

UTILIZAÇÃO DE MURO DE GABIÃO PARA CONTENÇÃO DE ENCOSTAS

Allicya Oliveira Endlich¹

Marcos Antonio da Silva²

Resumo

O Estado do Rio de Janeiro é localizado em uma região predominantemente montanhosa, e com as frequentes ocorrências de grandes chuvas o que poderia causar, inundações e deslizamentos em determinadas regiões. Esses tipos de desastre além de resultar em muitas mortes, causa um prejuízo financeiro muito grande. Os dados que foram utilizados para o dimensionamento do muro de contenção de taludes, foram do município de Nova Friburgo. Na engenharia civil existem vários tipos de muro de contenção, e o muro escolhido para o dimensionamento do projeto e os cálculos de estabilidade, foi o muro de gabião. Os dados obtidos do foi executado no Gawacwin, software que foi desenvolvido pela empresa MACCAFERRI para a análise da estabilidade do muro e possível execução efetiva.

Palavra-chave: Muro. Contenção. Talude. Gabião. Dimensionamento.

USE OF GABON WALL FOR BACKREST CONTAINMENT

Abstract

The State of Rio de Janeiro is located in a predominantly mountainous region, and with the incidence of heavy rains it could cause floods and landslides in certain regions. That kind of disaster, besides resulting in many deaths, can cause a very big financial loss. The data that were used for the dimensioning of the embankment containment were from the municipality of Nova Friburgo. In civil engineering exist many retaining walls, and the wall that was chosen for project design and the stability calculations is the retaining wall of gabion. The data that were used for the dimensioning was executed on software Gawacwin, software that was developed by the company MACCAFERRI for the analysis of the stability of the project and possibility of effective execution.

¹Graduada em Engenharia Civil pelo UGB/FERP.

²Doutor em Engenharia Civil pelo UERJ. Docente do Curso de Engenharia Civil no UGB/FERP.

Keyword: Wall. Retaining. Embankment. Gabion. Dimensioning.

Introdução

O desmatamento com o objetivo de construção de imóveis pode ocasionar escorregamentos, trazendo prejuízos financeiros, tanto para os habitantes da região quanto para o governo, pode também ocasionar nas piores das hipóteses óbitos. Como por exemplo, com um dado fornecido pela Prefeitura do Rio de Janeiro no site do Sistema Alerta Rio houve um escorregamento na região Comunidade do Morro dos Prazeres, no bairro de Santa Teresa na data entre 5 e 6 de abril de 2010 de magnitude, Classe III o escorregamento ocorrido deixou 30 óbitos e destruição das residências. Esse dado mostra a importância dos estudos geológicos-geotécnicos nos taludes das regiões montanhosas e urbanas. (D' ORSI, et al, 2016).

Em 01 janeiro de 2010 na região de Angra dos Reis uma pousada foi atingida pelo deslizamento localizada no Morro da Carioca na Ilha Grande ocasionando 21 mortes destruindo famílias e acarretando um prejuízo de R\$ 440 milhões segundo o site de notícias G1 da Globo. Na atualidade com a quantidade de desmatamento a terra se torna mais instável com um grande risco de ocorrer escorregamento, podendo assim invadir pistas ocasionando fatalidade caso algum veículo passe no momento e em áreas urbanas, como mostrado acima, ocorrer óbitos, destruindo casas e famílias. Tornando assim necessário estudar e conter os taludes instáveis existentes. (D' ORSI, et al, 2016)

Face ao exposto, o presente trabalho visa a apresentação do Muro de Gabião, que é uma contenção com execução rápida, prática e sustentável, as principais características que as pessoas e empresas buscam atualmente como critério para determinar que tipo de obra irão utilizar e sua execução é simples e mais rápido de ser concluído. Sua base de montagem é basicamente uma tela de aço galvanizado que pode ter o formato de caixa, colchão e saco. Também será demonstrado um estudo de caso comprovando as características acima. (REIS, 2010)

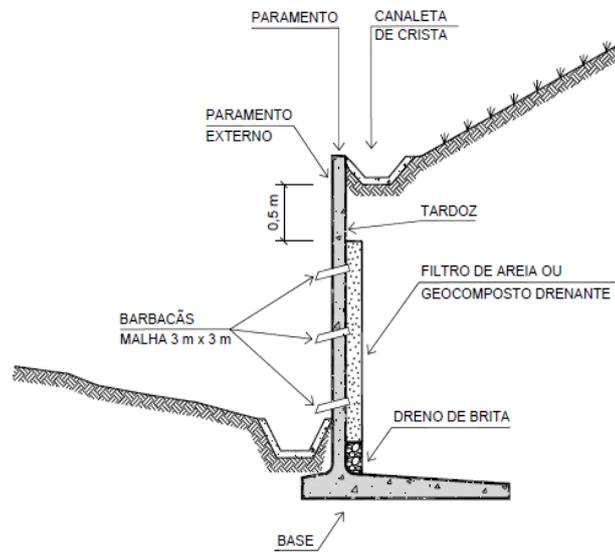
Tipos de Estrutura de Contenção

Na engenharia civil existem vários tipos de muro de contenção cada um com funções, características e métodos de aplicação diferentes. Os principais tipos de contenção são: Muros Simples com Perfil Retangular, Trapezoidal e Escalonado, Estrutura de Pontes; Muro com Contraforte; Muro de Concreto Armado que podem ter as configurações de Perfil em L ou T invertido, Clássico ou Especial; Muro Atirantado; Muro de Pedra Seca; Muro de Alvenaria de Pedra; Concreto Ciclópico; Muro de Gabião; Muro de Solo-Cimento Ensacado; Muro de Bolsacreto; Muro de Pneus; Crib Walls; Cortinas de Estaca-Prancha de Madeira, Aço ou Concreto; Cortina de Estacas Justapostas; Concreto Projetado; Muro de Solo Reforçado e Terra Armada. (MOLITERNO, 1994)

Muro de Concreto Armado

Esse é um dos muros que tem um alto custo pois concreto e aço são materiais caros e que também o tempo de construção é maior devido ao tempo de cura do concreto, seu método de construção se constitui em área de seção transversal em L ou T invertido de concreto armado. Ele é classificado como muro de flexão. A figura 1 apresenta os elementos que compõem um muro de concreto armado e a figura 2 mostra um muro de concreto armado construído. (PEREIRA, 2016)

Figura 1. Características do Muro de Concreto Armado



Fonte: Clube do Concreto, 2013

Figura 2. Muro de Concreto Armado

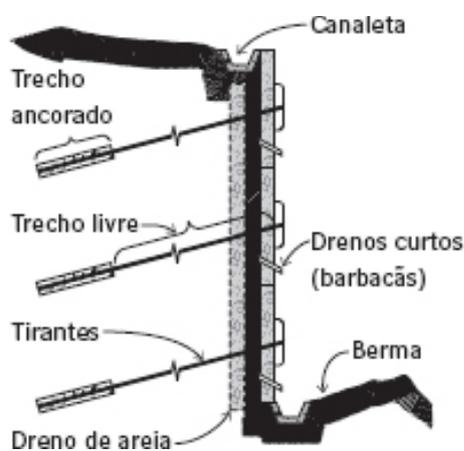


Fonte: CONCRELAJE

Cortinas Atirantadas

Ele é um tipo de contenção que os tipos de materiais de construção são parecidos com o muro de concreto armado, porém sua configuração é diferente, pois se constitui de uma parede de concreto com cabos ou vergalhões ancorados no talude. A figura 3 apresenta os elementos que formam uma cortina atirantada e a figura 4 mostra uma cortina construída. (FERREIRA, 2011)

Figura 3. Características do Muro de Cortinas Atirantadas



Fonte: BURGARDT, 2011

Figura 4: Muro de Cortinas Atirantadas



Fonte: SOLOTRAT

Muro de Pneus

O Muro de Pneus é um dos tipos de estrutura de contenção sustentável, pois se pode reutilizar os pneus velhos, que no meio ambiente demora estimado 600 anos ou mais, para se desfazer. O método de construção desse muro consiste em amarrá-los horizontalmente em camadas, podendo utilizá-los inteiros ou cortados ao meio horizontalmente. As camadas são empilhadas uma a uma, deslocando os pneus da camada inferior e a figura 5 apresenta um muro construído com pneus. (SIEIRA, 1998)

Figura 5. Muro de contenção feito com pneus reutilizados.



Fonte: Prefeitura de São Gonçalo Pará

Muro de Pedra Seca

É o tipo mais simples de arrimo, formado pelo arranjo manual de pedras rachão (Figura 6), cuja resistência resulta unicamente do imbricamento dessas pedras e funciona como carga de compensação no pé do talude. Os blocos devem ter dimensões regulares para sua estabilidade, o que resulta num menor atrito entre as pedras. O muro deve ter espessura mínima de 0,6 m e não deve ser usado em taludes com mais de 1,5m de altura. (CUNHA, 1991)

Figura 6. Muro de Pedra Seca

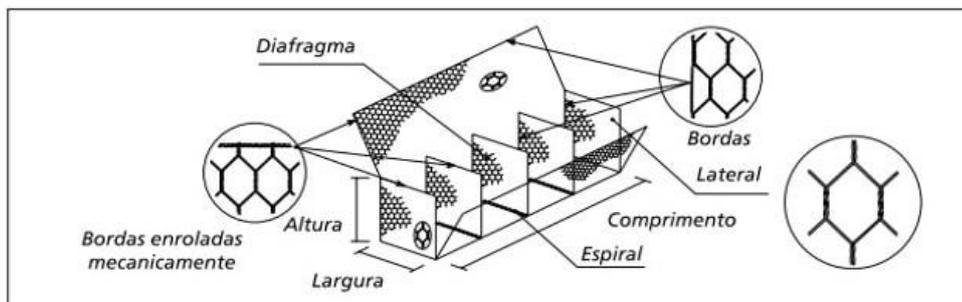


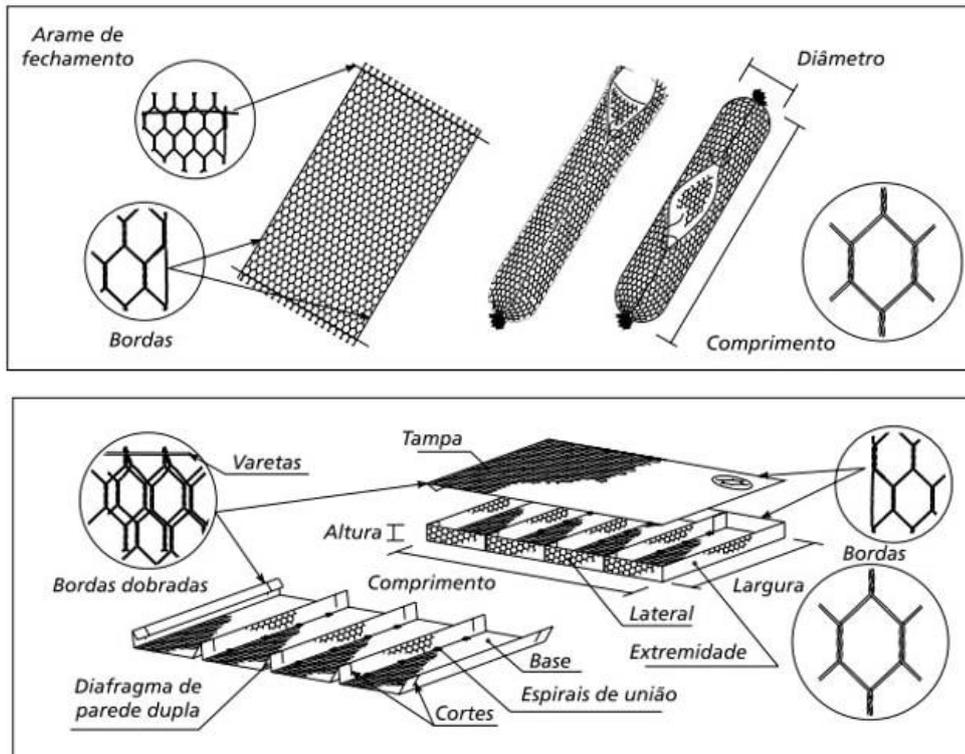
Fonte: CULTURA MIX

Muro de Gabião

As características desse muro são bem únicas pois consistem em redes de aço que podem ter o formato de caixa, colchão ou saco, que são enfileirados e preenchidos de pedra britada e empilhados, uma de suas características também é o custo, a facilidade de montagem e a dispensa de um sistema de drenagem devido sua grande permeabilidade. A figura 7 apresenta os diversos formatos de gabião. (DALDEGAN, 2016)

Figura 7. Modelos de Muro de Gabião





Fonte: Catálogo Maccaferri

Muro de Gabião

Descrição

Muro de Arrimo ou Contenção é uma das estruturas mais antigas na história da civilização, sendo uma construção em pedra que vem desde a pré-história, porém o desenvolvimento de cálculos e estudos teórico para o dimensionamento do tal só foi criado no século XVIII e evoluindo até a atualidade, essa estrutura foi desenvolvida com a finalidade de conter taludes de terra ou rocha criando assim uma estabilidade contra escorregamento criado por sua própria carga ou por ações externas, como por exemplo desmatamento e construções indevidas da população. (BARROS, et al, 2017)

O muro de gabião é um dos tipos de muro de arrimo por gravidade que existe no mercado, esse tipo de construção é um dos tipos de sistema contenção muito tradicional, sua origem vem da Itália com o nome de “gabbione” que significa gaiola no aumentativo, tendo sua versão moderna sendo executada no final do século XIX, aqui no Brasil ele só foi ser aplicado no início dos anos 70 e atualmente já existe muitas regiões que utiliza esse método e vem crescendo a cada dia. (BARROS, et al, 2017)

Sua classificação é de uma estrutura flexível, ou seja, ele pode ser projetado para se acomodar a vários tipos de situações de contenções de taludes ou encostas, sem que ocorra uma perda de estabilidade e mantendo também sua qualidade e eficiência, seus elementos são constituídos de telas de malha metálica hexagonal de dupla torção (Figura 8), seu modelos se consistem em de saco, caixa e colchão com várias dimensões, que se preenchem com pedras, fechando e juntando suas unidades com uma costura de arame com o mesmo tipo de metal utilizado para confeccionar a malha. (BARROS, et al, 2017)

Esse tipo de malha metálica hexagonal de dupla torção faz com que o muro possua grande resistência mecânica, resistência à corrosão, boa flexibilidade e não desfia facilmente. Sua produção é feita com baixo teor de carbono, com um revestimento de zinco 95%, alumínio 5%, revestido ou não com plástico, que é aplicada por imersão a quente, o protegendo da corrosão existente na natureza, sendo aplicado em ambientes não agressivos sua vida útil pode ultrapassar a 50 anos, sua dupla torção faz com que caso ocorra alguma ruptura em alguma seção da malha ela não se desfie, mantendo a contenção. (BARROS, et al, 2017)

Figura 8. Malha metálica hexagonal de dupla torção



Fonte: TELAS SÃO JORGE

Principais Fabricantes

No Brasil os principais fabricantes são as empresas MACCAFERRI; Belgo Bekaert Arames; Awa Comercial e Diprotec Geosintéticos.

Vantagens e Desvantagens

Devido seu revestimento ser preenchido por pedras britadas ou seixos rolados faz com que ele seja inteiramente permeável, ou seja, seu nível de drenagem é alto o tornando, muito eficiente por aliviar totalmente o empuxo hidrostático sobre o muro, o deixando estável ao contrário de outras estruturas de contenção, que o maior problema de instabilidade se dá devido a péssima performance da drenagem instalada, concluindo assim que sua vida útil é alta. O uso de pedras britadas pode ser também uma desvantagem, pois em certos locais urbanos e de baixa renda pode ser que os habitantes possam tentar tirar alguma pedra para uso próprio, e

dependendo da quantidade retirada o pode torná-lo instável, necessitando de manutenção. (BARROS, et al, 2017)

A utilização do muro pode ser executada em vários locais como em beira de rios, estradas (Figura 9) ou em morros que possuem construções residenciais (Figura 10) com a finalidade de evitar ou conter deslizamentos fatais e prejudiciais a natureza, a confecção de tal tem um baixo impacto ambiental, o que o Estado exige que toda obra tenha para a licenciamento da obra. Devido a composição da estrutura de gabião, ela o torna permeável permitindo que não haja obstáculos para as águas de infiltração percolação. Como por exemplo em obras de proteção hidráulicas ao executar a obra não ocorre alteração nas linhas de fluxo, para a fauna e flora do local tenha um menor impacto possível. Porém uma desvantagem é que dependendo da área que o muro irá ser construído, será necessário construir dispositivos de drenagem para que a água escoe, e não invada uma estrada por exemplo. (BARROS, et al, 2017)

Figura 9. Muro de Arrimo em uma área de estrada.



Fonte: ECO ENGENHARIA

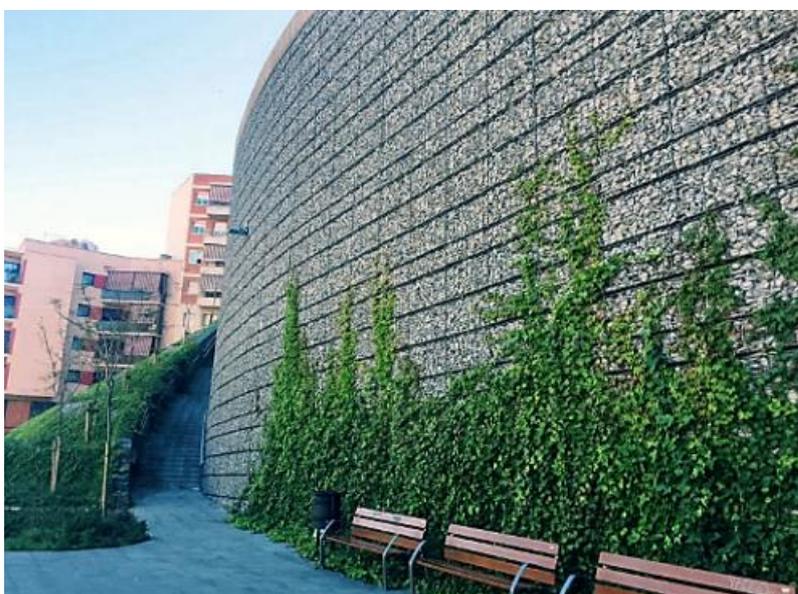
Figura 10. Muro de Gabião em área residencial.



Fonte: Prefeitura de Sorocaba, 2016

E para que não haja um impacto visual, pode ser aplicado também um método de paisagismo chamado hidro-semeadura, o que consiste em fomentar o crescimento de vegetação (Figura 11) no muro o tornando ecologicamente sustentável e visualmente agradável (BARROS, et al, 2017)

Figura 11. Muro de Gabião com vegetação crescendo.

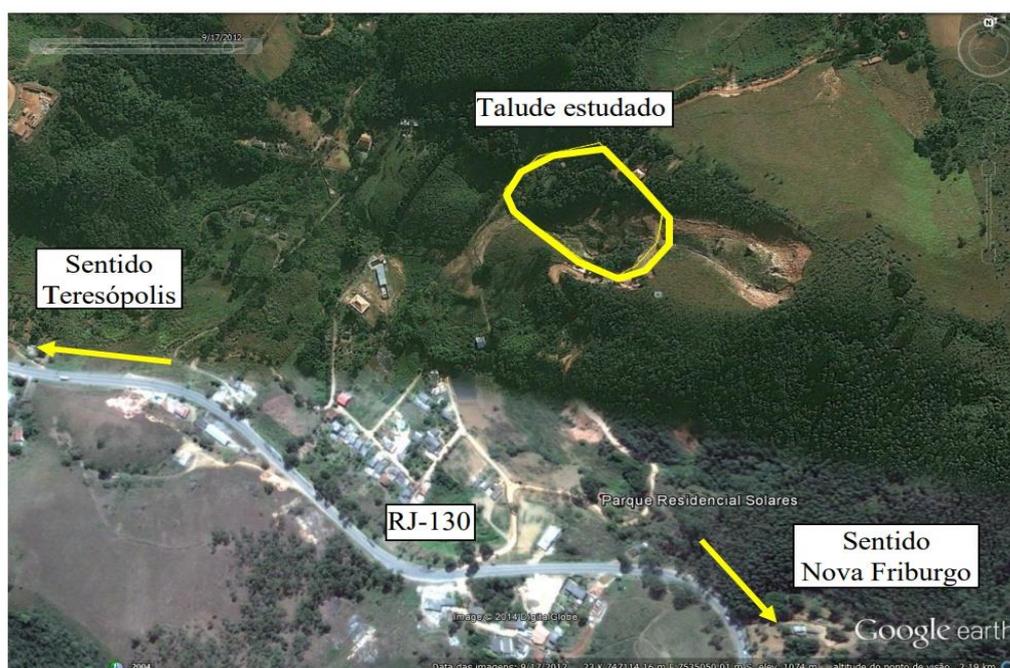


Fonte: MACCAFERRI

Estudo de Caso

O talude que foi escolhido para ser estudado por Santos (2014) se localiza no bairro Campo do Coelho do município de Nova Friburgo da cidade do Rio de Janeiro. Ele fica localizado próximo ao Km 57 da estrada RJ-130, estrada que se encontra entre os municípios de Teresópolis e Nova Friburgo (Figura 12).

Figura 12. Talude estudado



Fonte: Google Earth (Santos, 2014)

Dados Sobre o Terreno

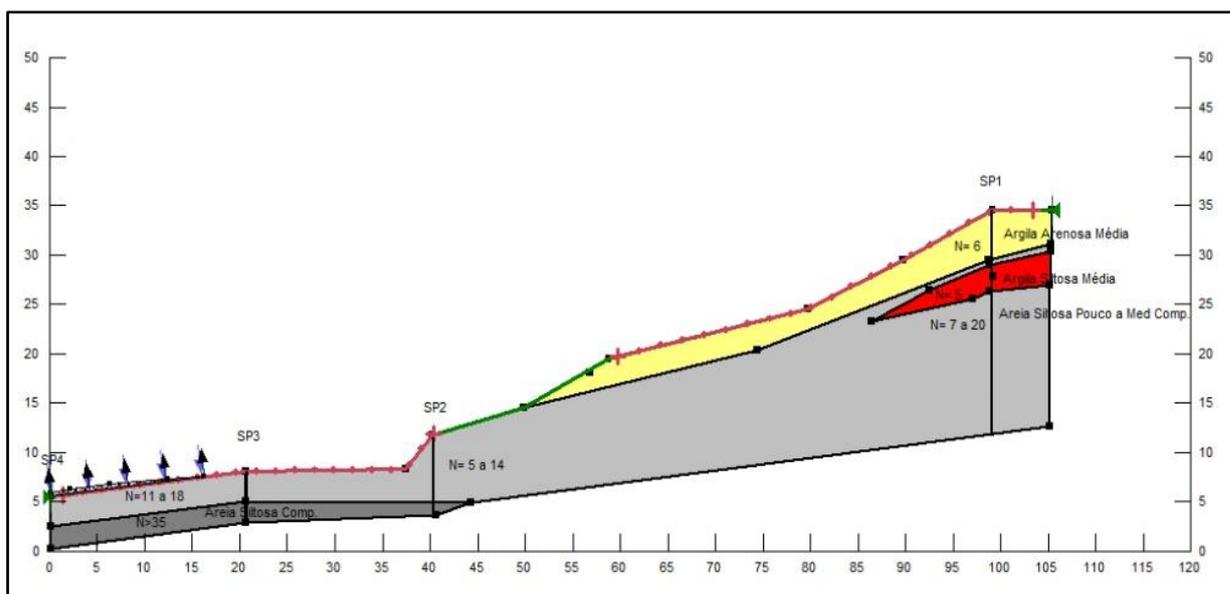
Para determinar o perfil do solo foram realizadas sondagens à percussão com SPT na área citada. As sondagens foram feitas pela empresa Soloteste de acordo com a norma ABNT NBR 6484/2001. Com a sondagem realizada foi possível determinar o perfil do solo (Tabela 1) e visualizar também a separação de cada tipo de solo (Figura 13).

Tabela 1. Classificação das sondagens realizadas

| SONDAGEM | CLASSIFICAÇÃO DO SOLO | PESO ESPECÍFICO | COESÃO | ÂNGULO DE ATRITO |
|----------|---|----------------------|--------|------------------|
| SPT 1 | Argila Arenosa Média | 17 KN/m ³ | 2 KPa | 25° |
| SPT 2 | Argila Siltosa Média | 17 KN/m ³ | 2 KPa | 25° |
| SPT 3 | Areia Siltosa Pouca a Média Compacta | 18 KN/m ³ | 2 KPa | 32° |
| SPT 4 | Areia Siltosa Compacta a Muito Compacta | 18 KN/m ³ | 0 Kpa | 40° |

Fonte: Santos, 2014

Figura 13. Perfil do terreno com base nas sondagens



Fonte: Santos, 2014

Santos (2014) analisou a estabilidade do talude pelo método de equilíbrio limite e chegou a conclusão que o fator de segurança foi 1.32 com a superfície crítica iniciando na crista ($x=105$, $y=35$) e saindo pelo seu pé ($x=25$, $y=7$)

Modelagem no GAWACWIN

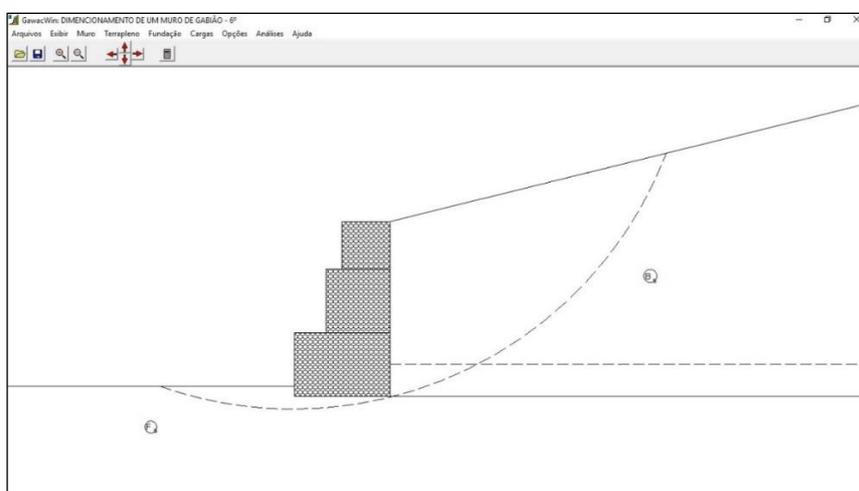
Para o dimensionamento a seguir a pressão admissível do solo será determinada de acordo com a norma da ABNT NBR 6122, considerando assim 200 KN/m². Será utilizado dois ângulos de inclinação para o muro, um de 6° e um de 0° em relação ao

terreno de fundação, os cálculos efetuados irão utilizar os mesmos dados, modificando somente os ângulos, com finalidade de comparar os coeficientes de segurança.

Muro Aplicado em um Ângulo de 0°

Na modelagem do software demonstrada a seguir (Figura 14), a configuração do muro está dimensionada para um ângulo de 0° , aplicado no talude escolhido

Figura 14. Modelagem do muro de gabião no software Gawacwin

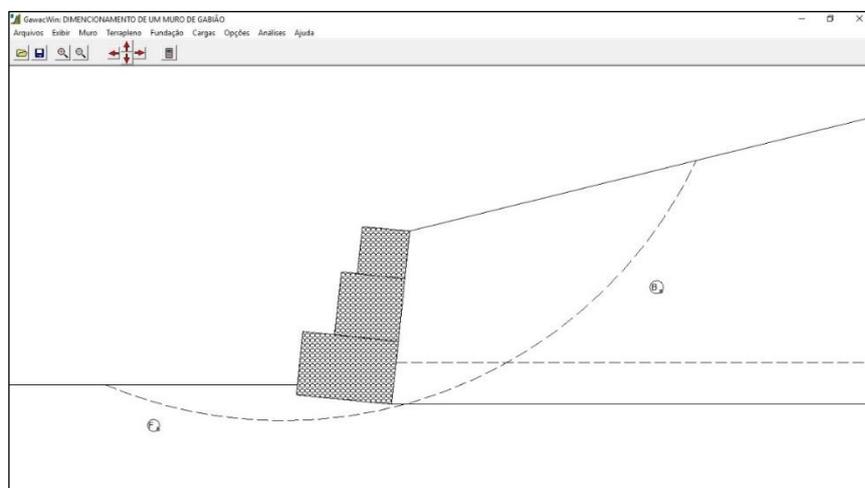


Fonte: Pesquisa dos Autores

Muro Aplicado em um Ângulo de 6°

Com outra configuração, a modelagem a seguir (Figura 15) foi aplicado para um ângulo de 6° demonstrando a diferença de configuração do muro anterior.

Figura 15. Modelagem do muro de gabião no software Gawacwin



Fonte: Pesquisa dos Autores

Estudo da Estabilidade após a Construção

Em seguida será demonstrado os dados utilizados para os cálculos efetuados e seus respectivos resultados de estabilidade, para analisar seus coeficientes de segurança e garantir que os resultados estejam de acordo com a norma.

Dados Utilizados

Os dados que foram aplicados para o cálculo de estabilidade, foram retirados do trabalho de Santos (2014), utilizando somente os valores do talude (Tabela 2), tais valores foram aplicados igualmente para ambos muros mudando somente o ângulo de aplicação do muro (Tabela 3).

Tabela 2. Dados do talude utilizados no dimensionamento.

| Dados sobre o terrapleno | |
|--|----------------------------|
| Inclinação do 1º trecho | : 14,00 graus |
| Comprimento do 1º trecho | : 60,00 m |
| Inclinação do 2º trecho | : 0,00 graus |
| Peso específico do solo | : 18,00 kN/m ³ |
| Ângulo de atrito do solo | : 32,00 graus |
| Coesão do solo | : 2,00 kN/m ² |
| Dados sobre a fundação | |
| Altura da sup. superior | : 0,30 m |
| Comprimento inicial | : 60,00 m |
| Inclinação | : 0,00 graus |
| Peso específico do solo | : 18,00 kN/m ³ |
| Ângulo de atrito do solo | : 32,00 graus |
| Coesão do solo | : 2,00 kN/m ² |
| Pressão adm. na fundação | : 200,00 kN/m ² |
| Altura do nível d'água | : m |
| Dados sobre a superfície freática | |
| Altura inicial | : 1,00 m |
| Inclinação do 1º trecho | : 0,00 graus |
| Comprimento do 1º trecho | : 60,00 m |
| Inclinação do 2º trecho | : 0,00 graus |
| Comprimento do 2º trecho | : 0,00 m |

Fonte: Pesquisa dos Autores

Tabela 3. Dados dos muros utilizados no dimensionamento.

| Dados sobre o muro | | Camada | Compr. m | Altura m | Início m |
|---------------------------|---------------------------|--------|----------|----------|----------|
| Inclinação do muro | : 0,00 graus | | | | |
| Peso específico da pedra | : 25,00 kN/m ³ | | | | |
| Porosidade dos gabiões | : 30,00 % | 1 | 3,00 | 2,00 | - |
| Geotêxtil no terrapleno | : Sim | 2 | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| Redução do atrito | : % | 3 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| Geotêxtil sob a base | : Não | | | | |
| Redução do atrito | : % | | | | |
| Malha e diâm. do arame: | 8x10, ø 2.7 mm CD | | | | |
| Dados sobre o muro | | Camada | Compr. m | Altura m | Início m |
| Inclinação do muro | : 6,00 graus | | | | |
| Peso específico da pedra | : 25,00 kN/m ³ | | | | |
| Porosidade dos gabiões | : 30,00 % | 1 | 3,00 | 2,00 | - |
| Geotêxtil no terrapleno | : Sim | 2 | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| Redução do atrito | : % | 3 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| Geotêxtil sob a base | : Não | | | | |
| Redução do atrito | : % | | | | |
| Malha e diâm. do arame: | 8x10, ø 2.7 mm CD | | | | |

Fonte: Pesquisa dos Autores

Resultados da Estabilidade

Os resultados encontrados, dos cálculos executados pelo software, informam os dados de estabilidade do projeto, para a analisar se os valores estão de acordo com a norma da ABNT NBR 11.682. O software foi desenvolvido pela empresa MACCAFERRI, os resultados a seguir são para um muro de gabião dimensionado de acordo com o produto de produção própria da empresa.

Dados das Forças Atuantes no Projeto

Os dados demonstrados a seguir foram calculados pelo software, e foram fornecidos os valores das forças atuantes, de acordo com os projetos dos muros aplicados em um ângulo de 0° (Tabela 4) e em um ângulo de 6° (Tabela 5). Com os resultados obtidos, é possível visualizar e analisar como essas forças atuam de acordo com os dados escolhidos.

Tabela 4. Dados das Forças do muro de 0°

| Empuxos Ativo e Passivo | | | | | | | | |
|--|------|--------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Empuxo Ativo | : | 82,12 | kN/m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo X | : | 3,00 | m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo Y | : | 1,83 | m | | | | | |
| Direção do empuxo ref. ao eixo X | : | 32,00 | graus | | | | | |
| Empuxo Passivo | : | 4,80 | kN/m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo X | : | 0,00 | m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo Y | : | 0,12 | m | | | | | |
| Direção do empuxo ref. ao eixo X | : | 0,00 | graus | | | | | |
| Deslizamento | | | | | | | | |
| Força normal sob a base | : | 257,89 | kN/m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo X | : | 1,51 | m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo Y | : | 0,00 | m | | | | | |
| Força tangente sob a base | : | 64,84 | kN/m | | | | | |
| Força resistente na base | : | 168,95 | kN/m | | | | | |
| Tombamento | | | | | | | | |
| Momento Atuante | : | 127,68 | kN/m x m | | | | | |
| Momento Resistente | : | 517,24 | kN/m x m | | | | | |
| Tensões Atuantes na Fundação | | | | | | | | |
| Excentricidade | : | -0,01 | m | | | | | |
| Tensão normal na borda externa | : | 84,15 | kN/m ² | | | | | |
| Tensão normal na borda interna | : | 87,78 | kN/m ² | | | | | |
| Tensão máx. admissível na fundação | : | 200,00 | kN/m ² | | | | | |
| Estabilidade Global | | | | | | | | |
| Distância inicial à esquerda | : | | m | | | | | |
| Distância inicial à direita | : | | m | | | | | |
| Distância inicial abaixo da base | : | | m | | | | | |
| Máxima profundidade permitida no cálculo | : | | m | | | | | |
| Centro do arco ref. ao eixo X | : | -0,01 | m | | | | | |
| Centro do arco ref. ao eixo Y | : | 12,09 | m | | | | | |
| Raio do arco | : | 12,51 | m | | | | | |
| Número de superfícies pesquisadas | : | 38 | | | | | | |
| Estabilidade Interna | | | | | | | | |
| Camada | H | N | T | M | τ Máx | τ Adm. | σ Máx | σ Adm. |
| | m | kN/m | kN/m | kN/m x m | kN/m ² | kN/m ² | kN/m ² | kN/m ² |
| 1 | 3,50 | 124,93 | 24,89 | 121,29 | 12,44 | 62,92 | 64,34 | 580,79 |
| 2 | 1,50 | 41,63 | 3,61 | 31,11 | 2,41 | 38,96 | 27,85 | |

Fonte: Pesquisa dos Autores

Tabela 5. Dados das Forças do muro de 6°

| Empuxos Ativo e Passivo | | | | | | | | |
|--|------|--------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Empuxo Ativo | : | 68,34 | kN/m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo X | : | 3,18 | m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo Y | : | 1,51 | m | | | | | |
| Direção do empuxo ref. ao eixo X | : | 26,00 | graus | | | | | |
| Empuxo Passivo | : | 4,80 | kN/m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo X | : | 0,01 | m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo Y | : | 0,12 | m | | | | | |
| Direção do empuxo ref. ao eixo X | : | 0,00 | graus | | | | | |
| Deslizamento | | | | | | | | |
| Força normal sob a base | : | 248,91 | kN/m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo X | : | 1,76 | m | | | | | |
| Ponto de apl. ref. ao eixo Y | : | -0,18 | m | | | | | |
| Força tangente sob a base | : | 30,77 | kN/m | | | | | |
| Força resistente na base | : | 163,94 | kN/m | | | | | |
| Tombamento | | | | | | | | |
| Momento Atuante | : | 92,73 | kN/m x m | | | | | |
| Momento Resistente | : | 532,17 | kN/m x m | | | | | |
| Tensões Atuantes na Fundação | | | | | | | | |
| Excentricidade | : | -0,27 | m | | | | | |
| Tensão normal na borda externa | : | 40,27 | kN/m ² | | | | | |
| Tensão normal na borda interna | : | 126,35 | kN/m ² | | | | | |
| Tensão máx. admissível na fundação | : | 200,00 | kN/m ² | | | | | |
| Estabilidade Global | | | | | | | | |
| Distância inicial à esquerda | : | | m | | | | | |
| Distância inicial à direita | : | | m | | | | | |
| Distância inicial abaixo da base | : | | m | | | | | |
| Máxima profundidade permitida no cálculo | : | | m | | | | | |
| Centro do arco ref. ao eixo X | : | -0,40 | m | | | | | |
| Centro do arco ref. ao eixo Y | : | 13,43 | m | | | | | |
| Raio do arco | : | 14,27 | m | | | | | |
| Número de superfícies pesquisadas | : | 37 | | | | | | |
| Estabilidade Interna | | | | | | | | |
| Camada | H | N | T | M | τ Máx | τ Adm. | σ Máx | σ Adm. |
| | m | kN/m | kN/m | kN/m x m | kN/m ² | kN/m ² | kN/m ² | kN/m ² |
| 1 | 3,48 | 120,91 | 7,98 | 138,81 | 3,99 | 61,53 | 52,65 | 580,79 |
| 2 | 1,49 | 40,81 | -1,48 | 33,61 | -0,99 | 38,59 | 24,77 | |

Fonte: Pesquisa dos Autores

Dados dos Coeficientes de Segurança

Com os dados demonstrados anteriormente, foram calculados pelo software, os coeficientes de segurança do muro em um ângulo de 0° (Tabela 6) e em um ângulo de 6° (Tabela 7). Com tais dados obtidos é possível analisar se o muro está projetado de acordo com a norma.

Tabela 7: Dados dos coeficientes de segurança do muro à 6° de inclinação

| VERIFICAÇÕES DE ESTABILIDADE | | | |
|------------------------------|------|---------------------------|-------------------------|
| Coef. de Seg. Deslizamento | 2,43 | Tensão na base (esquerda) | 84,15kN/m ² |
| Coef. de Seg. Tombamento | 4,05 | Tensão na base (direita) | 87,78kN/m ² |
| Coef. de Seg. Rup. Global | 1,60 | Máxima tensão admissível | 200,00kN/m ² |

Tabela 6: Dados dos coeficientes de segurança do muro à 0° de inclinação

| VERIFICAÇÕES DE ESTABILIDADE | | | |
|------------------------------|------|---------------------------|-------------------------|
| Coef. de Seg. Deslizamento | 3,22 | Tensão na base (esquerda) | 40,27kN/m ² |
| Coef. de Seg. Tombamento | 5,74 | Tensão na base (direita) | 126,35kN/m ² |
| Coef. de Seg. Rup. Global | 1,72 | Máxima tensão admissível | 200,00kN/m ² |

Fonte: Pesquisa dos Autores

Análise dos Resultados

A análise dos resultados do cálculo da modelagem efetuada no Gawacwin pode-se citar que: os coeficientes de segurança encontrados que devem estão de acordo com a norma da ABNT NBR 11.682, que adota como coeficiente de segurança mínimo 1,5 para a estabilidade do talude, garantindo que o muro irá suportar todas as cargas atuantes no mesmo. Para ambos os cálculos feitos, foi utilizada a malha de 8x10, \emptyset 2.7 mm CD, a mais resistente fabricada pela MACCAFERRI.

Comparando os cálculos do coeficiente de segurança de ambos os muros (Tabela 8), é possível chegar a uma conclusão que independentemente do ângulo de aplicação do muro, ambos estão de acordo com a norma e irão resistir as forças aplicadas pelo talude.

Tabela 8: Dados dos coeficientes de segurança do muro à 6° de inclinação

| Coeficiente de Segurança | Ângulo Aplicado no Muro | |
|------------------------------|-------------------------|------|
| | 0° | 6° |
| Deslizamento | 2,43 | 3,22 |
| Tombamento | 4,05 | 5,74 |
| Contra a Ruptura Global | 1,60 | 1,72 |
| Tensões Atuantes na Fundação | 2,27 | 1,58 |

Fonte: Pesquisa dos Autores

Considerações Finais

No presente trabalho foi apresentada a importância de investimentos em construção de contenções e as consequências pela falta das mesmas em regiões urbanas. Também foram demonstrados o dimensionamento e a análise de um muro de gabião em um talude localizado na região de Nova Friburgo – RJ, aproveitando os dados geotécnicos do estudo de Santos (2014).

O dimensionamento foi realizado utilizando o software gratuito, Gawacwin, da empresa Maccaferri, onde neste foram lançados: geometria do muro; geometria do solo de fundação; geometria do talude; Nível freático; e parâmetros geotécnicos e de resistência do solo e do muro. Foram realizadas duas modelagens, a primeira com o muro de gabião na horizontal (inclinação igual a 0°) e a segunda com o muro inclinado na direção do talude (inclinação igual a 6°).

Após a realização do dimensionamento foi verificado que o software fornece a memória de cálculo, com os dados do talude, forças atuantes e coeficientes de segurança (deslizamento, tombamento, etc.). Ao analisar os dados calculados pelo software, pode-se concluir que, devido os coeficientes de segurança se encontrarem acima de 1,5, coeficiente mínimo estabelecido pela norma NBR 11.682, as duas modelagens indicaram que após a construção do muro de gabião estaria garantida a segurança do talude, pois o menor coeficiente de segurança global encontrado foi o de 1,60, que comparado ao estudo realizado por Santos (2014), antes da construção

do muro de contenção (FS=1,32), obteve um aumento de 21% na segurança do Talude, tornando-o estável.

Referências

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro- RJ, 1996.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6484**: Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro- RJ, 2001.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11.682 – Estabilidade de taludes**. Rio de Janeiro – RJ, 1991.

BARROS, Pêrsio L. A.; FRACASSI, Gerardo; DURAN, Jaime S.; TEIXEIRA, Alexandre M. **Manual Técnico: Obras de Contenção**. 1 ed. São Paulo: MACCAFERRI, 2017.

BURGARDT, L. **Fundações e Contenções**. Revista Infraestrutura, abril de 2011, Edição 2, 01p. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/45/cortina-atirantada-conheca-o-sistema-de-contencao-com-estrutura-251262-1.aspx>> Acesso em: 20 out. 2018.

CONCRELAJE. Disponível em: <<http://www.concrelaje.com.br/muros-de-arrimo/>> Acesso em 20 out. 2018.

CULTURA MIX. Disponível em: <<http://imoveis.culturamix.com/construcao/tipos-de-muros-de-arrimo>> Acesso em 20 out. 2018.

CUNHA, M. A. (1991), **Ocupação de encostas**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, Publicação nº 1831, São Paulo, 234p.

DALDEGAN, Eduardo. **Muro de Gabião**: Principais características e como utilizar. Engenharia Concreta, 2016. Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/muro-de-gabiao-principais-caracteristicas-e-como-utilizar/>> Acesso em: 20 out. 2018.

D'Orsi, R. N., Paes, N. M., Magalhães, M. A., Coelho, R. d., Junior, L. R., & Valente, L. R. **Os 50 Maiores Acidentes Geológicos-Geotécnicos na Cidade do Rio de Janeiro Entre 1966 e 2016**. Alerta Rio. 2016. Disponível em Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/wp-content/uploads/2017/01/PDF_ESTRUTURA-DO-LIVRETO_50-MAIORES-ACIDENTES-_A5_.pdf> Acesso em: 20 out. 2018.

ECO ENGENHARIA. Disponível em:
<<https://www.ecoengenharia.com.br/produto/gabioes>> Acesso em 20 out. 2018.

Ferreira, R. **Cortina atirantada**. Revista Equipe de Obra, dezembro de 2011, Edição 45, 01p. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/45/cortina-atirantada-conheca-o-sistema-de-contencao-com-estrutura-251262-1.aspx>> Acesso em: 22 out. 2018.

MACCAFERRI. Disponível em: <<https://www.maccaferri.com/es/pt-pt/installs-gabion-architectural-wall-system-puente-de-sarvajo-barcelona/>> Acesso em 22 out. 2018.

MENEZES, J. E. T.Q. **Dimensionamento dinâmico de muros de arrimo**. Clube do Concreto, 2013. Disponível em:
<<http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/09/dimensionamento-dinamico-de-muros-de.html>> Acesso em: 20 out. 2018.

Moliterno, A. **Caderno de Muro de Arrimo**. 2ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 1994. 24-35p.

PEINADO, H. S. **Conheça as alternativas para fazer a cura de elementos de concreto**. Revista Técnica, dezembro de 2013, Edição 201, 01-04p. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/201/artigo302570-4.aspx>> Acesso em: 20 out. 2018.

PEREIRA, Caio. **Muro de arrimo: O que é e principais tipos**. Escola Engenharia, 2016. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/muro-de-arrimo/>> Acesso em: 11 out. 2018.

PEREIRA, Caio. **O que é Gabião, principais tipos, vantagens e desvantagens**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em:
<<https://www.escolaengenharia.com.br/gabiao/>> Acesso em: 20 out. 2018.

Prefeitura de São Gonçalo do Pará. Disponível em:
<<https://www.saogoncalodopara.mg.gov.br/conteudo/muro-de-contencao-feito-com-pneus-reciclaveis>> Acesso em 20 out. 2018.

Prefeitura de Sorocaba. Disponível em: <<http://agencia.sorocaba.sp.gov.br/prefeitura-entrega-muro-de-arrimo-na-vila-sabia/>> Acesso em: 22 out. 2018.

Reis, P. **Muro de arrimo de gabiões X concreto armado**. Construção Mercado, março de 2010, Edição 104, 01p. Disponível em:
<<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/104/custo-comparado-muro-de-arrimo-de-gabioes-x-concreto-299019-1.aspx>> Acesso em: 20 out. 2018.

SANTOS, R. B. **Estudo da influência da rede de fluxo na análise de estabilidade de talude em Nova Friburgo – RJ.** Dissertação (graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2014.

SIEIRA, A.C.C.F. **Análise do comportamento de um muro de contenção utilizando pneus.** Rio de Janeiro, 1998. 84p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

SOLOTRAT. Disponível em: <<http://www.solotrat.com.br/cortinas-atirantadas>> Acesso em 20 out. 2018.

TELAS SÃO JORGE. Disponível em: <<http://www.telassaojorge.com.br/produto/telas-sao-jorge/gabiao>> Acesso em 20 out. 2018.

Tragédia em Angra dos Reis, no RJ, completa um ano neste sábado. G1, 03 janeiro de 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2011/01/tragedia-em-angra-dos-reis-no-rj-completa-um-ano-neste-sabado.html>> Acesso em: 19 nov. 2018.