

Carlos Max Kleine: Engenheiro Civil – Crea nº 5060422556 graduado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, fundador, sócio e CEO da URBNET Engenharia, Construções e Tecnologia Ltda. Membro da Comissão de Norma Técnica da ABNT – CE-002:152.016 - Solo reforçado. Vice-presidente da ACEAAT 2020-2021, presidente eleito da ACEAATT 2022-2023.

Solo Reforçado

Em um primeiro momento tem-se que saber que não há diferença entre muro de arrimo e muro de contenção, pois ambos são sinônimos, isto é, servem para conter um maciço de solo quando se aterra ou corta um terreno. Será adotado o termo contenção.

Os tipos de muros de contenção são:

- Muros de gravidade: gabião, alvenaria de pedra, concreto ciclópico ou concreto gravidade, em fogueira – “crib wall”, sacos de solo-cimento, de pneus;
- Muros de flexão: estruturas em concreto armado na forma de L que trabalham à flexão;

Conforme a necessidade, uma outra forma de conter um maciço de solo foi a de trabalhar o mesmo de modo a estruturá-lo. Desta forma tem-se os seguintes tipos:

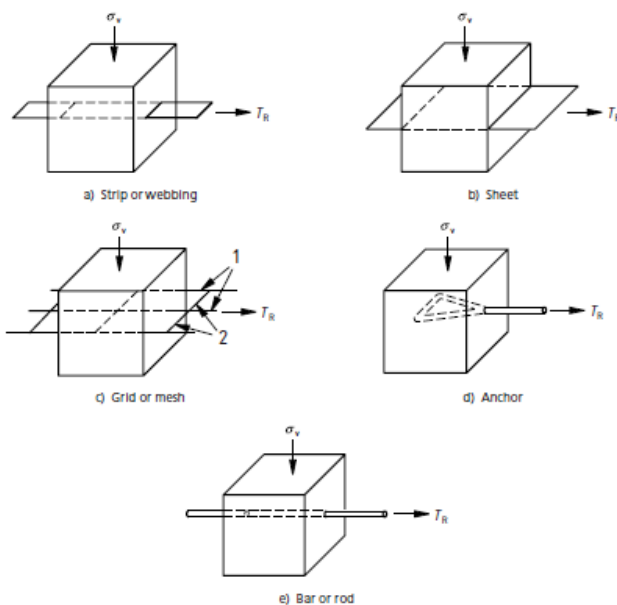
- Solo reforçado;
- Solo grampeado;
- Solo atirantado ou cortina atirantada.

Na história há relatos que em 2.100 a.C utilizou-se raízes para auxiliar na construção de zigurates na Mesopotâmia como forma de reforço. Hastes de bambu e junco para reforço de tijolos em 1.000 a.C. Os Incas usaram uma

mistura de lã e argila em 1.500 d.C para reforçar a construção de calçadas. Em 1.926 mantas de algodão foram utilizadas para reforçar camadas asfálticas nos EUA. Em 1.966 Henry Vidal, na França, patenteou a sistema terra armada e a partir daí o solo reforçado ganhou expressão e outros modelos surgiram.

A definição de solo reforçado, na norma ABNT NBR-19620-1:2021 – Muros e taludes em solos reforçados – Parte 1: solos reforçados em aterro, é “O termo solo reforçado refere-se à aplicação de reforços resistentes à tração em maciços terrosos, de forma a se obter um compósito com melhores características mecânicas. O sistema é formado por três elementos: solo, elementos de reforço (inclusões) e elementos de face (paramento). Esta técnica considera a inclusão de elementos de reforço metálicos ou geossintéticos. A inclusão de elementos metálicos ou geossintéticos no maciço confere aos muros e taludes em solo reforçado as condições de resistência interna e estabilidade geral necessárias, limitando os deslocamentos.”

A seguir tem-se os tipos de solos reforçados:



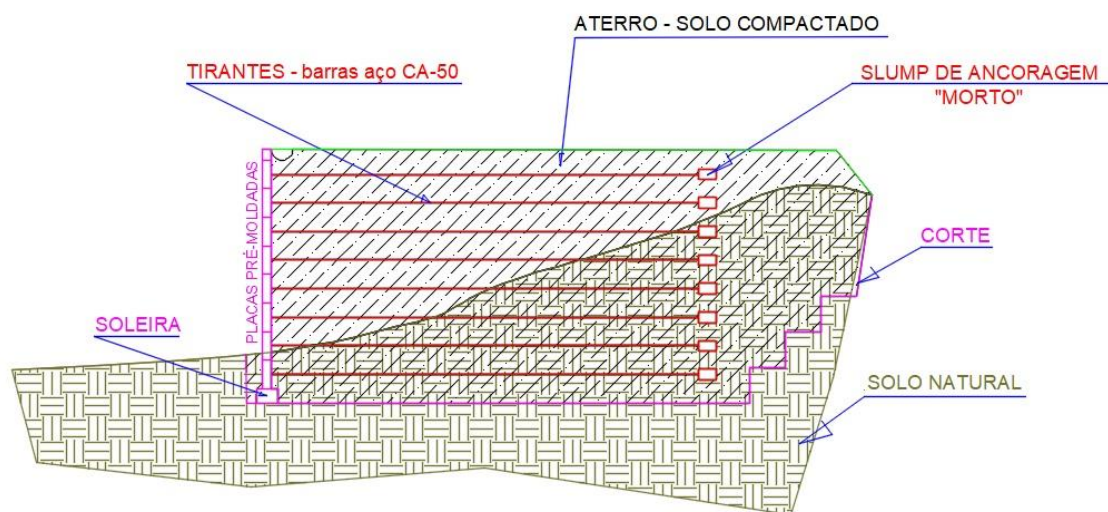
- a. Tira metálica ou geotira;
- b. Geotêxtil e malha metálica tecida
- c. Geogrelha e tela metálica soldada
- d. Ancoragem
- e. Barra ou haste

Será apresentado o item d. Ancoragem, como sistema de solo reforçado e denominado Sistema Batcon.

Sistema Batcon

Este sistema tem como base o sistema de terra armada e o de solo atirantado, pois é utilizado uma face de concreto pré-moldado ligando uma inclusão metálica que tem na outra extremidade um objeto que trabalha como ancoragem. No caso do Batcon é utilizado vergalhão de aço CA-50 como inclusão no solo e um “slump” de ancoragem ou morto de ancoragem cilíndrico.

Os elementos do sistema Batcon são:



SOLO REFORÇADO - SISTEMA BATCON

Soleira de concreto armado ou não para regularização, placas de concreto pré-moldado “in loco” como paramento do muro, vergalhões de aço CA-50 protegidas ou não contra corrosão, “slump” de ancoragem, arruelas de segurança, espuma nas juntas para permeabilidade, aparelhos de apoio em EVA e o solo de aterro compactado mecanicamente.

Fases de montagem da contenção:

1. Escavação até a cota da soleira;
2. Construção da soleira de regularização;
3. Instalação da primeira linha de placas;
4. Aterro da primeira camada de solo compactado mecanicamente;
5. Colocação dos tirantes de aço CA-50 com os “slump” de ancoragem;
6. Aterro da segunda camada de solo compactado mecanicamente;

7. Instalação da segunda linha de placas;
8. Aterro da terceira camada de solo compactado mecanicamente até a segunda linha de tirantes;
9. Retorno ao item 5 e assim sucessivamente até o topo do muro.

Vantagens do sistema Batcon:

- Relação custo x benefício vantajoso em relação a outros sistemas pelo formato da solução;
- Tamanho da placa 1,50 x 0,80 m e peso de 190 kg – fácil movimentação;
- Formas de fibra com fácil manuseio, principalmente de transporte;
- Uso de vergalhões de aço CA-50 presentes no mercado;
- Além da espessura de sacrifício o uso de Neutrol® como proteção adicional contra a corrosão;
- Possibilidade de uso de solos que são indicados para um aterro compactado mecanicamente com no mínimo 95% do Proctor Normal;
- Paramento no prumo não havendo perda de espaço em relação à base;
- Obras com mais de 30 anos feitas neste sistema.

O solo reforçado pode ser utilizado em estradas como encontros de viadutos e pontes, laterais de pistas, sobrelevações de vias para passagens de nível. Em empreendimentos pode aumentar espaços de estacionamento, fazendo com que a face fique no limite da propriedade e a prumo. Enfim é possível uma solução sempre que necessário conter um maciço de solo.

Em relação aos cálculos necessários são feitas as seguintes verificações:

1. Estabilidade externa:
 - a. Análise da capacidade de suporte do solo de fundação;
 - b. Segurança ao deslizamento na base;
 - c. Segurança ao tombamento;
2. Estabilidade interna:
 - a. Arrancamento do reforço devido a um comprimento de ancoragem insuficiente;

- b. Ruptura estrutural por tração no ponto de atuação da força de tração máxima;
3. Estabilidade global:
- a. Análise das superfícies potenciais de ruptura, sendo que a crítica obedeça ao critério de segurança estipulado em norma;
 - b. Verificação da conexão do reforço com o paramento quando esta for solicitada por esforços.

É necessário monitorar a obra em face das deformações, pois este tipo de solução pode apresentar deformações que podem comprometer a solução global se não forem estudadas e monitoradas.

A água é o principal fator de problemas de rompimento de contenções, portanto é primordial o cuidado da drenagem interna quanto externa.

A seguir um case de solução de uma obra de emergência em Guarulhos – SP.



Movimento da contenção interna implicando no afundamento da calçada e rua



Escoramento do talude no meio da rua devido a adutora de alta pressão na calçada do lado oposto



Início da escavação e finalização da contenção provisória em prancha e perfil metálico



Demolição do muro de contenção que rompeu



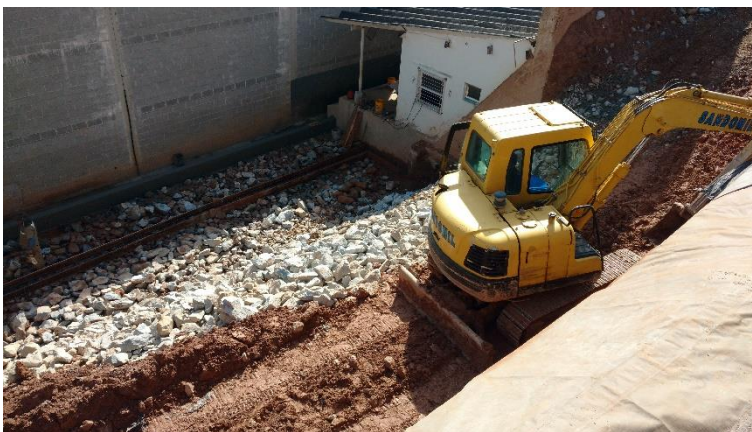
Finalização da demolição do muro e remoção do solo



Remoção de solo e início da mureta da drenagem de fundo



Colocando rachão para dreno de fundo e início da forma da soleira para o muro Batcon



Espalhando o rachão no dreno de fundo e continuidade na forma da soleira



Concretagem da soleira



Instalação da primeira fiada de placas na soleira



Montagem do muro



Montagem do muro



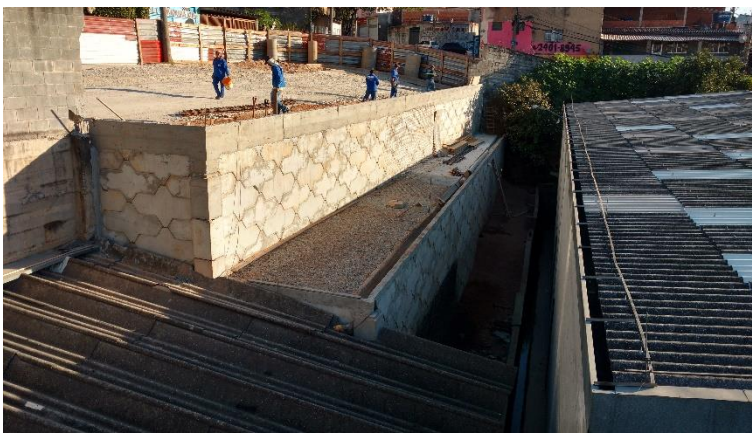
Instalação dos tirantes e “slump” de ancoragem



Finalização do muro 1 e início do muro 2 com a instalação da fiada 1



Finalização do muro 2
com forma da viga de
acabamento



Finalização do muro 2



Topo dos muros 1 e 2
concretados e
construção do muro de
divisa



Recuperação da rua com instalação de guia e preparo para início da pavimentação e calçada. Continuidade do muro de divisa.



Muros de contenção e divisa finalizados com instalação da concertina.



Rua pavimentada e calçada finalizada com retorno à comunidade.

Bibliografia:

- Dicionário Michaelis. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/>;

- Professora Gerscovich, Denise M.S. – Estruturas de Contenção – Muro de Arrimo – Faculdade de Engenharia – Departamento de Estruturas e Fundações da UERJ. Disponível em: <http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>;

- Engenheiro Civil Benjamin, Carlos Vinicius dos Santos – Tese de Doutorado – Avaliação Experimental de Protótipos de Estruturas de Contenção em Solo Reforçado com Geotêxtil – 2006. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-18082006-110207/publico/tese.pdf>;

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 19620-1:2021 – Muros e taludes em solos reforçados – Parte 1: Solos reforçados em aterro. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=MDY0SUpRmUhhNGp4cmc4cmNnNkorMDRKYTU4QXdRbGxUNUV0Y2JJbHhFTT0=>;

- BS 8006-1:2010+A1:2016 - Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills. Disponível em: <https://www.en-standard.eu/bs-8006-1-2010-a1-2016-code-of-practice-for-strengthened-reinforced-soils-and-other-fills/>.