



ANEXO X

**ORIENTAÇÃO DE MONTAGEM
PARA EXECUÇÃO DE TÚNEIS
PELO PROCESSO NÃO DESTRUTIVO
“SISTEMA TUNNEL LINER PLATE- ARMCO STACO”
(REVISÃO : MARÇO / 2015)**

Rio de Janeiro

Estrada João Paulo 740, Honório Gurgel
Tel.: (21) 2472-9100 - Fax: (21) 3372-1160
e.mail: rj.armco@staco.ind.br

www.armcostaco.com.br

São Paulo

Rua Coelho Lisboa 442, 13º andar, cj. 132
Tel.: (11) 6941-9862 - Fax: (11) 6191-3671
e.mail: sp.armco@staco.ind.br



Sumário	Pag.
1 -GENERALIDADES:	3
1.1- Materiais	3
2 - CALCULO ESTRUTURAL:	4
3 - SONDAGEM:	4
4 - PROCESSO EXECUTIVO PARA AS SITUAÇÕES COMUNS:	4
4.1 LOCAÇÃO	5
4.2. REFORÇO DE LINHA.....	5
4.3. EMBOQUE DIRETO	5
4.4. IMPLANTAÇÃO	6
4.5. EMENDAS APARAFUSADAS	8
4.6. INJEÇÃO DE SOLO/CIMENTO	9
5. REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO	10
6. ACOMPANHAMENTO TOPOGRÁFICO	10
7. OBRAS DE ACABAMENTO DOS EMBOQUES (Alas de Concreto)	10
8 – CONTROLE E ACEITAÇÃO.....	11
8.1 Controle Geométrico e de acabamento	11
8.2 Controle Tecnológico	11
8.3 Aceitação	12



METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO PELO PROCESSO NÃO DESTRUTIVO

“TUNNEL LINER ARMCO STACO”

1 - GENERALIDADES

O objetivo desta especificação é orientar a montagem do Tunnel Liner ARMCO STACO para execução de túneis pelo processo não destrutivo. Estes túneis, executados por escavação e montagem de chapas de aço corrugado, têm o seu revestimento escolhido em função da agressividade do meio, podendo ser galvanizado, epoxy ou sem revestimento, nos casos em que se fará uma posterior concretagem de proteção (utilização como forma perdida).

1.1- Materiais

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente as seguintes especificações adotadas pela ABNT, a saber:

- Cimento : EB-1 (NBR 5732) e EB-2 (NBR 5733).
- Agregados para concreto: EB-4 (NBR 7211).
- Concreto: NB-1 (NBR 6118).
- Ferragem : EB-3 (NBR 7480).

Os materiais abaixo relacionados, na falta de normas brasileiras, deverão seguir as seguintes normas norte-americanas:

- AASHTO - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS - 17th Edition – 2002 - Section 15 - “Steel Tunnel liner plates”
- ASTM A123/A123M-2001 – “Zinc (hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel

Rio de Janeiro

Estrada João Paulo 740, Honório Gurgel
Tel.: (21) 2472-9100 - Fax: (21) 3372-1160
e.mail: rj.armco@staco.ind.br

www.armcostaco.com.br

São Paulo

Rua Coelho Lisboa 442, 13º andar, cj. 132
Tel.: (11) 6941-9862 - Fax: (11) 6191-3671
e.mail: sp.armco@staco.ind.br



Products”;

- ASTM A761/A761M-02 – “Corrugated Steel Structural Plate, Zinc-Coated, for Field-Bolted

Pipe, Pipe-Arches, and Arches”;

- ASTM A760/A760M-01a – “Corrugated Steel Pipe, Metallic-Coated for Sewers and Drains”;

- ASTM B-6 – “Standard Specification for Zinc”;

- Parafusos:

- ASTM A449 - " Quenched And Tempered Steel Bolts And Studs” ;

- ASTM A307-00 – “Carbon Steel Bolts and Studs, 60.000 PSI Tensile Strength”;

- ASTM A563-00 – “Carbon And Alloy Steel Nuts”;

- ASTM A-153/A-153M-04 – “Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron And Steel Hardware”.

2 - CALCULO ESTRUTURAL:

A determinação da espessura da chapa a ser utilizada na estrutura, em função do tipo de solo a ser escavado e do diâmetro do túnel, obedece ao procedimento de cálculo descrito na seção 15, Da 17ª edição /2002, do "Standard Specification for Highway Bridges" da AASHTO.

3 - SONDAGEM:

De acordo com o Relatório de Sondagem.

4 - PROCESSO EXECUTIVO PARA AS SITUAÇÕES COMUNS:

As etapas executivas a serem atendidas na montagem do tunnel liner são as seguintes:

Rio de Janeiro

Estrada João Paulo 740, Honório Gurgel
Tel.: (21) 2472-9100 - Fax: (21) 3372-1160
e.mail: rj.armco@staco.ind.br

www.armcostaco.com.br

São Paulo

Rua Coelho Lisboa 442, 13º andar, cj. 132
Tel.: (11) 6941-9862 - Fax: (11) 6191-3671
e.mail: sp.armco@staco.ind.br



4.1 LOCAÇÃO

A execução dos túneis deverá ser precedida da locação da obra, de acordo com os elementos de projeto.

A locação será efetuada mediante a implantação de piquetes no alinhamento da linha de centro das chapas de fundo e no nivelamento das mesmas, obedecendo a declividade do projeto.

No caso de haver mais de uma linha de Tunnel Liner deverá ser respeitado o afastamento mínimo entre as tubulações definido pelo fabricante, para permitir uma distribuição uniforme de cargas no perímetro do tubo.

Os elementos de projeto, tais como estaca, esconsidade, comprimentos e cotas poderão sofrer pequenos ajustes nesta fase.

A declividade da obra deverá ser contínua, salvo indicação específica no projeto.

4.2. REFORÇO DE LINHA

Para os casos onde o Tunnel Liner for instalado sob ferrovia é necessária a execução de reforços de linha. Estes reforços podem ser executados na região de cada linha férrea, desde que protejam toda área de influência da frente de escavação.

4.3. EMBOQUE DIRETO

O início da execução do túnel se dará 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. Deve-se travar este conjunto aterrando-se parcialmente estes anéis. Efetuar a escavação na frente de ataque dando início a implantação.



4.4. IMPLANTAÇÃO

Tendo sido locado o eixo da obra, e dado o início da escavação manual da frente de ataque, a escavação deve ser feita dentro de um perímetro o mais justo possível à circunferência externa do TUNNEL LINER e com profundidade aproximada de 0,46m.

Imediatamente após esta etapa, executa-se a montagem do primeiro anel. Depois de montado o primeiro anel do TUNNEL LINER, nova série de operação permitirá a montagem do anel seguinte e assim sucessivamente.

Deverá ser adotado, ainda, o seguinte procedimento para situações com desmoronamento na frente de escavação:

- ESCUDO FRONTAL

A frente escavada com risco de desmoronamento deve ter seu talude escorado por um escudo frontal, constituído de chapas metálicas trapezoidais com espessura de 1/4". Estas cobrirão toda a superfície do talude frontal. As chapas devem ser escoradas com pressão, sobre o terreno, por estroncas metálicas extensíveis à custa de dispositivo telescópico de rosca. As estroncas são apoiadas nos flanges do trecho já montado de TUNNEL LINER para permitir a escavação da frente. Nas chapas do escudo, as estroncas também 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 do solo de um comprimento correspondente a um novo anel, serão montadas as chapas superiores do TUNNEL LINER, que ficarão suportados pela emenda flangeada com o anel anterior e pelo uso de escoras inclinadas apoiadas no fundo do túnel. Depois que todas as chapas do escudo frontal forem transferidas para frente, o espaço escavado permitirá o complemento do novo anel de TUNNEL LINER. A câmara de trabalho estará com a frente escorada pelo escudo frontal e o teto da escavação sustentado pelas chapas do túnel.



Depois de montado o anel do TUNNEL LINER novas séries de operações permitirão a montagem dos anéis seguintes e assim sucessivamente.

-Túnel Piloto

Para um túnel principal com área superior a 7,00m² de forma circular ou não circular recomenda-se que seja realizado um túnel piloto antecedendo a execução do Túnel Principal, devido às importantes funções que cumprirá, conforme segue:

- Minimizar os riscos da exposição de uma área de solo maior, através da parcialização da seção a ser escavada;
- Minimizar o alívio de tensões do solo a ser escavado;
- Melhorar a estabilidade tanto da abobada quanto da frente de escavação do Túnel Principal, através do efeito viga;
- Prospectar a existência de interferências não cadastradas;
- Enfim, permitir a avaliação, em ambiente mais seguro, sobre o comportamento do solo a ser escavado.

Em função da seção do Túnel Principal deverá ser definida a seção do Túnel Piloto, que deverá ocupar cerca de 15 a 30% da área do Túnel Principal, sendo usualmente utilizada a forma circular com diâmetro variando entre 1,20 e 2,80m.

O comprimento do Túnel Piloto deverá ser sempre mantido em extensão superior ao plano de deslizamento da frente escavada para a futura implantação do Túnel Principal.

O Túnel Piloto deverá ser implantado junto à abobada da futura execução do Túnel Principal, cerca de 0,30 a 0,50m abaixo, e deverá ser desmontado com a evolução da escavação para a implantação do Túnel Principal.

Rio de Janeiro

Estrada João Paulo 740, Honório Gurgel
Tel.: (21) 2472-9100 - Fax: (21) 3372-1160
e.mail: rj.armco@staco.ind.br

www.armcostaco.com.br

São Paulo

Rua Coelho Lisboa 442, 13º andar, cj. 132
Tel.: (11) 6941-9862 - Fax: (11) 6191-3671
e.mail: sp.armco@staco.ind.br



O emprego do Túnel Piloto nos casos específicos (de grandes diâmetros), substituiu os procedimentos executivos que o antecederam, quando a abobada e a frente da escavação do “TUNNEL LINER” eram protegidas, quando necessário, por:

- Aba Metálica utilizada na abobada;
- Escudo Frontal utilizado na frente da escavação.

O Túnel Piloto quando comparado ao emprego do conjunto Aba / Escudo, além de melhorar a eficiência da contenção e estabilização dos solos menos estáveis da câmara de trabalho, devido ao efeito viga proporcionado, apresenta outras vantagens:

- Reduzir o tempo necessário para operar esses dois equipamentos;
- Aumentar a velocidade de montagem do escoramento definitivo, ou seja, do Túnel Principal.

A forma da estrutura do Túnel Principal deverá ser controlada por intermédio de:

- Eixo vertical da seção geométrica;
- Estronca metálica, extensível por intermédio de dispositivo telescópico;
- Eixo horizontal da seção geométrica; □
- Tirante extensível, i.e., cabo de aço provido de esticador.

A contenção provisória da frente de serviço, se necessária, poderá ser executada de forma simples e prática, ou seja, por intermédio da colocação de sacaria preenchida com areia, na altura e espessura suficiente para trabalhar como muro de peso, tal qual rip-rap.

4.5. EMENDAS APARAFUSADAS

Os anéis são solidarizados nos adjacentes por parafusos e porcas de 5/8 x 1 1/2", que devem ser distribuídos ao longo das flanges laterais dos anéis. As chapas de



cada anel são emendadas por transpasse através de parafusos e porcas das mesmas dimensões, porém com o pescoço quadrado e providos de arruelas de pressão.

Este sistema mantém o parafuso no furo, também quadrado da chapa, para permitir que a porca seja apertada pelo lado interno.

Nota: Torque mínimo aceitável de 27 kgm ou 265 Nm.

4.6. INJEÇÃO DE SOLO/CIMENTO

Os espaços vazios que por ventura existam entre a face externa do TUNNEL LINER e o terreno natural deve ser preenchido a fim de evitar recalques posteriores. Para isso, deve ser usado um material de preenchimento flexível e de boa resistência à compressão ou algum outro aglomerado, dependendo das condições locais e do método a ser aplicado:

a) Manual - Após a montagem do anel, o mesmo deve ter sua face externa preenchida, com a utilização de soquetes, com emprego de material argiloso.

b) Mecânico - Em anéis alternados, ou em todos os anéis para os diâmetros maiores que 1,60m, deverá ser feito o preenchimento com argamassa fluida. Este preenchimento deverá ser feito através de furos existentes nas chapas, apropriados para a colocação de bico de injeção. A argamassa terá o seu traço dosado e deverá ser misturada em equipamentos elétrico ou mecânico. O material de preenchimento deverá ter as seguintes características: fluidez, ligeiramente expansível e de razoável resistência à compressão. A bomba deverá injetar o material a uma pressão em torno de 2,0 kgf/cm². Durante o preenchimento, deverão ser checados os anéis através da procura de "som oco", que evidencie a existência de vazios. Caso seja constatada a existência de vazios, deverá ser executada uma nova injeção neste local.

Rio de Janeiro

Estrada João Paulo 740, Honório Gurgel
Tel.: (21) 2472-9100 - Fax: (21) 3372-1160
e.mail: rj.armco@staco.ind.br

www.armcostaco.com.br

São Paulo

Rua Coelho Lisboa 442, 13º andar, cj. 132
Tel.: (11) 6941-9862 - Fax: (11) 6191-3671
e.mail: sp.armco@staco.ind.br



Havendo necessidade de se aumentar a estanqueidade do TUNNEL LINER, para evitar a fuga de argamassa, pode-se introduzir nas emendas entre as chapas uma tira de feltro ou espuma.

5. REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO

Dependendo da altura do lençol d'água e da permeabilidade do solo, pode haver a necessidade de se proceder o rebaixamento do lençol freático, que pode ser em duas modalidades: poços profundos ou ponteiras filtrantes. A determinação do método a ser aplicado será em função das condições do local da obra.

6. ACOMPANHAMENTO TOPOGRÁFICO

A declividade e alinhamento definidos em projeto serão controlados através de teodolito ótico ou eletrônico a cada três anéis montados.

7. OBRAS DE ACABAMENTO DOS EMBOQUES (Alas de Concreto)

A confecção das alas dos túneis metálicos será iniciada pela escavação das valas necessárias a execução do paramento frontal. Segue-se a instalação das fôrmas necessárias a concretagem deste paramento, a disposição das armaduras, o lançamento e a vibração do concreto. O concreto deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica a compressão, aos 28 dias, de 20,0 Ma, devendo ser preparado de acordo com o prescrito na norma NBR 6118. Nesta ocasião deverão ser posicionadas as armaduras das alas que se ligam ao paramento, apoiadas em uma das fôrmas de cada ala. Posteriormente, serão instaladas as formas e armaduras remanescentes das alas, lançando e vibrando o concreto, concluindo-se a

Rio de Janeiro

Estrada João Paulo 740, Honório Gurgel
Tel.: (21) 2472-9100 - Fax: (21) 3372-1160
e.mail: rj.armco@staco.ind.br

www.armcostaco.com.br

São Paulo

Rua Coelho Lisboa 442, 13º andar, cj. 132
Tel.: (11) 6941-9862 - Fax: (11) 6191-3671
e.mail: sp.armco@staco.ind.br



execução da obra de acabamento dos emboques. Para a amarração e ancoragem dos túneis metálicos corrugados às alas de concreto, deverão ser utilizados parafusos com 150 mm de comprimento, que são aparafusados nas chapas do emboque dos túneis antes da concretagem.

8 – CONTROLE E ACEITAÇÃO

8.1 Controle Geométrico e de acabamento

O controle geométrico consistirá na conferência por métodos topográficos correntes, do alinhamento, esconsidades, declividades, dimensões internas, comprimentos e cotas dos túneis executados e respectivas bocas. As condições de acabamento serão apreciadas, pela Fiscalização em bases visuais. Além disso, deverá ser verificada atentamente se existem espaços vazios no aterro batendo-se suavemente alguma ferramenta nas chapas, procurando captar pelo timbre e duração do ruído (som ôco ou não) a presença de vazios entre a estrutura e o aterro.

8.2 Controle Tecnológico

O controle tecnológico do concreto empregado nas obras de acabamento dos emboques será realizado pelo rompimento de corpos de prova a compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na NBR 6118 da ABNT para controle sistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências a compressão simples aos 28 e aos 7 dias. As posições e bitolas das armaduras dos emboques deverão ser conferidas antes da concretagem.

Rio de Janeiro

Estrada João Paulo 740, Honório Gurgel
Tel.: (21) 2472-9100 - Fax: (21) 3372-1160
e.mail: rj.armco@staco.ind.br

www.armcostaco.com.br

São Paulo

Rua Coelho Lisboa 442, 13º andar, cj. 132
Tel.: (11) 6941-9862 - Fax: (11) 6191-3671
e.mail: sp.armco@staco.ind.br



8.3 Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

- 1º.) O acabamento seja julgado satisfatório;
- 2º.) As características geométricas previstas tenham sido obedecidas, não sendo admitidas variações em qualquer dimensão superiores a 5%, para pontos isolados;
- 3º.) A resistência a compressão simples estimada (f_{ck})est. do concreto utilizado, definida na NBR 6118 da ABNT para controle sistemático, seja superior a resistência característica especificada;
- 4º.) Todos os parafusos deverão estar apertados satisfatoriamente.
- 5º.) Não existência de vazios entre as chapas e o aterro.

Rio de Janeiro

Estrada João Paulo 740, Honório Gurgel
Tel.: (21) 2472-9100 - Fax: (21) 3372-1160
e.mail: rj.armco@staco.ind.br

www.armcostaco.com.br

São Paulo

Rua Coelho Lisboa 442, 13º andar, cj. 132
Tel.: (11) 6941-9862 - Fax: (11) 6191-3671
e.mail: sp.armco@staco.ind.br