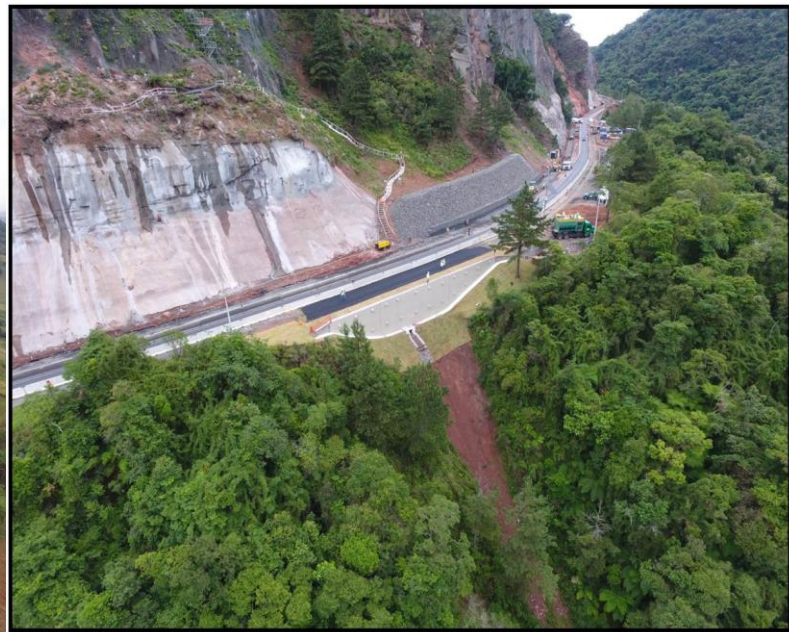


ARTIGO - SEEL ENGENHARIA

Serra do Espigão (SC) e Malha Oeste (SP)

Casos bem sucedidos de Execução de Cortinas Atirantadas pelo Método Ascendente



(Texto: Alexandre Peconick com Colaboração de Thaiane Rebelo)

As cortinas atirantadas se destinam, em boa parte dos casos, a atender ao trabalho de contenção nas encostas íngremes, com alturas relativamente grandes e/ou ao alargamento de vias com objetivo de fornecer suporte a estruturas que nelas se alocam. As cortinas atirantadas podem ser executadas pelo método descendente, quando em taludes de corte, ou pelo método ascendente, quando em taludes de aterro.

Esta última metodologia supracitada foi empregada nos casos de recentes obras da SEEL Engenharia, na Serra do Espigão (Santa Catarina – 2017-2019) e Ferrovia Malha Oeste (Botucatu, São Paulo - 2020). Quando há pouca disponibilidade de espaço, o aterro estabilizado por cortina atirantada para alargamento da área, iniciando por fileiras de tirantes de baixo para cima (Método Ascendente), se mostra como a solução mais eficaz e segura, igualmente a de melhor relação custo/benefício a depender da altura da contenção.

No caso da Obra entre o km 263 e o km 265 da Malha Oeste, no município de Botucatu (SP), as cortinas contendo aterro de material proveniente de jazidas próximas deu suporte à via férrea. Foram duas cortinas (Cortina 2 com 80m de extensão, 17m de altura e 111 tirantes e Cortina 3; 57m de extensão, 12m de altura e 60 tirantes). A Cortina 3 levou 45 dias para ser concluída e a Cortina 2 demorou mais tempo, mas a prioridade com relação à sua obra foi a de que dentro do prazo de um mês e meio de atividades de obra, ela (a via férrea) permitisse a passagem da composição do trem.

Já na Obra realizada na BR-116, entre Santa Cecília e Monte Castelo (SC) previa-se quatro cortinas atirantadas construídas com aterro de pó de pedra (material usualmente empregado devido à sua boa performance quanto à compactação), de forma a garantir a condição de alargamento da via naqueles trechos nos quais os taludes próximos também seriam alvo do trabalho de contenção e prevenção de deslizamentos.

Esse artigo, nesse sentido, descreve a experiência de campo dos profissionais da SEEL, Vasco da Silva Teles, Supervisor de Obras e Henrique Terhorst, Engenheiro Residente, dentro do tema proposto, nas obras supracitadas. Neste período de três anos, eles estiveram à frente do trabalho de execução dessas seis cortinas obtendo resultados amplamente elogiados pelos respectivos clientes.

De uma obra para a outra, como eles esclarecem, a metodologia de execução teve aplicabilidade distinta no que tange ao tipo de solo utilizado no aterro. Em Santa Catarina, segundo previa o projeto, foi utilizado pó de pedra, enquanto em São Paulo, foi feito um aterro areno-argiloso com aproveitamento do solo encontrado no local.

De acordo com Vasco Teles, o processo de compactação depende do tipo de solo, devendo ser definidas em laboratório as características mecânicas e físicas que o material deve atender. Alguns tipos de solos necessitam de atenção especial durante a compactação e requerem um acompanhamento mais profundo (detalhado, metuculoso) durante a aplicação de carga nos tirantes.

Este foi o caso do solo proveniente de jazida, encontrado em Botucatu, às margens da linha férrea; material de boa qualidade, porém, em termos de capacidade de compactação, não se compara ao pó de pedra, como ratificou Vasco Teles. Ele nos conta que foram realizados diversos ensaios com o material argilo-arenoso e os resultados encontrados, excelentes, foram aprovados pelo cliente com alto nível de exigência. De locais distintos, nas imediações da obra, foram retiradas amostras de solo para a realização dos ensaios. O cliente, por meio do seu projetista, definiu quais seriam as características de solo mais adequadas para o aterro. Durante toda a execução do aterro foi realizado um acompanhamento (monitoramento) constante por um técnico de laboratório que confirmou o atendimento do nível de compactação, bem como das demais características solicitadas pelo projetista.

Já na obra realizada na Serra do Espigão, em solo e condição climática totalmente distinta da obra anteriormente citada, o pó de pedra (material considerado “nobre”) foi a matéria-prima do aterro; o que, de acordo com Vasco e Henrique, proporcionou ganho de tempo e qualidade na execução da obra.

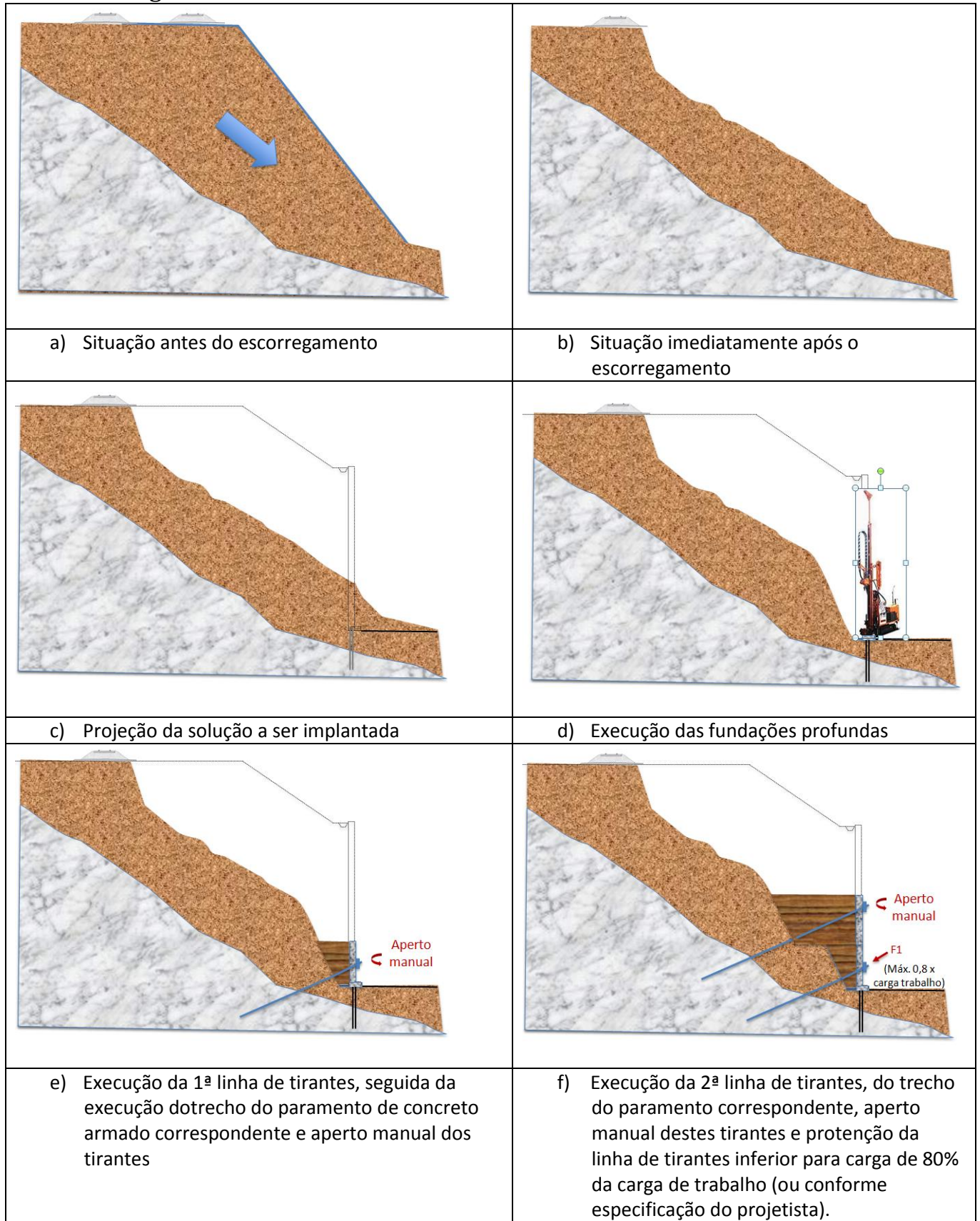
Ao utilizarmos o pó de pedra a compactação é feita através de um mecanismo mais ligeiro e a aplicação da carga nos tirantes já não se torna, nesse caso, uma questão tão preocupante.

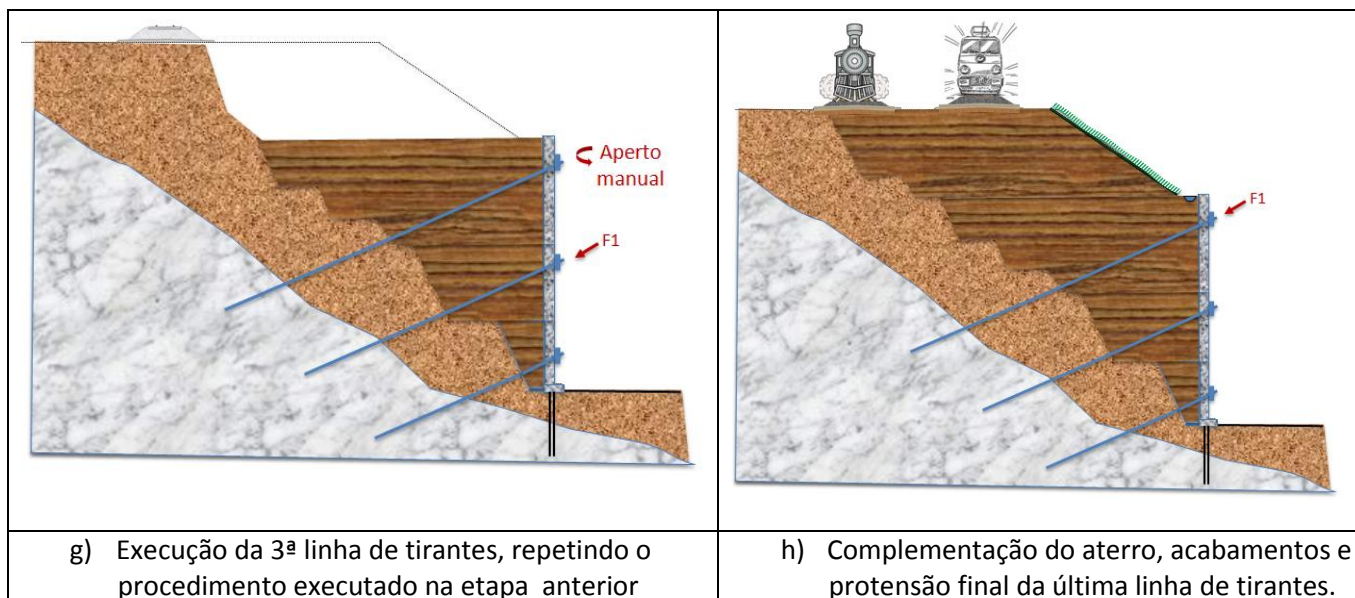
O que varia nesse trabalho: a área a ser trabalhada, o tipo de solo em que vai se fazer o aterro e o tipo de exigência de compactação que é definida pelo projetista.

ORDEM DAS ATIVIDADES – Em geral o procedimento executivo se inicia com a execução das estacas raiz que irão ter a capacidade de transferir adequadamente os esforços verticais para o terreno. Ainda segundo o engenheiro Henrique Terhorst, “elas (as estacas) transferem as cargas geradas pelo peso da cortina e pela componente vertical de carga dos tirantes”; em seguida é executada a primeira linha de tirantes. O

Supervisor destaca que o primeiro passo é o da execução dos tirantes, seguido do trecho do paramento de concreto armado correspondente, finalizando o processo com a execução do aterro e protensão parcial ou definitiva dos tirantes.

Esse processo é feito em etapas, a cada linha de tirantes, conforme sequência ilustrada na figura abaixo:





Mais à frente, como vamos destacar, a prática das atividades e a natureza do solo e das condições encontradas na área da obra podem permitir certas otimizações neste procedimento.

Como preâmbulo de entendimento vale lembrar que as cortinas atirantadas são



estruturas de contenção que requerem o trabalho conjunto do concreto armado, tirantes protendidos e solo. O dimensionamento desse tipo de estrutura depende diretamente das propriedades geológico-geotécnicas do maciço, além de serem importantes conceitos de concreto armado, protensão e fundações.

A prática de campo das duas obras destacadas pela SEEL comprova que ajustes no projeto se fazem necessários no decorrer da obra.



Case Obra 744 da SEEL – Serra do Espigão

Os primeiros meses de trabalho para execução de cortina atirantada na Serra do Espigão exigiram da equipe de obras uma meticulosa limpeza do terreno, com uso de escavadeira hidráulica, afim de que todo o acesso à cortina antiga e a demarcação da área

de trabalho e aterro pudesse ser definida (ver IMAGEM 1).

Conforme destaca Henrique Terhorst, Engenheiro Civil graduado pela Uniarp, catarinense e conhecedor da região montanhosa de seu estado, um dos diferenciais do processo executivo das quatro cortinas atirantadas da chamada Obra 744 da SEEL foi o fato de realizar duas frentes de trabalho simultâneas em espaços curtos, mas muito bem divididos e planejados.

De acordo com as IMAGENS 2 e 3, considerando a extensão da cortina, as fases de concreto e armação podem ser feitas (como acabou acontecendo) em uma das extremidades da cortina, ao mesmo tempo em que na outra extremidade se dá a execução de tirantes (IMAGEM 2).



Em uma etapa posterior do trabalho nesta mesma cortina (IMAGEM 3), enquanto se faz o prolongamento das barras dos tirantes, do outro lado a equipe já executa o aterro de pó de pedra. Dessa forma se ganha tempo de obra sem qualquer perda de qualidade no produto final da mesma.

Houve também execução concomitante das estacas e da 1ª fileira de tirantes. No primeiro momento da obra tais elementos precisavam ser

imediatamente executados para que fosse possível a liberação do início dos outros processos: armação, forma, concretagem. Henrique nos esclarece que as equipes foram separadas nesses trabalhos que ocorreram em simultaneidade. Isto porque as ferramentas utilizadas em cada processo são diferentes. Uma equipe perfura estacas e outra executa tirantes.

“Depois que eu terminava uma linha inteira de tirantes, do outro lado eu erguia uma parte do muro, tudo gradativamente, até chegarmos à altura do greide prevista”, sintetiza Henrique Terhorst.

IMPORTÂNCIA DE UM PROJETO

Como em toda obra de Engenharia, o projeto define as linhas gerais, o roteiro do trabalho e deve ter o seu passo a passo seguido, tal qual o manual de uma montadora de um veículo. Nas imagens (croquis) a seguir mostramos alguns pontos da execução passo a passo de uma das cortinas da Serra do Espigão (SC).

Elas (as imagens) nos ajudam a entender, de certa forma, como funciona um aterro conforme avanço da execução do concreto armado e da execução de tirantes.

No croqui da cortina, por exemplo, esses pequenos pontos escuros são os barbacãs instalados (drenos) para dar o alívio à pressão hidrostática no tardo da cortina.

entre o aterro e o terreno natural por onde a água infiltrada tenderá a fluir até os barbacãs da base.

No caso da Serra do Espigão acima do aterro, a superfície recebeu a camada de asfalto, enquanto no caso de Botucatu, a parte superior do solo recebeu o lastro seguido da malha ferroviária.



A certificação da eficácia dos tirantes se dá por meio do ensaio de recebimento dos mesmos. A carga de incorporação adotada deve ser aquela descrita pelo projeto da obra. Contudo, o caso apresentado pela Obra da SEEL em Botucatu (SP) foi distinto. Como revela Vasco Teles, foi pedido para não se aplicar carga nos tirantes antes da finalização da cortina. Dessa forma, os tirantes receberam apenas aperto

manual e, apenas após o aterro devidamente finalizado, a equipe de obra se ocupou de verificar qual seria a carga que estava sendo TRANSFERIDA para cada tirante.

As diferenças entre teoria e prática no trabalho com cortinas ascendentes ensinam a Vasco Teles e a Henrique Terhorst que a cada obra o comportamento da cortina vai ser distinto. Português de nascimento, Vasco chama a atenção para o fato de que até outubro de 2020 as 15 cortinas nas quais já havia executados em solos brasileiros, em nenhuma delas verificou-se a repetição de alguma anterior, ou seja, não há padrão, muito embora deva se criar procedimentos viáveis de trabalho.

Para Henrique Terhorst mesmo que possamos considerar a força do elemento IMPREVISIBILIDADE; o engenheiro deve considerar o procedimento executivo tal qual uma linha de montagem, na qual, por exemplo, para se executar o concreto é preciso ter uma parcela das estacas raiz e dos tirantes toda já instalada. Segundo ele, “se eu executar o concreto sem estar com parte dos tirantes executada eu vou ter, certamente, uma dificuldade a mais de trabalho que vai onerar mais o meu processo”.

Ambos os profissionais da SEEL enfatizam que o PLANEJAMENTO tem um valor muito estratégico: é vital se planejar com eficácia para minimizar a margem de erro. Erros fazem parte do processo de trabalho, mas a disciplina de observar fielmente o planejamento reduz possíveis prejuízos de retrabalhos.