



Engenheiro de Tecnologia Militar Julio dos Santos Costa Monteiro
Encarregado da 4ª Divisão de Obras da DOCM.

Graduado em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Souza Marques, Pós-graduado em Planejamento e Gestão Ambiental pela Universidade Veiga de Almeida (UVA).



Primeiro-Tenente (EN) Gizele Teixeira Araujo
3ª Ajudante da 4ª Divisão de Obras da DOCM.

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).



OBRAS DE CONTENÇÃO DA ENCOSTA DO MORRO DO BONFIM NO COLÉGIO NAVAL

1. INTRODUÇÃO

É importante recordar que em dezembro de 2009 ocorreram fortes temporais no Rio de Janeiro, com ênfase na região de Angra dos Reis, onde houve grave deslizamento da encosta do Morro do Bonfim, no Colégio Naval. Esse deslizamento atingiu as residências da vila naval localizadas a jusante da encosta, obrigando a interdição das mesmas devido aos estragos causados e ao risco iminente de novos deslizamentos (Figura 1).

2. CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO E EXECUÇÃO DA OBRA DE CONTENÇÃO DA ENCOSTA DO MORRO DO BONFIM NO COLÉGIO NAVAL

Existem vários métodos executivos de estabilização de taludes, que podem ser empregados isoladamente ou em conjunto, tais como: redução da inclinação do talude, revestimento do talude (grama, concreto projetado, etc), gabiões, muros de arrimo, muros de solo reforçado, geomantas, cortinas atirantadas, drenagem, entre outros.

A escolha do método mais adequado depende preliminarmente de investigações geológico-geotécnicas, onde serão definidos o tipo de solo, granulometria, umidade ótima, densidade



Figura 1 - Vista parcial da encosta em fevereiro de 2013.

aparente seca máxima, análise da sondagem do terreno, nível d'água, dentre vários outros aspectos para a estabilidade da encosta.

A análise de uma estrutura de contenção também deve englobar a verificação do equilíbrio do conjunto formado por dois elementos: o maciço de solo e a própria estrutura. Este equilíbrio é afetado pelas condições e por suas características intrínsecas tais como: resistência, deformabilidade, permeabilidade e peso próprio, além das condições que regem a interação entre os elementos. Estas condições de interação tornam o sistema bastante complexo e há, portanto, a necessidade de adoção de modelos teóricos simplificados que tornem a análise possível. Os modelos devem levar em consideração: características dos materiais que influenciam o comportamento global, geometria, condições locais, aspectos ambientais e caráter econômico.

Considerando esses fatores, em outubro de 2012 a DOCM analisou e aprovou o Projeto Básico.

O projeto foi concebido após execução e análise de alguns procedimentos:

- Boletins de sondagens mistas;
- Relatórios de Ensaios CBR, Compactação, Granulometria por Cisalhamento, Limite de Liquidez e Plasticidade;
- Relatório de Ensaios de Cisalhamento Direto; e
- Levantamento Topográfico atualizado.

O Projeto Básico apresentou a realização da estabilização geotécnica através do retaludamento da encosta não recuperada, com geometria adequada. Além disso, em função do grande processo erosivo existente em alguns trechos da encosta, houve necessidade de complementar a estabilização com uma cortina atirantada e estaqueada, com reforço através da técnica de solo grampeado e DHPs (Dreno Horizontal Profundo).

O retaludamento foi realizado por corte mecânico através de tratores e escavadeiras, que consistiu no método de escavação utilizado. Esse processo foi baseado na remoção e no transporte do material argiloso constituinte do terreno.

O projeto previu taludes com altura máxima de 9 metros e inclinação de 45° e 56°, intermediados por bermas com 5 metros de largura. O talude superior recebeu cortina atirantada no trecho erodido e solo grampeado nas extremidades adjacentes. O talude inferior alcançou um pequeno platô em cota aproximada em relação às das casas que se encontravam interditas.

A cortina foi formada por paramento em concreto armado de parede contínua, ancorada à parte estável do terreno por meio de tirantes protendidos e base estaqueada (Figura 2).

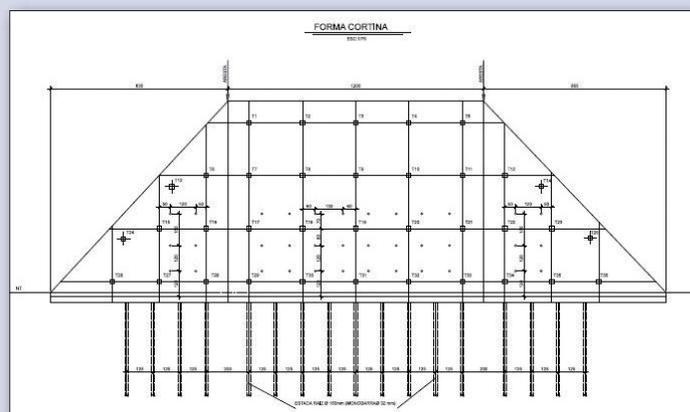


Figura 2 - Vista da cortina projetada (Projeto Básico).

Ancoragem ou tirante (Figura 3) é o elemento semi-rígido ou flexível instalado no solo ou rocha, capaz de transmitir esforços de tração entre as suas extremidades, sendo constituído dos seguintes elementos:

- **Cabeça:** extremidade que se localiza externamente ao paramento e é a parte responsável pela transmissão de esforços para a cortina. Com um macaco hidráulico, essa ponta do tirante é esticada (protensão). Como a outra extremidade está fixada no trecho ancorado, a cabeça reage contra a cortina, empurrando-a contra o solo que está contido;

- **Trecho livre:** é o trecho intermediário entre a cabeça e o trecho ancorado, que transmite as cargas de tração entre as extremidades; e

- **Trecho ancorado ou injetado:** é a extremidade que transmite ao terreno a carga de tração. Nesse trecho o tirante é acompanhado por um tubo de PVC com furos envoltos por luvas de borracha, que se expandem quando é injetada, a alta pressão, uma calda de cimento. À medida que se faz a injeção, a calda sai pelos furos e forma o bulbo de ancoragem.

A complementação do processo de estabilização contou ainda com a instalação no paramento de Drenos Horizontais Profundos (DHPs), sistema de drenagem superficial e implantação da vegetação.

Os DHPs (Figura 4) são elementos que captam as águas distantes da face do talude antes que nela aflorem. Ao captá-las, eles as conduzem ao paramento e as despejam nas canaletas. Os DHPs resultam da instalação de tubos plásticos drenantes, em perfurações no solo. Os tubos são perfurados e recobertos por manta geotêxtil ou por tela de nylon. São drenos lineares embutidos no maciço.

O sistema de drenagem superficial foi composto por canaletas tipo meia cana de 30 cm de diâmetro instaladas nos pés dos taludes, ligadas a caixas de passagem e posteriormente às escadas hidráulicas (canaletas em degraus) que desagüam nas caixas coletoras inferiores, as quais conduzem o fluxo, através de manilhas de 1,20 m de diâmetro à caixa de sedimentação para direcionamento adequado das águas pluviais (Figura 5)

Entre outubro e dezembro de 2012 não houve grandes precipitações pluviométricas nem variações significativas nas condições da encosta.

Entretanto, no período entre dezembro de 2012 e março de 2013 ocorreram as precipitações pluviométricas intensas e sucessivas, provocando diversos deslizamentos e contínuas alterações no perfil da encosta. Face à fragilidade da estabilidade da encosta houve deslizamentos e alterações frequentes no seu perfil, o que gerou maior risco ao patrimônio da MB.

Em decorrência dos fenômenos citados, tornou-se imprescindível a execução de novo levantamento topográfico de toda a área dos taludes e entornos, especificamente dos trechos deslizados, visando possibilitar uma nova leitura das curvas de nível e dos acidentes registrados.

Desta forma, após análise e confronto da topografia anterior (Projeto Básico) com a topografia atual, verificou-se que uma única cortina atirantada era insuficiente geometricamente para sanar as áreas erodidas e/ou deslizadas.



Figura 5 - Vista do sistema drenagem superficial (canaletas, escadas hidráulicas e caixas coletoras).

Face às enormes crateras formadas pelos deslizamentos, quase a plano vertical, demonstrando ineficiência quanto à estabilidade dos taludes e as dificuldades operacionais para aplicação, optou-se pela supressão da implantação do solo grampeado sobre geomanta.

O projeto readequado compreende 3 cortinas atirantadas em cotas diversas, bem como 2 muros atirantados, sendo o primeiro na cota 30 e o segundo a montante das casas, visto que o muro

existente nesse local foi parcialmente destruído pelos deslizamentos de terra ocorridos (Figura 6).

O princípio básico da readequação do projeto objetivou tornar os taludes auto-sustentáveis por força das novas inclinações e das bermas de equilíbrio (plataformas), com aproveitamento máximo dos trechos existentes e/ou remanescentes sem evidências de rutura. O novo projeto também englobou a construção de cortinas e muros atirantados, revestimento vegetal dos taludes com grama

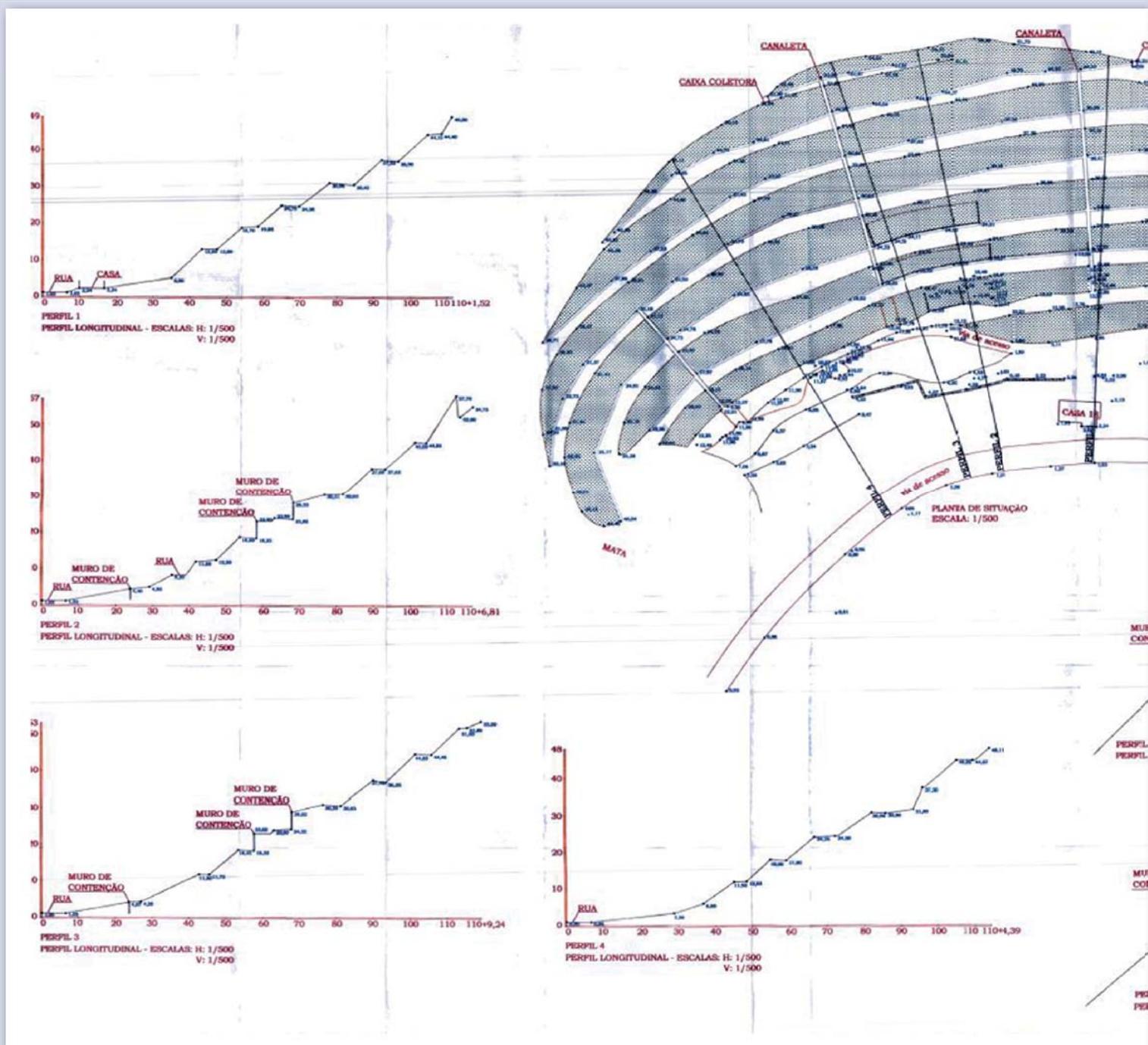


Figura 6 - Vista das 3 cortinas e dos 2 muros projetados (Projeto Executivo).



Figura 7 - Vista da obra concluída.

3. CONCLUSÃO

Em resumo, existem muitas técnicas para estabilização de áreas. A indicação da melhor solução é a que considera fatores como eficiência, para que não demandem retrabalhos constantes, segurança e custo, aliados à minimização dos impactos visuais.

Podemos afirmar, inclusive, que obras de contenção de encostas têm data certa para iniciar, porém não têm data determinada para concluir, tornando-se um grande desafio reduzir ao máximo o impacto causado pelos atrasos inevitáveis e os custos decorrentes.

Com base nestes aspectos, a Diretoria de Obras Civis da Marinha, através da análise do projeto e gerenciamento da obra de contenção da encosta do Morro do Bonfim no Colégio Naval, mostrou-se tecnicamente preparada para este desafio, cumprindo todas as etapas do processo em conformidade com a legislação vigente pertinente ao assunto.

