

Quanto tempo durarão as Cortinas Atirantadas executadas a partir da década de 70 ? 30 anos ?

Geol. Cairbar Azzi Pitta, Eng. George J. T. de Souza, Eng. Alberto Casati Zirlis
Diretores da Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda

Eng. José Francisco Curzio Ferreira
Diretor de Obras da MRS

1. Resumo

Este artigo visa divulgar um caso de obra, sobre a recuperação de uma **Cortina Atirantada** rompida. Pretende com isso, alertar todos aqueles que possuam sob sua responsabilidade arrimos atirantados, que se informem sobre seu estado de conservação, vistoriando estes arrimos, evitando acidentes, que são sempre de elevado risco e custo.

As principais **Cortinas Atirantadas** no Brasil, foram executadas a partir da década de 70. Os acidentes, que se tem notícia ocorreram a partir da década de 80.

2. Histórico

Desde 1997 a estação de Paranapiacaba é gerida pela concessionária MRS Logística. Localiza-se no município de Sto André, SP. Atualmente transporta principalmente o minério de ferro para alimentar, ininterruptamente os fornos da COSIPA. O núcleo urbano, os equipamentos ferroviários e a área natural de Paranapiacaba foram tombados pelo CONDEPHAAT - Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo.

De 1854 a 1946, por iniciativa do Barão de Mauá, foi concedida à SPR- São Paulo Railway Company a concessão para a construção e exploração da ferrovia ligando Jundiaí a Santos no Estado de São Paulo. Visava escoar a produção de café para exportação. O grande desafio era a transposição da Serra do Mar, onde seria necessário vencer o desnível de 803,5m ao longo de 8 km, saindo da Estação de Paranapiacaba no km30, cota 811,0m até a Estação Raiz da Serra km22, cota 7,5m.

Em 1864 foi inaugurado o primeiro sistema funicular em 4 planos inclinados, chamado Serra Velha, com a construção da estação e pequeno vilarejo no início da descida da serra denominado Alto da Serra, onde moravam os

responsáveis pela operação do sistema: um vale circundado por morros.

Em 1900, resultado da crescente expansão econômica, foi inaugurado o segundo sistema funicular em 5 planos inclinados, construído adjacente ao anterior, chamado Serra Nova.

Em 1946, tendo expirado o prazo de concessão de noventa anos, a estrada de ferro foi encampada pela União, passando a se denominar Estrada de Ferro Santos – Jundiaí (Foto 1). Visando aumentar a capacidade de tráfego iniciou-se em 1974 a operação do sistema chamado de cremalheira-aderência construído exatamente em cima do traçado da Serra Velha, ou seja, do primeiro funicular.



Foto 1-Postal de 1950

3. Cortina Atirantada Rompida

No início da década de 70 foram construídas várias cortinas atirantadas arrimando, principalmente, o talude mais alto de 20,0m de altura onde se desenvolveu a Vila Nova. Garantia-se desta forma a segurança no trecho de início da nova descida da serra da Cremalheira (Foto 2). Estes arrimos estão localizados num ponto crítico de estrangulamento da linha, em ambos os lados, em que qualquer acidente pararia todo o fluxo ferroviário. As cortinas foram executadas com tirantes constituídos por 12 fios de aço de 8mm. Nessa época os cuidados com a proteção das cabeças dos tirantes, bem como sua durabilidade, não seguiam as normas atualmente em vigor no país. Na ocasião eram seguidos procedimentos e práticas de usos internos das empresas executoras. A primeira norma brasileira da ABNT a vigorar foi a NB-565/75-Estruturas Ancoradas no Terreno - Ancoragens Injetadas no Terreno - Procedimento, em 1975.



Foto 2 - Cortinas construídas em 1974

Em fevereiro de 2005, após chuvas intensas, um painel central da cortina começou a movimentar-se. Imediatamente observou-se que havia falha do atirantamento devido a corrosão do aço dos tirantes junto às cabeças, e insuficiência de drenagem interna do maciço. Após vistoria mais detalhada, foram detectadas movimentações em diversos painéis (Foto 3 e 4), movimentações estas que só poderiam se justificar pelo colapso generalizado dos tirantes.



Foto 3 – Acidente ocorrido em janeiro de 2005
(Vista geral)

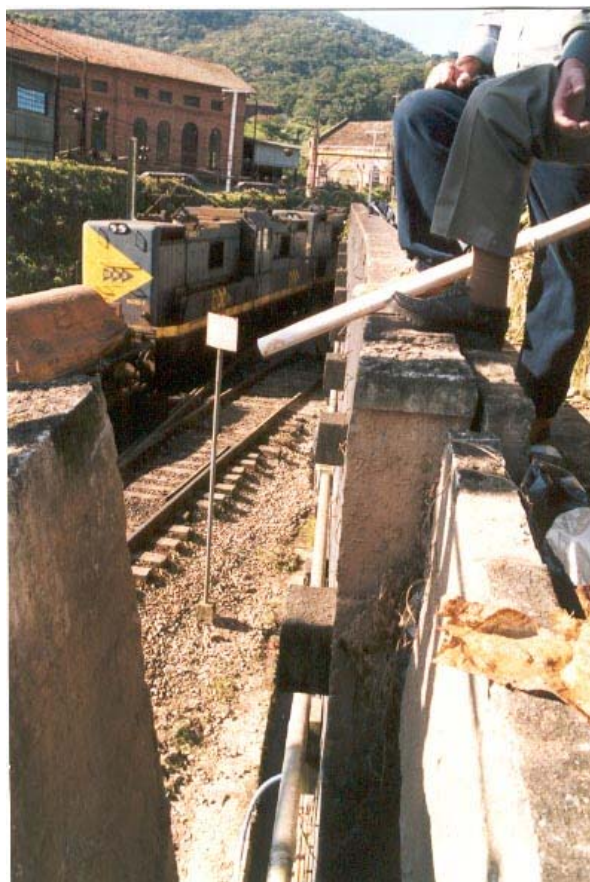


Foto 4 – Acidente ocorrido em janeiro de 2005
(deslocamento de 76cm)

Inspeções nos tirantes da linha superior demonstraram que os mesmos, de fato, estavam rompidos por corrosão total ou parcialmente junto ao paramento de concreto (Foto 5 e 6).



Foto 5 – Tirante escavado com corrosão acentuada e alguns fios rompidos.



Foto 6 – Detalhe de tirante com corrosão acentuada e alguns fios rompidos. Note-se a proteção executada.

Os tirantes analisados tanto no início dos trabalhos emergenciais, como após a demolição do painel mais crítico estavam em situação de corrosão total com ruptura de alguns fios até a ruptura da totalidade dos fios. O que se notou é que o aço dos tirantes, aparentemente de 8 mm de diâmetro, não tinha qualquer proteção anti-corrosiva eficiente, quer seja por pintura, bainha individual, bainha coletiva ou calda de cimento (Fotos 7 e 8). Existia tão somente um plástico em tiras, que envolvia precariamente todos os fios. Havia muita umidade entre os fios de protensão. Também não foi encontrado o tubo ou tubos para injeção nem vestígios de calda de cimento. A drenagem profunda em DHP's estava erraticamente obstruída, embora que por alguns drenos fluía muita água, mesmo em períodos secos.



Foto 7 – Fio de aço de 8mm totalmente corroído.



Foto 8 – Detalhe da corrosão acentuada da cabeça e dos fios.

Devido ao grau de perigo de ruptura generalizada dos tirantes e a conseqüente paralisação do tráfego ferroviário, a MRS contratou em caráter emergencial, um projeto de reforço junto ao escritório técnico de A. H. Teixeira Consultoria e Projetos S/C Ltda e a Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda para execução dos tirantes de reforço e drenagem interna (Foto 9 e Fig. 1).



Foto 9 – Execução do reforço da cortina pela Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda

4. O Projeto de Reforço – Conceitos, Detalhes

Após analisar o local, sua topografia, sondagens à percussão, as construções existentes acima das cortinas, foi apresentado um projeto de estabilização da encosta. Neste havia o reforço das cortinas existentes por meio de novos tirantes, uma nova cortina atirantada intermediária situada na região mais crítica, um reforço em solo grampeado no talude entre as cortinas existentes, além de uma campanha de drenagem superficial e profunda em toda a área.

O projeto determinou uma proteção tripla do trecho livre do tirante, com pintura epoxídica de toda a barra, bainha individual e injeção de calda de cimento na bainha individual após protensão. Além disto cuidados especiais foram tomados na confecção do concreto da cabeça e sua injeção posterior à protensão. Ressalta-se a opção por uma barra de aço única, como elemento de tração do tirante, tipo Incotep - INCO35. Na impossibilidade de se determinar a armação original da cortina, foi projetada uma placa especial de aço de dimensões 0,50 x 0,50 m para melhor distribuição da carga.

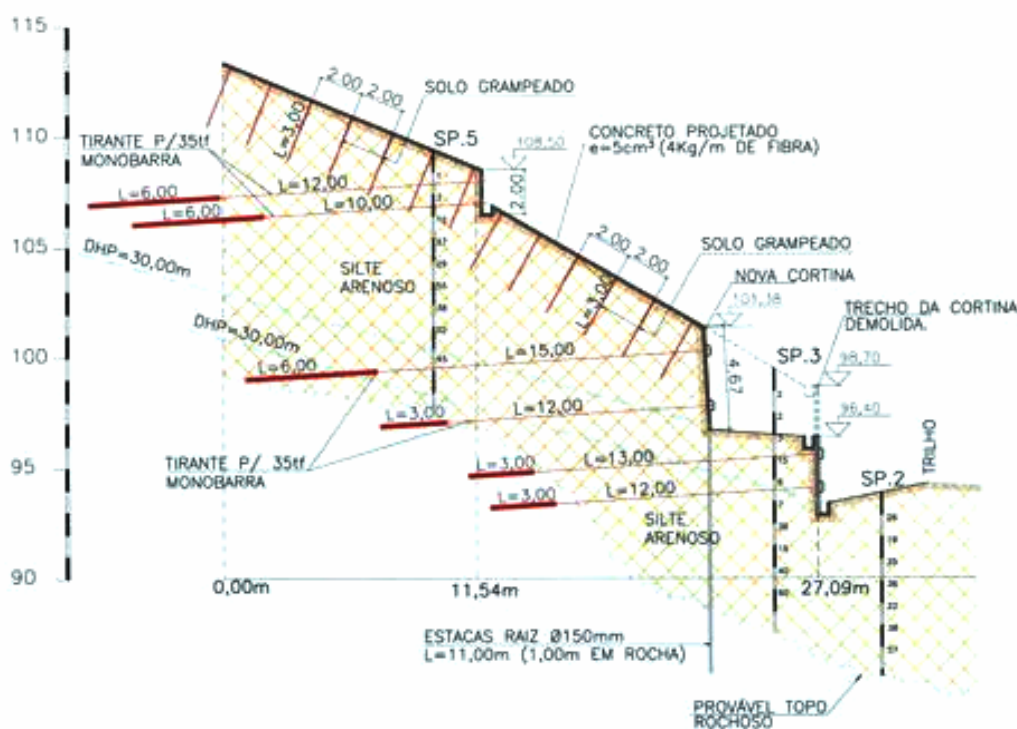


Fig.1 – Projeto do reforço

5. Detalhes de Construção

Primeiros momentos

Os trabalhos emergenciais se concentraram no escoramento dos painéis críticos onde foram medidas movimentações de até 0,76m, como ocorreu no painel n.º 5. Este escoramento foi todo feito com trilhos, estroncando a parede contra a plataforma ferroviária. Em paralelo os furos para drenagem existentes, barbaças, foram utilizados para a perfuração de novos drenos sub-horizontais profundos com o intuito de

drenar o maciço muito saturado acima das cortinas.

Definição rápida do projeto

O planejamento de execução do reforço determinou que as cortinas, inferior e superior fossem executadas concomitantemente, uma vez que foram detectados movimentos em diversos painéis. A região de maior movimentação, embora escorada, foi monitorada ao longo do tempo até que os reforços dos painéis adjacentes e a a cortina intermediária fossem concluídos. Devido a

impossibilidade de mover o painel n.º 5 para sua posição original, optamos por demoli-lo construindo um novo painel em concreto projetado, recuperando assim o alinhamento das cortinas existentes. A rápida ação da MRS, mobilizando as equipes envolvidas, foi determinante para evitar a paralisação do tráfego ferroviário.

6. Ações da MRS

Decorrente do ocorrido a MRS decidiu examinar todas as cortinas existentes ao longo dos 8 km da serra nos quilômetros 29, 28, 27, 26, 25 e 24. Encontrou diversas condições de deterioração, desde aquelas com necessidade de recuperação imediata, como outras em razoáveis condições, porém todas com necessidade de alguma manutenção. Resultado de intervenções ao longo dos anos foram encontradas, durante as inspeções, vários tipos diferentes de cabeça de ancoragem, todas elas sem uso atualmente.

7. Tipos de Cabeça de Ancoragem Encontradas

Relatamos a seguir os quatro tipos diferentes de cabeça na cabeça encontrados.

- Tirante de fio com cabeça tipo Freyssinet para fios de 7 ou 8mm de diâmetro, composto por cone macho de argamassa ou aço, e cone fêmea de aço e argamassa.

Esta cabeça foi adaptada do concreto protendido sendo que neste modelo, todos os fios são tracionados simultaneamente, com uma fixação única por meio do cone central único (Fotos 8 e 10).

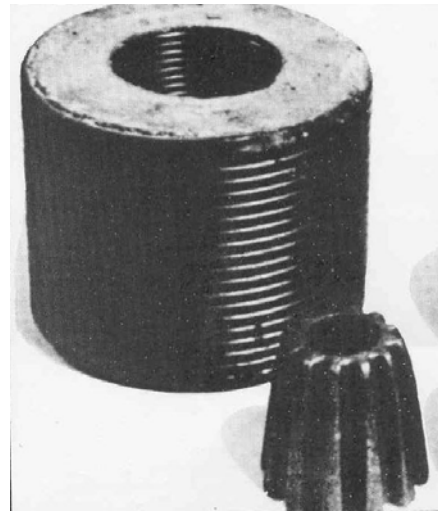


Foto 10 – Cabeça Freyssinet para tirantes de fios de aço de 7 e 8mm

- Tirante de fio com cabeça tipo Costa Nunes, com fixação dos fios por botão, porca e mesa metálica ajustável.

É uma cabeça desenvolvida por Costa Nunes especificamente para tirantes (Fotos 11 a 15). Tem uma confecção muito complicada pois os fios são ancorados por meio de botões criados no fio por esmagamento do aço, e apoiados no parafuso. A placa de apoio e inclinação, também é ajustada durante a instalação por meio de solda. Caso um fio tenha um comprimento diferente dos demais, o mais curto ficará sobrecarregado podendo romper-se e por consequente os demais. Este problema pode ocorrer também noutras cabeças, porém a prática mostrou ser mais possível neste caso uma vez que foi abandonado.



Foto 11 – Vista por baixo.



Foto 12 – detalhe do tensionamento, porca e parafusão.



Foto 13 – Detalhe da placa e parafusão



Foto 14 – Detalhe do parafuso e botões



Foto 15 – Detalhe do fio com local que sofreu escoamento

- Tirante de fio com capacete de aço e fixação dos fios por pequenas cunhas metálicas dois a dois, sistema Rudloff.

Semelhante ao tipo Freyssinet, tem um tracionamento de todos os fios com a colocação de cunhas serrilhadas, cravadas manualmente, em pares ou múltiplos pares de fios (Fotos 16 e 17).



Foto 16 - Vista geral da cabeça e fios corroídos



Foto 17 - Cabeça de ancoragem capacete de aço e cunhas, para fios de 7 ou 8mm

- Tirante de barra única com porca e placa.

É talvez o tirante mais convencional, cuja cabeça tem a mais fácil fixação. Seu problema era na confecção das roscas torneando a barra de CA 50 ou outros aços, em que se perdia resistência e área. Atualmente há no mercado aços usinados com a rosca tipos Dywidag e Incotep (Foto 18).



Foto 18 - Cabeça de ancoragem com porca, para fios barra única

8. Conclusão

Conclui-se que é grave o problema de corrosão do tirante junto à cabeça, ou seja, na sua ligação com a parede.

A grande maioria das **Cortinas Atirantadas** no Brasil foi executada a partir da década de 70. Os acidentes que se tem notícia ocorreram a partir da década de 80. Estas cortinas durarão quanto tempo? **30 anos?**

Sugere-se uma atenção muito especial quanto a proteção anticorrosiva junto a cabeça, seguindo a NBR 5629 - Execução de Tirantes ancorados no Terreno”(agosto1996) e, se possível, que se evite o uso de fios ou cordoalhas. A ABEF- Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia, editou em 2004 seu manual para “Verificação e Manutenção de Cortinas Atirantadas”, que deve ser obrigatoriamente consultado por todos proprietários de cortinas atirantadas. Ressalta-se enfaticamente que **todas cortinas atirantadas existentes devem ser vistoriadas** avaliando seu estado de conservação, pois os sinais de deterioração são de simples reconhecimento evitando assim os acidentes, que são sempre de elevado risco e custo.

Com este relato espera-se ter colaborado para que acidente como este não se repita.

9. Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Alberto Henriques Teixeira, pelas sugestões e revisão geral deste artigo.