução em canteiro de obras

A Figura 7 apresenta o exemplo de uma seção transversal da vala de instalação das tubulações alvo desta Diretriz.



**Figura 7** – Seção transversal da vala para a instalação das tubulações (adaptado de ASTM D2321-14 – inserção da indicação do “recobrimento mínimo”)

### 7.2.1 Materiais

Os tipos de solo geralmente utilizados no aterramento das tubulações são classificados conforme apresentado no Anexo C. A “classe I” indica um solo que geralmente fornece uma maior rigidez em qualquer porcentagem de compactação, propiciando uma rigidez ao solo com menor esforço de compactação. Quanto maior o número da classe do solo, menor será a sua rigidez em uma determinada porcentagem de compactação, requerendo um maior esforço de compactação. O material e o nível de compactação devem estar especificados no projeto.

### 7.2.2 Escavação da vala

#### 7.2.2.1 Escavação

A vala deve ser escavada de modo a garantir a estabilidade de suas laterais em condições de trabalho diversas. As paredes da vala devem ser inclinadas ou escoradas de modo a atender os padrões de segurança locais e nacionais. Por questões de segurança, a quantidade de valas escavadas deve ser compatível com os equipamentos disponíveis para sua manutenção. As valas devem ser recobertas o mais rápido possível, no máximo, até o final do dia de trabalho.

**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

### **7.2.2.1.1 Controle da água**

Devido a seu baixo peso, a tubulação flutua na presença de água, e desta forma, é muito importante conservar a vala seca durante a sua instalação. Deverá ser consultado um especialista para determinar o método mais apropriado para o controle da água para cada caso.

a) Águas subterrâneas - lençol freático

As águas subterrâneas, quando existentes na área de trabalho, devem ser extraídas para garantir a adequada colocação, compactação do material de suporte e do preenchimento. Para isto, pode ser necessária a utilização de bombas, ponteiras, drenos ou uma vala de desvio. Mediante a presença de lençol freático a base para a acomodação da tubulação deve ser estável, de acordo com as especificações do projeto.

b) Águas superficiais

Devem ser controladas as águas provenientes da drenagem superficial para evitar a desestabilização das paredes, fundo, fundações, ou áreas de preenchimento da vala.

c) Materiais para controle da água

Devem ser utilizados materiais adequadamente graduados para a fundação e camadas de preenchimento visando o escoamento adequado da água para poços ou drenos, e também a minimização da migração de finos.

### **7.2.2.2 Largura mínima da vala**

A vala sempre deve ter largura suficiente (e não maior que o necessário) para permitir uma adequada colocação e compactação do preenchimento ao redor do tubo, de acordo com as especificações do projeto. O espaço entre o tubo e a parede da vala deve ser maior do que o equipamento de compactação usado na zona da tubulação. A largura mínima recomendada para a maioria das instalações pode ser determinada como sendo o maior valor entre “diâmetro externo do tubo mais 400 mm” e “diâmetro externo do tubo multiplicado por 1,25 mais 300 mm”.

No entanto, o projetista pode modificar a largura da vala, baseando-se em uma avaliação dos materiais de preenchimento, sua qualidade, o nível de compactação solicitado, as cargas do projeto e o equipamento de compactação que se utilizará. Adicionalmente, por questões de segurança, a determinação da largura da vala em solos instáveis também deve levar em consideração o diâmetro e rigidez do tubo, a rigidez do material de preenchimento e do solo local, e a profundidade do recobrimento. Neste caso, admite-se uma largura das valas menor do que estabelecida neste item deste que resulte em uma instalação que atenda aos requisitos deste documento e desde que seja aprovado pela construtora.

### **7.2.2.3 Escoramento das paredes da vala**

Quando houver a necessidade de escoramento ou uso de painéis, deve-se garantir que estes suportam a vala durante toda do serviço de instalação. Os painéis devem ser suficientemente estanques para evitar a entrada de água proveniente das paredes da vala.

## 7.2.3 Instalação

### a) Fundo da vala

A fundação e o berço devem ser executados de acordo com as especificações do projeto. O berço deve ser firme, estável e uniforme para o tubo e quaisquer características salientes de sua junta. Caso não especificado em projeto, o berço deve ter no mínimo 100 mm.

- Materiais rígidos e rochosos – quando este tipo de material estiver presente no fundo da vala, coloque uma camada mínima de 150 mm de espessura de material conforme especificado em projeto;
- Fundo da vala instável – quando o fundo da vala for instável, ou apresentar tendência para tanto, a vala deve ser escavada até a profundidade especificada pelo projetista, e este material deve ser substituído por materiais Classe 1 ou 2. Este material deve ser adequadamente graduado principalmente onde exista a possibilidade da ocorrência da migração de finos e perda de suporte da tubulação. Para condições severas, o projetista pode especificar uma fundação especial ou então o uso de geotêxteis apropriados;
- Cargas localizadas – cargas localizadas e recalques diferenciais devem ser minimizados sempre que a tubulação cruzar com outras utilidades, estruturas subterrâneas e fundações especiais. Deve ser instalada uma camada entre o tubo e o local da carga localizada;
- Escavação excessiva – se o fundo da vala for escavado além do necessário, a vala deve ser preenchida com o material da fundação ou do berço, e compactado;
- Escorregamentos – se as paredes da vala se desprenderem durante a escavação ou instalação do tubo, deve-se retirar da vala todo o material que se despreendeu;

### b) Posicionamento e alinhamento dos tubos

Posicionar os tubos e conexões no interior da vala de acordo com o alinhamento e inclinações previstas em projeto. O berço deve ser ajustado para acomodar as diferenças dimensionais da bolsa e todo o comprimento do tubo, de forma a promover um suporte uniforme ao longo de toda a tubulação. Em casos especiais em que o tubo for instalado em curva, deve-se manter a deflexão angular dentro dos limites de projeto e do limite informado pelo fabricante dos tubos.

### c) Montagem das juntas dos tubos

Para a montagem das juntas elastoméricas dos tubos devem ser seguidas as recomendações do respectivo fabricante. As juntas elastoméricas devem ser protegidas de poeira e areia, solventes e graxas e óleos a base de petróleo, e não devem ser armazenadas próximos de equipamentos elétricos que produzem ozônio. Algumas juntas devem ser protegidas da luz solar (o fabricante deve ser consultado). Deve-se utilizar somente o lubrificante recomendado pelo fabricante dos tubos. A deflexão angular recomendada pelo fabricante não deve ser excedida.

Para mudanças do tipo de material, diâmetro, inclinação, direção do fluxo, elevação e outras condições, devem ser utilizados poços de visita. A conexão entre a tubulação e o poço de visita deve estar especificada em projeto devendo também ser observadas as recomendações do fabricante.

### d) Preenchimento Lateral (envelopamento) e compactação

Os materiais de preenchimento da vala, definidos em projeto, devem ser colocados na vala por meio de métodos que não danifiquem a tubulação. Caso não especificado em projeto, devem ser seguidas as recomendações da Tabela 2 da ASTM D2321-14. Deve-se evitar o contato direto do equipamento de compactação com a tubulação. A escolha do equipamento e técnicas de compactação deve ser compatível com os materiais utilizados e a localização da vala.

**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

Deve ser utilizado o valor mínimo de 85% de compactação proctor padrão, ou conforme estabelecido pelo projetista, baseado nas condições específicas do projeto e materiais de preenchimento utilizados. Caso necessário, a Tabela 3 da ASTM D2321-14 apresenta recomendações para o uso e instalação dos materiais para a fundação e preenchimento da vala.

**e) Recobrimento mínimo**

Para evitar danos à tubulação, deve ser mantida uma profundidade mínima do preenchimento acima do tubo antes de permitir a passagem de veículos e equipamentos de construção pesados sobre a vala. O recobrimento mínimo deve ser estabelecido pelo projetista, baseado nas condições específicas de projeto.

**f) Profundidade de instalação máxima**

O fabricante do tubo deve ser consultado para a especificação da profundidade máxima da instalação. A profundidade máxima de instalação depende da tubulação e do tipo e qualidade do preenchimento utilizado no aterramento da tubulação.

**g) Consertos em obras**

Para o conserto de tubulações em obra deve-se consultar o fabricante do tubo ou o seu manual de instalação.

**h) Verificações pós-instalação**

Como qualquer outro sistema de engenharia, as tubulações devem passar por inspeções periódicas para garantir que o tubo foi instalado de acordo com as especificações de projeto. Se a tubulação for instalada de forma inadequada, uma inspeção visual simples, realizada logo após a instalação, pode detectar o problema para que possa ser corrigido antes da colocação da tubulação em serviço.

Durante a instalação, inspeções visuais devem ser realizadas para detectar desvios de alinhamento, nível, deflexões diametrais excessivas e deformações inesperadas, bem como juntas mal executadas e outras características. Nos casos de tubulações de pequenos diâmetros (onde não é possível a entrada de uma pessoa) ou por questões de segurança, pode ser utilizado um circuito interno de TV para verificar a integridade da geometria interna da tubulação e condições das juntas.

A construtora pode exigir testes adicionais para verificar a deformação diametral do tubo. Para tubos suficientemente grandes para entrada de pessoas, a deformação diametral pode ser determinada por medição direta. Para tubos de diâmetros menores, pode ser utilizado um mandril pode ser puxado de um poço de visita para outro.

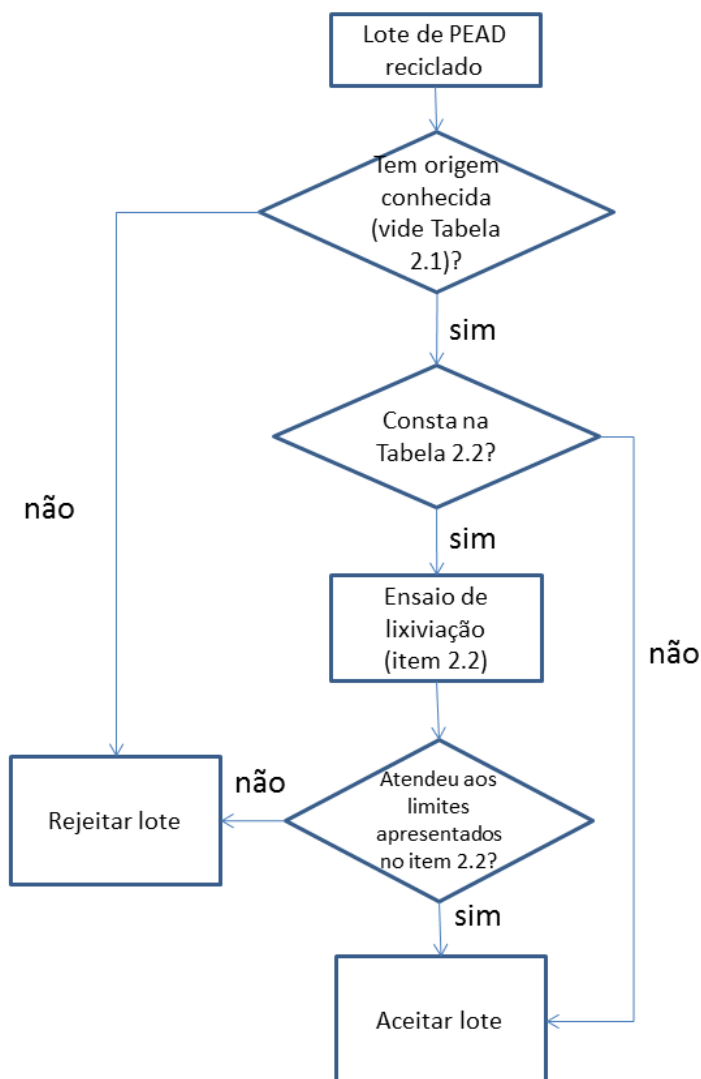
No caso da verificação da deformação diametral dos tubos com mandril, esta deve ser realizada em até 30 dias da instalação e recomenda-se que o mandril corresponda a 7,5% do diâmetro interno base do tubo ( $\text{Diâmetro Interno Base} = \text{Diâmetro Nominal} - [(\text{tolerância do Diâmetro Interno})^2 + (\text{tolerância da ovalização})^2]^{1/2}$ ). Quando a deformação não exceder as dimensões do mandril, ele passará através do tubo. Por esse motivo, o mandril também é conhecido como dispositivo “passa / não passa”. Deve-se ter cautela na interpretação dos resultados deste tipo de verificação pois o mandril pode não ser capaz de passar pelo tubo por motivos não relacionados à deformação diametral, tais como bloqueio do tubo causado por detritos, saliência de acessórios, desalinhamento de juntas e mudanças de declividade. Os poços de visita devem ser grandes o suficiente para receberem um mandril montado. Para tubos de diâmetros a partir de 600 mm recomenda-se realizar a verificação por inspeção visual ou circuito interno de TV devido a dificuldade de manusear o mandril para estas dimensões.

## Anexos

### ANEXO A – Avaliação da toxicidade

A análise do lote de polietileno reciclado deve ser realizada conforme o fluxograma apresentado na Figura A.1. A amostragem deve ser realizada por lote de material a ser fornecido conforme ABNT NBR 10007:2004.

**Figura A.1 – Fluxograma para análise de lote de PEAD reciclado**



**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

**Tabela A.1 – Classificação das principais origens do polietileno reciclado**

Item	Origem
1	Produtos de consumo (Exemplos: baldes, bacias, engradados, assentos sanitários etc.)
2	Produtos infantis (Exemplos: banheiras, brinquedos )
3	Materiais de construção (Exemplos: tubos, conexões, reservatórios, caixas de descarga etc.)
4	Produtos elétricos e eletrônicos
5	Móveis (bancos, mesas etc.)
6	Embalagens (Exemplos: potes, garrafas, tampas de garrafas etc.)
7	Pós-indústria

**Tabela A.2 – Classificação das origens do polietileno reciclado com potencial de toxicidade**

Item	Origem
1	Embalagens de óleos de isolamento térmico ou de refrigeração, fluidos dielétricos, óleo lubrificante, fluido e óleo hidráulico; óleo de corte e usinagem, óleos usados em isolamento elétrico.
2	Embalagens de pesticidas
3	Embalagens e outros materiais de processos industriais

É vedado o uso de polietileno reciclado originado de resíduos hospitalares e defensivos agrícolas não submetidos a tríplice lavagem

### **A.1 Ensaio de lixiviação**

O ensaio de lixiviação indicado no fluxograma apresentado na Figura A.1 deve ser realizado conforme os métodos USEPA - SW 846, última edição e, quando disponíveis, os métodos nacionais equivalentes elaborados pela ABNT.

Quando a origem do polietileno reciclado for classificada como item 1 da Tabela A.2, deve ser verificado o atendimento aos limites máximos no extrato obtido no ensaio de lixiviação dos parâmetros classificados como “Inorgânicos” e “Outros orgânicos” estabelecidos no Anexo F da Norma Brasileira ABNT NBR 10004:2004 (ver Tabela A.3).



**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

Quando a origem do polietileno reciclado for classificada como item 2 da Tabela A.2, deve ser verificado o atendimento aos limites máximos no extrato obtido no ensaio de lixiviação dos parâmetros classificados como “Inorgânicos” e “Pesticidas” estabelecidos no Anexo F da Norma Brasileira ABNT NBR 10004:2004 (ver Tabela A.3).

Quando a origem do polietileno reciclado for classificada como item 3 da Tabela A.2, deve ser verificado o atendimento aos limites máximos no extrato obtido no ensaio de lixiviação dos parâmetros classificados como “Inorgânicos”, “Pesticidas” e “Outros orgânicos” estabelecidos no Anexo F da Norma Brasileira ABNT NBR 10004:2004 (ver Tabela A.3).

**Tabela A.3 – Concentração - Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação (fonte: Anexo F da ABNT NBR 10004:2004)**

Parâmetros	Código de identificação	Limite máximo no lixiviado mg/L	CAS- Chemical Abstrat Substance
<b>Inorgânicos</b>			
Arsênio	D005	1,00	7440-38-2
Bário	D006	70,00	7440-39-3
Cádmio	D007	0,50	7440-43-9
Chumbo	D008	1,00	7439-92-1
Cromo total	D009	5,00	7440-47-3
Fluoreto	D010	150,00 **	GENÉRICO
Mercúrio	D011	0,10	7439-97-6
Prata	D012	5,00	7440-22-4
Selênio	D013	1,00	7782-49-2
<b>Pesticidas</b>			
Aldrin+dieldrin	D014	0,003 **	309-00-2 ; 60-57-1
Clordano ( todos os isômeros)	D015	0,02	57-74-9
DDT (p,p' DDT+p,p' DDD+p,p'DDE)	D016	0,20	50-29-3
2,4-D	D026	3,00	94-75-7
Endrin	D018	0,06	72-20-8
Heptacloro e seus epóxidos	D019	0,003	76-44-8
Lindano	D022	0,20	58-89-9
Metoxicloro	D023	2,00	72-43-5
Pentaclorofenol	D024	0,90	87-86-5
Toxafeno	D025	0,50 *	8001-35-2
2,4,5-T	D027	0,20 **	93-76-5
2,4,5-TP	D028	1,00 *	93-72-1
<b>Outros orgânicos</b>			
Benzeno	D030	0,50 *	71-43-2
Benzo(a) pireno	D031	0,07	50-32-8
Cloreto de vinila	D032	0,50	75-01-4
Clorobenzeno	D033	100,00 *	108-90-70
Clorofórmio	D034	6,00 *	67-66-3
Cresol total ***	D035	200,00 *	GENÉRICO

Continua

**Tubulações corrugadas de polietileno contendo polietileno reciclado de alta densidade para microdrenagem de áreas internas de empreendimentos residenciais e comerciais**

Continuação

Parâmetros	Código de identificação	Limite máximo no lixiviado mg/L	CAS- Chemical Abstrat Substance
o-Cresol	D036	200,00 *	95-48-7
m-Cresol	D037	200,00 *	108-39-4
p-Cresol	D038	200,00 *	106-44-5
1,4 - Diclorobenzeno	D039	7,50 *	106-46-7
1,2 - Dicloroetano	D040	1,00	107-06-2
1,1 - Dicloroetileno	D041	3,00	75-35-4
2,4 - Dinitrotolueno	D042	0,13 *	121-14-2
Hexaclorobenzeno	D021	0,10	118-74-1
Hexaclorobutadieno	D043	0,50 *	87-68-3
Hexacloroetano	D044	3,00 *	67-72-1
Metiletilcetona	D045	200,00 *	78-93-3
Nitrobenzeno	D046	2,00 *	98-95-3
Piridina	D047	5,00 *	110-86-1
Tetracloroeto de carbono	D048	0,20	56-23-5
Tetracloroetileno	D049	4,00	127-18-4
Tricloroetileno	D050	7,00	79-01-6
2,4,5 - Triclorofenol	D051	400,00 *	95-95-4
2,4,6 - Triclorofenol	D052	20,00	88-06-2
(*) = Parâmetros e limites máximos no lixiviamento extraídos da USEPA - <i>Environmental Protection Agency</i> 40 CFR - <i>Part 261-24</i> - " <i>Toxicity Characteristics</i> ".			
(**) = Parâmetro e limite máximo no lixiviado mantido, extraído da versão anterior da ABNT NBR 10004 : 1987.			
(***) = O parâmetro Cresol total somente deve ser utilizado nos casos em que não for possível identificar separadamente cada um dos isômeros.			
NOTA : Os demais poluentes e limites máximos no lixiviado desta tabela foram baseados na Portaria n° 1469/2000 do MS , multiplicados pelo fator 100.			

## **ANEXO B – Ensaio de resistência química**

### **B.1 Normas de referência:**

ASTM F1412-16 – *Standard Specification for Polyolefin Pipe and Fittings for Corrosive Waste Drainage Systems*

ASTM D543-14 – *Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents*

### **B.2 Corpos de prova:**

10 corpos de prova conforme ASTM D638-17 Tipo I.

### **B.3 Procedimento**

B.3.1 Determinar a tensão máxima e o alongamento máximo de 05 corpos de prova conforme norma ASTM D638-14. Os demais 05 corpos de prova devem ser imersos nos agentes químicos apresentados na Tabela B.1 utilizando o método detalhado na norma ASTM D543. Os corpos de prova devem ser expostos pelo período de 07 dias nas condições de atmosfera padrão do laboratório:  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  e  $(50 \pm 10) \% \text{ U.R.}$

**Tabela B.1 – Agentes químicos e concentração**

<b>Agente químico</b>	<b>Porcentagem em água</b>
Ácido Acético	5 por volume
Acetona	100
Metanol	100
Hidróxido de Amônio	10 por volume
Ácido nítrico	40 por volume
Hidróxido de sódio	10 por massa

B.3.2 Imediatamente após a imersão, os corpos de prova devem ser ensaiados conforme norma ASTM D638-17 e deve-se determinar a tensão máxima e o alongamento máximo.

### **B.4 Critério de aceitação**

A variação máxima permissível entre os valores médios antes e após exposição não deve ser superior a 20%.

## **ANEXO C – Classificação Unificada dos Solos conforme a ASTM D2321-14**

### **Material Grosso**

Inclui pedregulhos (G) e areias (S). Os pedregulhos têm tamanho de grão acima de 4,75 mm e abaixo de 75 mm. As areias têm granulometria compreendida entre 0,075mm e 4,75 mm. Por sua vez, elas são divididas em grossas, médias e finas. As areias grossas têm diâmetro entre 4,75 mm e 2,0 mm. As areias médias entre 2,0 mm e 0,425mm. As areias finas têm diâmetro entre 0,425 mm e 0,075 mm.

Os solos são considerados de granulometria grossa quando mais de 50% do material é maior que 0,075 mm. São considerados como pedregulhos se mais de 50% tem tamanho acima 4,75 mm e considerados arenosos se mais de 50% estão abaixo de 4,75 mm.

Nomes Típicos:

GW – Pedregulho bem graduado, pouca ou nenhuma quantidade de finos  
GP – Pedregulho pobremente graduados, pouca ou nenhuma quantidade de finos  
GM – Pedregulho siltoso, representa mistura de pedregulho com silte  
GC – Pedregulho argiloso  
SW – Areia bem graduada  
SP – Areia pobremente graduada  
SM – Areia siltosa  
SC – Areia argilosa

### **Material Fino**

Compreendem os siltes (representados pela letra M) e argilas (C)

ML – Siltes e areias finas com pouca plasticidade; areia fina argilosa ou siltosa  
CL – Argilas de plasticidade média. Pode ser também argila arenosa ou siltosa  
OL – Siltes orgânicos ou argilas siltosas orgânicas de baixa plasticidade  
MH – Siltes inorgânicos, solos siltosos  
CH – Argilas de alta plasticidade  
OH – Argilas orgânicas de média a alta plasticidade

### **Classificação dos Solos**

Dessa forma os solos são classificados em classes conforme suas propriedades:

**Classe I** — pedra ou rocha triturada angular, gradação densa ou aberta com poucos ou sem finos (de 19,01 mm a 38,10 mm de tamanho).

**Classe II** — (GW, GP, SW, SP, GW-GC, SP-SM) materiais limpos, de grão grosso, tais como o cascalho, areias grossas e misturas cascalho/areia (tamanho máximo de 38,10 mm).

**Classe III** — (GM, GC, SM, SC) materiais de *grão grosso com finos* incluindo cascalhos ou areias *limosas* ou argilosas. O cascalho e a areia devem compreender mais de 50% dos materiais classe III (38,10 mm de tamanho máximo).

**Classe IV** — (ML, CL, MH, CH) materiais de grão fino, tais como areia fina e solos que contenham 50% ou mais de argila ou limo. Os solos classificados como classe IVa (ML ou CL) têm média ou baixa plasticidade e **NÃO** são aceitáveis como materiais de preenchimento. Os solos classificados como classe IVb (MH ou CH) têm alta plasticidade e **NÃO são aceitáveis como materiais de preenchimento**.

**Classe V** — (OL, OH, PT) estes materiais incluem limos e argilas orgânicas, turba e outros materiais orgânicos. **NÃO são aceitáveis como materiais de preenchimento**