Cópia não autorizada

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 240-8249/532-2143
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1988,
ABNT–Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

DEZ 1988 | NBR 7367

Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário

Procedimento

Origem: Projeto 02:009.01-001/1987 (NB-281)
CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil
CE-02:009.01 - Comissão de Estudo de Tubos de PVC Rígido para Esgoto Sanitário
NBR 7367 - Unplasticized polyvinyl chloride (PVC) pipes with elastic sealing ring type joint sewerages system - Laying of pipe lines - Procedure

Palavras-chave: Esgoto sanitário. Tubulação de PVC rígido. Assentamento | 17 páginas

SUMÁRIO

1 Objetivo
2 Documentos complementares
3 Definições
4 Condições gerais
5 Condições específicas
6 Inspeção
7 Aceitação e rejeição

1 Objetivo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para projeto e assentamento de tubulações de esgoto sanitário com tubos e conexões de PVC rígido com junta elástica, conforme as NBR 7362, NBR 10569 e NBR 10570.

1.2 Esta Norma é aplicável às ligações prediais, sistemas condominiais de esgoto sanitário, coletores públicos, interceptores e emissários de esgoto sanitário que trabalhem sem pressão interna, e cujo líquido conduzido seja esgoto doméstico ou efluentes industriais, conforme a NBR 9800, e cuja temperatura seja de no máximo 40°C.

2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 7188 - Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre - Procedimento

NBR 7362 - Tubo de PVC rígido com junta elástica, coletor de esgoto - Especificação

NBR 9051 - Anel de borracha para tubulações de PVC rígido coletores de esgoto sanitário - Especificação

NBR 9063 - Anel de borracha do tipo toroidal para tubos de PVC rígido coletores de esgoto sanitário - Dimensões e dureza - Padronização

NBR 9800 - Critérios para recebimento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário - Procedimento

NBR 9814 - Execução de rede coletora de esgoto sanitário - Procedimento

NBR 10569 - Conexões de PVC rígido com junta elástica para coletor de esgoto sanitário - Tipos e dimensões - Padronização

NBR 10570 - Tubos e conexões de PVC rígido com junta elástica para coletor predial e sistema condominial de esgoto sanitário - Padronização

3 Definições

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.25, complementadas pelas definições constantes nas normas relacionadas no Capítulo 2.

3.1 Administração contratante

Entidade a quem cabe contratar e administrar a execução de sistemas de esgoto sanitário.

3.2 Berço

Camada de solo situada entre o fundo da vala e a geratriz inferior da tubulação.

3.3 Caixa de inspeção (CI)

Dispositivo visitável, quando em pequena profundidade, e que permite inspeção e introdução de equipamentos de limpeza.

3.4 Carga móvel (p)

Força vertical exercida pelas rodas de veículos na superfície do solo, ou sobre seu revestimento.

3.5 Classe de rigidez (CR)

Razão entre o produto no módulo de elasticidade E do material do tubo pelo momento de inércia I da seção transversal da parede do tubo por unidade de comprimento e a terceira potência do diâmetro médio do tubo Dm.

$$CR = \frac{EI}{Dm^3}$$

3.6 Coletor de sistema condominial de esgoto

Tubulação pertencente ao sistema particular ou público de esgoto sanitário, não localizada em logradouro público e destinada a receber e conduzir os efluentes dos coletores prediais.

3.7 Coletor predial

Trecho de tubulação compreendido entre a última inserção do subcoletor, ramal de esgoto ou descarga e o coletor público ou sistema particular.

3.8 Coletor público

Tubulação pertencente ao sistema público de esgoto sanitário, destinada a receber e conduzir os efluentes dos coletores prediais.

3.9 Construtor

Também chamado executor, constitui o conjunto de pessoas físicas ou jurídicas, habilitadas e contratadas pela administração contratante para os serviços de assentamento das tubulações conforme projeto, tendo como base esta Norma.

3.10 Deformação diametral (δ)

Diferença entre o diâmetro externo médio (d_{em}) e o diâmetro externo mínimo do tubo deformado por compressão diametral.

3.11 Deformação diametral relativa (δ/d_{em})

Quociente da deformação diametral (δ) pelo diâmetro externo médio (d_{em}), expresso como porcentagem.

3.12 Diâmetro nominal (DN)

Simples número que serve para classificar em dimensão os elementos de tubulações (tubos, conexões, anéis de juntas e acessórios) e que corresponde aproximadamente ao diâmetro interno da tubulação, em milímetros.

3.13 Fiscalização

Conjunto constituído por elementos técnicos de nível superior e médio, e/ou empresas de consultoria e assessoramento, designados pela administração contratante para exercer as atividades de gerenciamento, supervisão e acompanhamento da execução da obra.

3.14 Ligação predial

Trecho da tubulação do coletor predial compreendido entre o tubo de inspeção e limpeza (TIL) e o coletor público de esgoto sanitário.

3.15 Módulo reativo do solo (E') (Pa)

Fator indicativo da capacidade de suporte do solo de envolvimento lateral do tubo.

3.16 Poço de visita (PV)

Câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior destinada à reunião de dois ou mais trechos de coletor e à execução de trabalhos de manutenção.

3.17 Pressão devida às cargas móveis (q_m) (Pa)

Pressão atuante no plano tangente à geratriz superior do tubo, resultante das cargas móveis.

3.18 Pressão devida à carga de terra (q_t) (Pa)

Pressão atuante no plano tangente à geratriz superior do tubo, resultante da carga de terra.

3.19 Reaterro final

Trecho do aterro compreendido entre o aterro superior e o nível do terreno.

3.20 Reaterro lateral

Trecho do aterro situado de cada lado da tubulação, limitado inferiormente pelo berço e superiormente pelo plano tangente à geratriz superior da tubulação.

3.21 Reaterro superior

Trecho de aterro situado acima do plano tangente à geratriz superior da tubulação, e outro plano paralelo a este, com espessura de 0,30 m.

3.22 Taxa de infiltração (TI)

Coeficiente com o qual se calcula a quantidade de água de subsolo por km ou por órgão acessório (tais como PV ou CI) que penetra na tubulação de esgoto sanitário.

3.23 Terminal de limpeza (TL)

Dispositivo que permite introdução de equipamentos de limpeza, localizado na cabeceira de qualquer coletor.

3.24 Tubo de inspeção e limpeza (TIL)

Dispositivo não visitável que permite inspeção e introdução de equipamento de desobstrução e limpeza na tubulação do esgoto sanitário.

3.25 Tubo flexível

Tubo que, quando submetido a cargas de compressão diametral, pode sofrer deformação diametral relativa superior a 3%, sem apresentar fissuras prejudiciais à sua estrutura.

4 Condições gerais

4.1 Projeto

4.1.1 O projeto de qualquer uma das partes constituintes do sistema deve ser elaborado de acordo com as Normas Brasileiras, observadas as condições específicas desta Norma.

4.1.2 O projeto deve incluir, além dos cálculos e desenhos, o memorial descritivo do tipo de envolvimento a ser dado à tubulação, com indicação das características do solo de reaterro e de seu estado final de compactação, assim como detalhes executivos de passagens notáveis das tubulações.

4.1.3 Segurança - quando necessária, as partes interessadas devem providenciar projeto executivo de escoramento das valas a serem abertas, recomendando-se a observação da NBR 9814 no que diz respeito a escoramento de valas.

4.2 Execução

4.2.1 Recepção e estocagem dos materiais

Por ocasião da entrega dos tubos e conexões, a fiscalização deve estar presente na obra para verificar o material e supervisionar sua descarga e estocagem.

4.2.1.1 Descarga

A descarga deve ser feita adotando-se todos os cuidados necessários à segurança dos operários e de modo a evitar danos aos tubos, conexões e anéis de junta, devendo-se observar o seguinte:

a) o construtor deve providenciar em tempo hábil os dispositivos e equipamentos eventualmente necessários para a descarga nos locais escolhidos, bem como para o empilhamento dos tubos e estocagem das conexões e anéis;

b) a descarga dos tubos deve ser feita pelas laterais do caminhão, com os homens necessários em função do diâmetro e peso dos tubos. Os tubos e conexões não devem ser arrastados, a fim de não danificar suas extremidades;

c) no caso de se utilizarem meios mecânicos para descarga, devem-se tomar os devidos cuidados para que os cabos ou cordas utilizados não danifiquem o material;

d) os anéis de junta devem ser descarregados em suas embalagens originais.

4.2.1.2 Estocagem

Quando os tubos ficarem estocados no canteiro da obra, por longos períodos, devem ficar ao abrigo do sol, evitando-se possíveis deformações provocadas pelo aquecimento excessivo, devendo-se observar o seguinte:

a) a fiscalização deve designar local plano apropriado para a estocagem dos tubos, com declividade mínima, limpo, livre de pedras ou objetos salientes;

b) a primeira camada de tubos deve ser colocada sobre um tablado de madeira contínuo ou pranchões de 0,10 m de largura espaçados em 0,20 m no máximo, colocados no sentido transversal dos tubos;

c) devem ser providenciadas estroncas verticais, espaçadas de metro em metro para apoio lateral das camadas de tubos (Figura 1);

d) os tubos devem ser colocados com as bolsas alternadamente de cada lado;

e) o comprimento dos pranchões de base deve corresponder a número exato de tubos, de modo que o primeiro e o último tubo fiquem apoiados nas estroncas verticais;

f) as demais camadas de tubos são dispostas umas sobre as outras, observada a alternância das bolsas;

g) recomenda-se não fazer pilhas com mais de 1,80 m de altura, a fim de facilitar a colocação e posterior retirada dos tubos da última camada;

h) as conexões devem ser estocadas em local adequado, de modo a não sofrerem danos e/ou deformações;

i) os anéis de junta devem ser estocados em suas embalagens originais, ao abrigo do calor, raios solares, óleos e graxas.

4.2.2 Condições exigíveis para execução das obras

As obras de execução de qualquer uma das partes constituintes dos sistemas de esgoto devem obedecer rigorosamente às Normas Brasileiras, plantas, desenhos e detalhes do projeto, às recomendações específicas desta Norma, e aos demais elementos que a administração contratante e a fiscalização venham a fornecer.

4.2.3 Responsável pelo assentamento das tubulações

O assentamento das tubulações deve ter como responsável um profissional habilitado.

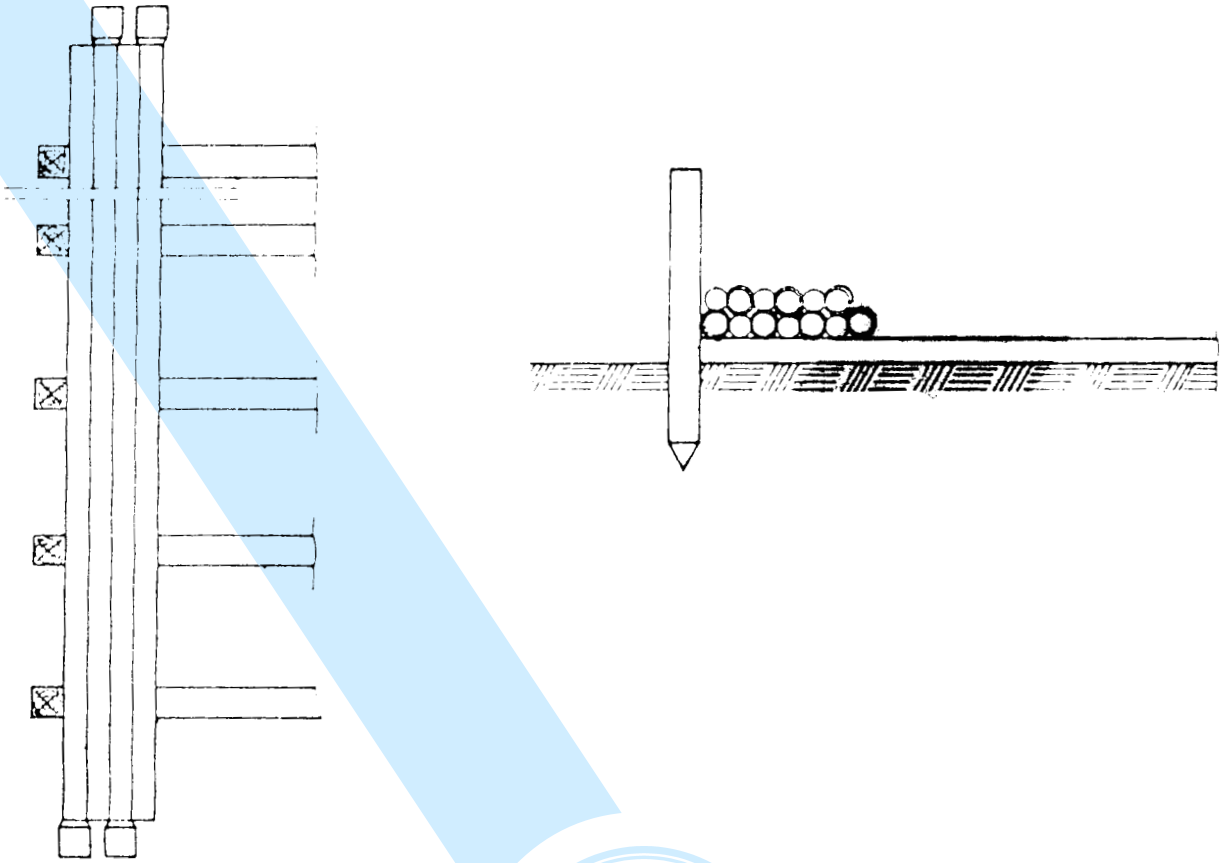


Figura 1

4.2.4 Serviços de topografia e demarcação da vala

A demarcação e o acompanhamento dos serviços a executar devem ser efetuados por equipe de topografia.

4.2.5 Serviços de levantamento da pavimentação

No início da escavação da vala, quer por processo manual ou mecânico, é necessário afastar o entulho resultante da quebra do pavimento ou eventual base de revestimento do solo para longe da borda da vala, evitando-se com isso seu uso indevido no envolvimento dos tubos.

4.2.6 Escavação da vala

4.2.6.1 As escavações devem obedecer aos preceitos da boa técnica, devendo-se utilizar escoramento sempre que necessário.

4.2.6.2 As valas devem ter largura (b) uniforme, sendo recomendáveis os seguintes limites:

a) para tubulações com altura de recobrimento (H) até 1,5 m:

$b_{(mín.)}$ = 60 cm;

b) para tubulações com altura de recobrimento superior a 1,5 m:

$b_{(mín.)}$ = 80 cm;

c) a largura da vala no nível de assentamento do tubo deve obedecer às recomendações do projeto, tendo em vista algumas passagens notáveis, em função de cargas externas, e deve-se ater ao memorial descritivo do tipo de base e envolvimento a ser dado ao tubo nesses pontos.

4.2.6.3 As escavações em rocha decomposta, pedras soltas e rocha viva devem ser feitas até abaixo do nível inferior da tubulação, para que seja possível a execução de um berço de material granular de no mínimo 15 cm sob os tubos.

4.2.7 Fundo da vala

4.2.7.1 O fundo da vala deve ser regular e uniforme, obedecendo à declividade prevista no projeto, isento de saliências e reentrâncias. As eventuais reentrâncias devem ser preenchidas com material adequado, convenientemente compactado, de modo a se obter as mesmas condições de suporte do fundo da vala normal.

4.2.7.2 Quando o fundo da vala for constituído de argila saturada ou lodo, sem condições mecânicas mínimas para o assentamento dos tubos, deve ser executada uma fundação como, por exemplo: camada de brita ou cascalho, ou de concreto convenientemente estaqueado e outras. A tubulação sobre a fundação deve ser apoiada sobre berço de material adequado.

4.2.8 Instalação das tubulações

4.2.8.1 Transporte até a vala

Os tubos devem ser transportados até a vala com os mesmos cuidados observados por ocasião da descarga e estocagem (4.2.1), devendo permanecer ao longo da vala o

menor tempo possível, a fim de evitar acidentes e deformações.

4.2.8.2 Descida na vala

Os tubos devem ser descidos na vala no mínimo por dois homens, impedindo-se o seu arraste no chão e principalmente choques de suas extremidades com corpos rígidos.

4.2.8.3 Assentamento

Os tubos devem ser colocados com sua geratriz inferior coincidindo com o eixo do berço, de modo que as bolsas fiquem nas escavações previamente preparadas, assegurando um apoio contínuo do corpo do tubo.

4.2.8.4 Execução das juntas elásticas

A execução das juntas elásticas deve obedecer à seguinte seqüência:

a) verificar se os anéis correspondem aos especificados pela NBR 9051 e padronizados pela NBR 9063 e se estão em bom estado e limpos;

b) limpar as faces externas das pontas dos tubos e as faces internas das bolsas e, principalmente, a região de encaixe do anel. Verificar se o chanfro da ponta do tubo não foi danificado; caso necessário, corrigi-lo com uma grosa;

c) colocar o anel dentro de seu encaixe na bolsa, sem torções;

d) untar a face externa da ponta do tubo e a parte aparente do anel com pasta adequada, recomendada pelo fabricante. Não utilizar em hipótese alguma graxas ou óleos minerais, que podem afetar as características da borracha;

e) após o posicionamento correto da ponta do tubo junto à bolsa do tubo já assentado, realizar o encaixe, empurrando manualmente o tubo. Para os DN maiores, pode-se utilizar uma alavanca junto à bolsa do tubo a ser encaixado, com o cuidado de se colocar uma tábua entre a bolsa e a alavanca, a fim de evitar danos.

4.2.8.5 Alinhamento e nivelamento da tubulação

Executado o encaixe, procede-se ao alinhamento da tubulação. Se necessário, podem ser cravados piquetes ou calços laterais, para assegurar o alinhamento da tubulação, especialmente quando se tratar de trechos executados em curva, conforme previsto em 5.3. O nivelamento deve ser feito obedecendo-se ao disposto na NBR 9814.

4.2.8.6 Montagem dos trechos

O sentido de montagens dos trechos deve ser de preferência caminhando-se das pontas dos tubos para as bolsas, ou seja, cada tubo assentado deve ter como extremidade livre uma bolsa, onde deve ser acoplada a ponta do tubo subseqüente. A montagem da tubulação, entre dois pontos fixos, deve ser feita utilizando-se luvas de correr.

4.2.8.7 Conexões e TILs

Na instalação das tubulações somente devem ser utilizadas conexões e TILs de PVC rígido conforme as NBR 10569 e NBR 10570. Outros tipos de poços de inspeção e limpeza podem ser utilizados desde que tenham as mesmas dimensões básicas, o mesmo desempenho hidráulico e mecânico dos TILs padronizados conforme as NBR 10569 e NBR 10570. Na obra não é permitido o aquecimento dos tubos com a finalidade de se obter curvas, execução de bolsas ou furos. Extremidades ou pedaços de tubos devem ser aproveitados mediante o uso de luvas.

4.2.9 Envolvimento e ancoragem das tubulações

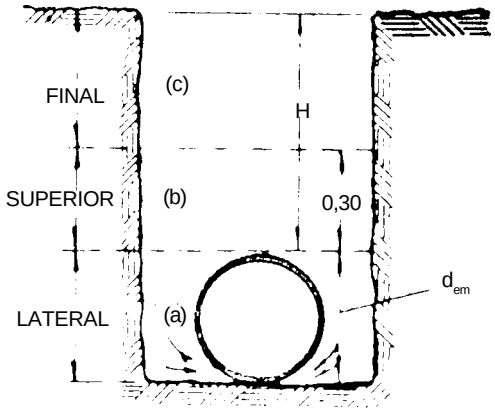
4.2.9.1 Após a execução das juntas, os tubos devem ser envolvidos conforme recomendações do projetista, tendo em vista os requisitos estabelecidos no Capítulo 5. As juntas elásticas devem ser mantidas visíveis sempre que possível, para verificação da fiscalização .

4.2.9.2 As conexões e os TILs devem ser convenientemente envolvidos ou ancorados conforme requisitos estabelecidos no projeto. Nos casos de declividades acentuadas (superiores a 20%), deve-se prever ancoragem para tubulação de uma forma geral.

4.2.9.3 Durante o assentamento, devem-se tomar cuidados especiais para evitar, tanto quanto possível, a entrada de água na vala aberta, a fim de eliminar os riscos de solapamento do envolvimento , e em casos extremos é aconselhável encher a vala (regiões lateriais e superior) com brita de diâmetro inferior a 2 cm.

4.2.10 Reaterro

Para efeito de reaterro consideram-se três zonas distintas, conforme a Figura 2.



(a) lateral, compreendida entre o fundo da vala e a geratriz superior do tubo;

(b) superior, sobre a geratriz superior da tubulação, com 0,30 m de altura;

(c) final, completa o reaterro, até a superfície do terreno.

Figura 2

4.2.10.1 Reaterro lateral

O reaterro das laterais da tubulação deve ser executado de tal forma a atender os requisitos mínimos preconizados pelo projeto, tendo em vista as condições específicas. Deve ser utilizado o solo especificado e deve-se cuidar para que a tubulação fique continuamente apoiada no fundo da vala e com berço bem executado nas duas laterais em camadas inferiores a 0,10 m (Figura 3). Se houver escoramento na vala, este deve ser retirado progressivamente, procurando-se preencher todos os vazios.

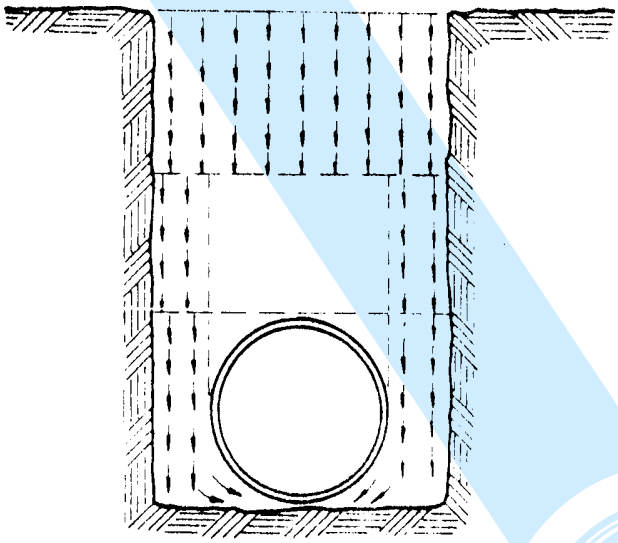


Figura 3

4.2.10.2 Reaterro superior

O reaterro é feito com material selecionado, sem pedras ou matacões, em camadas de 0,10 m a 0,15 m de espessura. A compactação é executada de cada lado, apenas nas regiões compreendidas entre o plano vertical tangente à tubulação e a parede da vala. A parte diretamente acima da tubulação não é compactada, a fim de se evitarem deformações dos tubos. Não se admite despejar o solo de reaterro nesta etapa.

4.2.10.3 Reaterro final

O restante do material de reaterro da vala deve ser lançado em camadas sucessivas e compactadas, de tal forma a se obter o mesmo estado do terreno das laterais da vala.

4.2.10.4 Obras de proteção contra cargas móveis

A execução de obras de proteção contra cargas móveis fica restrita aos casos em que se faz necessário, conforme condições específicas, 5.3.1; nos demais deve-se recompor o pavimento conforme as normas específicas de cada caso e observar as prescrições locais.

4.2.10.5 Cuidados com a rede/tubulação

Os tampões dos poços de visita e TILs, as caixas de inspeção e demais acessórios das redes devem ser ancorados no sentido do peso próprio e dos esforços longitudinais, transversais e trepidações a que podem ficar sujeitos, sendo que a tubulação de PVC rígido e as peças de ligação devem trabalhar livres desses esforços ou deformações.

5 Condições específicas

5.1 Cálculo das pressões externas devidas às cargas de terra e cargas móveis

Devem ser calculadas as pressões externas sobre a tubulação, devidas a dois tipos principais de cargas:

a) as cargas de terra resultantes do peso do solo acima da tubulação;

b) as cargas móveis, representadas pelo tráfego na superfície do terreno.

5.1.1 Pressão devida à carga de terra (q_t)

5.1.1.1 Para tubos flexíveis conforme a NBR 7362, a carga de terra se apresenta sob forma de pressão do solo, uniformemente distribuída ao longo da área projetada da tubulação e pode ser calculada pela expressão:

$$q_t = \rho \cdot g \cdot H$$

Onde:

q_t = pressão devida à carga de terra, em Pa

ρ = massa específica do solo de reaterro, em kg/m^3

g = aceleração da gravidade, em m/s^2

H = altura do recobrimento, em m

5.1.1.2 No caso do nível do lençol freático situar-se acima da tubulação, a pressão devida à carga de terra deve ser calculada pela expressão, referida à Figura 4:

$$q_t = \rho \cdot g \cdot h + (H - h) \cdot \rho_s \cdot g \ (Pa)$$

Onde:

h = profundidade do lençol freático, em m

ρ_s = massa específica do solo de reaterro saturado, em kg/m^3

g = aceleração da gravidade, em m/s^2

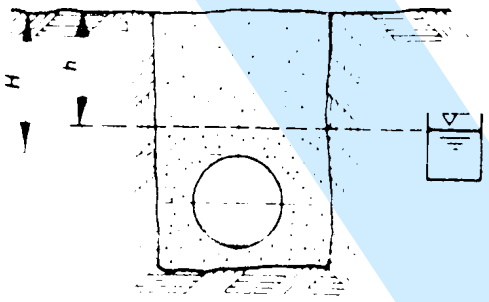


Figura 4 - Tubulação instalada abaixo do nível do lençol freático

5.1.1.3 Na falta de conhecimento do valor de ρ, podem-se adotar:

a) materiais granulares sem coesão $\rho = 1700\ kg/m^3$;

b) pedregulho e areia $\rho = 1900\ kg/m^3$;

c) solo orgânico saturado $\rho_s = 2000\ kg/m^3$;

d) argila $\rho = 2100\ kg/m^3$;

e) argila saturada $\rho_s = 2200\ kg/m^3$.

5.1.2 Pressão devida às cargas móveis (q_m)

5.1.2.1 A pressão resultante no solo, na geratriz superior da tubulação, devida às cargas móveis, pode ser calculada pela expressão:

$$q_m = c \cdot f \cdot p\ (Pa)$$

Onde:

c = coeficiente de carga móvel

f = fator de impacto

p = carga distribuída na superfície sobre uma área (a x b) (Pa)

5.1.2.2 Como fator de impacto (f), pode-se adotar:

a) f = 1,5 para rodovias;

b) f = 1,75 para ferrovias.

5.1.2.3 Como coeficiente de carga móvel, pode-se adotar a Tabela 1.

5.1.2.4 Como forma simplificada, a Figura 5 fornece valores de q_m resultantes de cargas móveis de 120 kN, 300 kN e 450 kN conforme a NBR 7188, sendo considerada a situação mais desfavorável do veículo em relação ao tubo e fator de impacto f = 1.

5.2 Cálculo da deformação diametral relativa dos tubos

5.2.1 A deformação diametral relativa dos tubos enterrados e sujeitos à pressão externa do solo, pressão esta devida à carga de terra e às cargas móveis, pode ser calculada utilizando-se a expressão:

$$\delta / d_{em} = \frac{D_L \cdot q_t + q_m}{80\ CR + 0{,}61\ E'} \times 100\ (\%)$$

Onde:

δ/d_{em} = deformação diametral relativa

D_L = coeficiente de deformação lenta

q_t = pressão externa do solo devida à carga da terra, em Pa

q_m = pressão externa do solo devida às cargas móveis, em Pa

CR = classe de rigidez dos tubos (Pa) conforme a NBR 7362

E' = módulo reativo do solo de envolvimento, em Pa

5.2.2 O coeficiente de deformação lenta (D_L) leva em conta a deformação diametral do tubo que ocorre com o decorrer do tempo, sob ação contínua da pressão do solo. Esta deformação provém do processo de adensamento do solo de envolvimento lateral sob ação contínua dos esforços do tubo, resultante do aumento do seu diâmetro no plano horizontal. Recomenda-se adotar os seguintes valores para D_L em função dos valores usuais de E':

E' (Pa)	1400000	2800000	7000000	14000000	21000000
DL	2	1,75	1,5	1,25	1

5.2.3 O módulo reativo do solo (E') de envolvimento lateral dos tubos deve ser adotado em função do tipo de solo escolhido e do seu grau de compactação. As Tabelas 2 e 3 fornecem valores usuais de E' em função da classificação dos solos e seus estados de compactação.

5.2.4 O ábaco da Figura 6 pode ser utilizado para se determinar a deformação diametral devida às cargas móveis, à qual deve-se acrescentar a deformação diametral de curto prazo, multiplicada pelo coeficiente de deformação lenta adotado (D_L).

5.2.5 A deformação diametral relativa máxima admissível a longo prazo para tubulação é de 7,5%. A deformação diametral relativa máxima admissível logo após a instalação da tubulação e término do reaterro pode ser calculada pela razão entre a deformação diametral relativa máxima admissível a longo prazo (7,5%) e o coeficiente de deformação lenta adotado, e deve ser objeto de verificação pela fiscalização logo após o reaterro da vala.

5.3 Requisitos para projeto

5.3.1 Disposição dos TILs nos sistemas de esgoto sanitário

5.3.1.1 Os trechos longos devem ser subdivididos em trechos menores (ℓ_1, ℓ_2), utilizando-se TILs tipo passagem para que o comprimento dos trechos resultantes seja compatível com o alcance do equipamento de limpeza previsto para a operação e manutenção dos sistema de esgoto sanitário. Ver Figura 7.

5.3.1.2 Nos trechos onde é prevista a mudança de diâmetro, devem ser previstos uma redução e um TIL a jusante da redução. Ver Figura 8.

5.3.1.3 Nas cabeceiras das redes coletoras, devem ser utilizados terminais de limpeza (TL) (Figura 7), e nos casos onde é prevista a extensão do sistema, deve-se utilizar um TIL dotado de um plugue. Ver Figura 9.

5.3.1.4 Quando a declividade da superfície do terreno for muito acentuada e/ou imcompatível com a declividade do coletor, devem-se utilizar TILs tipo tubo de queda e curvas de 90°. Ver Figuras 10 e 11.

Cópia não autorizada

Tabela 1 - Coeficiente de carga móvel (C) aplicada em uma área (a x b) em função da altura do recobrimento (H)

		b/2H															
		0,02	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2	3	5
a/2H	0,02	0,001	0,002	0,004	0,006	0,007	0,009	0,011	0,014	0,016	0,018	0,021	0,023	0,024	0,025	0,025	0,025
	0,05	0,002	0,005	0,009	0,014	0,018	0,023	0,027	0,034	0,040	0,045	0,052	0,056	0,061	0,063	0,063	0,064
	0,1	0,004	0,009	0,019	0,028	0,037	0,045	0,053	0,067	0,079	0,089	0,103	0,112	0,121	0,124	0,126	0,126
	0,15	0,006	0,014	0,028	0,041	0,054	0,067	0,079	0,100	0,118	0,132	0,153	0,166	0,181	0,185	0,187	0,188
	0,2	0,007	0,018	0,037	0,054	0,072	0,088	0,103	0,131	0,155	0,174	0,202	0,219	0,238	0,244	0,247	0,248
	0,25	0,009	0,023	0,045	0,067	0,088	0,108	0,127	0,161	0,190	0,214	0,248	0,269	0,293	0,301	0,305	0,306
	0,3	0,011	0,027	0,053	0,079	0,103	0,127	0,149	0,190	0,224	0,252	0,292	0,318	0,346	0,355	0,359	0,361
	0,4	0,014	0,034	0,067	0,100	0,131	0,161	0,190	0,241	0,284	0,320	0,373	0,405	0,442	0,454	0,460	0,461
	0,5	0,016	0,040	0,079	0,118	0,155	0,190	0,224	0,284	0,336	0,379	0,441	0,481	0,525	0,540	0,547	0,549
	0,6	0,018	0,045	0,089	0,132	0,174	0,214	0,252	0,320	0,379	0,428	0,499	0,544	0,596	0,613	0,622	0,624
	0,8	0,021	0,052	0,103	0,153	0,202	0,248	0,292	0,373	0,441	0,499	0,584	0,639	0,703	0,725	0,736	0,740
	1,0	0,023	0,056	0,112	0,166	0,219	0,269	0,318	0,405	0,481	0,544	0,639	0,701	0,775	0,800	0,814	0,818
	1,5	0,024	0,061	0,121	0,181	0,238	0,293	0,346	0,442	0,525	0,596	0,703	0,775	0,863	0,894	0,913	0,918
	2	0,025	0,063	0,124	0,185	0,244	0,301	0,355	0,454	0,540	0,613	0,725	0,800	0,894	0,930	0,951	0,958
	3	0,025	0,063	0,126	0,187	0,247	0,305	0,359	0,460	0,547	0,622	0,736	0,814	0,913	0,951	0,976	0,984
	5	0,025	0,064	0,126	0,188	0,248	0,306	0,361	0,461	0,549	0,624	0,740	0,818	0,918	0,958	0,984	0,994

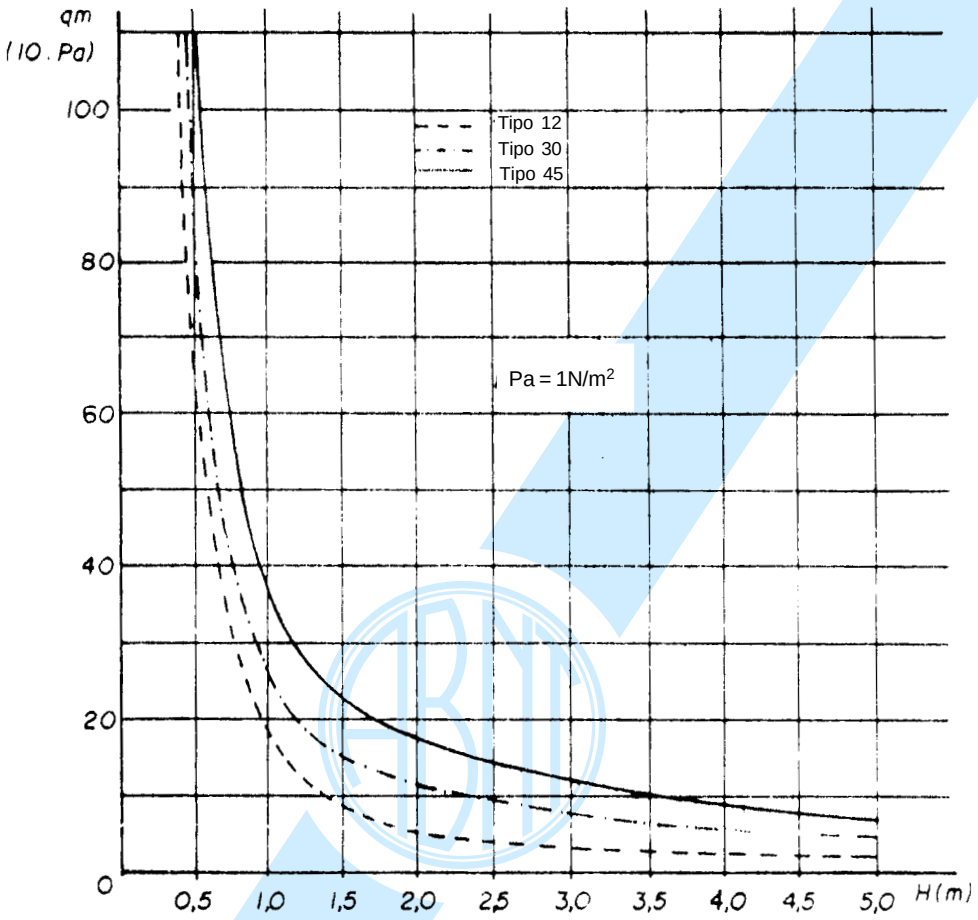


Figura 5 - Pressão do solo devida às cargas móveis

Tabela 2 - Classificação dos solos

Classe			Tipo	Símbolo	Nomes típicos
Solos granulares (menos de 50% passando na peneira nº 200)	Pedregulhos (50% ou mais da fração grossa não passam na peneira nº 4)		Pedregulho limpo	GW	Pedregulho e misturas de areia e pedregulho - bem graduados com pouco ou nenhum material fino
				GP	Pedregulho e misturas de areia e pedregulho - mal graduados com pouco ou nenhum material fino
			Pedregulho contendo material fino	GM	Pedregulho siltoso, misturas de pedregulho, areia e silte
				GC	Pedregulho argiloso, misturas de pedregulho, areia e argila
	Areias (mais de 50% da fração grossa passam na peneira nº 4)		Areia limpa	SW	Areia e areia pedregulhosa - bem graduadas, com pouco ou nenhum material fino
				SP	Areia e areia pedregulhosa - mal graduadas, com pouco ou nenhum material fino
			Areia contendo material fino	SM	Areia siltosa, misturas de areia e silte
				SC	Areia argilosa, misturas de areia e argila
Solos finos (50% ou mais passando na peneira nº 200)			Silte e argila (LL ≤ 50)	ML	Silte inorgânico, areia muito fina, areia fina siltosa ou argilosa
				CL	Argila inorgânica de baixa a média plasticidade, argila pedregulhosa, arenosa e siltosa, argila magra
				OL	Silte orgânico e argila siltosa orgânica de baixa plasticidade
			Silte e argila (LL > 50)	MH	Silte inorgânico, areias finas ou siltes micáceos ou diatomáceos, silte elástico
				CH	Argila inorgânica de alta plasticidade, argila gorda
				OH	Argila orgânica de média a alta plasticidade
Solos altamente orgânicos				PT	Turfa e outros solos altamente orgânicos

LL = Limite de liquidez.

Tabela 3 - Valores médios do módulo reativo do solo (E')

Tipo de solo	Valor de E' (MPa), para vários graus de compactação Proctor			
	Despejado (sem compactação)	Leve < 85%	Moderado 85% - 95%	Alto > 95%
Brita	7	21	21	21
Solos granulares com pouco ou nenhum material fino: GW, GP, SW, SP	1,4	7	14	21
Solos granulares com material fino: GM, GC, SM, SC Solos finos com média e nenhuma plasticidade (LL ≤ 50): CL, ML, ML-CL, com mais de 25% de material granular	0,7	2,8	7	14
Solos finos com média e nenhuma plasticidade (LL ≤ 50): CL, ML, ML-CL, com menos de 25% de material granular	0,35	1,4	2,8	7
Solos finos com média a alta plasticidade (LL > 50): CH, MH, CH-MH	Não há dados seguros. Considera-se E' = 0			

LL = Limite de liquidez.

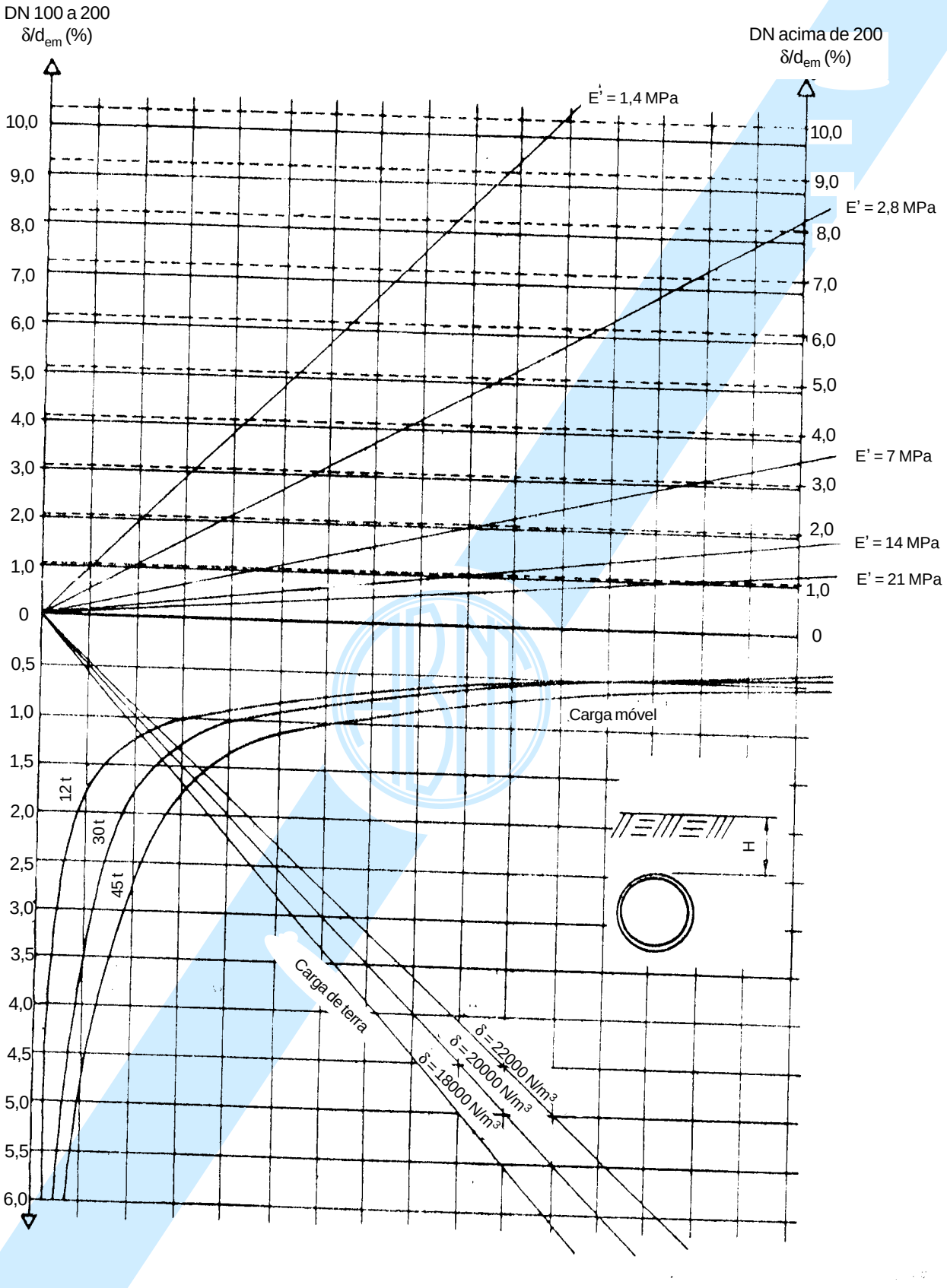

DN 100 a 200
δ/d$_{em}$ (%)
DN acima de 200
δ/d$_{em}$ (%)
E' = 1,4 MPa
E' = 2,8 MPa
E' = 7 MPa
E' = 14 MPa
E' = 21 MPa
10,0
9,0
8,0
7,0
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
5,0
5,5
6,0
Carga móvel
12 t
30 t
45 t
H
Carga de terra
δ = 22000 N/m³
δ = 20000 N/m³
δ = 18000 N/m³

Figura 6

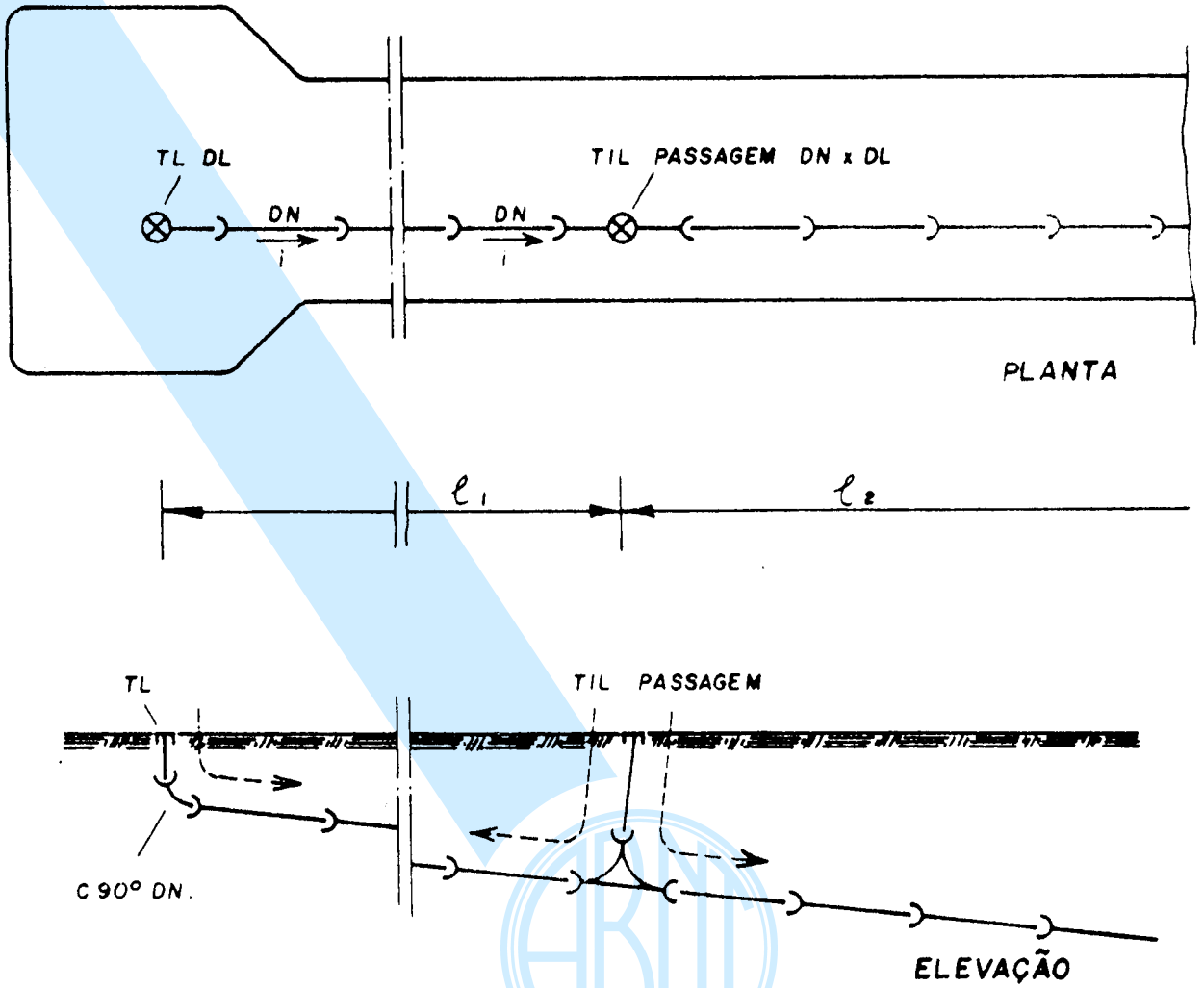


Figura 7 - Cabeceira de rede e trecho longo

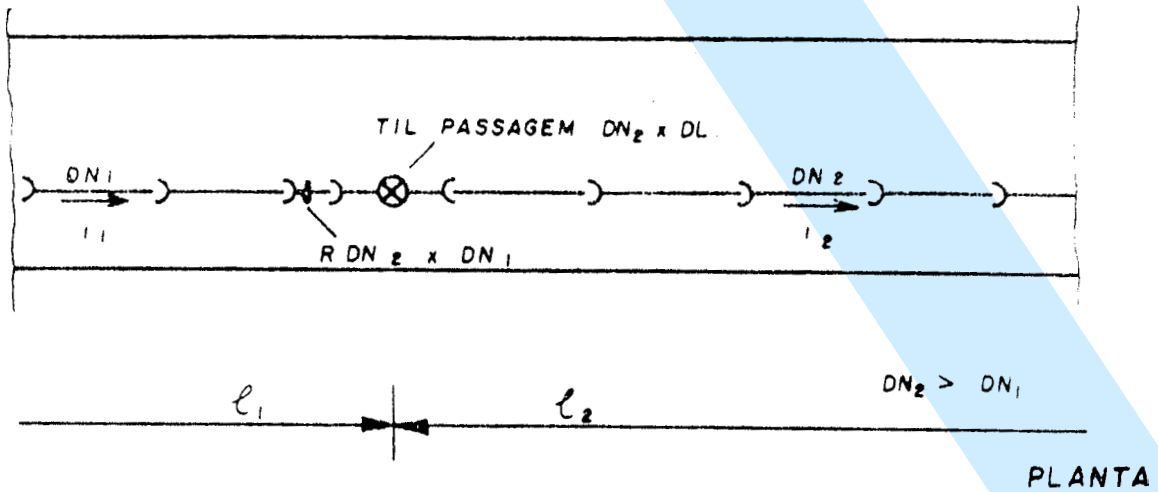


Figura 8 - Trecho com mudança de diâmetro

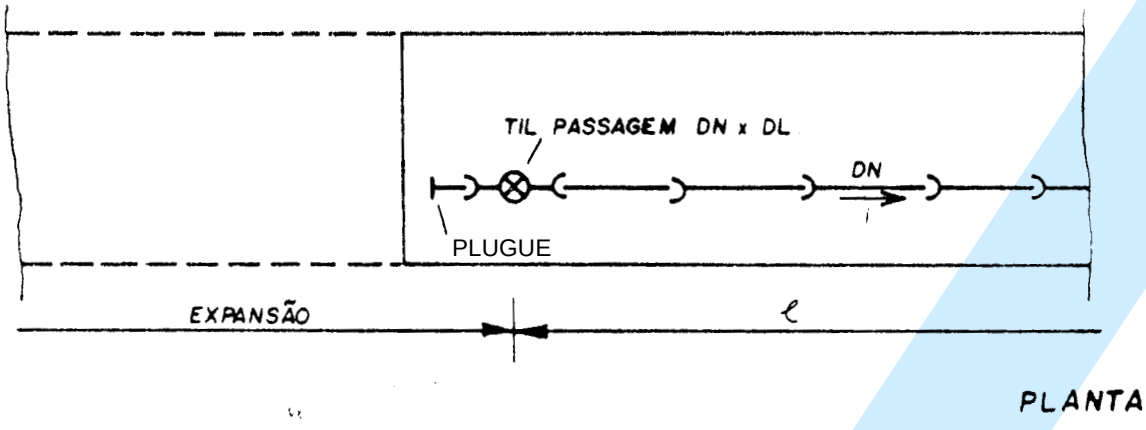


Figura 9 - Cabeceira de rede com previsão de expansão

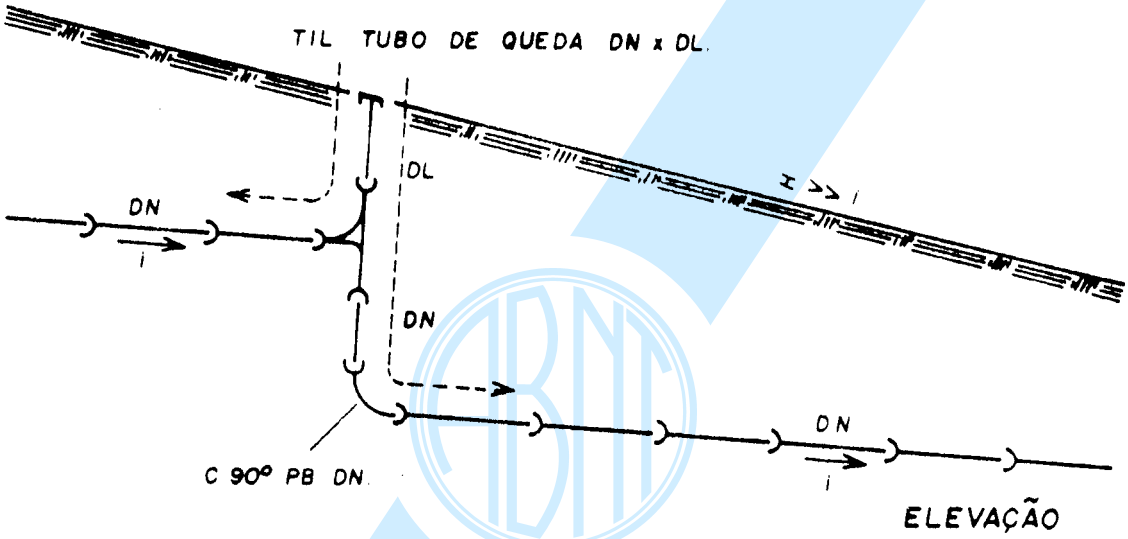


Figura 10 - Rua com declive acentuado

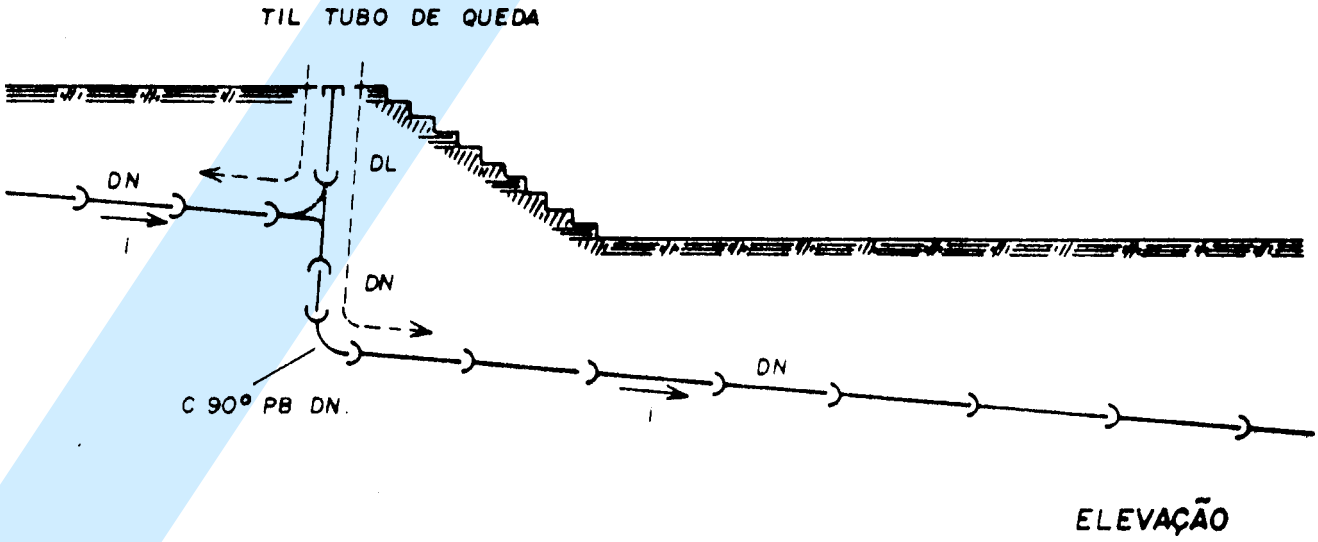


Figura 11 - Sistema condominial em encosta

5.3.1.5 Quando o trecho se desenvolver em curva, o coletor pode ser projetado para ser assentado, aproveitando-se a flexibilidade dos tubos, observando-se (ver Figura 12):

a) as juntas elásticas dos tubos conforme a NBR 7362 não permitem deflexão apreciável e devem ser mantidas retas aproximadamente 0,5 m de cada extremidade (ponta e bolsa);

b) as curvaturas máximas admissíveis dos tubos em função dos seus DN estão estabelecidas na Tabela 4, assim como as demais relações geométricas estão referidas ao comprimento central de 5 m de cada tubo, já descontadas as partes retas da junta elástica (a), e foram calculadas para cada 12 m de coletor;

c) devem ser intercalados TILs tipo passagem, formando-se trechos cujos comprimentos (ℓ_1, ℓ_2) e curvaturas sejam compatíveis com o equipamento de limpeza previsto para a operação e manutenção. As juntas elásticas destes TILs devem ser mantidas retas conforme alínea a);

d) a deformação diametral relativa é positiva na direção vertical, quando a curva for no plano horizontal; é negativa na direção vertical quando a curva for no plano vertical, conforme 5.3.1.6.

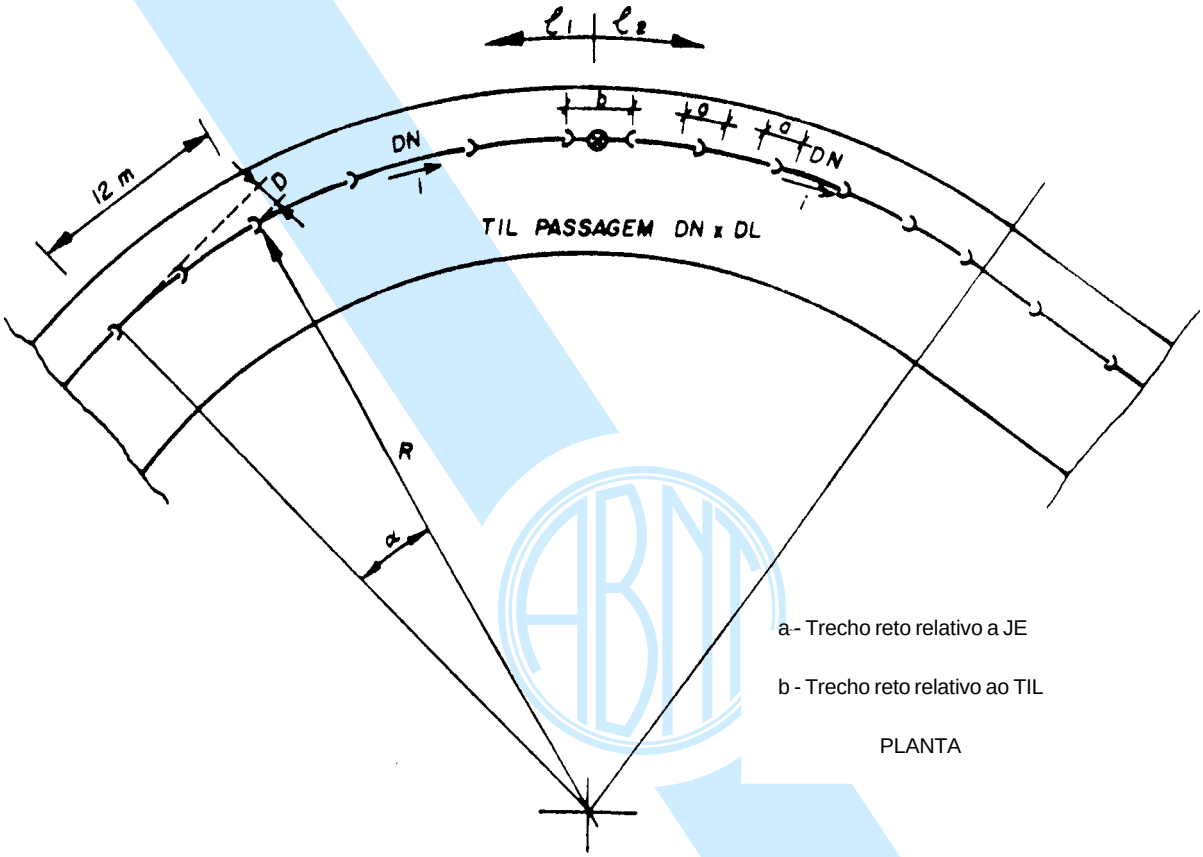


Figura 12 - Trecho em curva

Tabela 4 - Referida à Figura 12 - Deformação diametral relativa, raio mínimo de curvatura, deslocamento máximo e ângulo máximo admissível para cada 12 m de coletor de PVC rígido - Valores médios calculados

DN	Comprimento de coletor	α Ângulo máximo admissível para 12 m de coletor	D Deslocamento máximo admissível para 12 m de coletor	R (mín.) Raio médio de curvatura (Mínimo admisível)	δ/d_{em} Deformação diametral vertical relativa
	(m)	α	(m)	(m)	
75	12	25° 30'	2,63	27	0,11
100	12	17° 20'	1,82	40	0,16
125	12	15° 20'	1,60	45	0,16
150	12	12° 00'	1,25	57	0,16
200	12	9° 30'	0,99	72	0,16
250	12	7° 40'	0,80	90	0,14
300	12	6° 00'	0,63	115	0,14
350	12	5° 20'	0,56	129	0,14
400	12	4° 40'	0,49	147	0,14

Cópia não autorizada

5.3.1.6 Nos trechos onde é prevista a mudança de declividade, pode ser utilizada a flexibilidade dos tubos. Para se projetar e executar tais mudanças, garantindo-se o acesso pelo trecho a jusante do equipamento de limpeza e desobstrução prevista, devem ser observadas as condições estabelecidas em 5.3.1.5 (Figura 13).

5.3.1.7 O TIL das ligações prediais deve ser instalado no passeio, preferencialmente próximo ao meio fio (ver Figura 14).

5.3.2 Assentamentos especiais da tubulação

5.3.2.1 Nos trechos em que o recobrimento da tubulação for mínimo (inferior a 1 m), e/ou quando a tubulação for assentada em ruas com pesadas cargas móveis, devem ser tomadas medidas especiais para a sua proteção. Esta proteção pode ser feita embutindo-se a tubulação de esgoto dentro de tubos com DN superiores e apropriados para receber as cargas móveis, ou mediante lajes conforme esquema da Figura 15. Nestes casos, o tubo deve ser envolvido em material granular ou pó de pedra, permanecendo desvinculado dos elementos de proteção. Não é recomendável o envolvimento os tubos com concreto.

5.3.2.2 Nos trechos em que a tubulação for assentada em valas muito profundas, em condições tais que a carga de terra provocaria deformações diametrais relativas superiores a 7,5% em condições de assentamento normal, devem ser previstas medidas especiais para proteção da tubulação. Esta proteção pode ser conforme 5.3.2.1 ou, simplesmente, envolvendo a tubulação em material granular com módulo reativo (E') elevado, tais como pó de pedra e cascalho.

5.3.2.3 Nos trechos aéreos inevitáveis, é preferível assentar a tubulação em uma viga com seção em U com dimensões tais que permitam envolvê-la em material granular. Quando a tubulação tiver que ser apoiada por abraçadeiras, o espaçamento entre tais apoios deve ser conforme a Tabela 5.

5.4 Dimensionamento hidráulico

5.4.1 Taxa de contribuição de infiltração (TI)

5.4.1.1 A taxa de contribuição de infiltração (TI), admissível para sistemas de esgoto sanitário que utilizem exclusivamente tubos, TILs e conexões conforme esta Norma, é zero, tendo em vista desempenho da junta elástica utilizada.

5.4.1.2 No caso do sistema de o esgoto sanitário conter poços de visita (PVs) e caixas de inspeção (CIs) construídas com outros materiais, a taxa de contribuição de infiltração deve ser determinada para cada uma destas unidades. O valor adotado deve ser justificado e depende das condições locais, tais como: nível do lençol freático, natureza do subsolo, qualidade da execução dos órgãos acessórios (PV e CI) e tipo de impermeabilização empregada.

5.4.2 Coeficiente de Manning

5.4.2.1 O coeficiente de Manning a ser utilizado nos cálculos hidráulicos de sistemas de esgoto sanitário que utilizam exclusivamente tubos, TILs e conexões conforme esta Norma é n = 0,010, para tirantes relativos variando entre 0,20 e 0,75.

5.4.2.2 Os trechos assentados em curva conforme 5.3.1.5 podem ser dimensionados como se fossem retos.

6 Inspeção

6.1 Compete à fiscalização inspecionar a execução dos trabalhos nas suas diversas fases.

6.2 Deve verificar se os materiais que o construtor está utilizando na obra estão em conformidade com as exigências da administração contratante.

6.3 Durante o assentamento dos tubos, TILs e conexões, deve verificar se as juntas elásticas estão sendo executadas corretamente, utilizando-se os anéis de borracha e processos de montagem conforme estabelece esta Norma.

6.3.1 A rigorosa fiscalização na execução das juntas elásticas pode substituir o ensaio de verificação da estanqueidade com pressão hidrostática interna de 200 kPa, conforme a NBR 9814.

6.3.2 Nos casos onde a execução não tenha sido acompanhada pela fiscalização, deve-se proceder ao ensaio de estanqueidade para se assegurar taxa de infiltração zero, conforme 5.4.1.

6.3.3 No caso de se realizar ensaio de estanqueidade e se constatar a possibilidade de infiltração de água no trecho, este não deve ser aceito pela fiscalização, cabendo ao construtor localizar as falhas e corrigi-las, e o trecho deve ser submetido a novo ensaio.

6.3.4 No caso de assentamento da tubulação de montante para jusante, a cada novo trecho assentado a tubulação deve permanecer sem infiltrações mesmo quando executada abaixo do lençol freático.

6.3.5 Após o assentamento de cada trecho, TIL ou conexão, as extremidades da tubulação devem ser mantidas rigorosamente fechadas com plugue.

6.4 A Fiscalização deve estabelecer os locais onde será verificada a máxima deformação diametral relativa que ocorre após o reaterro da tubulação. Esta verificação deve ser feita em todos os trechos:

a) onde a altura de recobrimento for superior a 2,5 m;

b) onde se exige para o solo de envolvimento lateral grau de compactação Proctor superior a 85%;

c) onde se executam técnicas especiais de assentamento, conforme 5.3.2;

d) abaixo do lençol freático;

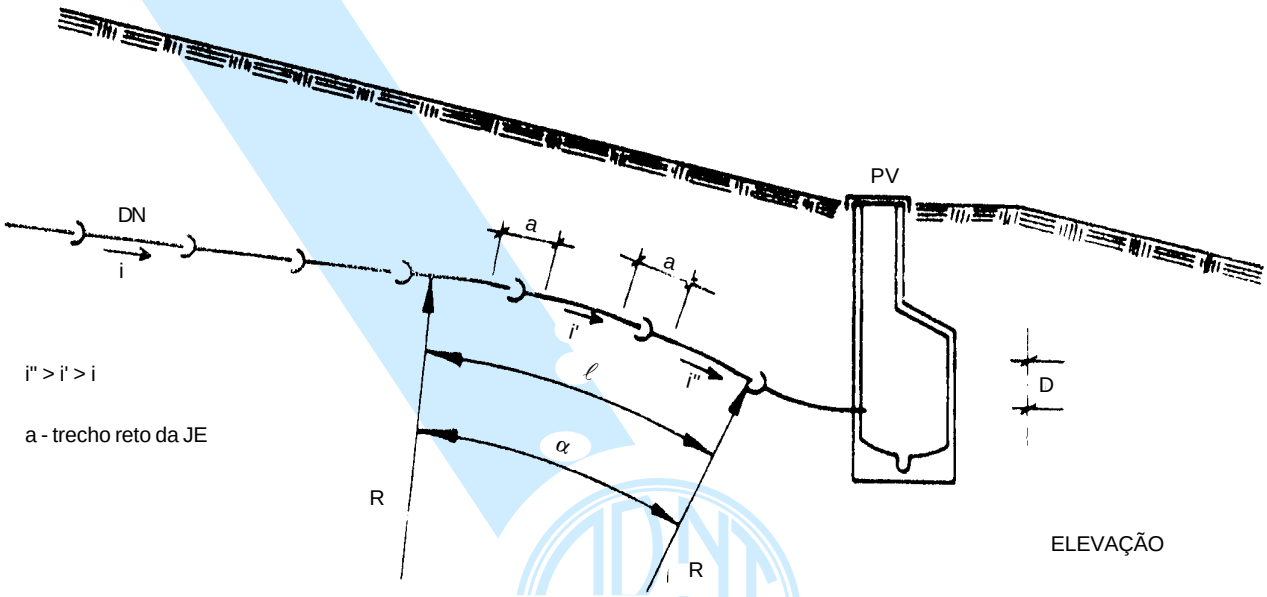
e) onde é prevista variação de declividade, conforme 5.3.1.6.

6.4.1 Deve-se fazer passar no interior da tubulação um gabarito com dispositivo retrátil, capaz de registrar o menor diâmetro interno no sentido vertical do trecho. Com base neste valor, calcular a deformação diametral relativa máxima. Pode-se passar um gabarito com diâmetro externo igual ao diâmetro mínimo correspondente à deformação diametral relativa máxima admissível.

6.4.2 Os trechos onde ocorrem deformação diametral relativa maior que o máximo admissível estabelecido em 5.2.5 devem ser refeitos pelo construtor e submetidos a nova verificação.

7 Aceitação e rejeição

Tendo sido verificado que os trabalhos foram executados conforme as condições desta Norma e a tubulação apresentou resultado positivo frente aos ensaios realizados, a administração contratante deve aceitar a obra.



Nota: R, ℓ, D, α, δ/d_{em} - ver Tabela 4 e Figura 12.

Figura 13 - Mudança de declividade utilizando a flexibilidade dos tubos

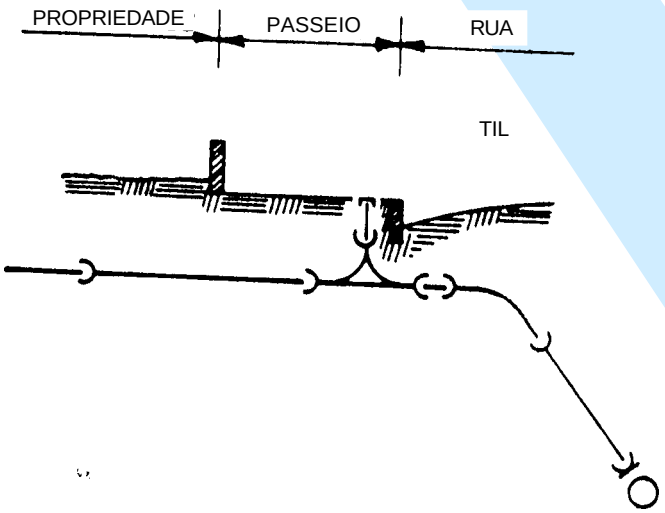


Figura 14 - TIL de ligação predial

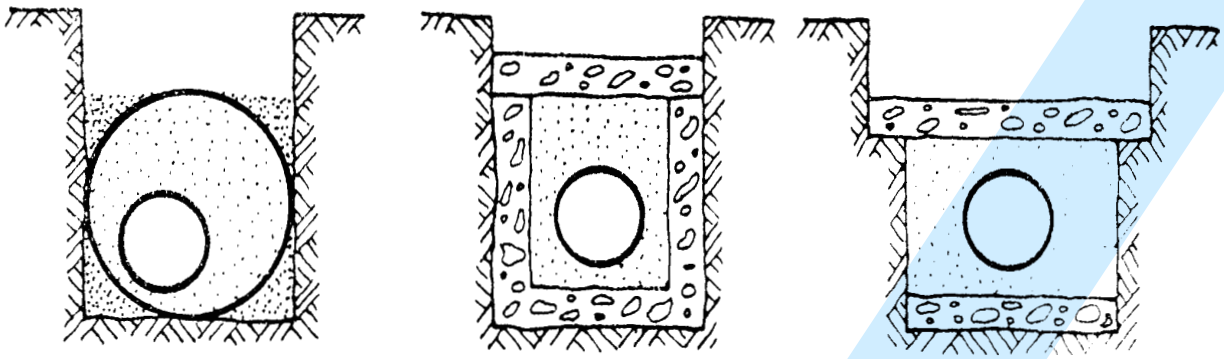


Figura 15 - Assentamentos especiais

Tabela 5 - Espaçamento entre apoios da tubulação

DN	Espaçamento máximo (m)
75	1,5
100	1,8
125	2,0
150	2,3
200	2,7
250	3,2
300	3,7
350	4,0
400	4,4