



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA

SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – “TUNNEL LINER”

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam o fornecimento de materiais, execução e aceitação da construção de túneis para drenagem em tubo de aço corrugado.

2 DEFINIÇÃO

Os túneis em tubo de aço corrugado, executados pelo método não destrutivo, são túneis escavados que possuem como elemento estrutural as chapas de aço corrugado, que conferem à seção transversal forma circular, ovóide ou elíptica.

Os túneis de aço corrugado podem ser classificados em:

- a) quanto à forma da seção:
 - seção circular, ovóide, elíptica.
- b) quanto ao número de linhas:
 - simples, duplos, triplos, etc
- c) quanto ao seu revestimento
 - sem revestimento, galvanizado ou revestido de epóxi.

3 MATERIAL

3.1 *Tubos de Aço Corrugado*

Os tubos utilizados em processos não destrutivos devem ser do tipo de encaixe de



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA

SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

chapas corrugadas, nas dimensões e resistências indicadas no projeto. O aço das chapas deve obedecer à NBR NM 146-1(1).

As chapas de aço corrugado devem possuir revestimento especificado em projeto, em função da agressividade do meio, e das características dos líquidos a serem conduzidos. O revestimento pode ser galvanizado, epóxi ou sem revestimento, para posterior concretagem.

Os elementos de fixação, parafusos, porcas ou grampos especiais, devem ser fornecidos com o mesmo tratamento, epóxi e galvanizado, a que for submetida a chapa do tubo metálico.

3.2 *Material de Enchimento*

O espaço vazio resultante da escavação do maciço e a parede externa da chapa metálica deve ser preenchido com argamassa de forma a impedir o recalque na interface tubulação- aterro e dificultar a corrosão da chapa.

A argamassa de areia e cimento de traço 1:2 deve possuir a consistência adequada para a injeção e preenchimento dos vazios.

A areia deve satisfazer as exigências da NBR 7211(2) e o cimento a NBR 5732(3).

4 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos necessários aos serviços de fornecimento e instalação de túneis em aço corrugado compreendem:

- a) caminhão com grua ou;
- b) caminhão de carroceria fixa ou basculante;
- c) betoneira ou caminhão-betoneira;
- d) pá-carregadeira;



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA

SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

- e) depósito de água;
- f) carrinho de concretagem;
- g) retroescavadeira ou valetadeira;
- h) compactador portátil, manual ou mecânico;
- i) ferramentas manuais.

5 EXECUÇÃO

Os procedimentos executivos para a execução do túnel aqui descritos são genéricos, incluem todas as fases e sistemas constituintes do processo. Em função das características locais e do diâmetro do tubo, algumas dessas fases e sistemas podem ser suprimidos, bem como outros procedimentos podem ser incorporados.

5.1 *Generalidades*

Deve ser locado o eixo do túnel, pontos de inflexão, os poços de visita, caixas etc.

5.2 *Cálculo Estrutural*

A espessura da chapa utilizada na estrutura deve ser determinada em função do tipo de solo a ser escavado e do diâmetro do túnel, deve obedecer ao procedimento de cálculo descrito na seção 16, do Standard Specification for Highway Bridges da ASHTO.

5.3 *Sondagem*

As sondagens de reconhecimento do terreno devem ser realizadas ao longo do eixo das travessias, devem conter informações do nível do lençol freático, o tipo de solo e índice de resistência à penetração, SPT.

Estes dados permitem prever o tipo de dificuldade na escavação do túnel, e orientam a escolha do tipo de escoramento que deve ser adotado em cada trecho.



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA

SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

Além das sondagens, deve-se conhecer o cadastro das interferências para que sejam adotadas providências cabíveis durante a escavação.

Os furos das sondagens devem ser executados até 5 metros, no mínimo, abaixo da geratriz inferior do túnel.

5.4 *Processo Executivo*

As obras têm a seguinte sequência executiva.

5.4.1 *Emboque Direto*

Sempre que possível, o início da execução do túnel deve ser através de emboque direto no talude. Para execução do emboque direto, montam-se três anéis fora do talude seguindo o nivelamento e alinhamento de projeto. Este conjunto deve ser travado no talude através do aterramento parcial dos anéis. Após o aterramento inicia-se a escavação na frente e inicia-se a implantação.

Normalmente este procedimento não é possível em obras urbanas, geralmente é necessário a execução de poços de ataque verticais.

5.4.2 *Poços de Ataque*

Na impossibilidade de execução de emboque direto, os poços de ataque devem ser executados. Os poços podem ter seção circular ou elíptica e devem possuir revestimento das mesmas chapas do túnel.

As chapas de aço corrugadas usadas nos poços de ataque, podem ser reaproveitadas na execução dos poços de visita definitivos, caso esteja previsto em projeto, ou serem removidas para outros poços.

5.4.3 *Esgotamento Contínuo*

No fundo do poço de ataque deve ser escavado reservatório, onde é colocada uma bomba d'água elétrica submersa. Este reservatório que deve estar em cota mais baixa que a seção do túnel para que toda água de infiltração existente esco para o reservatório.



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA

SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

A escavação deve ser executada de jusante para montante, favorecendo o escoamento da água de infiltração.

5.4.4 *Implantação*

Locado o eixo da obra e, dado o início a escavação manual da frente, a escavação deve ser feita dentro de um perímetro o mais justo possível à circunferência externa do túnel.

Imediatamente após a escavação deve-se executar a montagem do primeiro anel e imediatamente após a montagem do anel deve executar a injeção da argamassa de preenchimento do vazio existente entre a chapa do anel e o maciço escavado.

Concluída a montagem e injeção de argamassa pode ser dado o prosseguimento à escavação e deve ser repetida a sequência de montagem e injeção de argamassa.

Alteração da sequência executiva pode ser definida pelo projetista em função do diâmetro da escavação, tipo de solo, nível do lençol freático e o recobrimento do tubo.

A escavação, em função das características do maciço e diâmetro de escavação, exige a adoção de um dos procedimentos descritos abaixo:

a) *aba metálica*

De acordo com o avanço e material da frente de escavação, deve-se cravar no terreno uma aba metálica presa nos flanges do trecho executado com a sua ponta solidamente cravada no terreno não escavado, até que um novo anel seja montado sob proteção da aba. Montado o novo anel, este deve ter condições de substituir a função da aba quando ela for avançada.

O deslocamento da aba, para proteger a escavação do anel seguinte, é feito cravando-a à frente com o auxílio de macacos mecânicos que se apoiam em orelhas convenientemente fixadas nos flanges do túnel. Essas orelhas são removidas à medida que a frente de trabalho progride.

b) *escudo frontal*



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA

SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

A frente de escavação é escorada por uma chapa metálica de seção trapezoidal e espessura de 1/4". O escudo deve cobrir toda a superfície do talude frontal.

Nas chapas do escudo, as estroncas se apoiam sobre reforços do tipo cantoneira em aço. As chapas metálicas que constituem o escudo frontal são removidas uma de cada vez.

Após a escavação correspondente a um novo anel, são montadas as chapas superiores do túnel, que ficam suportadas pela emenda aparafusada no anel anterior e por escoras inclinadas apoiadas no fundo do túnel. Depois de montado o anel, novas series de operações permitem a montagem dos anéis seguintes, e assim sucessivamente.

c) *enfilagem metálica*

De acordo com o projeto, a proteção da abóboda do túnel pode ser feita com enfilagens metálicas.

Este método consiste na escavação de furos no contorno da abóboda com equipamento adequado, e colocação de barras ou tubos de aço injetados com calda de cimento.

O espaçamento, a quantidade, e sua armação dos furos dependem do tipo de solo e do diâmetro do túnel, e devem seguir as especificações de projeto. A quantidade de furos deve ser suficiente para cobrir, com segurança toda a abóboda superior do túnel.

5.4.5 *Emendas aparafusadas*

Os anéis são solidarizados nos anéis adjacentes por parafusos e porcas de 5/8" x 1 1/2", que devem ser distribuídos ao longo dos flanges laterais dos anéis. As chapas de cada anel são emendas por transpasse de parafuso no furo, também quadrado da chapa, para permitir que a porca seja apertada pelo lado interno.

5.4.6 *Injeção de solo e cimento*

Os espaços vazios formados entre a face externa do revestimento do túnel e o terreno escavado, devem ser preenchidos a fim de se evitar recalques. Para isso, deve ser



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA

SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

usado material de preenchimento flexível e de boa resistência à compressão.

a) *manual*

- após a montagem do anel, a face externa deve ser preenchida com material argiloso e apiloada com soquetes;

b) *mecânico*

- em anéis alternados, ou em todos os anéis para diâmetros maiores que 1,60 m deve ser feito o preenchimento com argamassa fluida composta de solo. O preenchimento deve ser feito através de furos existente nas chapas de $\square 1\ 1/2''$, apropriados para colocação de bico de injeção;

- a argamassa deve ser misturada em equipamento elétrico ou mecânico de deslocamento positivo tipo Mohnou ou de pistão;

- o material de preenchimento deve ser fluido, ligeiramente expansível e de ter razoável resistência à compressão simples;

- o material deve ser injetado com pressão compreendida entre 1,0 e 2,0 kgf/cm². Durante o preenchimento, devem ser checados a existência de pontos vazios, através da procura de som oco, que evidencie a existência de vazios. Caso seja constatada a existência de vazios, deve ser executada uma nova injeção neste local. Todos os vazios eventualmente existentes, entre a superfície externa do revestimento metálico e maciço terroso devem ser preenchidos;

- quando houver necessidade de aumentar a estanqueidade do túnel, para evitar a fuga de argamassa, pode-se introduzir nas emendas entre as chapas uma tira de feltro ou espuma;

5.4.7 *Rebaixamento do lençol freático*

Dependendo do nível do lençol freático e da permeabilidade do solo, pode ser necessário o rebaixamento do lençol freático por poços profundos ou ponteiras filtrantes.



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA

SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

5.4.8 *Consolidação do solo*

No caso de ocorrência de solos com baixa capacidade de suporte, que afetem desde a geratriz inferior do túnel até a superfície, e em função de outros complicadores, deve ser adotado procedimento de consolidação com injeções de solo e cimento, através de ponteira penetrantes.

O traço e a fluidez da argamassa devem ser determinados experimentalmente, de modo que a mistura consolidada não venha a se tornar um obstáculo à escavação. Esta consolidação deve obedecer ao especificado em projeto.

5.4.9 *Acompanhamento topográfico*

A declividade e alinhamento definidos em projeto devem ser controlados através da topografia a cada três anéis montados.

Devem ser ainda verificados topograficamente, os pontos definidos ao longo da seção transversal do túnel, para controle das deformações no plano da frente de escavação. A forma circular dos segmentos é garantida passo a passo através deste controle, e de estroncas e tirantes extensíveis telescópicos que ajustam a fôrma dos segmentos.

Quando definido em projeto a superfície deve ser instrumentada, para acompanhamento de recalques.

5.4.10 *Revestimento de Concreto*

As chapas do túnel a serem revestidas com concreto, se especificado no projeto, podem possuir revestimento total ou parcial.

No caso de revestimento total as chapas do túnel podem ser galvanizadas ou pintadas. Para execução do revestimento com concreto projetado deve ser colocada tela soldada de malha de 5 mm (3/16") fixada a cada 15 cm, sobre a qual se projeta o concreto na espessura fixada em projeto.

No caso de revestimento parcial, as chapas podem ter o revestimento epoxídico ou galvanizado. No caso do revestimento epoxídico, o concreto tem a função de proteção



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA

SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

mecânica da pintura.

As telas devem ser instaladas com espaçadores de argamassa, e possuir recobrimento mínimo de 4,00 cm em relação à estrutura metálica do túnel.

O trecho do suporte metálico que permanece em contato com a chapa do túnel deve ser galvanizado à fogo para impedir o caminhamento de eventual corrosão para parte inferior do revestimento de concreto.

5.4.11 *Ventilação*

Em túneis com até 1,60 m de diâmetro, a partir de 30,00 m de comprimento, bem como os de maiores diâmetros, a partir de 60,00 m de comprimento, é recomendável a execução de ventilação forçada. Esta ventilação pode ser feita através de compressor injetado ar fresco, por meio de uma tubulação de $\varnothing = 25 \text{ mm}$ (1”).

6 **CONTROLE**

6.1 *Materiais*

6.1.1 *Aço*

Os anéis de aço do tubo corrugado são recebidos e aceitos desde que venha com certificado de qualidade que ateste que o lote recebido atende ao especificado em projeto, quanto ao diâmetro, espessura, largura, e aço empregado atende as exigências da NBR NM 146-1(1).

6.1.2 *Argamassa de preenchimento*

Os materiais de enchimento devem possuir características iguais às fixadas em projeto. De- vê-se determinar a cada avanço preenchido a resistência à compressão simples e argamassa aos 3, 7 e 28 dias de cura, conforme NBR 12655(4).

6.2 *Execução*



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA

SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

6.2.1 *Controle geométrico e de acabamento*

O controle geométrico da execução dos túneis deve ser feito através de levantamentos topográficos. Os elementos geométricos característicos, compreendendo alinhamento, esconsidades, declividades, dimensões internas, comprimentos e cotas dos túneis e respectivos emboques devem ser aqueles estabelecidos em notas de serviço, com as quais deve ser feito o acompanhamento da execução.

As dimensões das seções transversais avaliadas não devem diferir das indicadas no projeto de mais de 1% em pontos isolados.

7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais, e de execução, estabelecidas nesta especificação, discriminadas a seguir:

7.1 *Materiais*

7.1.1 *Aço*

O material é aceito desde que atenda o discriminado no item 6.1.

7.1.2 *Argamassa de preenchimento*

A resistência característica da argamassa, determinada conforme NBR 12655(3), deve ser igual ou superior à definida em projeto.

7.2 *Execução*

Os serviços executados serão aceitos desde que:

- a) os dispositivos encontrem-se em perfeitas condições de conservação e funcionamento;
- b) as características geométricas previstas tenham sido obedecidas e o



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA

SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

alinhamento dos tubos não tenha variação maior do que 2°;

c) as variações para mais ou para menos do diâmetro interno dos tubos, em qualquer seção transversal, não devem exceder a 1% do diâmetro interno médio.

No caso do não atendimento do disposto nas alíneas b e c, o serviço deve ser rejeitado, devendo ser removido e substituído por material de boa qualidade e por dispositivos de geometria dentro dos limites especificados.

No caso do não atendimento do disposto na alínea "a", a executante deve refazer ou melhorar o acabamento e conferir ao dispositivo as condições satisfatórias indicadas pelo DER/SP quanto à sua conservação e funcionamento.

8 CONTROLE AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados para a proteção do meio ambiente no decorrer das operações de execução dos tubos de aço corrugado.

a) todos os materiais excedentes, provenientes de escavação ou sobras, devem ser removidos das proximidades dos dispositivos e transportados para o depósito de material excedente aprovado pela fiscalização, de forma a não provocar entupimentos e não ser conduzido para drenagem e cursos d'água;

b) nos pontos de deságue dos dispositivos, devem ser executadas obras de proteção, para impedir a erosão das vertentes ou o assoreamento dos cursos d'água;

c) em todos os lugares onde ocorrerem escavações ou aterros necessários à implantação das obras, serão tomadas medidas que proporcionem a manutenção das condições locais, através de replantio da vegetação nativa ou de grama;

d) durante o desenvolvimento das obras deve ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar sua desfiguração;

e) cabe à fiscalização definir, caso não previsto em projeto, caso necessário, o tipo de revestimento a adotar nos dispositivos implantados, em função das condições locais;



PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULÍNIA
SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS

f) além destas, serão atendidas, no que couber, as recomendações do DER/SP referentes à captação, condução e despejo das águas superficiais ou subsuperficiais.

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços são medidos conforme descrito a seguir:

a) os elementos tubulares metálicos são medidos por seu peso (kg), determinado pelas especificações dos fabricantes e pelas quantidades e dimensões das peças efetivamente aplicadas;

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme o respectivo preço unitário contratual, nos quais estão inclusos: o fornecimento de materiais, perdas, transporte até os locais de aplicação, controle de qualidade, abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 146-1. Materiais metálicos - Determinação da dureza Rockwell. Rio de Janeiro, 1998.

2 - NBR 7211. Agregado para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

3 - NBR 5732. Cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991

4 - NBR-12655. Concreto de cimento Portland. Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

Paulínia, 01 de dezembro de 2025.