



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL**

DANIEL DE PAIVA NASCIMENTO E OLIVEIRA

**ESTUDO DE SOLUÇÃO DE CONTENÇÃO DE TALUDES COM UTILIZAÇÃO DE
GABIÕES**

UBÁ/MG

2015

DANIEL DE PAIVA NASCIMENTO E OLIVEIRA

**ESTUDO DE SOLUÇÃO DE CONTENÇÃO DE TALUDES COM UTILIZAÇÃO DE
GABIÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: MSc Enoque Pereira da Silva

UBÁ/MG

2015

ESTUDO DE SOLUÇÃO DE CONTENÇÃO DE TALUDES COM UTILIZAÇÃO DE GABIÕES

Resumo

Com o crescimento desordenado das populações, a falta de planejamento, multiplicam-se as construções irregulares, que na maioria das vezes ocorrem em encostas de morros e margens de rios, em virtude da falta de espaços planos. Para escolher o tipo de estrutura a ser utilizada nestas áreas de instabilidades, é importante analisar a região, o relevo, a disponibilidade de materiais e mão de obra, para que seja a ideal para cada caso de contenção. Este trabalho tem por objetivo apresentar a metodologia da estrutura em gabião como solução de contenção e estabilidade de taludes na região de Ubá. O muro em gabião é uma estrutura de pedras organizadas dentro de gaiolas de telas metálicas reforçadas, para conter um talude ou aterro de um possível desmoronamento. O muro de gabião apresenta várias vantagens em relação a outros tipos de muros de contenção como, baixo custo, simplicidade na execução, baixo impacto construtivo e velocidade na execução por etapas. Por sua característica drenante, também é muito utilizado para contenção e recomposição de margens de rios e córregos. Por outro lado, o volume ocupado é muito grande, sendo uma opção mais escolhida nas margens de rios, estradas ou encostas onde possuem espaço. Um projeto executivo para uma estrutura em gabião deve ser constituído por memória de cálculo, plantas, e demais detalhes dos processos executivos fundamentais para a implantação da obra. Devido às suas características positivas do processo de construção, aumentou a sua utilização no país e, principalmente, na cidade de Ubá.

Palavras chave: Muro em gabião, Talude, Contenção, Estrutura, Projeto.

STUDY SOLUTION OF CONTENTION OF SLOPE WITH USE OF GABION

Abstract

With the uncontrolled growth of the population, lack of planning, increase the irregular buildings, which most often occur on hillsides and riverbanks, because of because of space. To choose the type of structure to be used in those areas of instability it is of great importance analyze the region, relief, availability of materials and hand work, to be utilized the best for each case of restraint. The wall in gabion is a structure of stones arranged inside reinforced wire mesh cages to contain a slope of a possible collapse. This work aims to present the methodology of the gabion structure of as containment solution and slope stability in Uba region. The gabion wall has several advantages over other types of retaining walls as, low cost, simplicity of implementation, low constructive impact and speed of execution in stages. For its drainage characteristics, it is also widely used for containment and recovery of riverbanks and streams. On the other hand, the occupied volume is very large, is often chosen on the banks of rivers and roads. An executive project for a gabion structure shall consist of memory calculation, plants, and other details of the key executives processes for the implementation of the work. Because of the their positive characteristics of the construction method, increased its use in the country and mainly in the city of Uba.

Keywords: Wall of gabion, Slope, Containment, Structure, Project

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, observou-se um crescimento desordenado das populações, com reflexos óbvios nas cidades, onde normalmente faltam planejamento, multiplicam-se as construções irregulares desenquadradas dos planos diretores e códigos de obras municipais.

Muitas dessas construções e ocupações ocorrem, principalmente, em encostas de morros e margens de rios, em virtude da falta de espaços planos e acompanhando o relevo nas cidades, como no estado de Minas Gerais e na cidade de Ubá, onde o relevo é predominantemente montanhoso, o que eleva os riscos de acidentes e uma constante preocupação com o espaço urbano.

Dentro da engenharia, problemas com desmoronamentos, erosão dos solos, e recomposição de margens de rios sempre foram constantes desafios, por causarem transtornos e prejuízos para a população e até mesmo perda de vidas, levando os estudiosos à busca constante por aperfeiçoar técnicas para conter tais instabilidades e melhorar o meio urbano.

Máquinas e equipamentos têm sido desenvolvidos em resposta às demandas das obras, para promover uma facilidade do processo construtivo e um menor custo

Normalmente, quando se faz uma intervenção em uma destas áreas de instabilidade, o problema já está ocorrendo a tempo e dificilmente é possível estabilizar o talude com outra solução que não a execução de muro de contenção.

Para escolher o tipo de estrutura a ser utilizada nestas áreas de instabilidades, é importante analisar a região, o relevo, a disponibilidade de materiais e mão de obra, para que seja a ideal para cada caso de contenção. Pois, um muro de contenção exige o máximo quando se trata de segurança no projeto e execução, por se tratar uma carga elevada, com variados tipos de solos que se comportam de formas diversas, devendo garantir estabilidade ao talude, segurança, resistência e durabilidade.

Para cada talude a ser estabilizado, existe um tipo de muro mais adequado, como exemplo, muro de concreto armado, muro de concreto ancorado (tirantes ou grampos), muro de alvenaria de pedras, muro de solo reforçado, entre outros tipos. O muro em questão é do tipo gabião, uma estrutura de pedras organizadas dentro gaiolas de telas metálicas reforçadas, para conter um talude ou aterro de um possível desmoronamento.

O muro de gabião apresenta várias vantagens em relação a outros tipos de muros de contenção como, baixo custo, simplicidade na execução, baixo impacto construtivo, e velocidade na execução por etapas (TÉCHNE, 2006). Por sua característica drenante, também é muito utilizado para contenção e recomposição de margens de rios e córregos.

Um projeto executivo para uma estrutura em gabião deve ser constituído por memorial de cálculo, plantas e demais detalhes dos processos executivos fundamentais para a implantação da obra.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a metodologia da estrutura em gabião como solução de contenção e estabilidade de taludes, bem como suas vantagens., em encostas e margens.

2 DESENVOLVIMENTO

O muro de contenção em gabião é um modelo construtivo de tecnologia milenar, que garante a estabilidade dos taludes, encostas e margens de canais, rios, córregos, a um custo competitivo (TÉCHNE, 2006).

Na estrutura de contenção, os elementos estruturais possuem rigidez diferentes do talude que irá estabilizar, resistindo aos empuxos que existem, seja por um corte, aterro ou escavação.

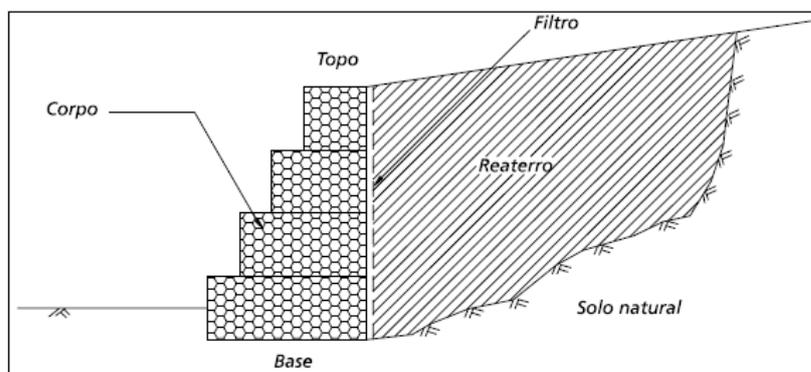
O gabião é uma estrutura de pedras organizadas dentro de gaiolas de telas metálicas reforçadas, com arame galvanizado reforçado, formando um pacote empilhando as gaiolas, uma sobre a outra, dependendo da altura e carga exercida no talude, coloca-se mais ou menos, formando pirâmides, para conter um talude ou aterro de um possível desmoronamento, proporcionando a estabilidade do talude.

Já de acordo Caputo (2012), o muro de Gabião são estruturas formadas por uma rede metálica, em forma de cestas, cheias de pedras. Considerado como um muro de gravidade, o gabião utiliza do próprio peso contra os empuxos do solo, conforme FIG. 01.

Por ser constituído de rochas naturais, o gabião se torna durável, sendo preciso focar na malha metálica, pelo desgaste que o tempo ocasiona, como corrosão. Para isso, as empresas fornecem uma malha revestida, plastificada, para que aumente esse tempo de utilização e prolongue a vida útil aos gabiões.

De acordo com a Farrelly (2014), esse modelo de contenção não exige mão de obra especializada, exigindo pouca habilidade para sua construção, com manutenção simples, o que faz dela uma opção vantajosa em locais com poucos recursos, cidades menores, além de poder ser construída sob regime de mutirão por esse motivo.

FIGURA 01 - Representação básica de um muro de contenção à gravidade em gabiões.



Fonte – MACCAFERRI (2001, p.8).

Nas estruturas em gabiões os materiais que o formam são unidos por amarrações em sua volta, formando um bloco homogêneo com as mesmas características de resistência em todos os pontos (MACCAFERRI, 2001).

Por ser flexível permite que a sua estrutura se adapte às acomodações e movimentos do terreno, sem perder a estabilidade e sua eficiência. O muro pode deformar ao longo da sua altura, sem que a fundação acompanhe essa deformação, por não ser uma ligação rígida. É o único tipo de estrutura que dispensa fundações profundas (GUSMÃO FILHO, 2006).

Segundo Maccaferri (2001), essa flexibilidade permite, na maior parte dos casos, que a estrutura se deforme de forma significativa antes da ruptura, o que ajuda na visualização do problema e permite que se faça a recuperação da estrutura, evitando acidentes.

2.1 Tipos de Gabiões

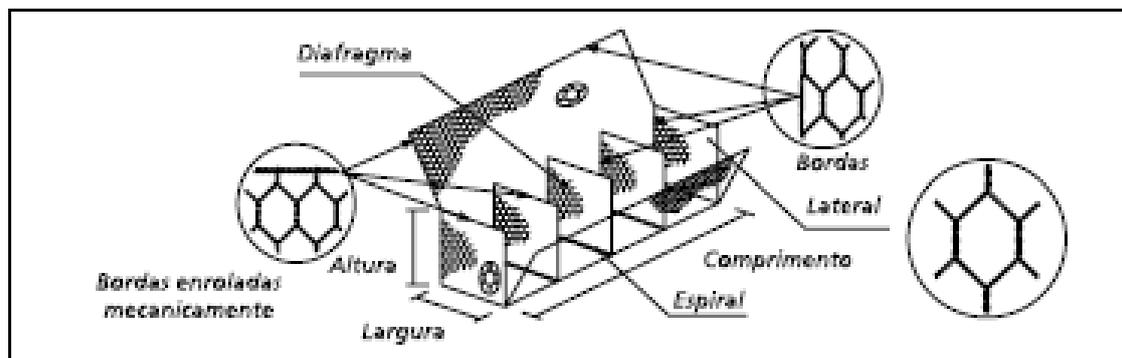
Os muros em gabiões são dos tipos caixa, saco e colchão reno.

2.1.1 Gabiões Caixa

O gabião caixa é uma caixa com formato retangular, formado por malha de dupla torção, próprias para a construção de estruturas de contenção, funcionando por gravidade, ou seja, pelo peso próprio, sendo flexível, permeável, resistente e de baixo impacto ambiental, além de proporcionar a estrutura uma vida útil longa, conforme FIG. 02.

Segundo Téchne (2006), é o mais utilizado tipo de gabião, com usos diversos, sendo autodrenantes, espalhando as pedras manualmente, que é um material de baixo custo e abundante, não sendo preciso conhecimento técnico especializado para ser executado.

FIGURA 02 – Elementos do Gabião Caixa.



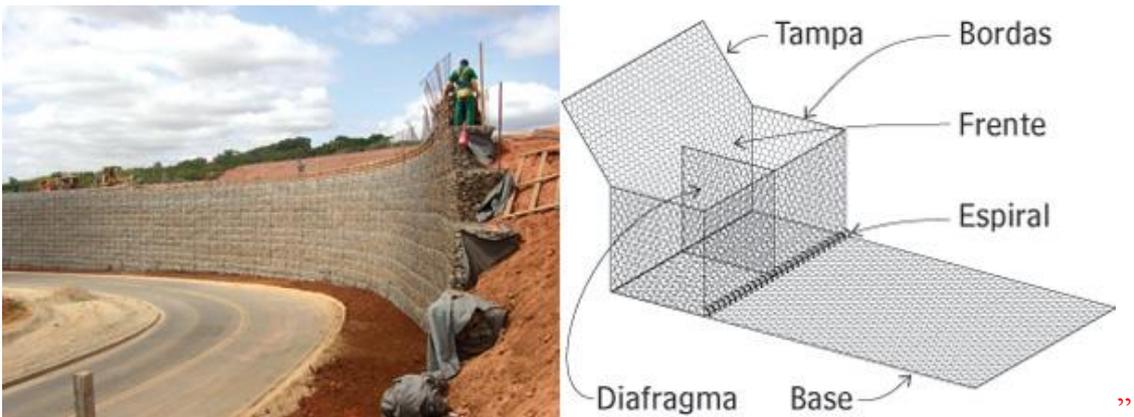
Fonte – MACCAFERRI (2001, p.17).

FIGURA 03 – Gabião Caixa.



Fonte – MACCAFERRI (2001, p.4).

FIGURA 04 – Gabião Caixa.



Fonte – MACCAFERRI (2001, p.4).

2.1.2 Gabião Saco

Nesse tipo de gabião, não são necessárias as amarrações, sendo utilizadas telas com revestimento de plástico, por estarem em constante contato com a água, evitando o desgaste por corrosão, uma vez que a sua manutenção apresenta dificuldade. O gabião saco é montado com único painel de malha com dupla torção, que tem arames com baixo teor de carbono, conforme FIG. 05.

Segundo Téchne (2006), devido ao seu contato direto e constante com a água, seja em rio ou córrego, o arame utilizado para fechamento das extremidades do gabião tipo saco, são em aço com liga Zinco/Alumínio e revestidos com material plástico, proporcionando uma vida

útil maior, e tornando eficientes para o uso em marinas, locais com água poluída, esgoto, quimicamente agressivos. O gabião saco não é montado no local, nem é preciso o recobrimento do terreno com geotêxtil. Para o seu enchimento, são utilizadas as laterais ou as extremidades, após o preenchimento com as pedras e o seu fechamento, são colocados nos locais previstos em projeto com a ajuda de equipamentos como guias, guindastes.

É utilizado como fundação de muros de gabiões em solos com baixa capacidade de suporte, ficando debaixo dos gabiões caixa, em obras emergenciais, ou quando a água não permite fácil acesso ao local, como em instalações subaquáticas, além de regularizar superfícies, para iniciar a montagem do gabião caixa por cima.

Atuam também como fundação para estruturas de contenção por gravidade em solos com baixa capacidade de suporte. Ao contrário dos demais, são montados e preenchidos no canteiro e posteriormente lançados no local definitivo por grua ou guindaste.

FIGURA 05 – Gabião Saco.



Fonte – MACCAFERRI (2001, p.1)

2.1.3 Gabião colchão

O gabião colchão ou colchão Reno formam estruturas de revestimento e destinam à contenção de taludes. As aplicações mais comuns são na proteção superficial de solos, em proteções hidráulicas e em obras de canalização.

São estruturas com formato retangular, com grande área e pequena espessura, com malha hexagonal de dupla torção e com arames de baixo teor de carbono revestidos com uma camada de material plástico, sendo indicados na construção de revestimentos para canais, barragens de solo e outros. Drenantes e flexíveis, mantém permeável as superfícies do local instalado, possibilitando também a recuperação das áreas verdes (CANHOLI, 2014).

FIGURA 06 – Gabião Colchão Reno.



Fonte – MACCAFERRI (2001, p.1).

2.2 Vantagens da escolha do gabião como contenção

Comparado com outros tipos de muro, o gabião tem como vantagens a facilidade na execução, o baixo impacto no ambiente, baixo custo e uma execução rápida das etapas construtivas. Além disso, o gabião tem como característica ser permeável, autodrenante, facilitando a passagem da água pelo solo, evitando problemas como ocorridos em muros de concreto, pelo acúmulo de água, caso o dreno não comporte a vazão.

O gabião normalmente é utilizado para pequenos e médios taludes, mas pode conter grandes alturas.

Ele é flexível, o que faz da estrutura se adaptar melhor aos movimentos do solo, recalques e acomodações que vierem a ocorrer. Para prolongar a duração dos arames, estes passam por um processo de zincagem pesado, às vezes possuem um revestimento em material plástico, ganhando mais resistência contra corrosões, aumentando sua vida útil.

A malha hexagonal é tecida em dupla torção, conforme exigido na NBR 10514 (Redes de aço com malha hexagonal de dupla torção, para confecção de gabões). Entrelaçados, distribuem melhor as tensões, contra uma eventual ruptura do arame (TÉCHNE, 2006).

2.3 Empuxo de Terra

Segundo Caputo (2012), empuxo de terra é a ação produzida pelo talude sobre as obras que estão em contato, gerado pelas pressões laterais que a estrutura sofre, devido ao peso próprio ou pelas sobrecargas aplicadas sobre ele, como tráfego de veículos e construções.

Com o deslocamento do solo, como por deslizamento, a terra por trás do aterro segue esse movimento e depois se estabiliza, exercendo um empuxo ativo (GUERRIN, LAVAUUR e LAUAND, 2003).

O valor do empuxo de terra e das tensões que são distribuídas pela contenção variam de acordo com o comportamento do solo e da estrutura juntas, a partir do corte e aterro. Esses deslocamentos empurram a estrutura para fora ou para dentro, empuxo ativo e empuxo passivo.

Nos muros de gravidade em gabião, que são flexíveis, permitem a deformação do solo para que sua resistência seja totalmente mobilizada, devendo ser dimensionados sob a ação do empuxo ativo (MACCAFERRI, 2001).

2.4 Aterro

Fator importante no comportamento da estrutura de contenção é o aterro. Deve ser feito de forma cuidadosa a evitar problemas como erosão, escorregamentos e recalques. A erosão seria a destruição da estrutura do solo e sua remoção, sobretudo pela ação das águas, os escorregamentos seriam as rupturas dos taludes e cortes de forma rápida, enquanto que os recalques seriam o assentamento dos aterros, prejudicando o que for construído sobre o aterro (MACCAFERRI, 2001).

Prever recalques é um dos pontos mais difíceis da Geotecnia, sendo que seus resultados devem ser utilizados como estimativas (VELLOSO e LOPES, 2010).

Segundo Maccaferri (2001), na execução de um aterro, após a execução do gabião, o solo deve se compactar em camadas de espessuras de acordo com o equipamento usado na obra (sapos, placas, rolos compactadores), utilizadas normalmente com até 25 cm ao longo de toda a superfície do aterro.

Aterros mal feitos, não compactados no lançamento podem sofrer recalques de forma brusca com as chuvas, por exemplo (GUERRIN, LAVAUUR e LAUAND, 2003).

De acordo com o Velloso e Lopes (2010), uma fundação sofre recalques imediatamente após o carregamento e continua um pouco com o decorrer do tempo. Esse recalque com o tempo ocorre pelo adensamento, migração da água dos poros, redução do índice de vazios.

Deve ser compactado, em faixas, em toda extensão, com cerca de 25 cm. O aterro deve ser feito à medida que o gabião for construído, camada sobre camada, sendo lançado e compactado.

2.5 Drenagem e influência da água

A água tem grande participação na estabilidade de uma estrutura de contenção, pois o seu acúmulo e uma falta de drenagem, podem fazer com o que o empuxo aumente.

Por ser característica drenante e permeável, as estruturas em gabiões não necessitam de sistemas específicos de drenagem, mas o aterro compactado deve ser considerado como um outro elemento estrutural, adotando os cuidados para se manter estável, pensando em sistemas de captação e condução das águas superficiais e/ou de percolação caso necessário.

As obras de drenagem são para captar e o direcionar as águas do escoamento superficial, assim como a retirada de parte da água de percolação interna do maciço de solo. A execução destas obras representa um dos procedimentos mais eficientes e mais utilizados na estabilização de todos os tipos de taludes, quando a drenagem é uma solução ou quando ela é um recurso a mais nas obras de contenção.

Segundo Maccaferri (2001), basicamente, com a drenagem é realizada a captação e escoamento das águas superficiais através de canaletas, valetas, sarjetas ou caixas de captação, para conduzir estas águas para um local apropriado. Com a drenagem nos muros de contenção, a chance de erosão do talude é minimizado, evitando problemas provocados por esses fenômenos. Problemas com drenagem são as causas mais comuns de instabilidades de contenções. No caso dos gabiões que são drenantes naturais, o empuxo hidrostático é aliviado por completo.

De acordo com a Maccaferri (2001), dessa forma, as linhas de fluxo da água não são alteradas e o impacto para a flora e fauna local é o menor possível. Os gabiões se integram rapidamente ao meio em que for construído, dando ao ecossistema uma recuperação quase que total, facilitando a aprovação desse tipo de muro por parte dos órgãos competentes.

2.6 Geotêxtil na estrutura de gabião

De acordo com a Maccaferri (2001), o geotêxtil é normalmente utilizado entre os gabiões e o material de aterro, servindo de uma defesa hidráulica, para que o solo não seja levado junto da água, evitando a erosão do talude. Deve ser manuseado com cuidado, para que não seja sujo por barro, graxa e que fique no tamanho adequado quando cortado, para que não comprometa sua permeabilidade.

Após colocado nas laterais do gabião, podem ser aproveitadas sobras do arame de amarração para fixar o geotextil, com uma sobreposição mínima de 0,30m no final de cada pedaço cortado, quando não costurado.

Essa aplicação da manta geotextil permite a passagem da água e evita o carreamento dos finos do solo por entre as pedras e uma possível erosão do talude (TÉCHNE, 2006).

2.7 Reforço, resistência ao cisalhamento dos solos e coeficientes de segurança

A resistência ao cisalhamento dos solos é o valor máximo que a tensão cisalhante pode chegar no interior do maciço sem que haja ruptura da estrutura do solo. Essa resistência é resultante do atrito entre as partículas do solo, que depende da tensão normal que age sobre o plano (MACCAFERRI, 2001).

Para realizar o reforço do solo, estende-se a tela metálica da tampa, da frente e da base por alguns metros, para fazer parte do reforço do solo aterrado, mantendo a mesma aparência externa, forma de preenchimento das caixas, de um gabião comum. Em vez de degraus, uma única coluna forma o muro. É indicado para formação ou recomposição de maciço.

Para estabelecer segurança contra a ruptura e contra a deformação excessiva são usados os estados limites nos projetos de estruturas. O critério de ruptura ou de plastificação do material é a lei que determina a resistência ao cisalhamento do solo, sendo um modelo matemático aproximado que relaciona a resistência ao estado de tensão atuante. Para os solos, o mais utilizado é o critério de Mohr-Coulomb, que estabelece uma relação entre a resistência ao cisalhamento e a tensão normal (TÉCHNE, 2006).

Os estados limites são de estado limite último, passando desse ponto se tem a ruptura da estrutura de contenção, enquanto que o estado limite de utilização é o máximo de deformação que a estrutura pode ter sem entrar em colapso, uma deformação aceitável. Os estados limites são determinados com base na resistência e na sollicitação do conjunto, estados além dos quais a estrutura não mais satisfaz à estabilidade de projeto, enquanto que os coeficientes de segurança são determinados como a relação entre a resistência total disponível e uma dada condição de colapso e a resistência que age contra esta condição. Os valores mínimos dos coeficientes de segurança global a serem satisfeitos pela estrutura são definidos com base na prática de projeto (MACCAFERRI, 2001).

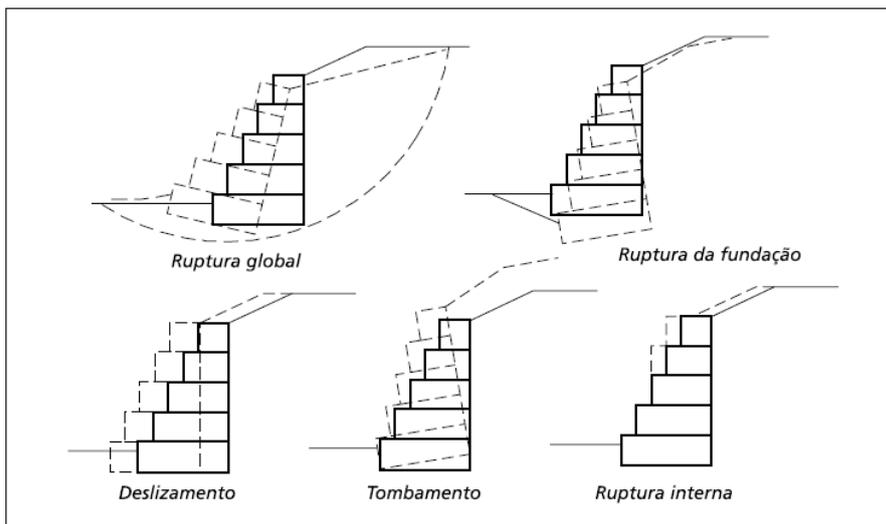
Os coeficientes de segurança para o gabião são o global e o parcial, sendo no caso do projeto de estruturas de contenção, os coeficientes de segurança global são mais utilizados. Coeficientes de segurança parcial são aplicados coeficientes de segurança no sentido de minorar

(no caso da resistência) ou majorar (no caso da solicitação) seus valores, aos parâmetros de resistência e de solicitação. Os estados limites obtidos com a utilização destes parâmetros modificados são impostos como condição limite para o estado atual da estrutura.

2.8 Tipos de ruptura

Existem diversos tipos de rupturas nas estruturas de contenção e é necessária a verificação da segurança para cada uma. No caso de muros de arrimo de gabiões, os tipos principais de ruptura que podem ocorrer são a ruptura global, a ruptura da fundação, o deslizamento, o tombamento e a ruptura interna, conforme FIG. 06.

FIGURA 07 - Tipos de ruptura de muros de gabiões.



Fonte – MACCAFERRI (2001, p.70).

No deslizamento sobre a base, a resistência do escorregamento na base e o empuxo passivo à frente da estrutura é insuficiente para conter o efeito do empuxo ativo atuante.

No tombamento, o peso próprio não é suficiente para conter o momento realizado pelo empuxo ativo.

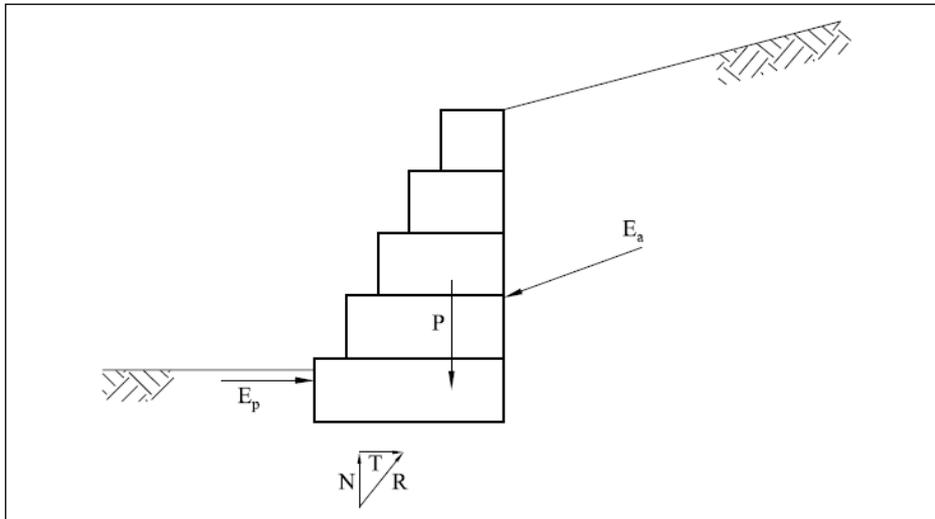
Na ruptura da fundação ou recalque excessivo, as pressões da estrutura sobre o solo de fundação são maiores que a sua capacidade de carga.

Na ruptura global ocorre o escorregamento ao longo da superfície de ruptura que contorna a estrutura de arrimo.

Na ruptura interna ocorre a ruptura das seções intermediárias entre os gabiões, que pode ocorrer tanto por escorregamento como por excesso de pressão normal (MACCAFERRI, 2001).

Algumas das forças que atuam sobre a estrutura são o peso próprio, empuxo ativo e passivo, como mostrado na figura abaixo.

FIGURA 08 - Forças que atuam sobre a estrutura de arrimo.



Fonte – MACCAFERRI (2001, p.71).

O esforço do solo que ocorre sobre a estrutura de contenção é o Empuxo Ativo, o Empuxo Passivo é o contrário (MACCAFERRI, 2001), conforme FIG. 07.

Segundo Fernandes (2011), quando se trata de muros de gravidade, o movimento do muro também ocorre por causa da sua fundação, que recebe uma força pelo próprio peso da estrutura, que levam a assentamentos.

Os contrafortes nos gabiões criam caminhos para o escoamento da água de forma mais rápida, pela infiltração ou elevação do lenço freático, melhorando a drenagem do muro, proporcionando alívio das pressões hidrostáticas, diminuindo a possibilidade de plastificação do solo.

De acordo com a Maccaferri (2001), aumentando a área de contato com o solo, os contrafortes agem como uma ancoragem para o muro, favorecendo a estabilidade contra o deslizamento, tombamento e nas pressões na fundação. Os gabiões unidos entre si, formam uma estrutura monolítica, por trabalharem juntas. Com os contrafortes elas ganham ainda mais rigidez, diminuindo as chances de deformações, mesmo em solos de baixa capacidade de suporte.

2.9 Material de enchimento

Nos gabiões normalmente são usados pedras britadas como material de enchimento, para que o seu peso e características cumpram as exigências técnicas, funcionais e de durabilidade necessária para a obra.

Para o enchimento das gaiolas, as dimensões das pedras deve ser de 1,5 e 2 vezes a dimensão da malha, para evitar a saída das pedras pelo vão, podendo ser usadas pedras fora destas limitações sempre que autorizado pelo engenheiro responsável.

2.10 Análise de estabilidade de taludes

Como o gabião é uma estrutura flexível e o talude instável, essa característica de acomodação da estrutura sem que haja ruptura ou fissuramento torna-o viável.

Segundo Téchne (2006), é geralmente escolhido para taludes médios, apesar de ser possível para menores ou maiores alturas, sendo utilizado para qualquer tipo de solo. Deve ser analisado em primeiro lugar a estabilidade global, para que se verifiquem as condições atuais da estabilidade do talude. Em seguida, dimensionam-se as estruturas de contenção.

Segundo Massad (2010), o solo se rompe bruscamente, sem se deformar, o que leva a preocupação com sua estabilidade.

Para fazer uma análise da estabilidade dos taludes e projetar o gabião de forma correta, pode ser utilizado o programa chamado *GawacWin*.

Para que se verifique a estabilidade no muro de arrimo de gabião existe o *GawacWin*, programa da Maccaferri, que analisa os empuxos que atuam na estrutura, assim como as verificações quanto ao deslizamento, tombamento, tensões e estabilidade global.

Conforme a FIG. 09, ao iniciar o programa inserimos os dados do muro de gabião, indicando a inclinação do muro para dentro do talude, o peso específico da rocha, a porosidade ou número de vazios, se utiliza ou não o geotêxtil e quanto ele reduz o atrito entre as partículas do solo com o muro. Isso tudo de acordo com o projeto e escolha do projetista.

Na FIG. 10 é incluído as dimensões do gabião, largura, altura e comprimento de cada camada, traçando então o perfil do muro.

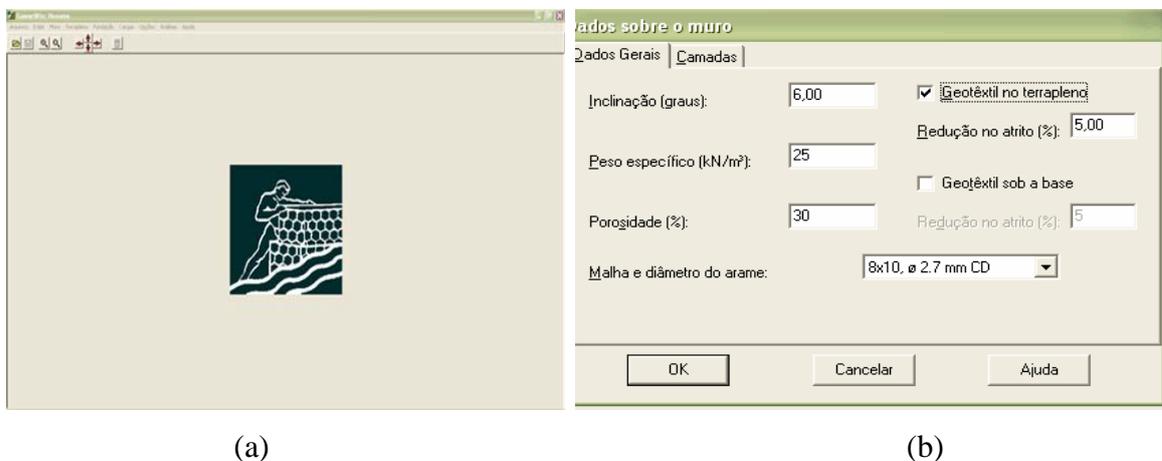
Na FIG. 11, os dados são da fundação, a profundidade que o gabião entra no solo, o peso específico do solo no local, coesão de acordo com o material, se é silte, argila. Assim como a sobrecarga, caso tenha, como estradas ou construções em cima do aterro.

Na FIG. 12, após inserir todos os dados é iniciado a análise da estabilidade, o programa traça o perfil do muro de gabião, apresentando as forças atuantes.

Na FIG. 13 é apresentado um relatório com os dados inseridos para análise e conferência.

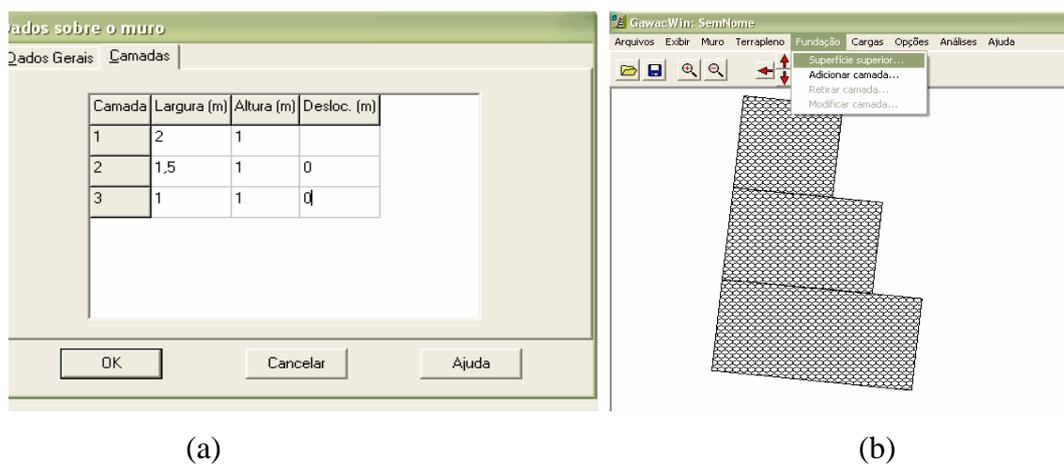
Na FIG. 14 o programa lança os dados, coeficientes de segurança, a tensão na base, esquerda e direita, a máxima tensão admissível, cabendo ao engenheiro a análise dos dados e então confirmar a execução da obra.

FIGURA 09 – (a) Tela inicial do Programa *GawacWin* e (b) Dados do muro de gabião.



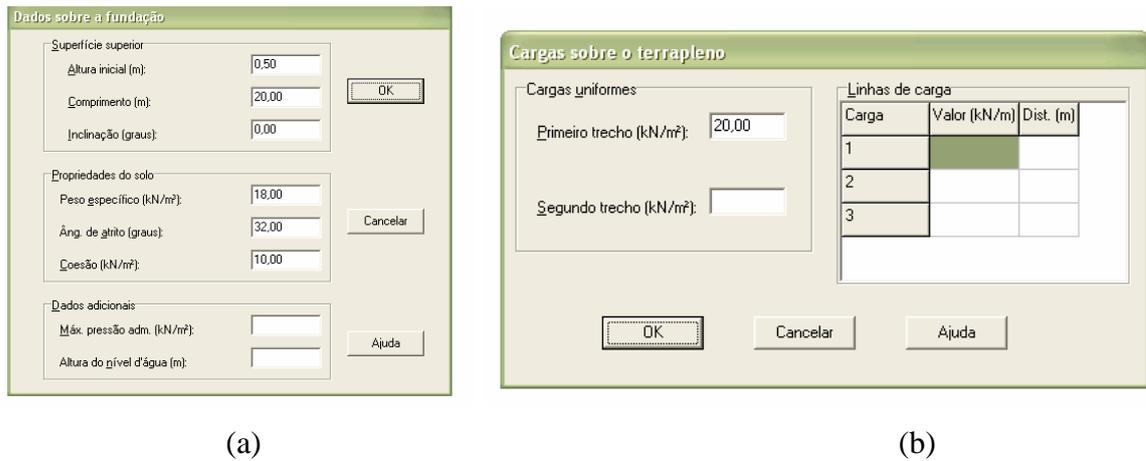
Fonte – MACCAFERRI (2002, p. 3)

FIGURA 10 – (a) Dimensões do gabião e (b) Dados do solo, tensão, inclinações, entre outros.



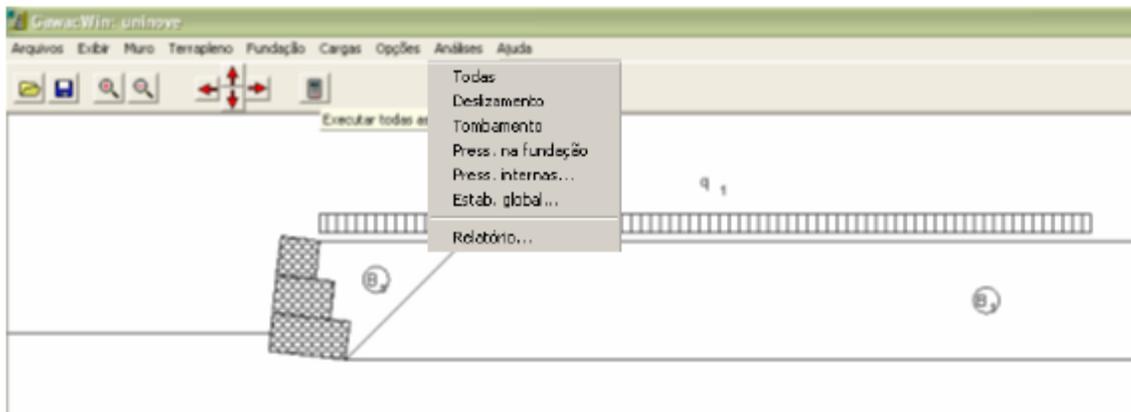
Fonte – MACCAFERRI (2002, p. 4)

FIGURA 11 – (a) Ainda inserindo dados e (b) Cargas submetidas, distribuídas ou pontuais.



Fonte – MACCAFERRI (2002, p. 4)

FIGURA 12 – Início da verificação de estabilidade.



Fonte – MACCAFERRI (2002, p. 6)

FIGURA 13 – Relatório com os dados inseridos e os coeficientes de segurança.

Relatório de Análises

Fechar Imprimir... Anterior Seguinte

GawacWin 1.0 **Página 1**

Programa licenciado para: Maccaferri

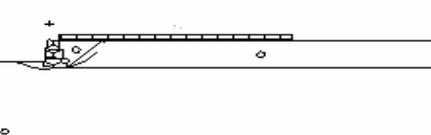
Projeto: Uninove Data: 9/5/2008

Arquivo: uninove

DADOS DE ENTRADA

Dados sobre o muro

Inclinação do muro	: 6,00 graus	Camada	Compr.	Altura	Início
Peso específico da pedra	: 25,00 kN/m ³		m	m	m
Porosidade dos gabões	: 30,00 %	1	2,00	1,00	-
Geotêxtil no terrapleno	: Sim	2	1,50	1,00	0,00
Redução do atrito	: 5,00 %	3	1,00	1,00	0,00
Geotêxtil sob a base	: Não				
Redução do atrito	: %				
Malha e diâm. do arame:	8x10, ø 2.7 mm CD				



Dados sobre o terrapleno

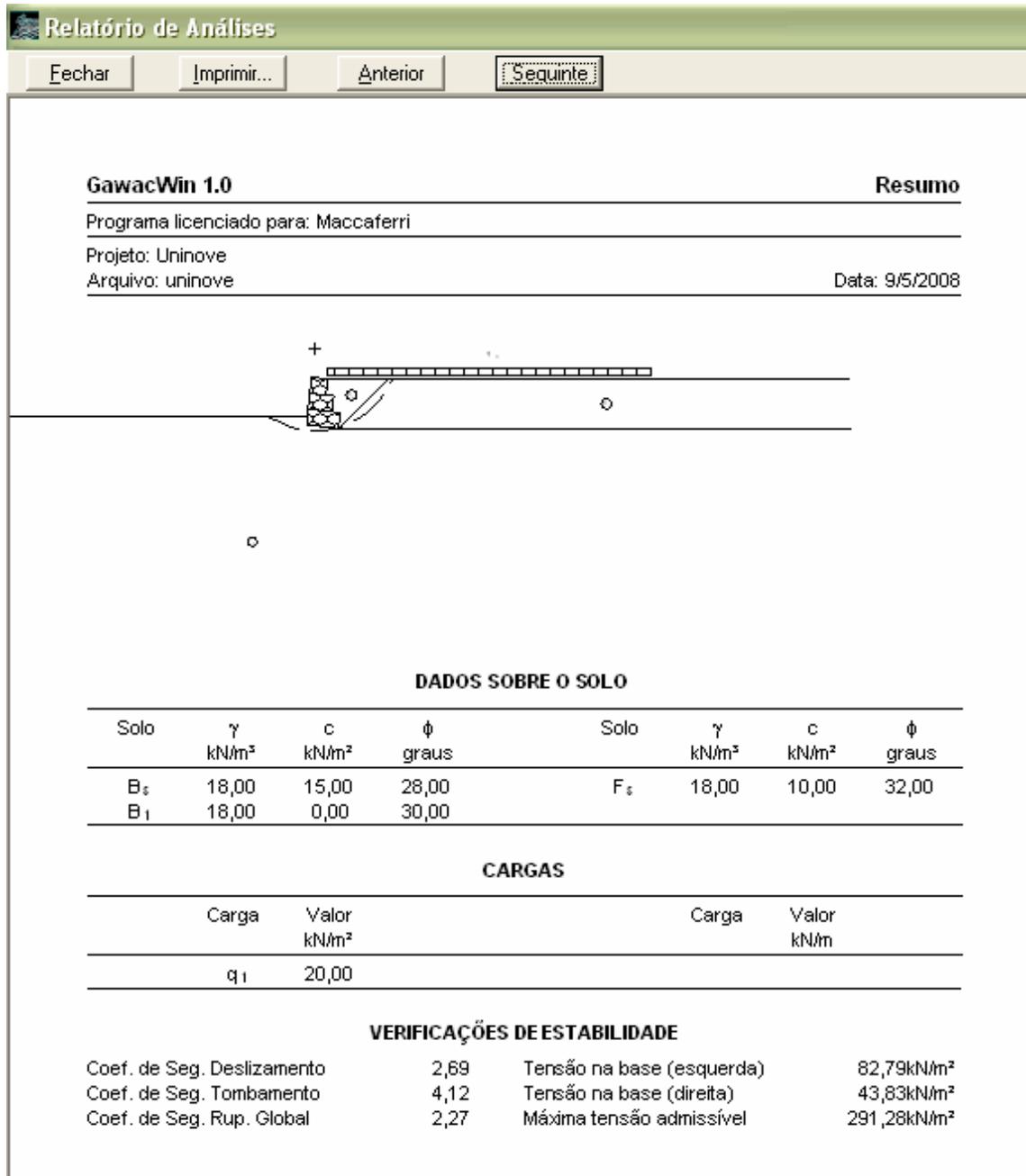
Inclinação do 1° trecho	: 0,00 graus
Comprimento do 1° trecho	: 20,00 m
Inclinação do 2° trecho	: 0,00 graus
Peso específico do solo	: 18,00 kN/m ³
Ângulo de atrito do solo	: 28,00 graus
Coesão do solo	: 15,00 kN/m ²

Camadas Adicionais no Terrapleno

Camada	Altura inicial m	Inclinação graus	Peso específico kN/m ³	Coesão kN/m ²	Ângulo de atrito graus
1	-0,20	45,00	18,00	0,00	30,00

Fonte – MACCAFERRI (2002, p. 7)

FIGURA 14 – Relatório resumo com os dados inseridos e os coeficientes de segurança.



Fonte – MACCAFERRI (2002, p. 8)

2.11 Nível e Preparação da Fundação

Para aumentar a resistência ao deslizamento, a estrutura do gabião deve ser engastada com uma profundidade de no mínimo 30 cm, além de retirar assim uma camada superficial de um solo orgânico, que não é indicado para fundação. Para melhorar a capacidade de suporte do solo de fundação, deve ser espalhado pedras sobre o solo, como preparo da fundação, nivelando o terreno, para então iniciar a colocação dos gabões (MACCAFERRI, 2001).

2.12 Execução

Todo cuidado deve ser tomado em uma execução de obra de engenharia, mesmo nas mais simples, pois a taxa de acidentes pessoais e mortes é muita alta (PEURIFOY, 2015).

Em uma obra de gabião, pode ser combinado os três tipos de gabiões na mesma estrutura, com suas pedras arrumadas manualmente, de modo que fique o menor número possível de vazios.

Para a sua execução, após montar a gaiola de malha, preenche-se uma primeira camada de pedras, organizadas manualmente, com 1/3 da altura do gabião, para gabiões com altura de 1 m ou de 0,5 m. Os sarrafos dos gabaritos ajudam a indicar essa altura visualmente, então são esticados tirantes cruzando a caixa, sem esticar demais para evitar deformar a parede da caixa, repetindo até completar a gaiola. Esse preenchimento das caixas dos gabiões deve ser de forma manual e não jogando as pedras com uma pá carregadeira ou retroescavadeira, pois é preciso que elas sejam espalhadas de forma a ficar o mais distribuído possível, com o menor número de vazios, que é de cerca de 30% (TÉCHNE, 2006).

Ao completar o gabião, as tampas são fechadas, passando o arame por todas as quinas para evitar que se soltem. Lembrando que é importante que as pedras utilizadas sejam cerca de três vezes o tamanho das malhas, para evitar que elas passem pelos furos da malha.

Em locais que estejam abaixo do nível de água é recomendado o uso do gabião tipo saco, aconselhando a compactação após o enchimento, para que fique todo regular.

Segundo a Téchne (2006), no gabião tipo caixa, pode haver a necessidade de argamassa na face externa para evitar atos de vandalismo, principalmente em áreas urbanas, onde podem ocorrer o corte de trechos das telas, esses casos pode ser preciso instalar drenos, através de canaletas ou similares.

Segundo NBR 10514 (EB 1804), os arames devem ter dupla torção, distribuindo melhor as tensões que atuam.

De acordo com a Maccaferri (2001), as dimensões dos gabiões caixa são padronizadas, com comprimento múltiplo de 1 m, variando de 1 m a 4 m, com exceção do gabião de 1,5 m, largura de 1 m e altura pode ser de 0,50 m ou 1,00 m.

Para os gabiões saco as dimensões também são padronizadas, com comprimento múltiplo de 1 m, variando de 1 m a 6 m e o diâmetro é sempre de 0,65 m.

Enquanto que para as dimensões dos colchões reno, de acordo com a (MACCAFERRI, 2001), o comprimento é múltiplo de 1 m, variando entre 3 m e 6 m, largura de 2 m, e sua espessura pode variar de 0,17 m, 0,23 m e 0,30 m.

Para se preencher, arrumar e fechar o gabião, os equipamentos básicos para esses serviços são uma pá, picareta, enxada, carrinho de mão, alicates e uma marreta. Utilizam-se também alguns equipamentos mecânicos como uma pá carregadeira, com retroescavação, sapos mecânicos, guindastes e caminhão basculante (TÉCHNE, 2006).

A execução do muro deve atender às especificações técnicas, as normas, às especificações e desenhos de projetos. Sendo o reaterro iniciado parcialmente a elevação do gabião ou após sua conclusão.

Para evitar deformações e deixar a frente do gabião mais plano, são utilizados gabaritos de madeira durante a execução. O dimensionamento das estruturas em gabiões é feito com base no comportamento estático, que considera a resistência ao tombamento, ao escorregamento, estabilidade global e às pressões na fundação. É preciso no mínimo uma sondagem de percussão para verificação das condições do terreno.

Em se tratando das estruturas convencionais, a forma de fazer o cálculo é bem semelhante, mas é na execução e os detalhes construtivos que diferenciam entre si.

Segundo a Téchne (2006), a seção e o posicionamento das caixas serão decididos com os ensaios, com a análise do terreno, sendo recomendado colocar as camadas de forma cruzada, para aumentar a estabilidade do conjunto. É aconselhável executar o gabião com uma inclinação de 10% para dentro do talude, desta forma com as deformações naturais de acomodação que ocorrer, o muro não fique inclinado para fora, passando a impressão de um projeto ou execução errado, mas esse valor depende do critério de cada projetista.

Também é recomendado que os degraus fiquem para o lado de dentro do terreno, para que o peso próprio do aterro atue na contenção, podendo aprofundar a estrutura cerca de 30 cm abaixo da linha do solo, aumentando assim o atrito ao encaixar no terreno (TÉCHNE, 2006).

2.13 Procedimentos importantes na execução

Deve ser executado de acordo com o projeto para garantir segurança ao local, respeitando as normas vigentes, sendo necessário levar em consideração a compactação do solo atrás da estrutura. Apesar de o muro em gabião ser de fácil execução, nem sempre levam em consideração a compactação do solo e sua influência na estabilidade dessa estrutura de contenção. Isso faz com que os resultados de segurança no projeto não sejam adequados, pois após compactar o solo, o mesmo cria tensões horizontais, o que eleva o empuxo, forçando o muro.

FIGURA 15 - Fardos de gabões e arames para amarração.

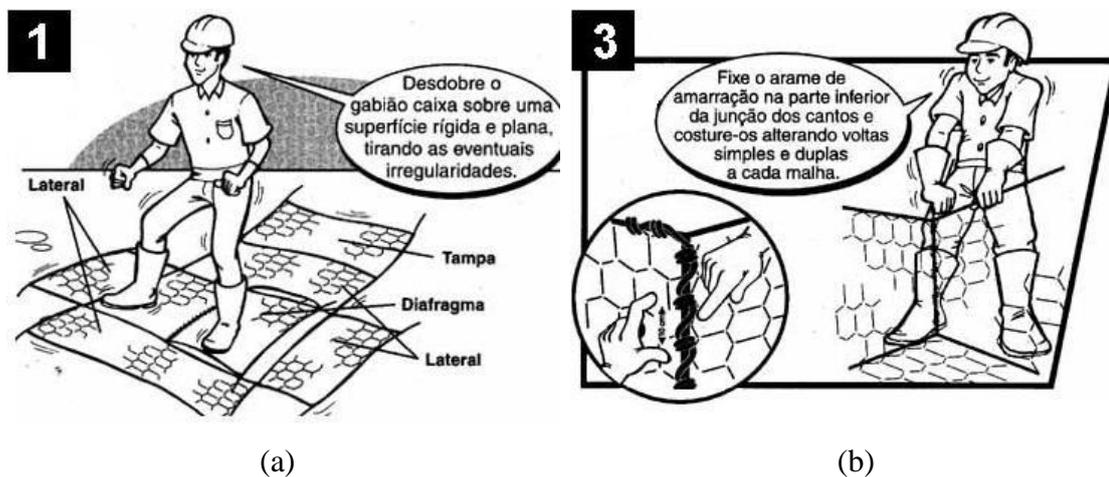


Fonte – MACCAFERRI (2001, p.5).

2.14 Passo a passo da execução dos gabões

De acordo com a Maccaferri (2001), para a montagem, as peças são levadas ao local da obra e desdobradas manualmente, sobre uma superfície rígida e plana, com os próprios pés, tirando todas as irregularidades, antes de serem preenchidas com as pedras, conforme FIG. 14.

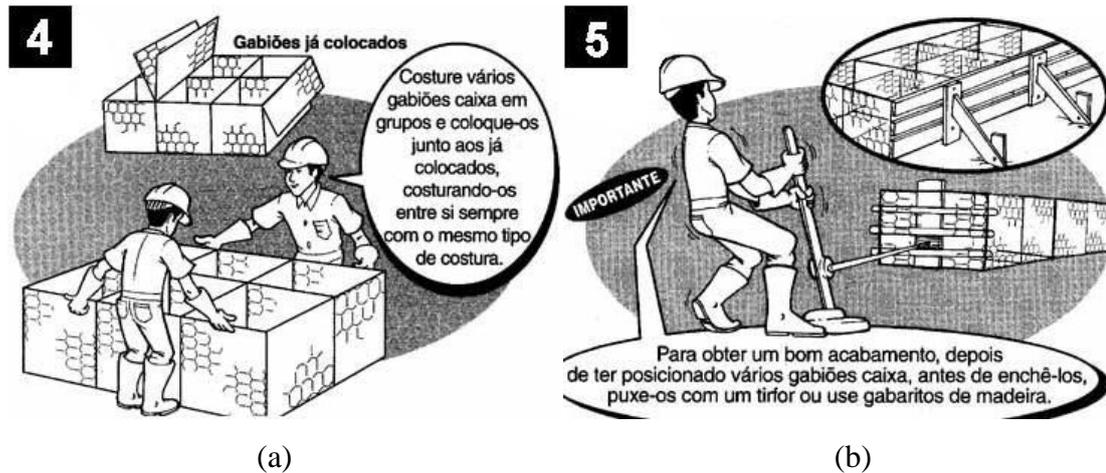
FIGURA 16 – (a) Preparação de um gabião tipo caixa e (b) Costura com o arame de amarração.



Fonte – MACCAFERRI (2001, p.6).

Para cada aresta de 1 metro de comprimento, são necessários aproximadamente 1,4m de arame. O arame deve ser passado através das malhas, unindo as bordas, para que resista aos esforços de tração que serão submetidos (MACCAFERRI, 2001).

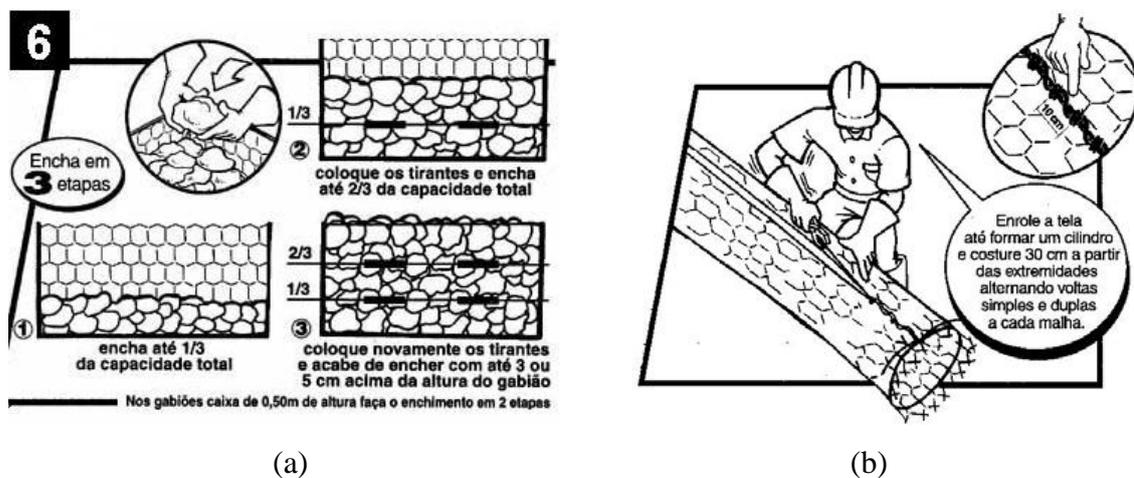
FIGURA 17 - (a) Gabiões antes de seu enchimento e (b) Detalhe da utilização do gabarito.



Fonte – MACCAFERRI (2001, p.7).

De acordo com a Maccaferri (2001), para garantir que a estrutura fique uniforme e com bom acabamento, devem ser utilizados gabaritos nas laterais do gabião.

FIGURA 18 – (a) Enchimento de um com 1m de altura e (b) Detalhe da amarração do tipo saco.

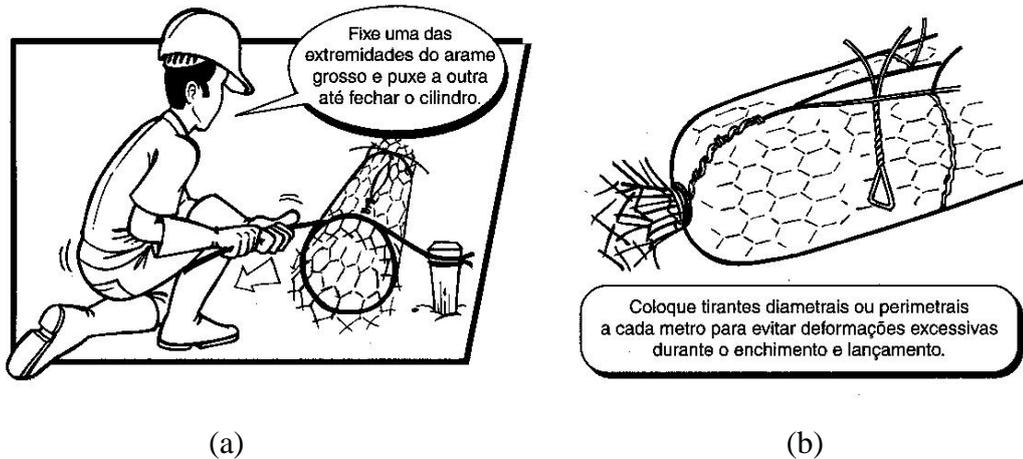


Fonte – MACCAFERRI (2001, p.9).

As pedras devem ser colocadas bem distribuídas para reduzir o índice de vazios (entre 30% e 40%), até alcançar aproximadamente 0,30m de altura, no caso de gabios com 1,0 metro de altura ou 0,25m para os de 0.50m de altura. Devem, então, ser colocados dois tirantes horizontalmente a cada metro cúbico (MACCAFERRI, 2001).

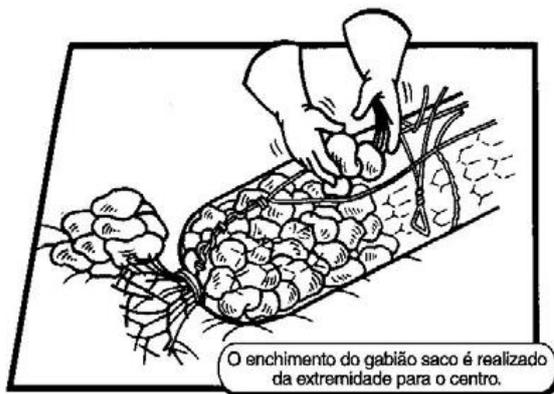
Segundo a Maccaferri (2001), para os gabios com 0,5 m de altura, preenche-se, inicialmente, até metade da altura da caixa, colocam-se os tirantes. Na medida do possível deve ser amarradas as bordas em contato com o gabião ao lado.

FIGURA 19 – (a) Amarração e fechamento das extremidades do saco e (b) Detalhe dos tirantes.



Fonte – MACCAFERRI (2001, p.12).

FIGURA 20 - Enchimento do gabião.



Fonte – MACCAFERRI (2001, p.13).

Depois de montados e preenchidos os gabiões devem ser colocados no local projetado, levantado horizontalmente e transportado, sem movimentos bruscos (MACCAFERRI, 2001).

2.15 Medição do gabião

Conforme os passos anteriores a medição das etapas concluídas é por metro cúbico (m^3) para os gabiões caixa e saco e para o colchão reno o metro quadrado (m^2) de serviço executado.

2.16 Exemplo de uma obra de um muro de gabião realizada no município de Ubá – MG

Na FIG. 21 (a) é apresentado o local onde ocorreu o desmoronamento de terra, início do trecho onde será construído o gabião, enquanto que na FIG. 21 (b) é o trecho final da obra.

Na FIG. 22, as obras iniciadas com a preparação do terreno pela retro escavadeira e o início da montagem dos gabiões, com o gabião saco já instalado e subindo o gabião caixa acima.

Na FIG. 23 é possível ver a ensecadeira ao lado do gabião, que é a área onde isola o rio, com um monte de terra, para que possam trabalhar sem que a água atrapalhe o serviço. Toda vez que a água começar a preencher o local, deve ser bombeada para fora novamente. Também é possível ver os sarrafos de madeira, que fazem com que a fachada do gabião fique o mais plano possível.

Na FIG. 24, parte do gabião está quase completa, podendo ser visto o geotextil entre o gabião e o aterro, que foi sendo executado camada por camada, junto do gabião e compactado dessa forma.

Na FIG. 25, o gabião já quase concluído, chegando ao final do trecho previsto em projeto, com 5 metros de altura e sendo unido ao gabião antigo da ponte existente.

Na FIG. 26 é possível ver o gabião pronto e o aterro ao lado concluído, com a canalização da rua passando por ele e sendo jogado no rio.

Na FIG. 27, o gabião está concluído, com o passeio acima e guarda corpo. É possível ver que após pronto, ele se entrega rapidamente ao meio ambiente, com a vegetação cobrindo o gabião, o que torna uma opção vantajosa por ajudar a preservar a fauna e flora do local.

FIGURA 21 – (a) Local do desmoronamento de terra e (b) Local da obra.



(a)

(b)

Fonte – FOTO CEDIDA PELA PREFEITURA DE UBÁ (2014).

FIGURA 22 – (a) Início do desaterro e (b) Início do trecho do gabião.



(a)

(b)

Fonte – FOTO CEDIDA PELA PREFEITURA DE UBÁ (2014).

FIGURA 23 – (a) Gabião de perfil e (b) Gabião sendo erguido no início do trecho.



(a)

(b)

Fonte – FOTO CEDIDA PELA PREFEITURA DE UBÁ (2014).

FIGURA 24 – (a) Enchimento do gabião e (b) Gabião quase pronto, com manta geotêxtil.



(a)

(b)

Fonte – FOTO CEDIDA PELA PREFEITURA DE UBÁ (2014).

FIGURA 25 – (a) Enchimento do gabião e (b) Gabião sendo unido ao antigo gabião da ponte.



(a)

(b)

Fonte – FOTO CEDIDA PELA PREFEITURA DE UBÁ (2014).

FIGURA 26 – (a) Tubulação do bueiro da Rua passando no gabião e (b) Gabião quase pronto.



(a)

(b)

Fonte – FOTO CEDIDA PELA PREFEITURA DE UBÁ (2014).

FIGURA 27 – (a) Gabião pronto e (b) Gabião visto da rua, obra pronta.

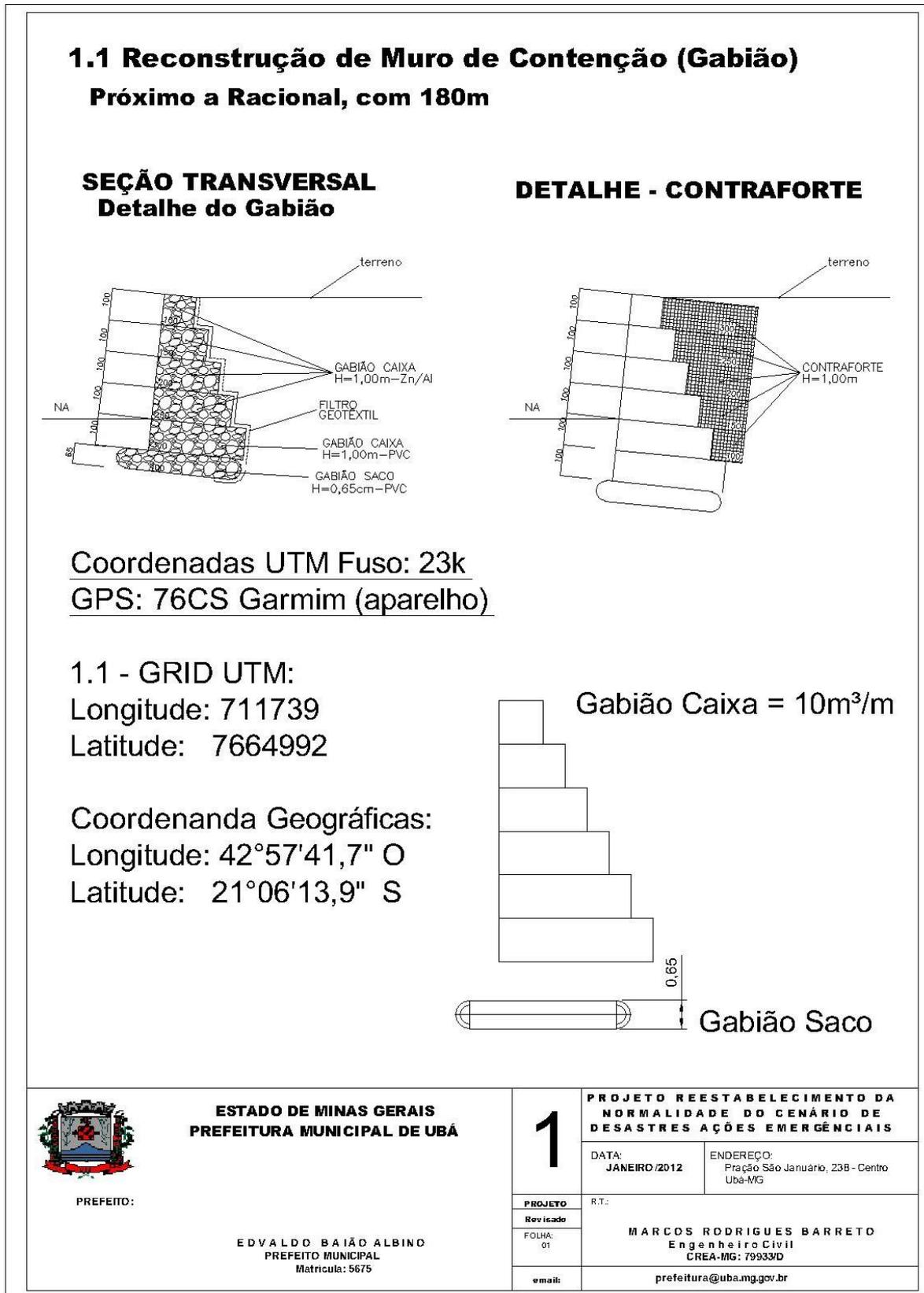


(a)

(b)

Fonte – FOTO CEDIDA PELA PREFEITURA DE UBÁ (2014).

FIGURA 28 – Exemplo de um Projeto de Muro de Gabião Executado na Beira Rio da Prefeitura Municipal de Ubá MG.



3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as vantagens apresentadas, a sua característica drenante torna-o muito utilizado para contenção e recomposição de margens de rios, córregos, rodovias, ou em pé de taludes em áreas urbanas.

A grande disponibilidade de materiais para sua construção faz do gabião, comparado com os outros tipos de muros de contenção, ser um método construtivo com baixo custo, sem a necessidade de concretagem, grampos, ferragens, que demandam a terceirização de empresas para sua execução.

Este tipo de obra tem baixo impacto construtivo e ambiental, pois além de ter maior velocidade, a execução é feita por etapas. Assim, em margens de rios e córregos uma imprevisível variação brusca do nível d'água não interfere nem prejudica uma etapa já concluído do muro. Nos períodos de cheias, o muro pronto permite a infiltração das águas nos terrenos às suas margens, e por ter vazios em sua composição, facilita o crescimento de vegetação e uma recomposição de margem mais ecológica.

Essas características positivas do método construtivo do gabião, faz com que sua utilização tenha crescido no país e principalmente no município de Ubá, visto que a prefeitura fez recentemente uma licitação para construção de mais quatro muros nas margens do rio Ubá.

De acordo com o trabalho exposto, dentre os tipos de muros de contenção de taludes existentes, o gabião é considerado a melhor opção para margens de rios e córregos no município de Ubá – MG, pela disponibilidade de materiais para sua execução, com pedreiras próximas para fornecimento das pedras, mão de obra disponível e a facilidade na execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8964 (EB 1562)**. Arame de aço de baixo teor de carbono, zincado para gabiões, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11672 (NB 1315)**. Estabilidade de taludes, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10514 (EB 1804)**. Redes de aço com malha hexagonal de dupla torção, para confecção de gabiões, 2007.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas. Disponível em: www.abnt.org.br > Acesso em: 10 out. 2015.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Livros Técnicos e Científicos Editora, v. 2, 2012.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações** – Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1974.

CARVALHO, Pedro et al. **Manual de geotecnia: taludes de rodovias**. Orientação para soluções de seus problemas. São Paulo, Publicação IPT, n. 1843, 1991. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/MarlonDrygalla/manual-de-geotecnia-taludes-de-rodovias-der>. Acesso em: 01 out. 2015.

DER: LOTURCO, Bruno et al. Gabiões. Departamento de Estradas de Rodagem. Secretaria de Transportes. 108. ed, p. 05, mai. 2006. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/108/artigo287069-1.aspx>. Acesso em: 03 out. 2015.

FARRELLY, Lorraine. **Fundamentos de arquitetura**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERNANDES, Manuel de Matos. **Mecânica dos Solos: Introdução à Engenharia Geotécnica**. São Paulo: Norprint FEUP edições. V. 2, 1. ed, 2011.

GUSMÃO FILHO, Jaime. **Desempenho de obras geotécnicas**. Recife : Ed. Universitária da UFPE, 2006. Disponível em:<<https://books.google.com.br/books?id=SojnXgiyl2EC&pg=PA234&dq=gabi%C3%A3o&hl=pt-BR&sa=X&ved=0CFEQ6AEwB2oVChMI4ODT7-XiyAIVQ4GQCh12mAFz#v=onepage&q&f=false>> Acesso em 29 set. 2015.

GUERRIN, A.; LAVAUUR, Roger C.; LAUAND, Carlos Antonio. **Muros de arrimo e contenção: Tratado de concreto armado**. São Paulo: Hemus Livraria. V. 6, 2003.

JOPPERT, Ivan et al. Como Contratar Muros de Gabião. **Revista Construção**. São Paulo, Edição 154 - Maio/2014. Disponível em:< <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/154/como-contratar-muros-de-gabiao-310995-1.aspx>>. Acesso em: 05 out. 2015.

MACCAFERRI. **Gabiões maccaferri**. Publicação editada pelo departamento técnico da S.pa.a OFFICINE MACCAFERRI, 2001.

MACCAFERRI. **Gawacwin 2.0: guia para elaboração de projetos do gawac**. Publicação editada pelo departamento técnico da S.pa.a OFFICINE MACCAFERRI, ago. 2002.

MACCAFERRI. **Manual instalação – Gabiões e Colchões Reno**. Publicação editada pelo departamento técnico da S.pa.a OFFICINE MACCAFERRI, 2001.

MACCAFERRI. **Obras de contenção: manual de técnico**. Publicação editada pelo departamento técnico da S.pa.a OFFICINE MACCAFERRI, ago. 2005.

MACCAFERRI. **Soluções hidráulicas: proteção e ou contenção de margens**. Publicação editada pelo departamento técnico da S.pa.a OFFICINE MACCAFERRI, ago. 2012.

MACCAFERRI. **Solução: contenção e revestimento de margens**. Publicação editada pelo departamento técnico da S.pa.a OFFICINE MACCAFERRI, jun. 2006.

MARZIONNA, J. D.; MAFFEI, C. E. M.; FERREIRA, A. A.; CAPUTO, A. N.. **Análise, projeto e execução de escavações e contenções. Fundações: Teoria e prática.** São Paulo: PINI, p.537-279, cap. 15, 1998.

MASSAD, Façal. **Obras de terra, curso básico de Geotecnia.** 2. ed. Oficina de Textos, 2010.

MASSAD, Façal. **Obras de terra: curso básico de Geotecnia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

MOLITERMO, Antônio. **Caderno de Muros de Arrimo.** São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1980.

PEURIFOY, R. L. et al. **Planejamento, equipamentos e métodos para construção civil.** 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

RANZINI, S.M.T.; NEGRO, A.J.: **Obras de contenção:** tipos, método construtivos, dificuldades executivas. **Fundações: Teoria e prática.** São Paulo: PINI, p.497-515. Cap. 13. 1998.

SOLOCONSULT, **Memória de cálculo do muro em gabiões,** MC-SP-274.041.058-000-G19/001. Projeto apresentado para DER-Departamento de Estradas de Rodagem, 2002.

TÉCHNE. **Revista Técnica:** LOTURCO, Bruno et al. Gabiões. São Paulo, ed. 108, mar. 2008. Disponível em:< <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/108/artigo287069-1.aspx>>. Acesso em: 05 out. 2015.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações:** critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.