Vetro

Soluções Inteligentes em Tubos e Conexões

35 ANOS

MANUAL DE INSTRUÇÕES

Procedimento para instalação, carregamento, transporte, descarregamento, armazenamento e conservação de tubos de PRFV e RPVC Vetro.



VISITE O NOSSO SITE

Vetro - Soluções Inteligentes em Tubos e Conexões

Ibaté/SP

+55 (16) 99962.5625

comercial@vetro.com.br

www.vetro.com.br

PREFÁCIO

Procedimento para instalação de tubos de PRFV e RPVC Vetro.

1. Noções gerais sobre o comportamento estrutural dos tubos enterrados.
2. Entendendo o tubo de PRFV e a Norma NBR 15536.
3. Componentes da instalação e seleção dos materiais.
4. Determinação do módulo reativo combinado entre reaterro primário e solo nativo (E'_C).
5. Escavação da vala.
6. Preparação do fundo de vala.
7. Processo de instalação dos tubos.
8. Ancoragem.
9. Recebimento, transporte, armazenamento e manuseio.
10. Reparo.

Procedimento para carregamento, transporte, descarregamento, armazenamento e conservação de tubos de PRFV e RPVC Vetro.

Anexo B

1. Transporte
2. Recebimento e Inspeção
    - 2.1 Inspeção de Carga
    - 2.2 Peças Danificadas
3. Descarga e Manuseio
    - 3.1 Descarga com Balancim e Duas Cintas
    - 3.2 Descarga com balancim e uma cinta no meio do tubo
    - 3.3 Manuseio de tubos usando empilhadeira
4. Armazenamento
    - 4.1 Local de Armazenamento
    - 4.2 Tipos de Armazenamento
    - 4.3 Armazenamento Cruzado
    - 4.4 Armazenamento Alinhado
5. Empilhamento de Tubos
6. Armazenamento de Conexões
7. Transporte para Pequenos Trechos

Anexo C:

Reparo Tubos de Fibra de Vidro

1. Kit para Solda de Topo
2. Procedimento para Solda de Topo em tubo de PRFV
3. Procedimento para Solda de Topo em tubo de RPVC
4. Nota

11. Normas complementares e referências bibliográficas.

Este manual apresenta os procedimentos recomendados de instalação, transporte, carregamento, descarregamento, armazenamento e conservação de adutoras executadas com tubulações de PRFV e RPVC. O Manual de Tubos Vetro, deve ser aplicado em conjunto com a Norma Brasileira *ABNT NBR 15536* que específica os mínimos padrões de qualidade para as tubulações de PRFV e RPVC, garantindo assim um excelente desempenho do produto.
A garantia dos produtos Vetro está vinculada a este manual. Qualquer procedimento diferente do descrito neste manual o departamento de engenharia da Vetro deverá ser consultado.

1 - Noções gerais sobre o comportamento estrutural dos tubos enterrados.

1.1- Introdução.

Os tubos VETRO têm resistência e/ou rigidez suficiente para apresentar um bom desempenho em uma determinada função e apresentar durabilidade suficiente para manter este desempenho durante toda a vida útil do produto.

Para entendermos o comportamento de um tubo enterrado, precisamos interpretar o conceito de 3 fatores que são apresentados ao longo deste manual: **resistência, rigidez e durabilidade**.

- **Resistência:** É a habilidade de resistir às tensões. As tensões usuais em um tubo podem ser derivadas de carregamentos tais como pressão interna, cargas geradas por recalques diferenciais e/ou por flexão longitudinal, entre outras;

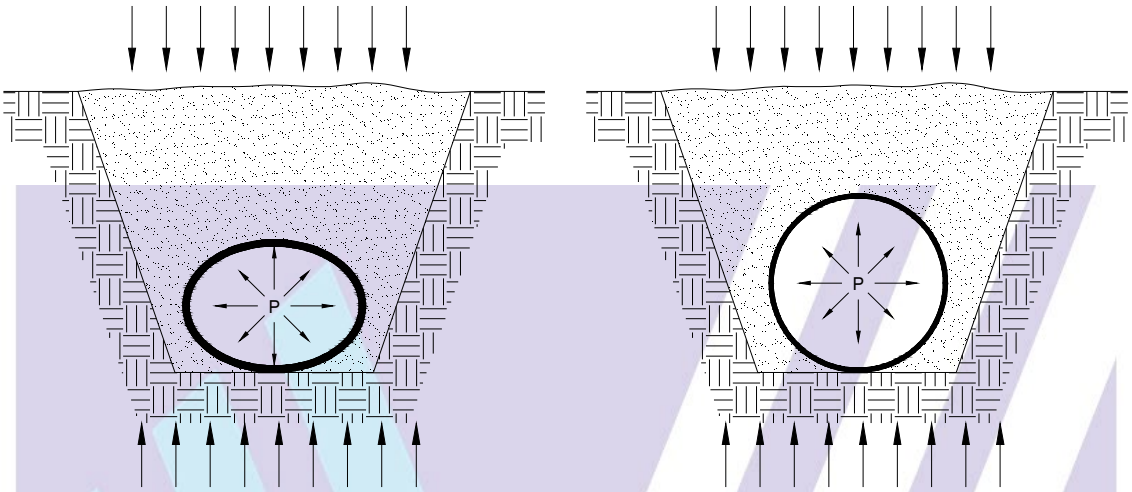
- **Rigidez:** É a habilidade de resistir às deformações. As deformações usuais em um tubo podem ser derivadas de cargas permanentes devido ao peso do solo, e quando houver pavimento, cargas produzidas por sobrecargas na superfície em função da natureza do tráfego (rodoviário, ferroviário, aeroviário, etc.), entre outras. A rigidez está diretamente relacionada ao módulo de elasticidade do material e ao momento de inércia da parede do tubo na direção transversal.

- **Durabilidade:** É uma medida da habilidade do material do tubo para resistir aos efeitos ao longo do tempo de intempéries e da ação do fluido conduzido. Termos como resistência a corrosão ou resistência a abrasão são fatores de durabilidade.

1.2 - Classificação dos tubos enterrados.

Com relação à classificação, os tubos enterrados, dependendo das características do material, podem ser rígidos ou flexíveis. Um tubo **flexível** é definido como um tubo que pode defletir diametralmente pelo menos 2% sem comprometer sua capacidade estrutural. Materiais que não cumprem esta característica são considerados como **rígidos.** Exemplo ilustrado na figura 1.

NOTA. A argumentação quanto a uma classificação intermediária entre rígido e flexível, em função da característica atribuída ao material, não tem relevância, dado que as normas de projeto das tubulações estão embasadas no conceito de tubo rígido ou flexível.



Tubo flexível (a)
deformação diametral vertical do tubo flexível devido à pressão do solo

Tubo rígido (b)
recalque do solo de envolvimento para um tubo rígido

FIGURA 1- Efeito do recalque de solo em um tubo flexível (a) e rígido (b).

Tubos de concreto ou tubos cerâmicos são exemplos de materiais classificados como *rígidos*.

Tubos de aço e de plástico, inclusive plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), são classificados como *flexíveis*.

Cada tipo de tubo pode ter um ou mais limites de desempenho (critérios de projeto estrutural do sistema solo-tubo) que devem ser considerados na engenharia do projeto e da instalação.

A instalação dos tubos de PRFV deve respeitar as especificações apresentadas pelo projeto de engenharia.

Este projeto define características como largura e profundidade de vala, tipo de solo, diâmetro nominal, classe de pressão e de rigidez dos tubos, entre outras. Estas características estão de acordo com critérios como deflexão diametral, pressão, cargas combinadas (deflexão + pressão), estabilidade de forma ou flambagem, dentre outros e não podem ser alteradas pelo instalador sem consentimento da área de projeto.

As aplicações das recomendações apresentadas neste Manual, que considera boas práticas de instalação, e o atendimento das especificações do projeto de engenharia contribuem para o desempenho do sistema.

2 - Entendendo o tubo de PRFV e a Norma NBR 15536.

2.1 - Introdução.

Os tubos de plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV) são materiais compósitos formados por uma matriz polimérica (fase contínua) reforçada com fibras de vidro (fase descontínua), agregadas através de um processo de cura. A matriz polimérica geralmente é composta por uma resina termofixa, do tipo poliéster insaturada ou epóxi,

dissolvida em um solvente. A moldagem destas duas fases através do processo de cura proporciona ao material final, propriedades características relevantes principalmente em relação à resistência e durabilidade.

A superfície interna dos tubos de PRFV é constituída por um liner, uma camada de resina termofixa, com ou sem carga, reforçada ou não, que atua como uma barreira química. O processo mais comum de fabricação é por enrolamento por filamento contínuo.

2.2 - Intercambialidade.

Com foco em facilitar o desenvolvimento das obras de adutoras, a NBR 15536 especifica que, qualquer que seja o processo de fabricação, os tubos de PRFV devem permitir através do diâmetro externo a intercambialidade entre os diferentes fabricantes.

Os diâmetros externos também possibilitam a intercambialidade com as tubulações de outros materiais através das luvas dos tubos de PRFV, dado que os diâmetros externos têm as mesmas dimensões e tolerâncias da norma ISO 2531, também utilizada na padronização dos tubos de ferro fundido (produzidos conforme a ABNT NBR 7675) e tubos de PVC DEFOFO (produzidos conforme a ABNT NBR 7665). A seguir apresenta os ranges de diâmetro nominal, classe de pressão, classe de rigidez e comprimento dos tubos de PRFV.

Diâmetros nominais padronização DEFOFO (mm):
100– 150– 200– 250– 300– 350– 400– 450– 500– 600– 700– 800– 900– 1000.

Classe de Pressão (MPa):
0,2– 0,4– 0,6– 0,8– 1,0– 1,2– 1,4– 1,6– 1,8– 2,0– 2,2– 2,4– 2,6– 2,8– 3,0– 3,2.

Classe de Rigidez (N/m²):
2500– 3750– 5000– 7500– 10000.

Comprimento útil (m):
3,0– 6,0.

2.3- Interação do tubo com o solo.

Os tubos de PRFV suportam uma deformação diametral suficiente para que uma parte do carregamento vertical seja equilibrada pela reação do solo da zona de confinamento Conforme figura 2. Para que este apoio lateral exista é necessário o cuidado com a compactação mecânica do solo de confinamento e de boas práticas de instalação, conforme este manual.

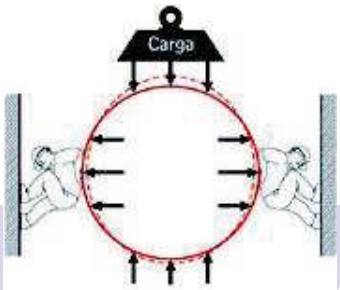


Figura 2. Esquema do apoio lateral do solo no carregamento de tubos flexíveis enterrados (importância da compactação mecânica).

2.4- O conceito de capacidade de carga.

Um tubo de PRFV, como qualquer estrutura de fibra de vidro, é composto por lâminas discretas (por camadas). Cada camada destas é constituída por um material de reforço e uma matriz de resina. O material de reforço pode ser variável (por exemplo: fios de fibra de vidro contínuos, fibras de vidro picadas, tecidos de fibra de vidro, materiais de carga, etc.).

De forma geral cada camada possui um módulo de elasticidade e valores de ruptura diferentes nas direções; longitudinal (axial) e transversal (circunferencial).

NOTA.
1. Camadas de manta ou de areia são materiais isotrópicos, portanto os módulos de elasticidade longitudinal e transversal serão iguais em qualquer direção.
2. Camadas de tecidos de fibra de vidro são materiais que possuem duas direções principais no plano (ortotrópicos) e os módulos de elasticidade longitudinal e transversal podem ser iguais ou não dependendo das quantidades de vidro em cada direção.
3. Camadas de fios contínuos de fibra de vidro são materiais anisotrópicos e os módulos de elasticidade longitudinal e transversal não são iguais, pois dependem do ângulo de enrolamento.

O tubo de material compósito é construído por uma composição destas camadas com diferentes propriedades. Quando o tubo é submetido à pressão, o mesmo sofre uma deformação e como conseqüência todas as camadas são submetidas a um mesmo alongamento unitário. Porém, cada camada destas, conforme o seu módulo de elasticidade contribui com diferentes forças à solicitação de deformação.

Para uma mesma quantidade de material de reforço a espessura da camada depende da sua composição (relação vidro/resina em volume).

2.5- Resistência e rigidez.

A resistência de um tubo de PRFV depende basicamente do tipo do reforço e do ângulo de posicionamento do mesmo, independentemente da sua disposição ao longo da espessura. A rigidez depende destes mesmos fatores, porém, depende também desta disposição ao longo da espessura.
Desta forma, a rigidez de um tubo de PRFV é controlada pela posição das camadas que o constituem.

EXEMPLO: Vamos considerar duas camadas de reforço iguais com a mesma capacidade de carga (C1), ao distanciarmos a posição das mesmas, criando um sanduíche com um núcleo de carga (considerando que este núcleo tenha uma capacidade de carga desprezível frente à camada C1), aumentaremos o momento de inércia e conseqüentemente a rigidez de cada combinação, conforme ilustra a figura 3.

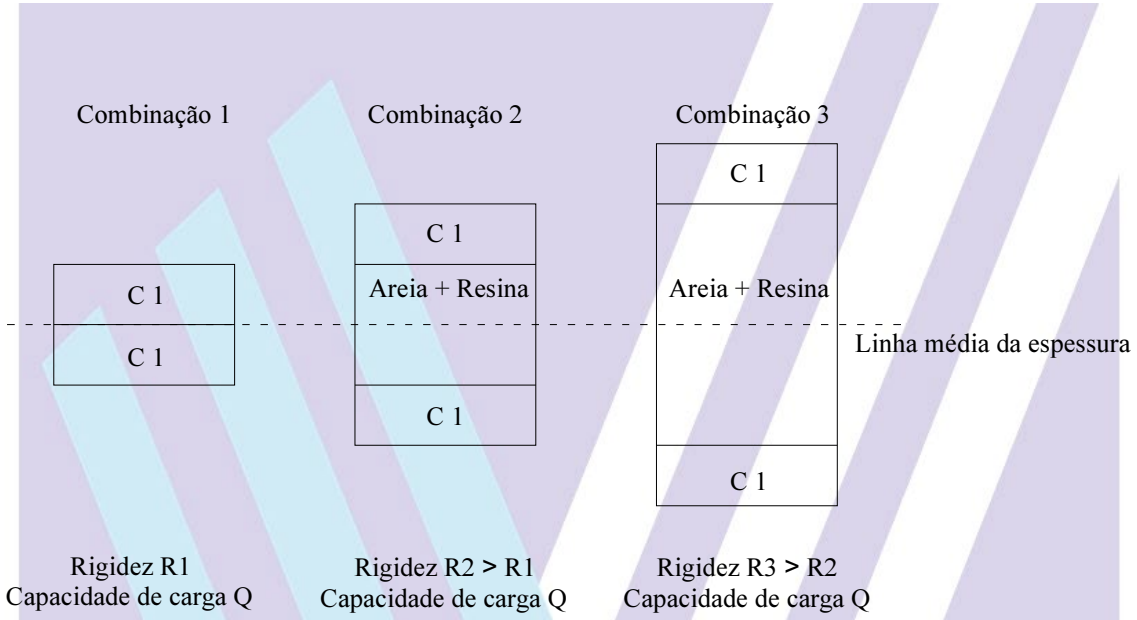


Figura 3. Esquema ilustrativo da forma de aumento da rigidez dos tubos pela disposição das camadas ao longo da espessura (mesma capacidade de carga). Por este motivo é que para cada instalação de tubos de PRFV devem ser definidos 2 critérios:

Critério de resistência: Para atender a solicitação de pressão, deve ser definida uma classe de pressão que depende da capacidade de carga do tubo;

Critério de rigidez: Para atender as solicitações de deformação diametral provocadas pelos carregamentos externos da instalação (tais como cargas do solo, cargas de roda, etc.), cargas de pressão externa (lençol freático) e vácuo, deve ser definida uma classe de rigidez que depende da disposição das camadas ao longo da espessura.

2.6- Esforços longitudinais.

Os tubos de PRFV são projetados para suportar os esforços longitudinais usuais, como a retração longitudinal induzida por efeito de *poisson* pela pressão (dilatação circunferencial), gerando esforços devido ao atrito com o solo, e os eventuais esforços devido ao transporte e manuseio. A tabela 5 da NBR 15536 apresenta os valores de capacidade de carga em termos de esforços longitudinais, valores que são relacionados com a classe de pressão, porém não aumentam na mesma proporção, conforme exemplo apresentado na tabela abaixo.

Tabela 5 — Valores mínimos de resistência à tração axial kN/m de circunferência

Diâmetro nominal DN	Classe de pressão MPa								
	≤ 0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
50	50	55	60	60	65	70	80	90	105
80	65	70	70	70	75	80	90	100	115
100	70	75	80	80	85	90	100	110	125
150	80	85	95	100	105	110	120	130	145
200	85	95	105	110	115	120	130	140	155
250	90	105	115	125	130	135	150	165	190
300	95	115	130	140	145	150	170	190	220
350	100	125	140	155	160	170	190	215	250
400	105	130	145	160	170	185	210	240	285
450	110	140	160	175	185	205	230	265	315
500	115	150	170	190	200	220	250	290	345
600	125	165	195	220	235	255	295	345	415
700	135	180	215	250	265	290	340	395	475
800	150	200	240	280	295	325	380	450	545
900	165	215	265	310	325	355	425	505	620
1 000	185	230	285	340	360	390	465	555	685

Desta forma, um dos aspectos relevantes a serem considerados para que um tubo de PRFV tenha um desempenho adequado em relação aos esforços longitudinais são as boas práticas de instalação, principalmente quanto ao preparo da base de assentamento dos tubos, onde devem ser minimizados os problemas relativos a futuros recalques e desalinhamento dos tubos, acercando-se da situação ideal de solicitação dos tubos de PRFV, onde os carregamentos se concentram na direção transversal (direção do anel).

Observação:

Não existe relação entre a classe de rigidez de um tubo de PRFV e a sua resistência aos esforços longitudinais, desta forma um tubo com rigidez maior não possui maior resistência aos esforços longitudinais (resistência axial) dado que a capacidade de carga não se altera com o aumento da rigidez, mas sim com o aumento da classe de pressão. Também por este motivo o projeto deve estar atrelado a 2 fatores: a classe de rigidez e a classe de pressão.

3- Componentes da instalação e seleção dos materiais.

A figura 4 ilustra graficamente um tubo enterrado, apresentando os componentes típicos da instalação e sua localização. Tendo em vista que o diâmetro externo do tubo foi definido pelo projeto hidráulico, são discutidas neste item as principais características destes componentes, principalmente em relação à seleção dos materiais utilizados.

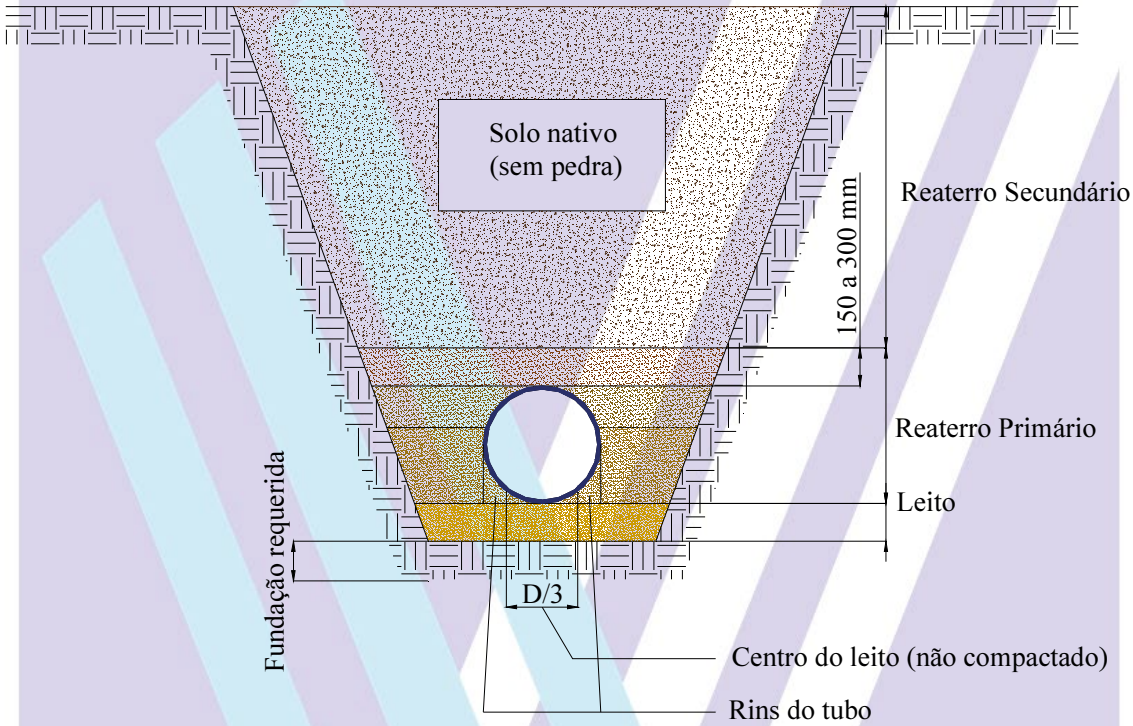


FIGURA 4

1. Preparo do leito:

a) O leito deve ter espessura mínima de 15 cm, podendo usar o solo nativo ou solo de outra região.
b) Depositar no fundo da vala uma camada de 15 cm de base, o solo deve apresentar em sua composição total 75% de areia, não apresentando nenhum tipo de matéria orgânica ou outro tipo de impurezas;
c) Fazer a compactação total do leito até atingir 90 % proctor, pode adotar o procedimento de compactação (adensamento) com água;
d) Verificar se a vala está isenta de pedras, torrões de terra e materiais cortantes;
e) Fazer o rebaixo para acomodação das luvas. Se adotado a compactação com água, esse procedimento será feito quase que automaticamente.

3.1- Solo nativo.

3.1.1- Sondagem de simples reconhecimento e ensaios de caracterização.

Como demonstrado nos itens anteriores o comportamento dos tubos flexíveis enterrados depende da interação com o solo adjacente. Desta forma, antes de iniciar a instalação da rede é importante conhecer as condições do solo nativo (ou *"in situ"*), de forma a estabelecer as propriedades.

O carregamento vertical em um tubo flexível provoca uma diminuição do diâmetro vertical e um aumento do diâmetro horizontal. Conforme explicado no item 2.3, este movimento horizontal desenvolve uma resistência passiva do solo que contribui no apoio do tubo (interação solo-tubo). A resistência passiva do solo na zona de confinamento depende do tipo do solo nativo, de reaterro e do grau de compactação do material de reaterro. O parâmetro utilizado para caracterizar a resistência passiva do solo é o módulo reativo do mesmo (normalmente designado na nomenclatura técnica com E').

Esta interação com o solo também determina alguns parâmetros de instalação como a profundidade e geometria da vala, necessidade de escoramento, tipo de reaterro e compactação, etc.

Para determinação das características do solo nativo deve ser realizada uma sondagem de simples reconhecimento em campo. Nesta sondagem é realizado um ensaio denominado Standard Penetration Test (SPT), que padroniza o procedimento de determinação do tipo de solo em suas respectivas profundidades de ocorrência, a posição do nível d'água (lençol freático) e os índices de resistência a penetração (N) a cada metro.

NOTA. Na sondagem de simples reconhecimento em campo deve-se considerar o aspecto sazonal em relação à altura do lençol freático.

A sondagem de simples reconhecimento para a qualificação do solo nativo deve ser realizada conforme a *Norma Brasileira ABNT NBR 6484 Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio*.

Também devem ser coletadas amostras em campo para realização do ensaio de determinação da resistência a compressão não confinada (q_U) conforme a *Norma Brasileira ABNT NBR 12770 Solo coesivo – Determinação da resistência à compressão não confinada*.

Após a realização da sondagem conforme a ABNT NBR 6484 e ensaio conforme ABNT NBR 12770 os solos devem ser classificados conforme a Tabela 2, que especifica os tipos de solo mais usuais nas aplicações de tubulações enterradas.

Classificação do solo nativo (Tabela 2)				
Solo Granular		Solo Coesivo		
N	Descrição	Resistência a compressão não confinada qu (Kpa)	Descrição	Módulo Reativo do Solo Nativo E'SN(MPa)
> 0 - 1	Muito, muito fofo	0 – 13	Muito, muito mole	0,34
1 – 2	Muito fofo	13 – 25	Muito mole	1,4
2 – 4	Muito fofo	25 – 50	Mole	4,8
4 – 8	fofo	50 – 100	Médio	10,3
8 – 15	Pouco compacto	100 – 200	Rígido	20,7
15 – 30	Compacto	200 – 400	Muito rígido	34,5
30 – 50	Denso	400 – 600	Duro	69
> 50	Muito Denso	> 600	Muito duro	138

NOTA. O valor N é o índice de resistência a penetração do SPT (*Standard Penetration Test*) e refere-se ao número de golpes necessários para cravar o barrilete amostrador padrão 30 cm no solo, com energia de cravação correspondente a queda de 65 kg de uma altura de 75 cm, conforme a Norma Brasileira ABNT NBR 6484.

3.2- Solo da zona de confinamento.

A zona de confinamento do tubo é caracterizada pela fundação, pelo leito de assentamento e pelo reaterro primário.

Conforme explicado no item 2.3 o comportamento estrutural dos tubos flexíveis depende da interação solo-tubo, dado que uma parte do carregamento vertical é equilibrada pela reação do solo de envolvimento presente na zona de confinamento. Desta forma, a estabilidade de um tubo flexível enterrado é significativamente controlada pelas propriedades da zona de confinamento.

Os solos utilizados na zona de confinamento são classificados na tabela 3 em função da rigidez quando compactado e conseqüentemente da contribuição em termos de suporte lateral, podendo ser solos naturais ou importados.

O SC1 indica um solo com maior módulo reativo para um determinado nível de Proctor Normal e que exige menor energia de compactação. Os solos com números crescentes apresentam sucessivamente e respectivamente menor módulo reativo para um determinado nível de Proctor Normal, exigindo maior energia de compactação.

Esquema da ação do suporte lateral do solo no tubo

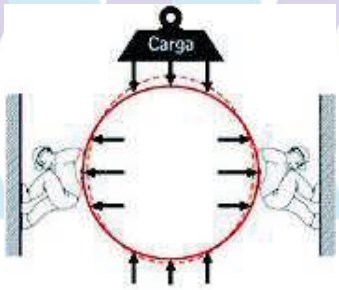


Tabela 3 – Classificação dos Solos da Zona de Confinamento.

Classificação	Grupo de Solo[1,2]
SC1	Pedra britada e pedregulho com = 15% de areia (no máximo 25% passa na peneira de 3/8‘) e no máximo 5% de finos (no máximo 5% passa na peneira nº 200) [3]
SC2	Solos com granulação grossa, SW, SP, GW e GP ou solos com simbologia dupla contendo uma destas especificações (exemplo GW-GC) contendo no máximo 12 % de finos (no máximo 12% passa na peneira nº 200) [4]
SC3	Solos com granulação grossa e finos, GM, GC, SM, SC, ou solos com simbologia dupla contendo uma destas especificações com mais de 12% de finos (mais que 12% passa na peneira nº 200)
	Areia ou cascalho com granulação fina, CL, ML (ou CL- ML, CL/ML, ML/CL) com mais de 30% retido na peneira nº 200
SC4	Solos com granulação fina, CL, ML (ou CL-ML, CL/ML, ML/CL) com 30% ou menos retido na peneira nº 200
SC5	Solos muito plásticos ou orgânicos, MH, CH, OL, OH, PT

Nota.

1. Recomenda-se a utilização de materiais granulares não plásticos na zona de confinamento, de forma que as solicitações devidas à expansão e adensamento sejam praticamente desprezíveis e que exista a dissipação de pressões neutras devido à presença de água na vala.

2. Classificação conforme a *Norma ASTM D2487 – Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*.

3. Os solos SC1 têm maior rigidez do que os solos SC2, mas não existem estudos que quantifiquem numericamente esta diferença. Desta forma, pode-se tomar que a rigidez do solo SC1 não compactado é equivalente a rigidez do solo SC2 compactado com no máximo 90% do Proctor Normal e que a rigidez do solo SC1 compactado é equivalente à do solo SC2 compactado com 100% do Proctor Normal. Na zona de “rins” do tubo deve-se sempre se trabalhar com solo SC1.

4. Areias finas e homogêneas (classificação SP) com mais de 50% passando na peneira nº 100 são muito sensíveis à umidade e não devem ser utilizadas na zona de confinamento, a não ser que especificado no projeto de engenharia. Caso seja utilizada devem ser seguidas as instruções orientadas para os solos SC3.

Legenda da simbologia utilizada na classificação unificada de solos conforme a ASTM D2487.

Legenda da classificação unificada de solos (USCS):

GW - pedregulho bem graduado, misturas pedregulho-areia, com poucos ou sem finos.
GP - pedregulho não graduado, misturas pedregulho-areia, com poucos ou sem finos.
GM - argila siltosa, mistura silte-areia-pedregulho não graduado.
GC - pedregulho-argila mistura argila-areia-pedregulho não graduado.
SW - areias bem graduadas, pedregulho-areia, com poucos ou sem finos.

SP - areias não-graduadas, pedregulhos-areia, com poucos ou sem finos.
SM - areias siltosas, mistura silte-areia não graduada.
SC - areias argilosas, misturas areia-argila não graduada.
ML- siltes não orgânicos e areia muito fina, areias finas siltosas ou argilosas.
CL - argilas não orgânicas de fraca a média plasticidade.
MH - siltes não orgânicos, solos finos arenosos ou siltes elásticos.
CH - argilas não orgânicas de forte plasticidade, argilas oleosas.

É importante o conhecimento do solo da região para caracterização do mesmo. Um cuidado a ser tomado é que a parcela de finos do solo não seja expansiva, dada a sua baixa resistência em contato com a água e potencial de erodibilidade (facilidade com que partículas são destacadas e transportadas).

A tabela abaixo apresenta recomendações quanto à instalação em função da classificação de solo utilizado na zona de confinamento (reaterro primário, leito e fundação). Em geral os solos SC1 a SC4 são recomendados e o solo SC5 não deve ser utilizado na zona de confinamento.

Recomendações e considerações quanto à instalação em função da classificação do solo da zona de confinamento.

Tipo de solo	SC1	SC2	SC3	SC4
Recomendações gerais e restrições	Aceitável e comum onde a migração é improvável ou quando utilizado um filtro geotêxtil. Recomendável para utilização como lençol de drenagem e dreno em locais nos quais os materiais adjacentes são graduados adequadamente ou quando utilizada uma manta geotêxtil.	Onde existirem gradientes hidráulicos, checar a granulométrica para evitar a migração de finos. Quando homogêneos são recomendados para utilização como lençol de drenagem ou dreno Areias finas e homogêneas (classificação SP) com mais de 50% passando na peneira nº 100 se comportam como siltes e devem ser tratadas como solos SC3.	Não recomendável em condições de vala onde a água impossibilita o bom posicionamento e a compactação. Não recomendável no caso da utilização de tubos com classe de rigidez de 1 250 ou inferior.	Difícil atingir a rigidez necessária do solo. Não recomendável em condições de vala onde a água impossibilita o bom posicionamento e a compactação. Não recomendável no caso da utilização de tubos com classe de rigidez de 1 250 ou inferior.
Fundação	Recomendado para substituir o solo nativo em fundos de vala instáveis.	Recomendado para substituir o solo nativo em fundos de Instalar e compactar em camada de no máximo 300 mm.	Recomendado para substituir o solo nativo em fundos de vala instáveis. Instalar e compactar em camada de no máximo 150 mm.	Não é adequado.

Zona de confinamento	Trabalhar o solo nas áreas abaixo do tubo para garantir apoio uniforme (“rins” do tubo).	Trabalhar o solo nas áreas abaixo do tubo para garantir apoio uniforme (“rins” do tubo).	Difícil de colocar e compactar na área abaixo do tubo (“rins” do tubo).	Difícil de colocar e compactar na área abaixo do tubo (“rins” do tubo).
Compactação da zona de confinamento	Compactação alcançada com lançamento do solo	No mínimo 85% do Proctor Normal[2]	No mínimo 90% do Proctor Normal[2]	No mínimo 95% do Proctor Normal[2]
Energia de compactação para atingir o Proctor Normal mínimo requerido	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta
Método de compactação	Equipamentos vibratórios (sapo) ou de impacto	Equipamentos vibratórios (sapo) ou de impacto	Equipamentos de impacto	Equipamentos de impacto
Controle de umidade	Nenhum	Manter a umidade próxima da ótima (tolerância de ± 3%) para minimizar a energia de compactação.	Manter a umidade próxima da ótima (tolerância de ± 3%) para minimizar a energia de compactação.	Manter a umidade próxima da ótima (tolerância de ± 3%) para minimizar a energia de compactação.

Nota.
1 Os solos SC5 não são adequados para utilização na zona de confinamento, porém podem ser utilizados no reaterro secundário caso previsto no projeto de engenharia.
2 A Norma Brasileira *ABNT NBR 7182 Solo – Ensaio de compactação* especifica o ensaio de compactação do solo que estabelece a máxima massa específica em função do teor de umidade (ensaio de Proctor Normal).

3.2.1- Considerações para a utilização do solo na zona de confinamento.

Umidade do Solo – Existe um determinado teor de umidade para cada tipo de solo (denominado umidade ótima) que provoca um efeito de lubrificação das partículas que favorece a compactação. Desta forma, a umidade do solo na zona de confinamento deve ser controlada, principalmente em solos com presença de finos, para permitir a compactação especificada, conforme referenciado na tabela 5.

Compatibilidade entre o tubo e o reaterro – A experiência prática tem demonstrado que as deformações e tensões podem ter um incremento quando um tubo de baixa rigidez é instalado no entorno de solos de reaterro que necessitam de alta energia de compactação. Isto ocorre devido a distorções de forma do tubo quando a energia de compactação é aplicada ao reaterro. Desta forma, é recomendado que tubos com classe de rigidez inferior ou igual a 1 250 sejam utilizados apenas em instalações que utilizem solos SC1 ou SC2.

Dimensão máxima das partículas – A dimensão máxima das partículas na zona de confinamento é limitada em função do diâmetro do tubo instalado, conforme especificado na tabela 6.

Tamanho máximo de partículas em função do diâmetro nominal do tubo.

Diâmetro nominal do tubo DN (mm)	Tamanho máximo de partículas (mm)
Até DN 450	13
450 < DN = 600	19
600 < DN = 900	25
900 < DN = 1 200	32

- **Carreamento de finos** – Por ação de um gradiente hidráulico, quando um solo de granulometria uniforme (com vazios) é colocado adjacente a um solo com finos, a parcela fina pode ser carreada para o interior destes vazios. Este carreamento pode resultar na perda de estabilidade do sistema solo-tubo e aumentar as deformações a níveis acima dos limites estruturais. O gradiente hidráulico que gera o carreamento de finos pode surgir durante a própria execução da vala, quando o nível de água é controlado através de bombeamento ou poços. Desta forma, o material utilizado na zona de confinamento deve ser compatível com o solo nativo, com o objetivo de evitar o carreamento dos finos para o solo da zona de confinamento. Lembrando que a parcela fina de solo pode ser expansiva, comprometendo a resistência do solo de confinamento o projeto de instalação deve prever a utilização de geotêxtil ou aplicar os critérios de filtro de Terzaghi para selecionar os materiais.

3.2.2- Fundação.

A fundação da instalação é necessária quando o fundo de vala é instável e deve apresentar resistência suficiente para suportar as solicitações usuais em um tubo enterrado, sem recalque excessivo ou diferencial. O projeto de engenharia deve prever:

- Solos instáveis ou expansivos devem ter tratamento apropriado;
- Na presença de solos orgânicos ou moles, utilizar geotêxtil ou outra solução que evite a contaminação do material do leito e do reaterro.

A fundação deve ser realizada com areia bem graduada e cascalho compactado com no mínimo 90% do Proctor Normal conforme a ABNT NBR 7182 ou com a utilização de pedra britada. A profundidade da fundação depende das condições do solo do fundo de vala e deve ser prevista no projeto de engenharia, caso necessário, (figura 6).

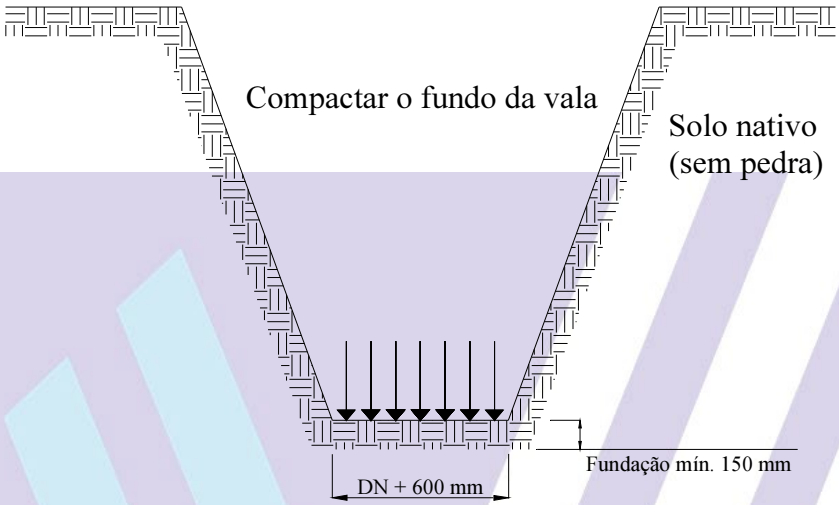


FIGURA 6

3.2.3- Leito de assentamento.

A função do leito é possibilitar o bom assentamento geométrico do tubo, para que o mesmo fique uniformemente apoiado em todo o comprimento e a acomodação do sistema de junta (bolsa, luva, etc.). O leito também deve apresentar resistência suficiente para responder com reação oposta a resultante de forças devido às solicitações atuantes no tubo.

O material utilizado deve ser essencialmente granular, compactado, preferencialmente com granulométrica bem distribuída e de alta capacidade de suporte. Deve ser isento de rochas ou torrões com dimensões superiores a 13 mm e de contaminação por materiais orgânicos.

A altura do leito deve ser DN/4 ou 150 mm (o que for menor), porém nunca inferior a 100 mm. O solo do leito deve ser compactado com no mínimo 90% do Proctor Normal conforme a ABNT NBR 7182. Deve-se utilizar para esta finalidade o sapo mecânico ou apiloamento manual, (figura 7).

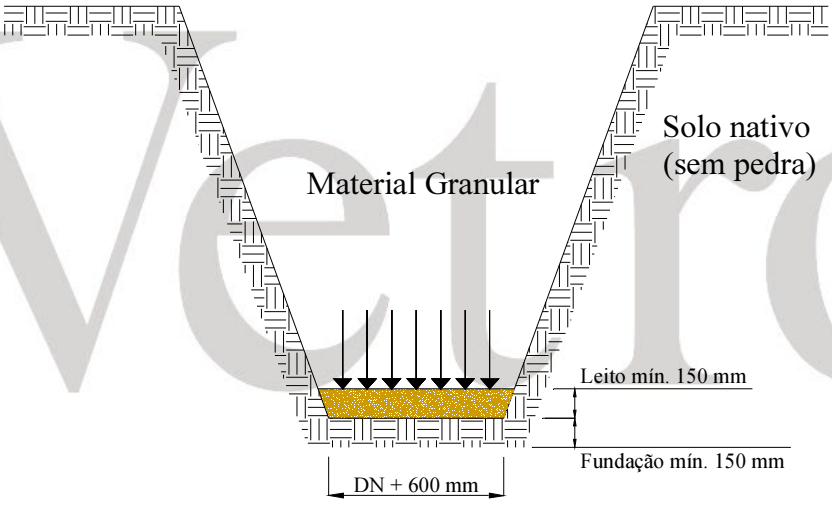


FIGURA 7

3.2.4- Reaterro Primário.

O reaterro primário tem por objetivo o preenchimento da vala até cobrir totalmente o tubo, de forma que exista uma camada acima da geratriz superior do mesmo de 150 a 300 mm. O solo de reaterro primário deve ser compactado.

O desempenho estrutural do solo depende basicamente do grau de compactação do reaterro primário em campo. A compactação deve ser realizada em camadas de 100 a 300 mm, dependendo do equipamento de compactação, (figuras 8 e 9).

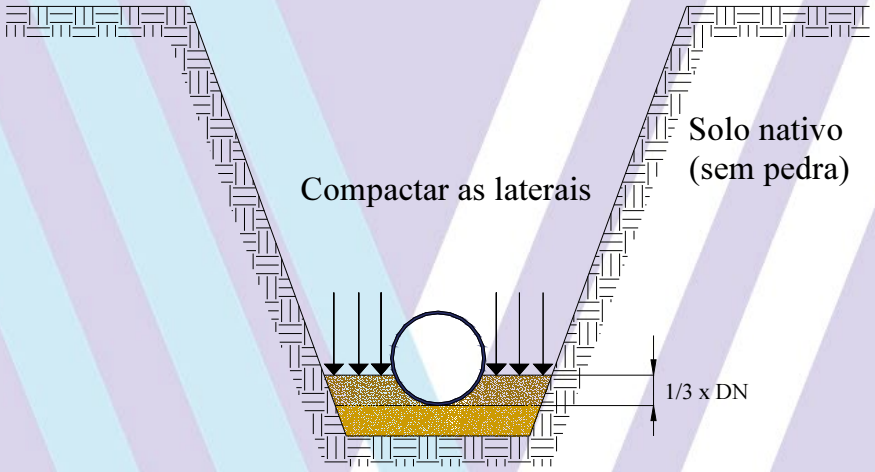


FIGURA 8

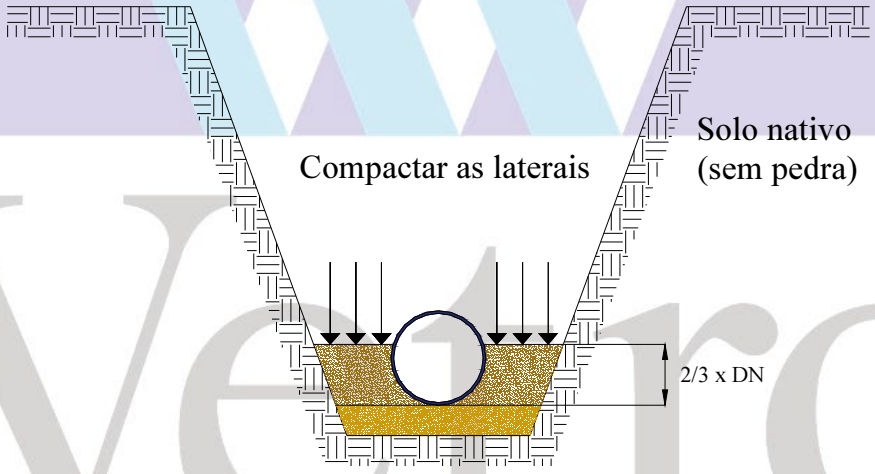


FIGURA 9

A compactação do reaterro primário não deve ser realizada acima da geratriz superior do tubo antes da colocação de uma camada que totalize a espessura apresentada à abaixo. Esta restrição objetiva proteger o tubo de eventuais danos causados pela compactação, (figura 10 e 11).

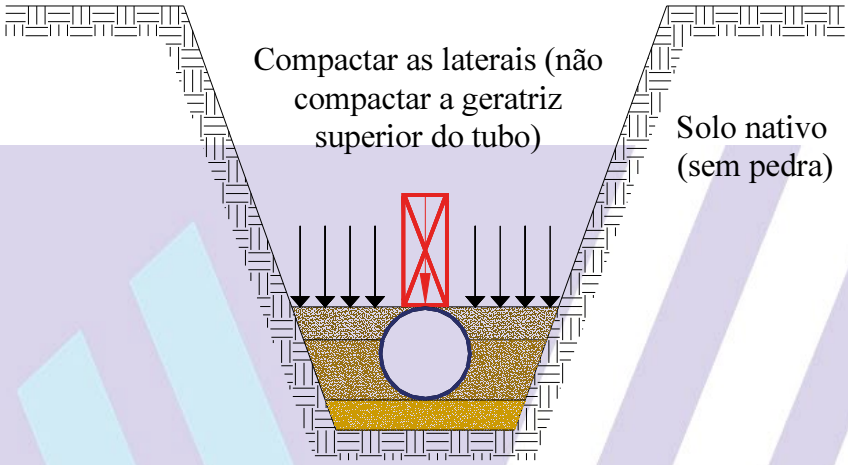


FIGURA 10

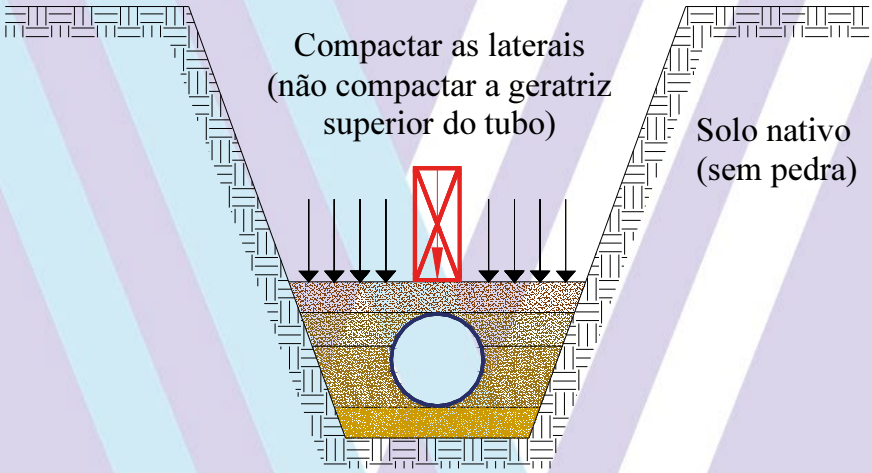


FIGURA 11

Espessura mínima de recobrimento sobre a geratriz superior para compactação

Massa do equipamento de compactação (kg)	Mínima espessura de recobrimento (mm)	
	Equipamento de Impacto	Equipamento de Vibração
< 50	-	-
50 - 100	250	150
100 - 200	350	200
200 - 500	450	300
500 – 1 000	700	450
1 000 – 2 000	900	600
2 000 – 4 000	1 200	800
4 000 – 8 000	1 500	1 000
8 000 – 12 000	1 800	1 200
12 000 – 18 000	2 200	1 500

NOTA Para que a compactação seja realizada, pode ser necessário se iniciar com uma maior espessura de recobrimento, porém esta nunca deve ser inferior a mínima.

3.3- Reaterro Secundário.

A função do reaterro secundário é o preenchimento total da vala até a superfície do terreno. Para esta finalidade pode ser utilizado o solo nativo não necessariamente compactado, (figura 12).

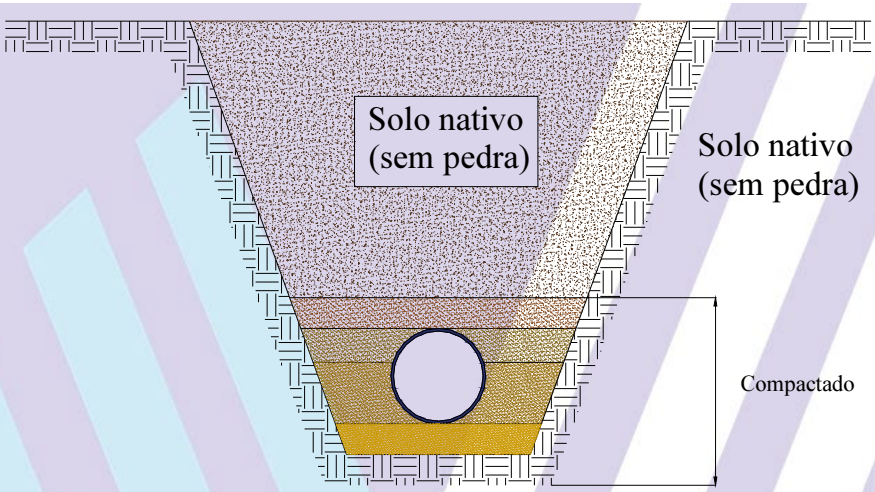


FIGURA 12

Quando o solo é despejado (sem compactação) e o reaterro secundário contém pedras ou torrões, etc., o reaterro primário deve cobrir o tubo até pelo menos 300 mm acima da geratriz superior.

Quando o material de reaterro secundário contém pedras com diâmetros maiores que 200 mm, o material não deve ser lançado ou rolado de uma altura maior que 1800 mm, até que a altura da camada sobre a geratriz do tubo seja superior a 600 mm.

Nos casos de execução de pavimentação sobre o reaterro o projeto de engenharia deve avaliar a necessidade de compactação do reaterro secundário.

A camada mínima de recobrimento do tubo na vala depende basicamente do tipo de trafego sobre a tubulação.

Recomendamos as seguintes alturas de recobrimento acima da geratriz superior do tubo:

Tipo de trafego	mínimo	máximo
Sem tráfego de veículos	0,60 m	1,00 m
Com tráfego rodoviário	1,20 m	1,50 m
Com tráfego rodoviário intenso	1,50 m	2,00 m

Nos casos em que a profundidade mínima acima citada, não possa ser atendida, sendo previsto tráfego de veículos, poderá ser adotado o encamisamento (envelopamento) com concreto, mantendo os tubos envolvidos com uma manta de borracha na região do encamisamento.

4- Determinação do módulo reativo combinado entre reaterro primário e solo nativo (E'_C)

Para fazer as verificações de projeto referentes ao alongamento máximo gerado pela deformação devido aos carregamentos externos é necessário determinar o módulo reativo combinado entre reaterro primário e solo nativo (E'_C). Para determinar E'_Cé necessário seguir os 3 passos apresentados nos itens 4.1 a 4.3.

4.1 - Módulo reativo do reaterro primário E'_R.

O módulo reativo do reaterro primário depende do tipo do solo, do grau de compactação e da profundidade em relação ao eixo do tubo, conforme as tabelas abaixo.

Módulo reativo do reaterro primário E'_R(Solos SC1 e SC2).

Tensão vertical1 (kPa)	Profundidade de solo (m)	Solo de Reaterro SC1 e SC2			
		100% Proctor Normal (Mpa)	95% Proctor Normal (Mpa)	90% Proctor Normal (Mpa)	85% Proctor Normal (Mpa)
6,9	0,4	16,2	13,8	8,8	3,2
34,5	1,8	23,8	17,9	10,3	3,6
69	3,7	29	20,7	11,2	3,9
138	7,3	37,9	23,8	12,4	4,5
276	14,6	51,7	29,3	14,5	5,7
414	22	64,1	34,5	17,2	6,9

NOTA. Considerando que a densidade máxima do reaterro é de 18,8 kN/m³ (base seca)

Módulo reativo do reaterro primário E'_R(Solo SC3).

Tensão vertical1 (kPa)	Profundidade de solo (m)	Solo de Reaterro SC3			
		100% Proctor Normal (Mpa)	95% Proctor Normal (Mpa)	90% Proctor Normal (Mpa)	85% Proctor Normal (Mpa)
6,9	0,4	-	9,8	4,6	2,5
34,5	1,8	-	11,5	5,1	2,7
69	3,7	-	12,2	5,2	2,8
138	7,3	-	13	5,4	3
276	14,6	-	14,4	6,2	3,5
414	22	-	15,9	7,1	4,1

NOTA Considerando que a densidade máxima do reaterro é de 18,8 kN/m³ (base seca)

Módulo reativo do reaterro primário E'_R(Solo SC4).

Tensão vertical1 (kPa)	Profundidade de solo (m)	Solo de Reaterro SC4			
		100% Proctor Normal (Mpa)	95% Proctor Normal (Mpa)	90% Proctor Normal (Mpa)	85% Proctor Normal (Mpa)
6,9	0,4	-	3,7	1,8	0,9
34,5	1,8	-	4,3	2,2	1,2
69	3,7	-	4,8	2,5	1,4
138	7,3	-	5,1	2,7	1,6
276	14,6	-	5,6	3,2	2
414	22	-	6,2	3,6	2,4

NOTA. Considerando que a densidade máxima do reaterro é de 18,8 kN/m³ (base seca)

NOTAS:
1 Tensão vertical na geratriz superior do tubo. É um fator de projeto do solo relacionado ao peso e a altura de solo. O peso do solo deve considerar o nível do lençol freático.
2 Os valores de E'_R não apresentados na tabela devem ser interpolados conforme os valores de tensão vertical.
3 Para tubos instalados abaixo do lençol freático, o módulo deve ser corrigido dado à redução da tensão vertical devido ao empuxo com fator de correção de 1,00 para solos SC1 e SC2 com Proctor Normal = 95%, de 0,85 para solos SC2 solos com Proctor Normal de 90%, de 0,70 para solos SC2 com Proctor Normal de 85%, de 0,50 para solos SC3 e de 0,30 para solos SC4.

4.2 - Determinação do fator de suporte do solo Sc

O fator de suporte é determinado em função da relação entre o módulo reativo do solo nativo e o módulo reativo do reaterro (E'_SN/E'_R) e da relação entre a largura de vala e o diâmetro externo do tubo (Bd/D) conforme abaixo.

Determinação do fator de suporte do solo (S_C).

E'_SN/E'_C	Bd/D =1.25	Bd/D = 1.5	Bd/D = 1.75	Bd/D = 2	Bd/D = 2.5	Bd/D = 3	Bd/D = 4	Bd/D = 5
0,01	0,02	0,05	0,08	0,12	0,23	0,43	0,72	1,00
0,01	0,03	0,07	0,11	0,15	0,27	0,47	0,74	1,00
0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	0,32	0,52	0,77	1,00
0,05	0,10	0,15	0,20	0,27	0,38	0,58	0,80	1,00
0,10	0,15	0,20	0,27	0,35	0,46	0,65	0,84	1,00
0,20	0,25	0,30	0,38	0,47	0,58	0,75	0,88	1,00
0,40	0,45	0,50	0,56	0,64	0,75	0,85	0,93	1,00
0,60	0,65	0,70	0,75	0,81	0,87	0,94	0,98	1,00
0,80	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,98	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,50	1,40	1,30	1,20	1,12	1,06	1,03	1,00	1,00
2,00	1,70	1,50	1,40	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00
3,00	2,20	1,80	1,65	1,50	1,35	1,20	1,10	1,00
5,00	3,00	2,20	1,90	1,70	1,50	1,30	1,15	1,00

4.3- Cálculos do módulo reativo combinado entre reaterro e solo nativo (E'_C).

O módulo reativo combinado entre reaterro e solo nativo (E'_C) é calculado conforme a seguir em função do módulo reativo do reaterro primário (E'_R) e do fator de suporte do solo (Sc).

$$E'_C = E'_R \times S_C$$

5- Escavação da vala.

5.1- Escavação.

A abertura de valas e travessias em vias e logradouros públicos só pode ser iniciada após comunicação e autorização do órgão municipal, estadual ou federal.

A escavação deve ser realizada de forma a garantir a estabilidade das laterais da vala, quaisquer que sejam as condições de instalação. As formas de garantir a estabilidade das laterais de vala são a escavação em forma de talude e/ou o escoramento adequado e especificado pelas normalizações pertinentes.

O avanço da escavação deve considerar a manutenção da segurança e a estabilidade da vala. Recomenda-se que o reaterro seja colocado e compactado o mais breve possível, preferencialmente antes do final de cada dia de trabalho. O material escavado deve ser mantido longe das bordas da vala, minimizando o risco de desmoronamento.

Em valas onde as laterais sejam estáveis ou devidamente escoradas, deve-se prever uma largura mínima suficiente, e não maior do que a necessária, para permitir o assentamento. O espaço mínimo entre o tubo e a lateral da vala deve prever a largura do equipamento e a operacionalização da compactação de modo seguro.

A largura mínima da vala é apresentada abaixo em função do tipo de instalação, (figuras 13 e 14).

Largura mínima da vala

Alternativa A para instalação de tubos em solos moles ou fofos.

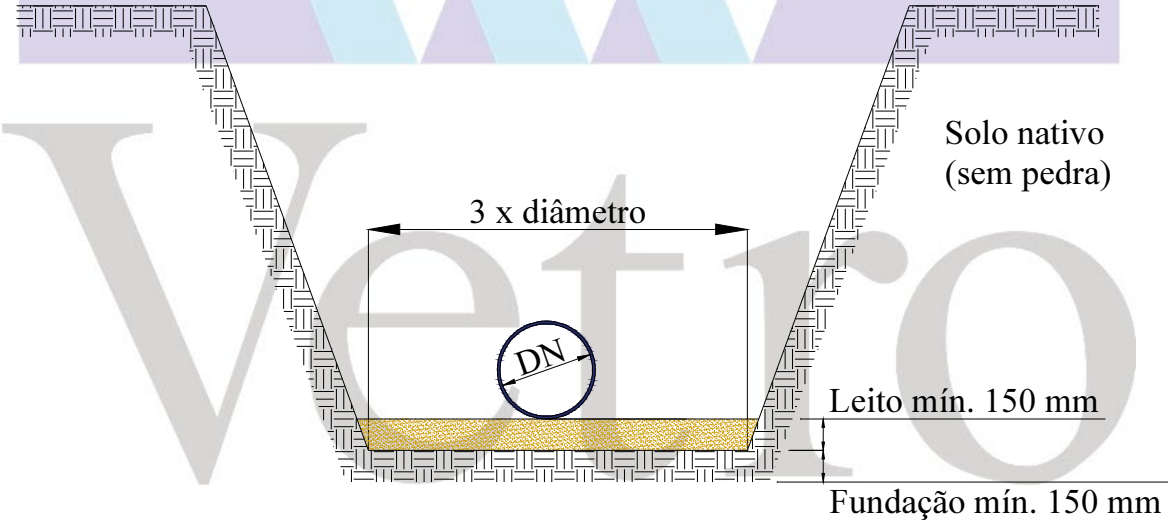


FIGURA 13. Alternativa B para instalação de tubos em solos moles ou fofos.

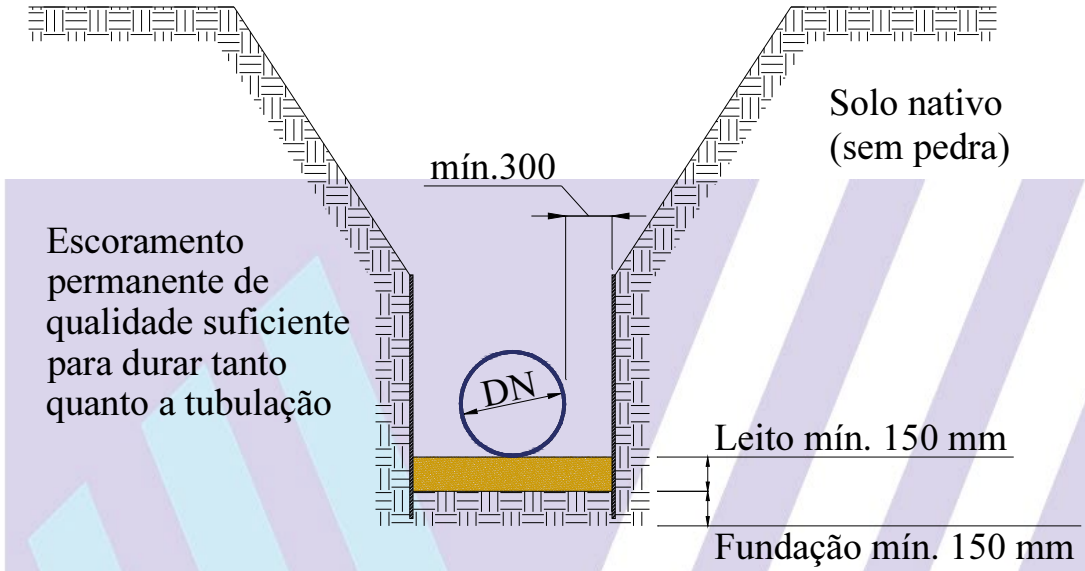


FIGURA 14. Largura mínima da vala (L) e distância lateral (A).

Quando duas ou mais linhas de tubos são instaladas em paralelo na mesma vala, deve se prever em projeto um espaçamento mínimo entre os tubos. O espaço entre os tubos e a parede lateral da vala deve ser no mínimo 300 mm.

É aconselhável que quando os tubos tenham diâmetros distintos, eles sejam instalados de forma que as geratrizes inferiores estejam no mesmo nível. Quando isto não for possível, deve-se utilizar material de reaterro do tipo SC1 ou SC2 para preencher todo o espaço do fundo de vala abaixo do tubo de menor diâmetro até a geratriz inferior do tubo de maior diâmetro, compactando com no mínimo 90% do Proctor Normal.

Quando dois tubos são instalados em cruz, de forma que um passe sobre o outro, o espaçamento vertical entre os tubos e a instalação do tubo inferior devem estar de acordo com o esquema apresentado nas figuras 15 e 16.

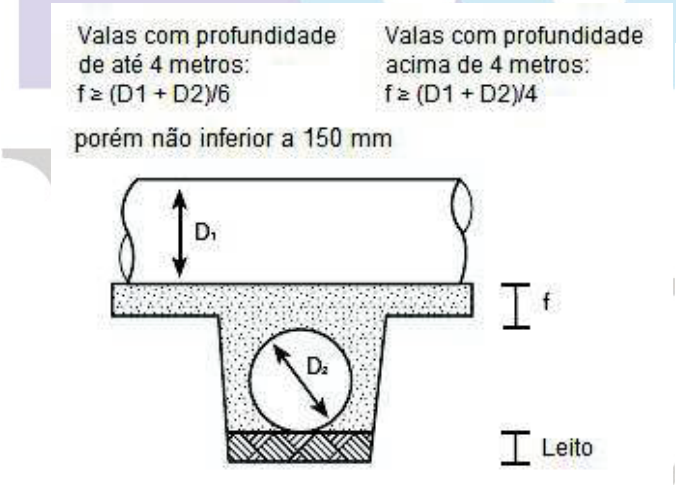


FIGURA 15. Tubos sobrepostos em cruz

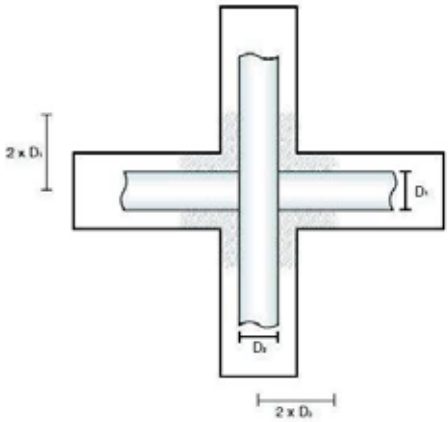


FIGURA 16. Vista superior do reaterro primário dos tubos

Nos casos onde é necessário instalar um tubo sobre uma linha já existente, deve se tomar cuidado para não danificar a tubulação existente. Na instalação da tubulação nova, deve-se utilizar material de reaterro do tipo SC1 ou SC2 compactado com no

mínimo 90% do Proctor Normal em torno de ambos os tubos, até cobrir 300 mm acima da geratriz superior. A área de reaterro compactado deve ter uma largura mínima de duas vezes o diâmetro nominal (DN) em cada vala, conforme ilustra a figura 17.

5.2- Espaço entre tubos na mesma vala.

Instalação de duas ou mais tubulações em vala única.

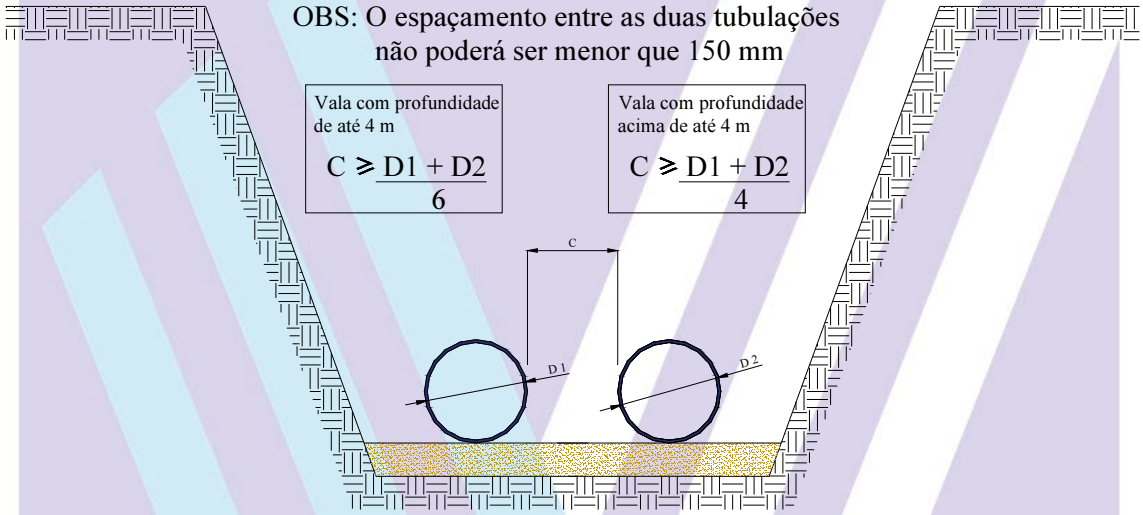


FIGURA 17

A largura da vala para situações onde o solo é instável depende do diâmetro e da rigidez do tubo, além do módulo reativo combinado entre reaterro e solo nativo e da altura de recobrimento.

Equipamentos especiais podem ser utilizados na instalação das tubulações em valas estreitas. Se o uso destes equipamentos resultar em uma instalação seguindo condições de segurança e as recomendações de instalação deste manual, a largura da vala pode ser reduzida mediante aprovação do respectivo projeto de engenharia.

5.3- Rebaixamento do lençol d' água e drenagem.

Quando a escavação atingir o lençol d'água é recomendado remover a água presente na vala antes da instalação das tubulações e da realização do reaterro, com objetivo de melhorar as condições de estabilidade das paredes laterais da vala, evitar o levantamento e preservar a condição de compactação do fundo da vala. É recomendado impedir o acesso da água de chuva e de superfície na vala durante o processo de instalação e execução do reaterro.

Para remover a água de superfície e impedir a erosão do fundo de vala e/ou das paredes laterais desta, devem ser realizadas ao longo da instalação paredes ou cortinas que promovam a drenagem da água.

Eventualmente é necessária a instalação de tubulações e execução do reaterro em condições com a presença de água corrente na vala, estes casos são específicos e devem ser avaliados e trabalhados no respectivo projeto de engenharia.

O rebaixamento deve ser realizado por bombeamento, executando-se drenos no fundo de vala, fora da faixa de assentamento, para que a água seja coletada pelas bombas em poços de sucção. Os poços de sucção devem evitar o carreamento do solo. Não havendo especificação em projeto, deve ser dada preferência às bombas de esgotamento do tipo auto-escorvante ou submerso.

As instalações de bombeamento devem prever margens de segurança e equipamentos adicionais que garantam o bombeamento mesmo em situações de corte no fornecimento de energia.

Outros métodos de rebaixamento podem ser utilizados, desde que previstos no projeto de engenharia. Qualquer que seja o método utilizado, o projeto de engenharia deve avaliar o sistema de rebaixamento frente à possibilidade da existência de recalques devido ao processo. Deve-se priorizar métodos que minimizem a remoção de finos e a criação de vazios no solo nativo, exemplo (figura 18).

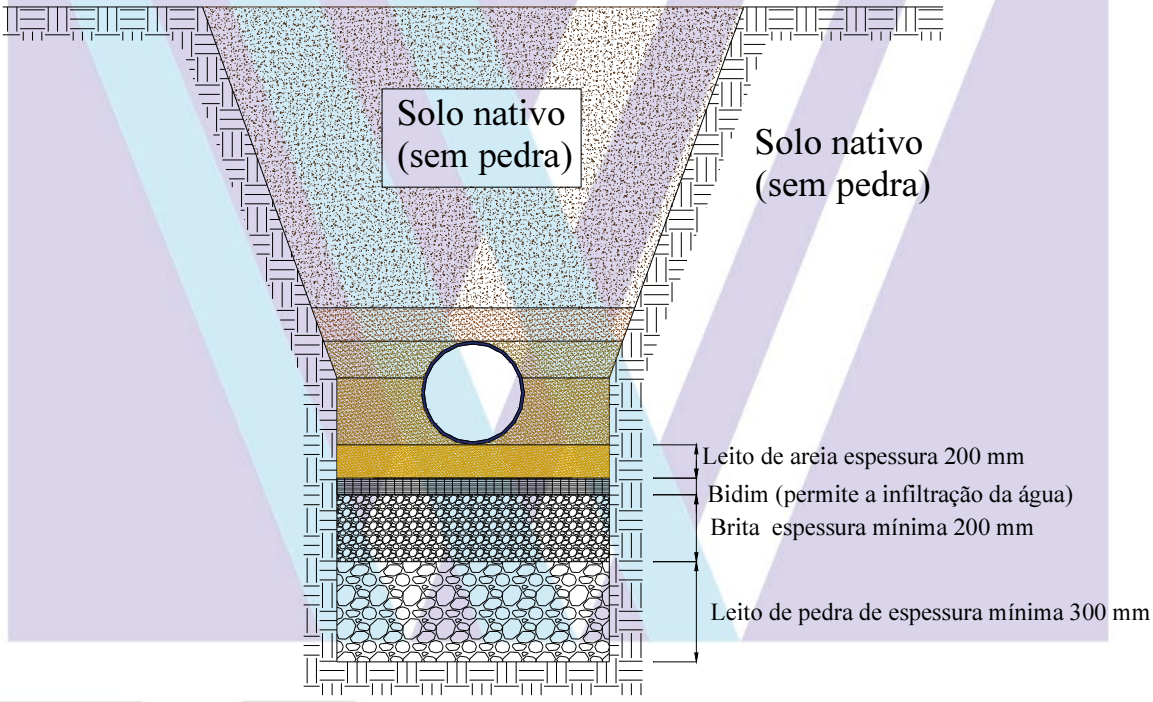


FIGURA 18. Exemplo de sistema de drenagem.

5.4- Escoramento.

O escoramento é um elemento de contenção destinado a contrapor os empuxos ou tensões geradas em um maciço de solo cuja condição de equilíbrio foi alterada pela escavação. No caso da instalação de tubulações é utilizado nas situações onde as paredes laterais da vala são instáveis devido ao peso próprio ou às interferências do próprio processo.

Destaca-se que conforme a Portaria nº 18 do Ministério de Trabalho (item 18.6.5) é obrigatório o escoramento para valas com profundidade superior a 1,25 metros.

O projeto de engenharia deve apresentar o detalhamento do tipo de escoramento a ser utilizado em cada trecho da instalação. A Norma Brasileira *ABNT NBR 12266 Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana – Procedimento* especifica condições exigíveis neste caso. Outras referências normativas podem ser utilizadas conforme acordo entre as partes.

É recomendado que a atividade de reaterro e retirada do escoramento sejam atividades contínuas, se possível realizadas na mesma jornada de trabalho. Após a retirada do escoramento todos os vazios devem ser preenchidos e compactados.

6- Preparação do fundo de vala.

PASSO 1 – Avaliação da necessidade ou não de fundação
O projeto de engenharia deve especificar a necessidade ou não da fundação. A fundação deve ser realizada nos casos de fundo de vala instável (solos expansivos, solos moles, etc.), conforme previsto no item 3.2.2.

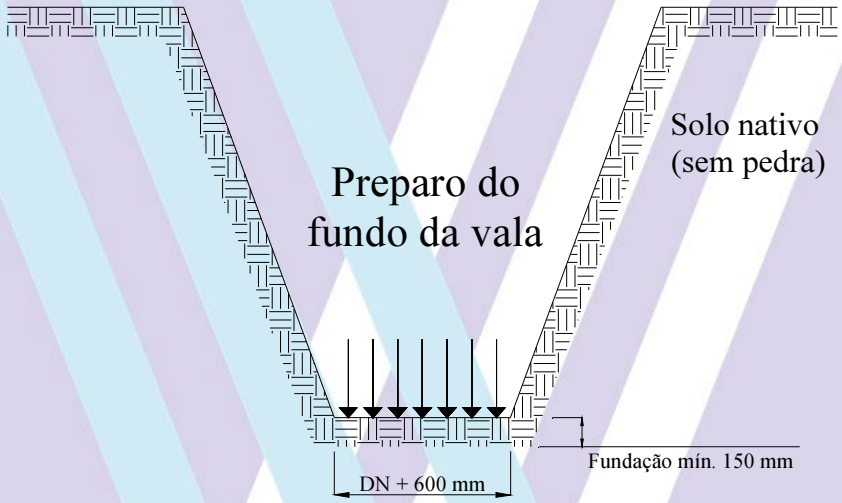


FIGURA 18

PASSO 2 – Realização do leito de assentamento.

O leito de assentamento deve ser realizado conforme previsto no item 3.2.3. Destaca-se a importância da uniformidade do leito no objetivo de apoiar totalmente o tubo. O solo do leito deve ser compactado com no mínimo 90% do Proctor Normal conforme a ABNT NBR 7182. A figura 19 mostra como deve ser a uniformidade do leito de assentamento de uma instalação.

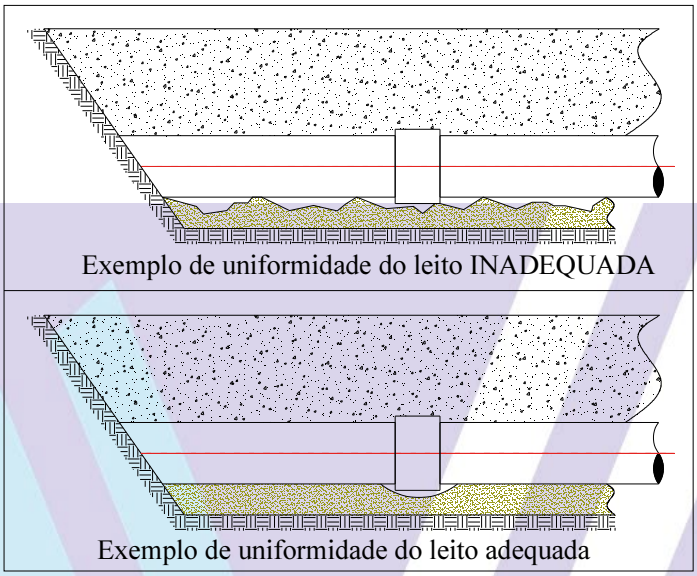


FIGURA 19

7- Processo de instalação dos tubos.

Após a realização do processo de escavação conforme o item 5 e dos preparos de fundo de vala conforme item 6 deve ser iniciado o processo de instalação efetiva dos tubos, conforme os passos a seguir.

PASSO 3 – Movimentação e acomodação dos tubos na vala

Os tubos devem ser acomodados no fundo da vala através de movimentação manual ou por meio de cordas, cintas flexíveis e/ou com a ajuda de equipamentos mecânicos. Não devem ser utilizados cabos de aço ou correntes.

Conforme ilustrado na figura 20, quando os tubos forem movimentados com a utilização de cordas ou cintas deve-se utilizar uma em cada extremidade do tubo. Uma das extremidades deve prever uma corda para orientar o processo de movimentação até que o tubo atinja o fundo da vala.

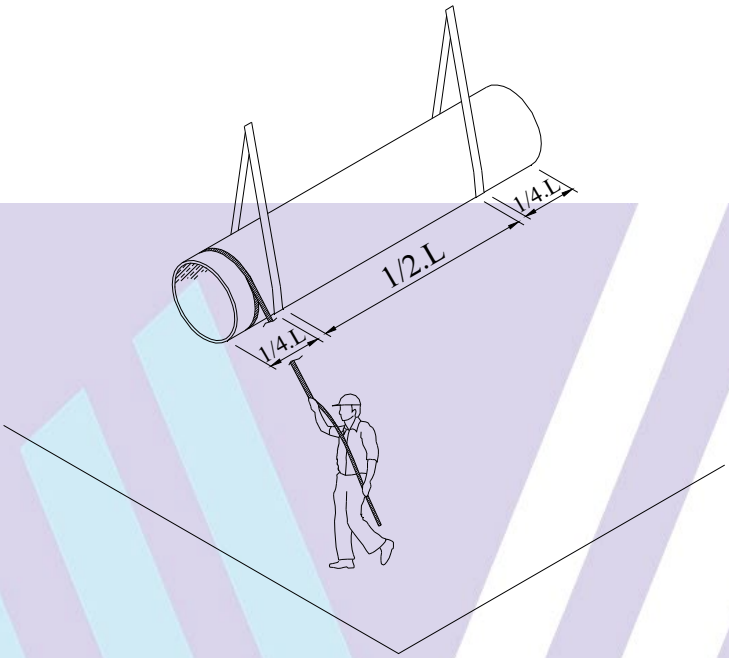


FIGURA 20 Movimentação dos tubos através de cordas/cintas

O tubo deve ser ajustado conforme a inclinação e alinhamento necessário. O leito de assentamento deve ser rebaixado nos locais das bolsas, para que o tubo fique uniformemente apoiado ao longo de toda a sua geratriz inferior. Este rebaixamento, após a instalação, deve ser preenchido e compactado.

Destaca-se que quando o processo de instalação é interrompido, deve ser tamponada a extremidade livre do último tubo, com o objetivo de evitar a entrada de água, lama ou corpos estranhos. Este último tubo deve ser aterrado até no mínimo 0,75 x DN acima da geratriz superior, para impedir a flutuação da tubulação em caso de chuva, ou outra fonte de água na vala.

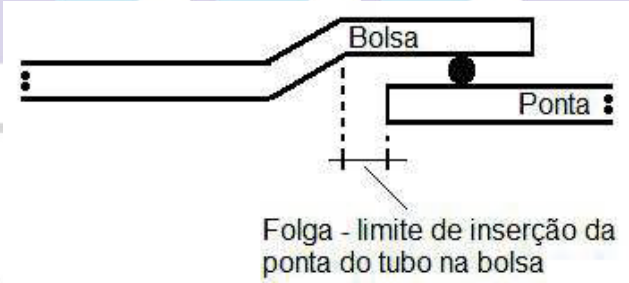


Figura 20. Exemplificação do limite de inserção da ponta do tubo em uma bolsa, conforme recomendação do fabricante.

PASSO 4 – Montagem das juntas e encaixe dos tubos

A Norma ABNT NBR 15536 Parte 1 apresenta no item 4.2 os sistemas de junta possíveis para os tubos de PRFV. Devem ser seguidas as orientações de cada fabricante quanto à montagem das juntas dos tubos, utilizando os equipamentos, anéis de borracha e lubrificantes recomendados.

Quando a junta utilizar anéis de borracha, deve-se analisar o limite de inserção dos

tubos nas bolsas e conexões, conforme orientação do respectivo fabricante e ilustrado na figura 21. Não utilizar uma força excessiva de montagem que resulte na ultrapassagem do limite de inserção ou no deslizamento do anel para fora do sulco.

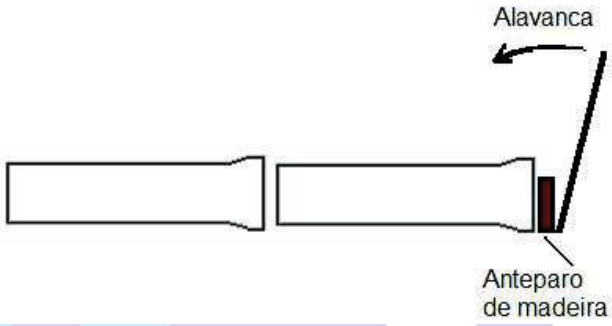


FIGURA 21. Encaixe dos tubos por sistema manual (alavanca).

O encaixe dos tubos deve ser realizado preferencialmente utilizando o sistema de catraca. Até DN 500 pode ser realizado utilizando sistema de alavanca, caso em que a extremidade do tubo deve ser protegida. A figura 22 ilustra o encaixe manual (alavanca) e abaixo o encaixe pelo sistema de catraca.

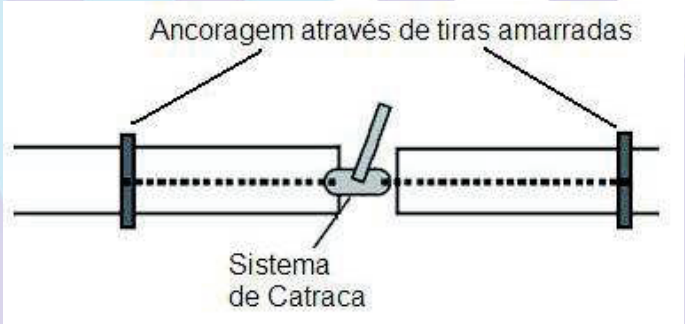


FIGURA 22. Encaixe dos tubos por sistema de catraca.

Se o ponto de montagem não for atingido, a junta deve ser desmontada, limpa e montada novamente. O lubrificante utilizado deve ser o recomendado pelo fabricante.

O encaixe dos tubos não dever ser realizado utilizando a pá da restroescavadeira, conforme ilustra a figura 23.

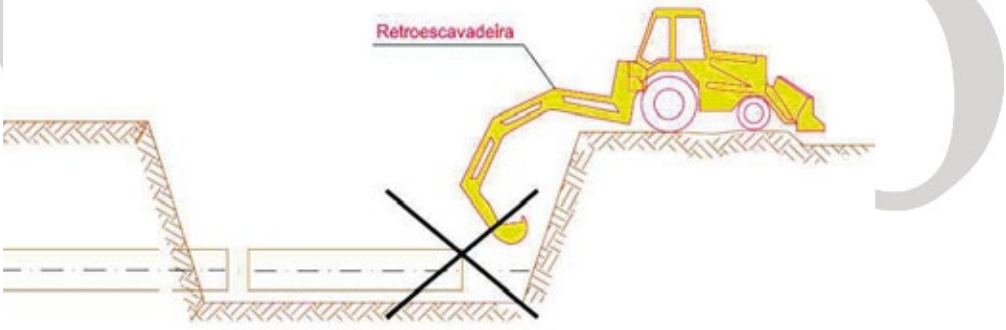


FIGURA 23. Exemplificação de como NÃO deve ser realizado o encaixe dos tubos

Deve-se tomar cuidado para não ultrapassar a deflexão angular limite e o desalinhamento máximo permitido, conforme ilustram respectivamente as figuras abaixo. Para tubos com classe de pressão até 1,6 MPa, as deflexões angulares máximas permitidas são apresentadas na tabela abaixo. Para tubo com classe de pressão superior a 1,6 MPa o fabricante deve ser consultado quanto aos valores limites.

Deflexões angular máxima permitida para tubos com classe de pressão de até 1,6 MPa.

Diâmetro nominal (mm)	Deflexão angular máxima (°)*	Deflexão Linear (mm)**
100 a 500	3	314
500 a 800	2	209

*Pressão nominal até 1,6 Mpa
** Barra de 6,0 m

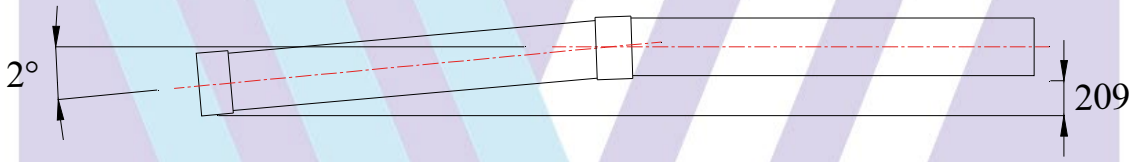


FIGURA 24 Exemplo de deflexão angular.

O desalinhamento máximo permitido para os tubos de PRFV é de 5 mm.

No caso da utilização de junta soldada, devem ser seguidas as recomendações do fabricante, atentando-se para o fato de que a montagem seja realizada no tempo recomendado para cura da resina, antes que o tubo seja movimentado, ou enterrado.

PASSO 5 – Alocação do reaterro primário e compactação

Imediatamente após a montagem dos tubos deve ser iniciada a realização do reaterro primário.

Caso não exista esta possibilidade, a seção central de cada tubo deve ser aterrada até no mínimo 0,75 x DN acima da geratriz superior. Uma boa prática de instalação é não se realizar a instalação de mais de 24 metros de rede sem que o reaterro primário seja realizado.
O reaterro primário deve ser realizado com os materiais especificados no item 3, seguindo as recomendações da tabela 5, e isto tem importância fundamental no controle de deformações diametrais no tubo. A compactação deve ser realizada em camadas de 100 a 300 mm, conforme procedimento especificado em 3.2.4. Deve-se atentar para que o material do reaterro não seja contaminado por resíduos ou outros materiais que comprometam o desempenho da tubulação ou a segurança da instalação.

A área de “rins” do tubo, situada entre o leito de assentamento e a geratriz inferior do tubo, deve ser compactada individualmente antes que o restante do reaterro seja colocado e compactado. Para realizar esta atividade pode ser utilizado um socador, empurrando e compactando o reaterro abaixo do tubo. As figuras 25 e 26 apresentam

respectivamente a forma adequada e inadequada de compactação da área de rins.

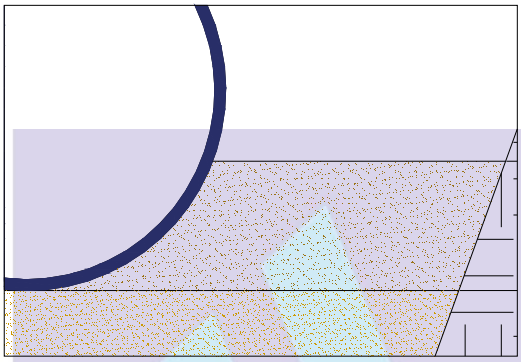


FIGURA 25 Compactação adequada da área de "rins

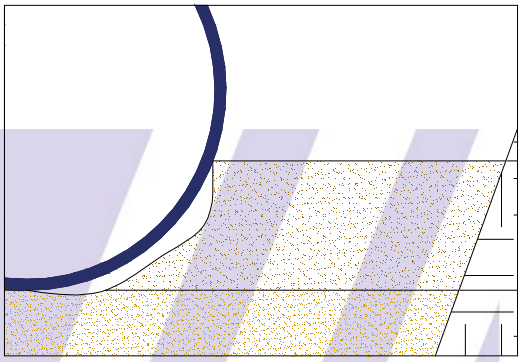


FIGURA 26 Compactação INADEQUADA da área de rins".

Quando o reaterro primário atingir a linha mediana do tubo, a compactação deve ser realizada no sentido da extremidade da parede lateral da vala para o tubo.

É recomendado que a colocação e compactação do reaterro primário por camadas nas laterais do tubo provoquem uma leve deformação diametral vertical negativa. Entretanto esta deformação não deve exceder 1,5% do diâmetro externo do tubo quando o reaterro atingir a geratriz superior do mesmo. Esta deformação inicial está relacionada à energia de compactação necessária em função do solo do reaterro primário. Os solos SC3 e SC4 exigem maior energia de compactação e isto pode fazer com que este limite seja extrapolado. Neste caso o projeto de engenharia deve prever a utilização de um tubo de maior rigidez, outro solo de reaterro, ou ambos.

O reaterro primário deve ser realizado até que exista uma camada acima da geratriz superior do tubo de 150 a 300 mm. Destaca-se o cuidado necessário quanto à compactação acima da geratriz superior do tubo antes da colocação de uma camada que totalize a espessura apresentada na Tabela 7.

PASSO 6 – Alocação do reaterro secundário

Após a realização do reaterro primário, o aterramento deve ser continuado com o reaterro secundário, preenchendo totalmente a vala até a superfície do terreno. O reaterro secundário deve ser realizado conforme o item 3.3. O projeto de engenharia deve especificar se pode ser utilizado o próprio solo nativo e a necessidade de compactação, caso exista pavimentação.
O recobrimento mínimo e máximo sobre o tubo deve ser considerado avaliando-se a condição de instalação e utilização da tubulação, e deve ser especificada no projeto de engenharia. A limitação de recobrimento tem influência na profundidade total da vala, que também deve ser especificada em projeto.

PASSO 7 – Controle de deformações diametrais

O controle de deformação diametral vertical (ovalização) dos tubos aterrados é um bom indicador da qualidade da instalação. É recomendado que a deformação inicial seja medida no tubo ao longo do processo de reaterro, fornecendo informação quanto à qualidade durante a instalação. A tabela abaixo apresenta a deformação diametral máxima inicial admissível.

Deformação diametral máxima inicial admissível	
Diâmetro Nominal	Deformação diametral inicial máxima admissível (% do diâmetro interno)
DN = 300	3,0
DN < 300	2,5

Os tubos cuja deformação ultrapassar os limites especificados na tabela acima devem ser descobertos e reaterrados com melhor compactação do reaterro primário, com o objetivo de atender a exigência quanto a máxima deformação.

8 Ancoragem

As curvas e conexões, derivações, registros e outros acessórios que implicam na mudança de direção da rede, são elementos que estão sujeitos a forças de empuxo que devem ser balanceadas. Estas forças precisam ser restringidas pelo solo, quando possível, ou com a utilização de ancoragem.

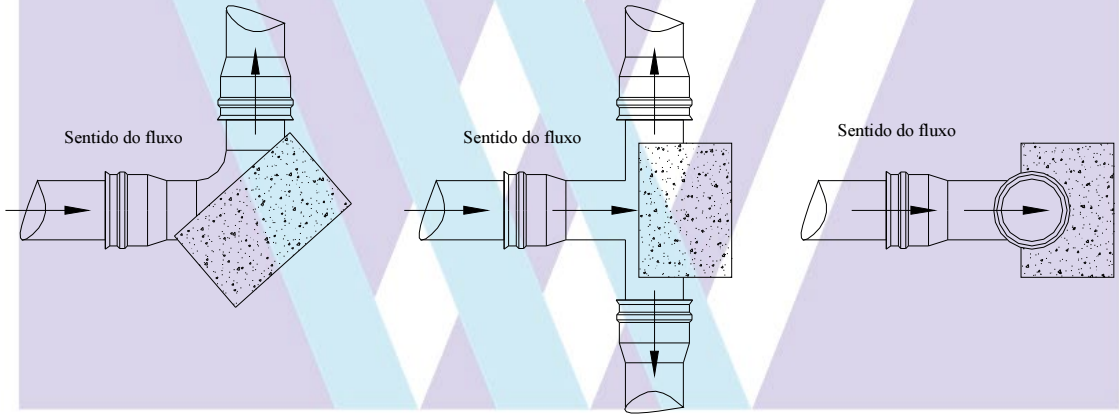


FIGURA 27. Exemplo de bloco de ancoragem.

A ancoragem deve ser dimensionada no projeto de engenharia levando em consideração os esforços solicitantes, as características do solo e os possíveis recalques derivados da ancoragem.

Em trechos de grande declividade os tubos devem ser ancorados para evitar deslocamentos na direção da declividade.

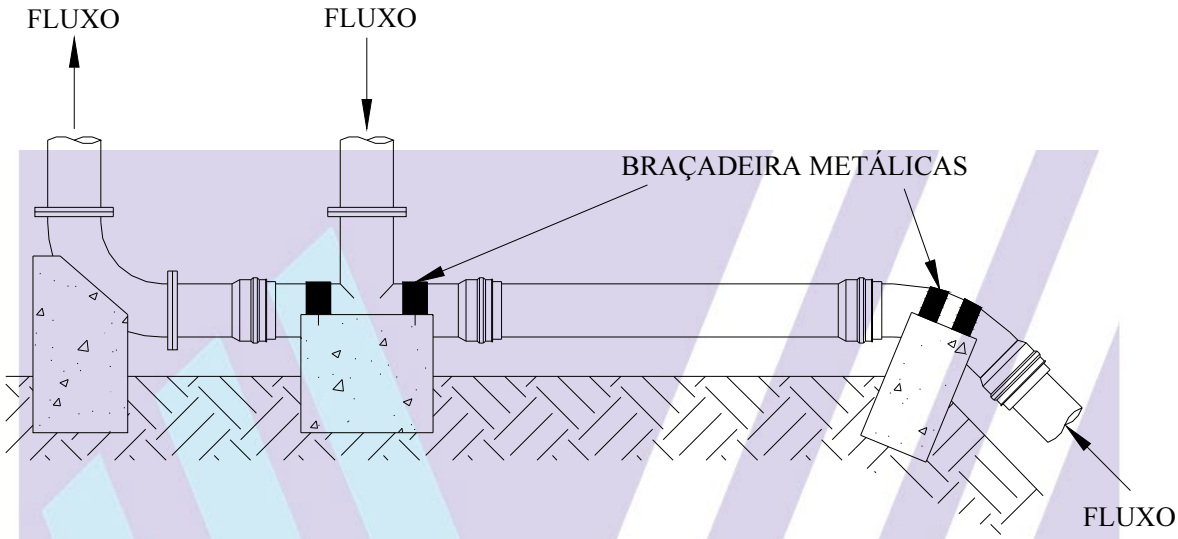


FIGURA 28. Exemplo de bloco de ancoragem.

Alguns casos especiais como os de travessia de rodovias ou ferrovias ou áreas de proteção ambiental podem exigir, conforme exigências legais, que os tubos sejam encamisados. O encamisamento deve ser detalhado no projeto de engenharia.

Quando o encamisamento for realizado com concreto este deve ser armado e o tubo tem que ser envolvido com um lençol de borracha e deve ser temporariamente ancorado para que não flutue e o concreto deve ser aplicado em camadas finas, aguardando-se o tempo necessário para a cura de uma camada antes da aplicação da seguinte.

Os recalques do bloco de ancoragem devem ser minimizados com a execução de uma boa fundação, preparação adequada do leito, compactação adequada e a utilização de tubos de seção curta ("toco curto"). O toco curto deve atender a tolerância de deflexão angular conforme especificado do item 7.

Os tocos-curtos também são aplicados para minimizar os esforços de recalques nos casos de transições de terrenos e de tubulações de diferentes materiais.

9 Recebimento, transporte, armazenamento e manuseio

9.1 Avaliação visual no recebimento

Os tubos recebidos na obra devem ser avaliados visualmente para verificar se algum dano ocorreu no processo de transporte. Dependendo da duração do armazenamento, da manipulação na obra e outros fatores que possam danificar o tubo, recomenda-se voltar a fazer esta avaliação antes de iniciar a instalação. As principais recomendações em relação a esta avaliação são:

- Se houver indícios de que os tubos foram danificados no transporte, realizar uma avaliação mais detalhada de cada tubo;
- Comparar a quantidade entregue com a especificada na nota de conhecimento;
- Registrar na nota de conhecimento qualquer dano constatado ou diferença em quantidade, comunicando ao transportador e solicitando sua assinatura na nota

de conhecimento;

- Eventuais tubos danificados não devem ser descartados, devem ser separados e o fabricante deve ser contatado;
- Não utilizar tubos que aparentem estar danificados ou defeituosos.

9.2 Descarregamento e manuseio

A responsabilidade do descarregamento deve ser definida em contrato. O manuseio em obra é de responsabilidade do empreiteiro. Para que esta atividade seja realizada de forma segura e sem comprometer o desempenho dos tubos este Código de Prática apresenta as principais recomendações.

- Utilizar cordas-guia ou cintas flexíveis fixadas aos tubos ou às embalagens dos mesmos para permitir fácil controle do descarregamento e manuseio. Também podem ser utilizadas máquinas empilhadeiras ou outras para esta finalidade. Nunca devem ser utilizados cabos de aço;
- Podem ser utilizadas barras separadoras quando pontos de suporte forem necessários;
- Não deixar o tubo cair, bater ou impactar, particularmente em suas extremidades. Os tubos também não devem ser arrastados;
- Guiar o tubo, evitando movimentos bruscos ou choques;
- Para manusear os tubos com empilhadeira, as lanças devem ser envolvidas com uma proteção macia (borracha, etc.).

Descarregamento unitário

É realizado utilizando-se cordas-guia ou cintas, porém não devem ser utilizados cabos de aço ou correntes, que podem danificar os tubos. Os tubos podem ser içados individualmente com apenas um ponto de apoio, conforme ilustra na figura 29.

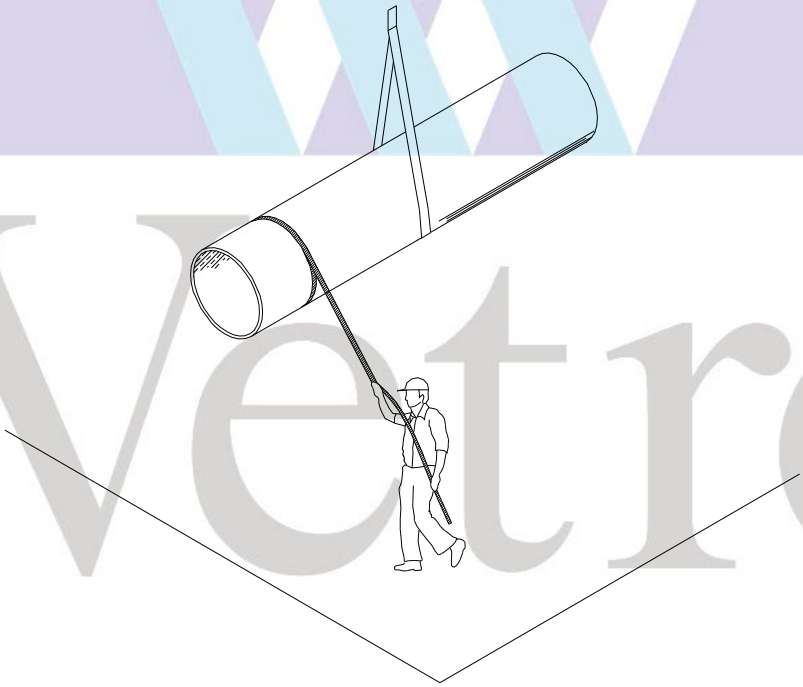


FIGURA 29.Descarregamento unitário com único ponto de apoio.

Porém o método mais seguro e recomendado neste caso é a utilização de dois pontos de apoio, conforme ilustra a figura 30, dada a maior facilidade de controle.

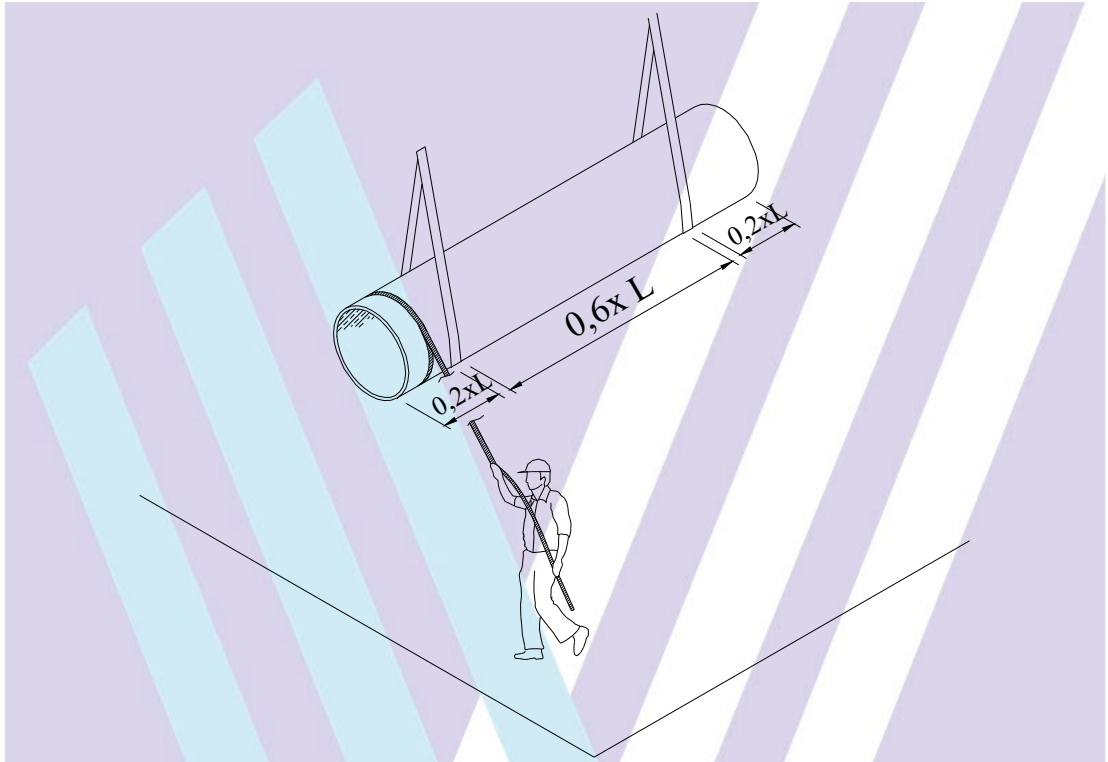


FIGURA 30. Descarregamento unitário com dois pontos de apoio.

Os tubos não devem ser içados passando uma corda pelo interior dos mesmos, de extremidade a extremidade. Os manuais dos fabricantes apresentam os pesos aproximados dos tubos e conexões.

Descarregamento em engradados/pallets

Quando os tubos recebidos estiverem embalados em engradados ou paletizados, os mesmos podem ser descarregados desta forma, utilizando-se um par de cintas conforme ilustrado na figura 31. Esta forma não é recomendada para o caso onde os tubos não possuem embalagem que os unifique em um pacote (tubos soltos), neste caso os tubos devem ser descarregados um a um. Em caso de dúvida sobre a embalagem o fabricante deve ser consultado.

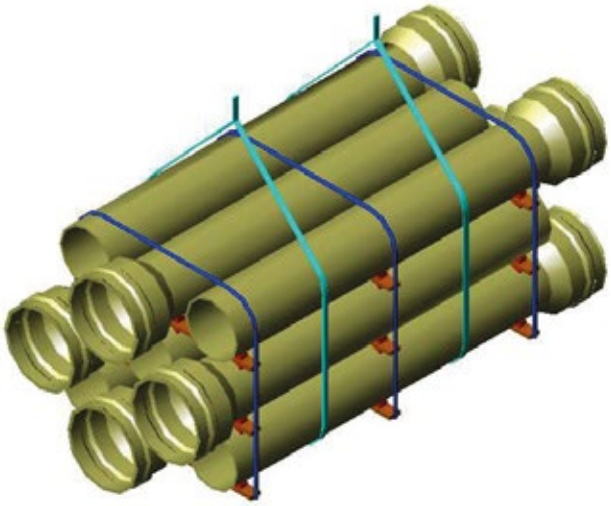


FIGURA 31. Descarregamento em pacote (tubos embalados).

Na ocorrência de qualquer dano no tubo, como rachadura ou fratura, durante o processo de descarregamento ou manuseio na obra, este tubo deve ser separado para possível reparo antes da instalação e o fabricante deve ser contatado quanto às recomendações quanto ao método de reparo ou descarte.

9.3- Armazenamento dos tubos.

É recomendado o armazenamento dos tubos sobre pranchas lisas de madeira para facilitar a colocação e remoção das cintas de içamento ao redor do tubo. Se os tubos forem armazenados diretamente no chão, a área deve ser plana e livre de pedras ou objetos que possam danificar os tubos.

Os tubos devem ser calçados no armazenamento para evitar o rolamento, sendo aconselhado utilizar os mesmos calços do transporte.

Conforme a quantidade e espaço disponível pode ser necessário empilhar os tubos. Neste caso é recomendado o empilhamento utilizando suportes de madeira plana (largura mínima de 75 mm) espaçados a cada ¼ do tubo e calços, conforme ilustra a figura 32.

Se os tubos ficarem estocados durante um longo período, em local descoberto, recomenda-se cobri-los com uma lona ou sombrite, a fim de manter as características químicas e mecânicas do material.

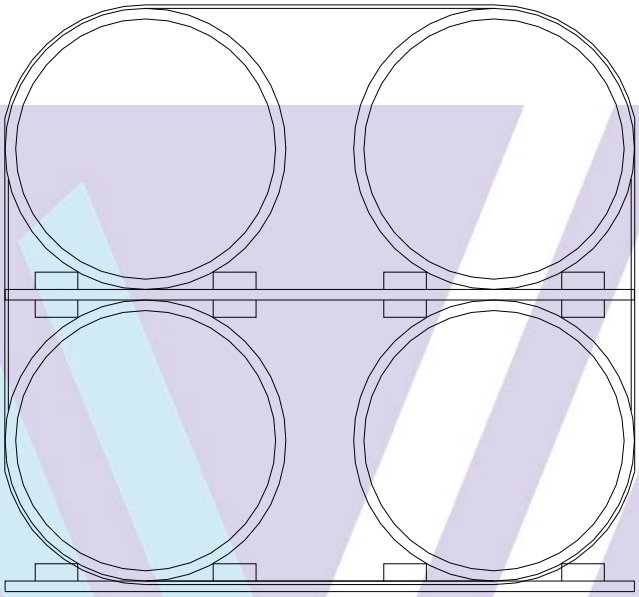


FIGURA 32. Armazenamento de tubos empilhados (engradados).

Para facilitar a acomodação das bolsas os tubos podem ser empilhados de forma cruzada, conforme ilustra a figura 33.

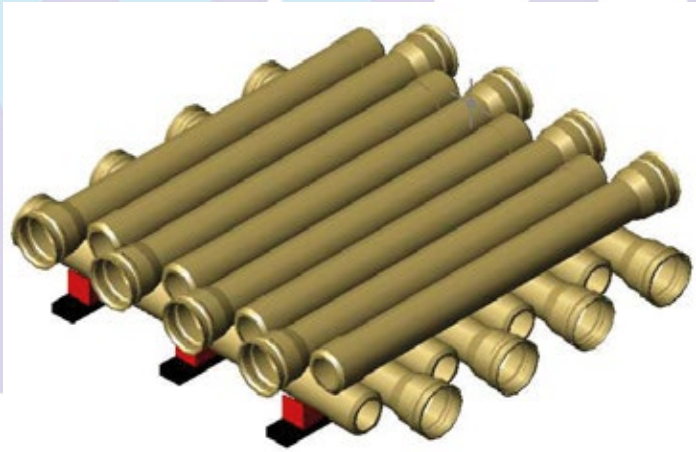


FIGURA 33. Empilhamento cruzado.

Destacam-se os cuidados necessários para assegurar a estabilidade da pilha, quando submetida à ação de ventos fortes, superfície de armazenamento desnivelada ou quando submetida a outras cargas horizontais. As pilhas devem ser amarradas para evitar os eventuais danos provocados pelo vento. A altura máxima de empilhamento deve ser de 3 metros. Não é recomendado o empilhamento de tubos com diâmetros nominais superiores a 1400 (DN > 1400).

A área de armazenamento deve ter acessibilidade facilitada para caminhões, e os tubos não devem ser armazenados em áreas de manobra ou circulação de veículos.

É importante destacar o cuidado a ser tomado no armazenamento quanto à máxima deformação diametral admissível dos tubos. As deformações longitudinais em forma de

meia-cana, áreas planas ou outras alterações abruptas de curvatura não são permitidas. O armazenamento fora das recomendações apresentadas neste manual pode resultar em danos aos tubos.

9.4- Armazenamento de anéis de borracha e lubrificantes.

Os anéis de borracha das juntas, quando fornecidos separadamente, devem ser armazenados na sombra e na embalagem original, não devendo ser expostos à radiação solar, exceto no momento da instalação.

As juntas devem ser protegidas da exposição a graxas ou óleos que sejam derivados de petróleo, feitos a partir de solventes e/ou outras substâncias nocivas.

Quando o sistema de junta dos tubos utilizarem lubrificantes, este deve ser cuidadosamente armazenado para prevenir danos à embalagem. Ao abrir uma embalagem para uso e sobrar material que possa ser utilizado posteriormente, os baldes ou bisnagas utilizados devem ser vedados novamente para evitar contaminação do lubrificante.

Se as temperaturas durante instalação estiverem abaixo de 5 °C, os anéis e lubrificantes devem ser isolados termicamente até o momento da utilização.

9.5- Transporte dos tubos.

Caso seja necessário transportar os tubos na obra com veículo, recomenda-se a utilização dos calços do transporte inicial. Caso estes calços não estejam disponíveis, as seções dos tubos devem ser apoiadas em madeiras planas espaçadas de no máximo 4 metros (ou 3 metros para diâmetros nominais inferiores a DN 250), com uma folga máxima de 2 metros nas beiradas.

Os tubos devem ser calçados para garantir a estabilidade do empilhamento e não devem estar em contato entre si, de forma que a vibração durante o transporte não danifique os mesmos por abrasão. A máxima altura de empilhamento no transporte deve ser de 2,5 metros. Os tubos devem ser amarrados com cintas ou cordas, nunca com cabos de aço, correntes ou materiais que provoquem abrasão. A figura 34 ilustra o transporte dos tubos.

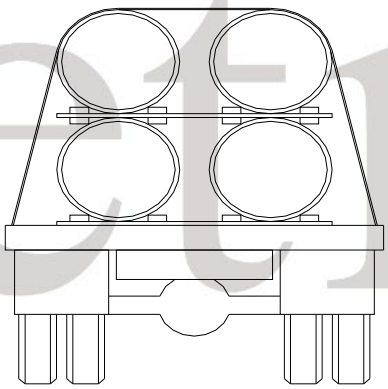


FIGURA 34. Transporte dos tubos

É importante destacar o cuidado a ser tomado no transporte quanto à máxima deformação diametral admissível dos tubos. As deformações longitudinais em forma de meia-cana, áreas planas ou outras alterações abruptas de curvatura não são permitidas. O transporte fora das recomendações apresentadas neste Código pode resultar em danos aos tubos.

10. Reparo

Na ocorrência de danos no tubo durante o transporte, descarregamento, armazenamento ou no manuseio em geral, após uma avaliação realizada por um profissional qualificado, o mesmo pode ser reparado no próprio local da obra.

Os reparos devem ser realizados pelo fabricante ou por um profissional credenciado pelo mesmo.

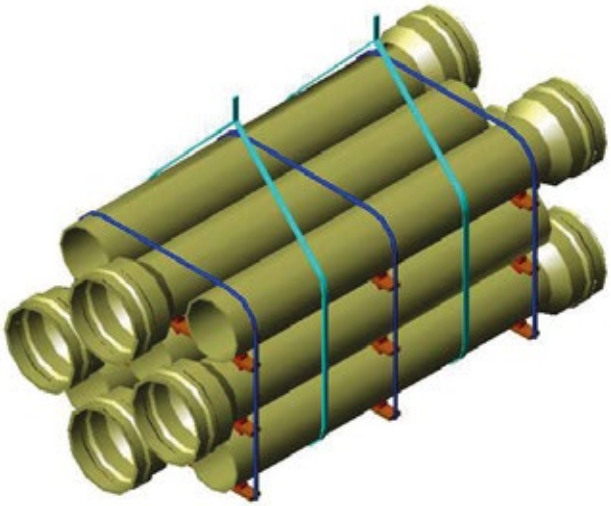
Procedimento para carregamento, transporte, descarregamento, armazenamento e conservação dos tubos de PRFV e RPVC Vetro.

Introdução:
Os produtos Vetro, quando embarcados para transporte, passam por um rígido controle a fim de garantir que sua qualidade não seja alterada.

Anexo A

1 - Transporte
O transporte dos tubos é feito por caminhões com as devidas proteções:

- As camadas de tubos devem ter suas extremidades alternadas (ponta e bolsa);
- A primeira camada de tubos, não deve ficar em contato direto com o assoalho da carroceria, devendo ser apoiada em 3 pontos (ponta, bolsa e meio do tubo) com sacos de palha de arroz, serragem, ou retalho de couro;
- As outras camadas devem ter suas extremidades (ponta e bolsa) protegidas com papelão ou outro tipo material macio;
- Deve-se fazer a fixação adequada, com amarras, imobilizando a carga para evitar movimentos que possam provocar danos aos tubos;
- O empilhamento dos tubos sobre a carroceria do caminhão não deve ultrapassar 1,60 m ou 1,80 m da altura útil;
- Para tubos com diâmetro maior ou igual a 700 mm, devem-se usar berços de madeira;



- As conexões são transportadas e embaladas em plástico bolha e amarradas sobre a carga de tubos, protegidas por papelão.

As operações desenvolvidas durante o carregamento dos tubos e conexões são de responsabilidade da Vetro. A empresa toma todos os cuidados para que os mesmos possam ser corretamente manuseados e não sofram choques ou escoriações durante esta fase. Após o carregamento o Controle de Qualidade Vetro faz uma última inspeção na carga antes de liberar o veiculo para transporte.

O empilhamento dos tubos sobre a carroceria do caminhão deve ser feito dentro dos limites da tabela abaixo:

Tabela para Carregamento de Tubos

DN	*Qtd. / Camada*	*Nº de Camadas*	*Qtd. Caminhão [Br]*	*Qtd. Carreta [Br]*	*Altura da Carga [mm]*
50	42	45	1.890	3.780	2.250
75	30	34	960	1.920	2.550
100	21	24	483	966	2.400
125	18	20	342	684	2.500
150	15	17	240	480	2.550
200	11	12	132	264	2.400
250	9	9	81	162	2.250
300	7	8	56	112	2.400
350	6	7	42	84	2.450
400	5	6	30	60	2.400
450	5	5	25	50	2.250
500	4	5	20	40	2.500
600	3	4	12	24	2.400
700	3	3	9	18	2.100
800	3	3	9	18	2.400
900	3	2	6	12	1.800
1000	2	2	4	8	2.000

Tabela sujeita a alteração

ANEXO B

2 - Recebimento e inspeção

2.1 - Inspeção de carga

No instante do recebimento, verifique:

- Se houve movimentação da carga;
- Evidencias de maus tratos;
- Quantidades e dimensões;
- Compare a nota fiscal com a carga recebida.

2.2 -Peças danificadas

Caso haja peças danificadas:

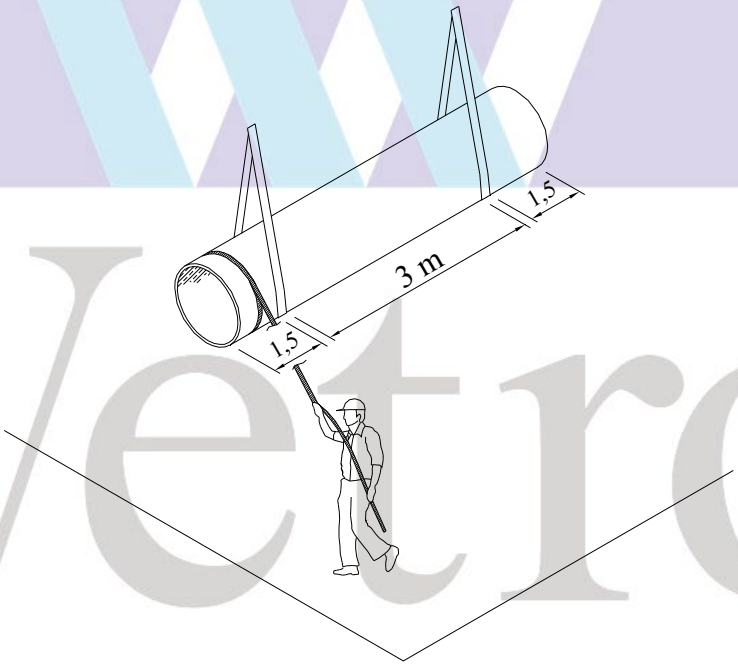
- Não utilizar;
- Registrar ocorrência no verso da nota fiscal e comunicar imediatamente a Vetro e a transportadora;
- Solicitar ao motorista da transportadora que assine os documentos;
- Separar e identificar as peças danificadas com marcas visíveis, na região afetada;
- Pedir orientação a Vetro de como proceder para reparar ou substituir as peças danificadas.

3 - Descarga e manuseio

Os procedimentos a seguir descrevem os cuidados a serem tomados no descarregamento e manuseio dos tubos na obra.

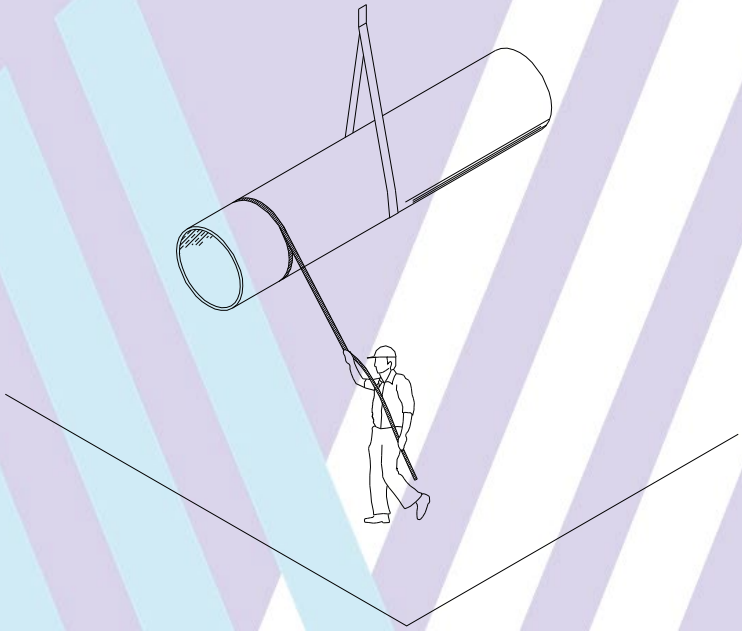
3.1 - Descarga com balancim e duas cintas

- Usar cintas ou cordas flexíveis para içar os tubos;
- Aplicar a cinta ou corda conforme a figura;
- Guiar, evitando movimentos bruscos, choques, etc;
- Não usar cabos de aço;
- Não passar a cinta por dentro do tubo;
- Não deve haver atrito entre os tubos;
- Os tubos não devem ser jogados ou arrastados;
- Os tubos não devem sofrer batidos ou escoriações.



3.2 - Descarga com balancim e uma cinta no meio do tubo

- Pode se usar apenas uma cinta no meio do tubo, desde que uma ou duas pessoas guiem o tubo, evitando movimentos bruscos, choques, etc.



3.3 - Manuseio de tubos usando empilhadeira

- As lanças da empilhadeira devem possuir uma proteção macia, de preferência com borracha.



4 - Armazenamento

4.1 - Local de armazenamento

- Prever um local de armazenamento junto à obra;
- A área que receberá os tubos deve ser horizontal, nivelada e sem pedras ou objetos que possam danificar os tubos;
- O local deve ser de fácil acesso para caminhões;
- Não armazenar tubos em áreas de manobra ou circulação de veículos.

4.2 - Tipos de armazenamento

4.2.1 - Armazenamento cruzado

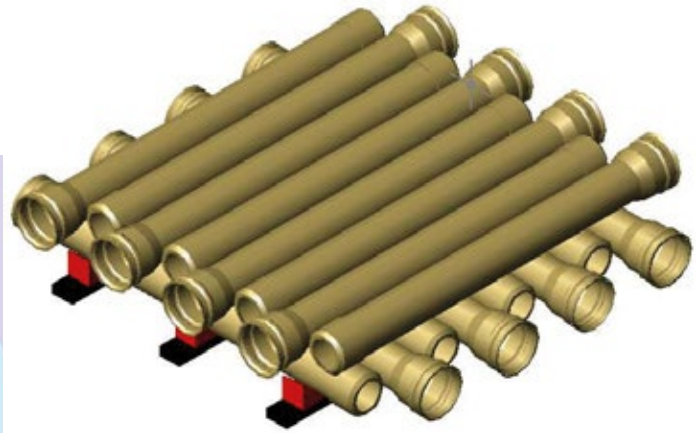
1.1. Os tubos devem ser armazenados sobre cavaletes ou berços de madeira;
1.2. Os tubos serão armazenados alternando pontas e bolsas, sendo as camadas cruzadas;
1.3. As pontas e bolsas não devem tocar o solo.

4.2.2 - Armazenamento alinhado

- Os tubos devem ser armazenados sobre cavaletes ou berços de madeira;
- Os tubos são armazenados alinhados, sempre alternando Pontas e Bolsas;
- As camadas de tubos devem ser separadas por sarrafos de madeira, com largura suficiente para evitar pontos concentração de tensões;
- As Pontas e Bolsas não devem tocar o solo.

5 - Empilhamento de tubos

- Altura máxima permitida para as pilhas de tubos não devem ser maior que 1,60 m;
- O espaçamento entre pilhas deve ser no mínimo de 1,0 m;
- As pilhas devem ser amarradas para evitar danos provocados pelo vento.

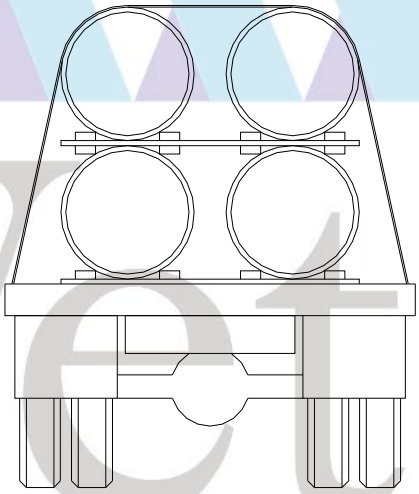


6 - Armazenamento de conexões

- As conexões devem ser armazenadas no nível do solo e amarradas para que não rolem;
- Têes e curvas devem ser armazenadas no sentido horizontal;

7 - Transporte para pequenos trechos

- Os tubos devem ser amarrados no caminhão utilizando cordas de sisal ou nylon;
- Os tubos devem ser apoiados sobre os berços;
- A fixação é feita para evitar que os tubos se movam;
- Os tubos jamais deverão se apoiados na guarda da carroceria do caminhão, pois provocará danos localizados nos tubos.



ANEXO C

1 - Kits para solda de topo

Para Execução das soldas de topo (P.P.S.) em tubulações aéreas e enterradas, a Vetro fornece em forma de kit, todo material (manta, tecido e resina) necessário para solda no campo.

O tipo de kit ideal para a tubulação fornecida é em função do diâmetro, da pressão de operação e do processo de fabricação do tubo.

Os Kits de Soldas (véu, manta, resina, catalisador, etc.), anéis de borracha, juntas de vedação e lubrificantes devem ser armazenados em local fechado protegido de luz solar direta, chuva, umidade e com temperatura amena.

2 - Procedimento de solda de topo em tubo de PRFV

Características:

- Alta resistência mecânica;
- Alta confiabilidade;
- Alta resistência a esforços axiais;

A solda de topo é o tipo de ligação mais utilizada para tubulações aéreas e tubulações de alta pressão ou reparo de tubulação.

a. Alinhar e colocar no esquadro as extremidades a serem soldadas;
b. Lixar as superfícies das extremidades, caso os tubos fornecidos não possuírem as extremidades já preparadas (os tubos quando solicitada poderá ser fornecida com as extremidades já preparadas e protegida por tecido promotor de rugosidade);
c. O local no tubo para a laminação deverá estar sempre limpo, livre de qualquer tipo de impureza e seco;

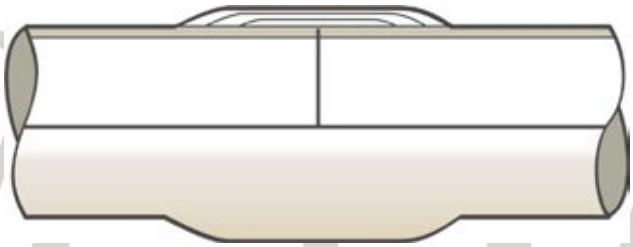


d. Junte e imobilize as extremidades alinhadas e lixadas, aplique uma pintura com resina;
e. Aplique uma camada de véu de superfície impregnada com resina (kit para solda) por toda extensão da área a ser soldada;
f. Lamine em seguida, uma camada de manta (kit) impregnada com resina;
g. Aplique mais uma manta;
h. Aplique uma camada de tecido (sempre impregnada com resina);



$$L_{(min.)} = 16 \cdot E_{(Espessura\ de\ Parede\ do\ Tubo)}$$

i. Repita a aplicação alternando sempre, manta e tecido cada vez mais largo conforme nosso kit para solda, termine sempre o laminado (solda) com uma camada de manta para obter um melhor acabamento;
j. Após a laminação de todas as camadas, pinte a solda com uma solução de resina parafinada protegendo o laminado da inibição da cura pelo oxigênio;
k. Certifique-se da quantidade de solda executando teste de dureza e cura.



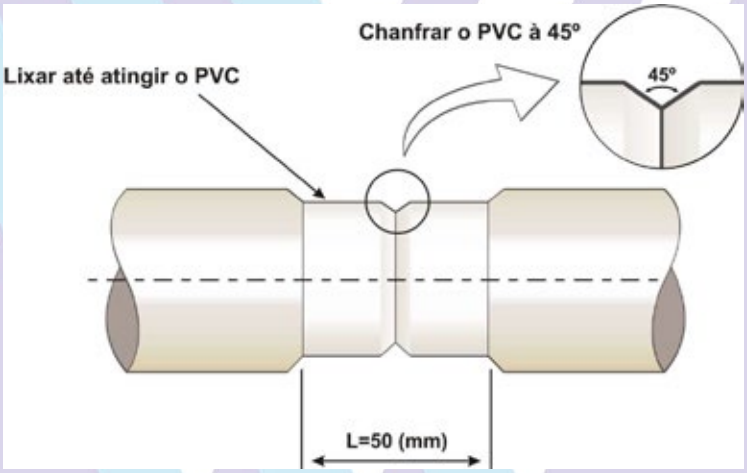
Observações:

- Entre a laminação de uma e outra camada, deve ser respeitado o tempo de gel da resina;
- Use pincel e rolete para laminação e remoção de bolhas;
- A resina deverá estar devidamente acelerada e catalisada;
- Em caso de duvidas consulte-nos.

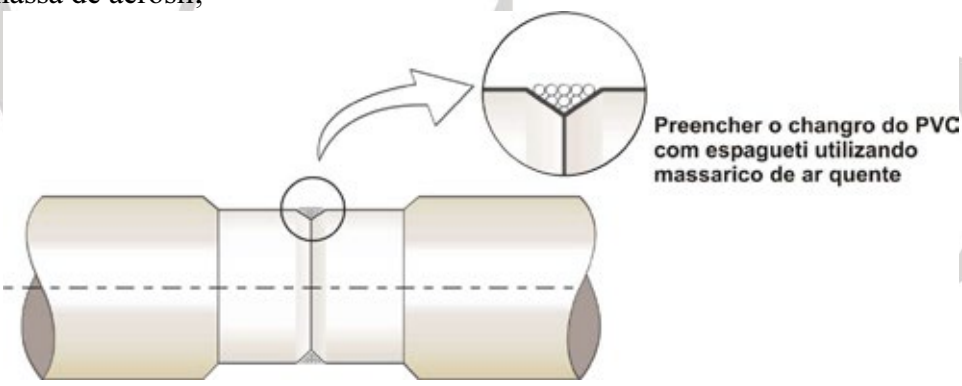
3 - Procedimento de solda de topo em tubo de RPVC

A solda de topo é o tipo de ligação mais utilizada para tubulações aéreas e tubulações de alta pressão sendo ainda um dos processos mais econômico e de fácil execução.

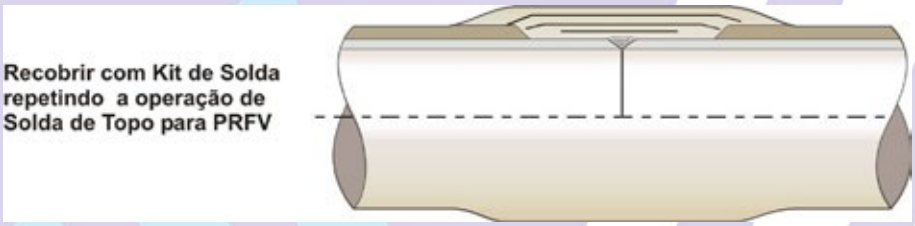
a. Alinhar e colocar no esquadro as extremidades a serem soldadas;
b. Lixar as superfícies das extremidades, caso os tubos fornecidos não possuírem as extremidades já preparadas (os tubos quando solicitado poderá ser fornecido com as extremidades já preparadas e protegido tecido promotor de rugosidade);



c. Preencher o chanfro do PVC com espaguete utilizando maçarico de ar quente ou massa de aerosil;



d. O local no tubo para a laminação deverá estar sempre limpo, livre de qualquer tipo de impureza;
e. Junte e imobilize as extremidades alinhadas e lixadas, aplique uma pintura com resina;
f. Aplique uma camada de véu de superfície impregnada com resina (kit para solda) por toda extensão da área a ser soldada;



g. Lamine em seguida, uma camada de manta (kit) impregnada com resina;
h. Aplique mais uma manta;
i. Aplique uma camada de tecido (sempre impregnada com resina);
j. Repita a aplicação alternando sempre, manta e tecido cada vez mais largo conforme nosso kit para solda, termine sempre o laminado (solda) com uma camada de manta para obter um melhor acabamento;
k. Após a laminação de todas as camadas, pinte a solda com uma solução de resina parafinada protegendo o laminado da inibição da cura pelo oxigênio;
l. Certifique-se da quantidade de solda executando teste de dureza e cura.

4 - Nota.

A resina deverá ser especificada de acordo com o tipo de fluido e condições de trabalho.

É de responsabilidade do cliente fornecer todas as informações necessária para que a Vetro especifique a resina mais adequada para um determinado serviço.

Toda a garantia dos tubos e conexões estará vinculada a esse manual de transporte, armazenamento e conservação. Qualquer alteração fora desse descrito deverá ser aprovado pela Vetro.

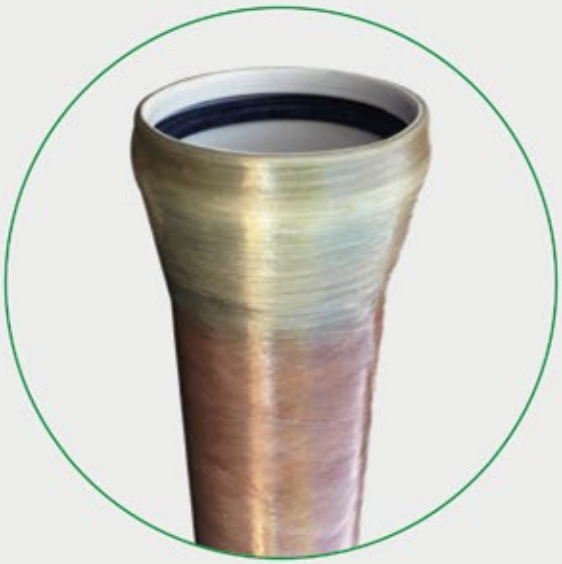
Se os tubos e conexões forem manuseados de forma não condizente com esse manual, os mesmos perderão toda a garantia estipulada pela Vetro.

MANUAL DE INSTRUÇÕES

Sobre os nossos tubos.

A Vetro é fabricante de tubos e conexões de PRFV (Plástico Reforçado com Fibra de Vidro) e RPVC (Tubo de PRFV com liner de PVC), também conhecidos como tubos com liner termofixo e termoplástico.





Os tubos de PRFV e RPVC Vetro possuem uma vasta aplicabilidade, como para vinhaça, água, ácidos, alcalinos, esgoto, fluídos de alta temperatura, águas residuárias, dentre outros.

Assim atendemos diversos mercados, como: Sucroenergético, Irrigação, Citros, Saneamento Básico, ETE, ETA, Indústrias em geral e PCH´s.

A Vetro produz tubos e conexões com diâmetro de 150 a 1.000 mm, classe de pressão de até 32 kgf/cm² e rigidez de 2.500, 3.750, 5.000 e 10.000 N/m².

Normas de fabricação para Tubos compósitos - Norma AWWA C950-13 e seu manual M45(American Works Association) e Norma NBR 15536.

Vetro - Soluções Inteligentes em Tubos e Conexões
Ibaté/SP
+55 (16) 99962.5625
comercial@vetro.com.br
www.vetro.com.br