



**MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DE DESLIZAMENTO DE SOLO E
TÉCNICAS DE PREVENÇÃO NO MUNICÍPIO DE BRAGANÇA PAULISTA COM
CÁLCULOS DETALHADOS PARA APLICAÇÃO DE MURO DE ARRIMO DE
GABIÃO**

*MAPPING SOIL SLIDING RISK AREAS AND PREVENTION TECHNIQUES IN THE CITY
OF BRAGANÇA PAULISTA WITH DETAILED CALCULATIONS FOR APPLICATION OF
GABION RETAINING WALL*

PINTO, Raquel¹; MAGDALENA, Rafael²; BEATI, André;

¹Graduada do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade São Francisco;

²Professores do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade São Francisco.

raquelsilp@hotmail.com

RESUMO. O aumento populacional vem acarretando em ações antrópicas cada vez mais irresponsáveis intensificando a fragilidade do planeta. Por meio de técnica, o ser humano usa o conhecimento que tem da natureza a favor de seus próprios interesses, mas nem sempre atua de forma a respeitar o equilíbrio natural, provocando dessa forma a degradação ambiental. Essa interferência de caráter irresponsável somado as intempéries naturais resultam em desastres ambientais. Um fato que vem chamando a atenção é o aumento do registro de deslizamento de solo, geralmente em áreas habitadas inadequadamente, gerando impactos ambientais, sociais, econômicos e, infelizmente, perda de vidas. Na busca por conhecer as fragilidades e potencialidades de um local, este artigo trata-se da realização de um levantamento de áreas de risco no município de Bragança Paulista que já tenham registro de ocorrência ou que sejam suscetíveis a deslizamento de solo com características indicadas a receberem a aplicação de métodos de contenção que atendam aos objetivos de minimização do risco. Após uma triagem das informações, uma área de risco foi indicada para estudo aprofundado da técnica considerada eficiente para minimização do risco: muro de arrimo de gabião. Os cálculos realizados nesta etapa contribuíram para a geração de uma apostila resumida, mas detalhada, dos cálculos a fim de auxiliar outros estudantes.

Palavras-chave: contenção de solo, deslizamento, minimização, áreas de risco.

ABSTRACT. The increase in population has led to increasingly irresponsible human actions intensifying the fragility of the planet. By means of technique, the human being uses the knowledge that he has of the nature in favor of his own interests, but does not always act in a way to respect the natural balance, thus provoking the environmental degradation. This irresponsible interference added to natural weather results in environmental disasters. One fact that has come to our attention is the increase of soil slip, usually in inadequately inhabited areas, generating environmental, social, economic and, unfortunately, loss of life. In the search to know the weaknesses and potentialities of a place, this article is about the accomplishment of a survey of risk areas in the municipality of Bragança Paulista that already have record of occurrence or that are susceptible to landslide of characteristics indicated to receive the application of containment methods that meet the objectives of risk minimization. After a screening of the information, a risk area was indicated for an in-depth study of the technique considered efficient for risk minimization: gabion retaining wall. The calculations

performed at this stage contributed to the generation of a brief but detailed handout of calculations to assist other students.

Keywords: soil containment, slippage, minimization, risk areas.

INTRODUÇÃO

Segundo informação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – em sua última atualização, 2015, foi constatado que cerca de 84,72% da população brasileira reside em área urbana. Tal adensamento ocasionou na urbanização desordenada: moradias em locais impróprios, irregulares, sem infraestrutura e de risco. O crescimento acelerado e desordenado de algumas cidades contribui para o aumento destas áreas no município (GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

Caracteriza-se como área de risco um local impróprio para moradia por estar sujeito a ações da natureza ou antrópicas como: locais próximos a margens de rios – Áreas de Preservação Permanente ou Mata Ciliar – sujeito a inundação, encostas de morro com risco de deslizamento, áreas com deficiência de drenagem com possibilidade de ocorrência de alagamento, locais próximos a florestas com risco de incêndio, entre outros (PINEDO, 2007).

A fiscalização ineficiente de governos locais bem como a falta de conscientização e perspectiva de risco da comunidade contribuem para o aumento de moradias em áreas com risco, principalmente, de deslizamento de solo.

Segundo Tominaga (2009, p.27) “o deslizamento de solo é um processo caracterizado natural no qual ocorre movimento de solo, rocha e/ou vegetação sob ação que pode sofrer influencia de outro meio como a água: infiltrações e precipitação pluviométrica”.

Os dados apresentados pelo Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2012) são preocupantes: de 1991 a 2012, 388 municípios apresentaram um total de 699 ocorrências de deslizamento de solo totalizando 535 mortes. Na região Sudeste, 305 municípios registraram 558 ocorrências de deslizamento totalizando 3.980.016 pessoas afetadas e 525 mortes. Apenas no estado de São Paulo, 93 municípios registraram 165 ocorrências no mesmo período. A Figura 1 expõe a crescimento de ocorrências registradas de 1991 a 2012.

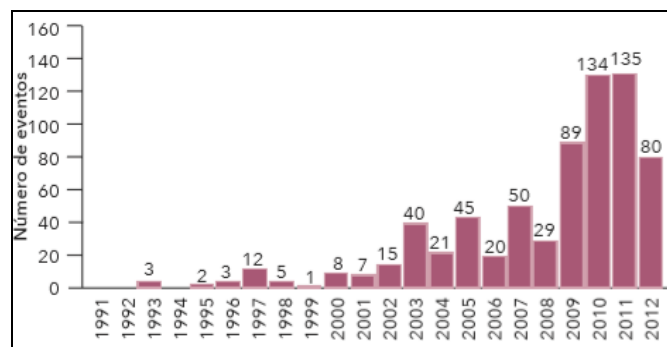


Figura 1 - Frequência de deslizamento de solo no Brasil de 1991 a 2012
(Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais)

No ano de 2007 o Ministério das Cidades em conjunto com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT - padronizaram as áreas de risco em três níveis: R1 risco baixo, R2 gravidade média, R3 risco alto e R4 risco muito alto. Os critérios utilizados para definição estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Graus de risco e critérios para definição

Grau de Risco	Descrição
R1 Baixo	<p>1- Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos;</p> <p>2- Não há indícios de desenvolvimento de processos destrutivos em encostas e em margens de drenagens. É a condição menos crítica;</p> <p>3- Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de um ciclo chuvoso.</p>
R2 Médio	<p>1- Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos;</p> <p>2- Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s);</p> <p>3- Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.</p>
R3 Alto	<p>1- Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos;</p> <p>2- Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.);</p> <p>3- Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.</p>
R4 Muito Alto	<p>1- Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos;</p> <p>2- As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação ao córrego, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. É a condição mais crítica;</p> <p>3- Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.</p>

Fonte: CANIL et al. 2004; CERRI et al. 2004; MACEDO et al. 2004; CERRI, 2006; CERRI et al., 2007 apud VALÉRIO, 2014

Uma das ferramentas que podem ser adotadas para a mitigação desses eventos é o mapeamento das áreas de risco, delimitando e identificando possíveis locais que possuem maior probabilidade de ocorrência do fenômeno de deslizamento, podendo contribuir para a adoção de políticas públicas para o uso e ocupação do solo, ou no emprego de um plano de gerenciamento de risco (MEDEIROS, 2005).

O presente trabalho teve por objetivo ser capaz de identificar e analisar as áreas de risco de deslizamento de solo no município de Bragança Paulista, bem como verificar quais os métodos efetivos de prevenção ou de contenção do solo e realizar um estudo de caso envolvendo a aplicação teórica do método de contenção escolhido baseado em cálculos matemáticos.

METODOLOGIA

Para que se possa ter uma dimensão da problemática envolvendo deslizamento de solo nos municípios o instrumento de maior eficiência é o mapeamento. Este mapeamento se dá através de localização via satélite e visitas locais. A partir de então, se inicia o mapeamento com suas respectivas dimensões. Para este projeto, realizou-se primeiramente, visitas em locais divulgados por jornais impressos ou por meio eletrônico, que sofreram deslizamento de solo ou que estão suscetíveis a essa ocorrência. Com as visitas, registraram-se fotograficamente os locais, calcularam-se suas dimensões e buscou-se referenciá-los utilizando o serviço de pesquisa *google maps* a fim de obter imagens amplas. Utilizou-se também, um levantamento/diagnóstico realizado em dezembro de 2012 pelo Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Serviço Geológico do Brasil – CPRM e Departamento de Gestão Territorial - DEGET referente a uma Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Inundação e Movimentos de Massa no Município. Esse levantamento contribuiu com informações técnicas e detalhadas sobre algumas áreas identificadas em visitas locais. Após a realização das vistas iniciou-se a tabulação e análise dos dados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as visitas locais e pesquisas bibliográficas, foram diagnosticados algumas áreas com risco de deslizamento de solo. Essas áreas foram filtradas considerando como critério de escolha o seu grau de risco e número de pessoas atingidas. Com isso, quatro áreas foram destacadas sendo:

- Área 1 – localização: 22°55'42.4"S 46°32'01.9"W - Jardim Morumbi - Rua Alziro de Oliveira: talude de com aproximadamente 8 metros. Área já sofreu interferência municipal com compactação de talude minimizando o risco de deslizamento;
- Área 2 – localização: 22°56'56.2"S 46°33'39.5"W - Jardim São Miguel – Av. Major Fernando Valle: nesta área não foram realizadas medidas preventivas quanto ao risco. Trata-se de um talude com aproximadamente 5 metros de altura coberto por vegetação rasteira e arbustos;
- Área 3 – localização: 22°56'57.9"S 46°34'05.2"W - Jardim São Miguel – área localizada entre a Av. Major Fernando Valle e Rua João da Silva Leme – área com muitos matacões. Não foram encontrados registros de estudo de estabilidade dos matacões existentes. Como já existem muitas residências nesta área não é viável

realizar a retirada do material;

- Área 4 – localização: 22°55'21.5"S 46°33'28.8"W - Julieta Cristina – área próxima a Rodovia Benevenuto Moretto: área com talude de aproximadamente 4 metros de altura sem intervenção do poder público para contenção ou minimização de risco. As informações obtidas e julgadas pertinentes ao trabalho constam na Tabela 1.

Tabela 2 - Áreas identificadas com risco de deslizamento de solo no município de Bragança Paulista

Área	Tamanho da área (m ²)	Risco	Grau de risco	Nº de imóveis em risco	Nº de pessoas	Área com contenção?
1	18.949,95	Deslizamento	R3 - alto	3 casas	12	Sim
2	393,34	Deslizamento	R3 - alto	10 casas	40	Não
3	79.937,20	Rolamento de matacão	R4 - muito alto	44 casas e 32 apartamentos	304	Não
4	4.748	Rolamento de matacão e Deslizamento	R3 - alto	3 casas	12	Não

Fonte: Próprio autor

Com o mapeamento realizado iniciou-se a pesquisa bibliográfica a fim de se verificar possíveis métodos de contenção e/ou minimização para estas áreas. Através dessa pesquisa citamos os seguintes resultados:

- Contenção de rocha e solo: ancoragem com tirantes e bulbos;
- Contenção de rocha: barreira dinâmica, chumbadores, tirantes e estacas;
- Contenção de taludes e encostas: drenagem superficial, solo-cimento ensacado (rip-rap), cortes de aterro, concreto projetado, uso de pneus com materiais inertes, muro de pé de talude, muro de arrimo e palificada.

Com as informações obtidas, uma nova filtragem se fez necessária escolher apenas uma área para ser melhor estudada, neste caso a área de número 2, apresentada na Figura 2. Os critérios de escolha foram referentes ao acesso ao local, método de contenção/minimização, e se o mesmo era de propriedade pública ou privada. Nesta área existe um talude de aproximadamente 6 m de altura, 2 m de largura e 10 m de comprimento onde já foram registrados ocorrências de deslizamento de solo.

O método de intervenção utilizado foi o muro de arrimo construído com material convencional de gabião. Tal escolha deu-se pelo fato de que dentre as opções de métodos de aplicação o muro de arrimo de gabião é permeável. Como as pedras que preenchem as gaiolas ficam acomodadas de forma natural, sem a utilização de concreto para fixá-las umas nas outras, o muro se torna permeável, proporcionando uma drenagem natural fazendo com que o solo continue absorvendo águas pluviais evitando o acúmulo de água em vias.



Figura 2 -Área escolhida para estudo: Jardim São Miguel Av. Major Fernando Valle-
22°56'56.2"S 46°33'39.5"W
(Fonte: próprio autor)

O muro de arrimo é uma estrutura corrida de parede vertical, ou com pouca inclinação, apoiado por fundação utilizada para conter, suportar e/ou minimizar deslizamento de solo, geralmente aplicado em terrenos com muita inclinação seja ele com ou sem residências. É também utilizado para fins estéticos ou, simplesmente, para isolar o terreno. Geralmente, ao se cortar um talude, o mesmo pode sofrer ação da natureza como chuva e por estar sem uma proteção vegetal ou com proteção insuficiente para compactar o solo, ocorre o deslizamento.

Para a construção do muro de arrimo de gabião (Figura 3) são utilizadas gaiolas metálicas constituídas, muitas vezes, por fios de aço galvanizados, o que permite a rigidez e segurança para acomodar as pedras, geralmente britas, que irão preencher as gaiolas.



Figura 3 - Muro de arrimo

(Fonte: Escola Engenharia - <https://www.escolaengenharia.com.br/gabiao/gabiao-2/>)

O muro de gabião possui como vantagem a flexibilidade em se acomodar com desníveis ou recalques gerados após sua aplicação. Para este tipo de muro não existe uma limitação a considerar de altura e comprimento do talude em que se deseja aplicá-lo. Recomenda-se apenas que dependendo da dimensão dos taludes opte-se por gaiolas maiores

ou menores, por exemplo: em geral as gaiolas possuem dimensão de 2m de comprimento por 1m de altura. Caso o muro seja aplicado em taludes muito altos a altura da gaiola deve ser reduzida a 0,5m e, caso o talude seja muito extenso a orientação é utilizar gaiolas de 4m de comprimento (GERSCOVICH, 2016).

Com a definição da área de estudo passou-se a realizar busca por locais, tanto no estado de São Paulo quanto em outros estados brasileiros, que já sofreram deslizamento de solo e a intervenção realizada tenha sido a mesma técnica de contenção escolhida: muro de arrimo construído com gabião. A partir dessa pesquisa foi possível constatar que segundo reportagem publicada pelo site Vitrine Capixaba em 16 de setembro de 2014, na cidade de Cariacica- ES um muro de arrimo (Figura 3) foi construído a fim de conter possível deslizamento. O muro foi construído com concreto e cabos de aço para reforçar a segurança.



Figura 4 - Muro de arrimo contendo talude na cidade de Cariacica/ES

(Fonte: Vitrine Capixaba - <http://vitrinecapixaba.blogspot.com.br/2014/09/defesa-civil-reformula-gestao-e-passa.html>)

Já em Sorocaba – SP em 29 de fevereiro de 2016 um talude foi contido com muro de arrimo modelo gabião tipo caixa. Pela Figura 5 o local em questão muito se parece com o local de estudo deste projeto.



Figura 5 - Muro de arrimo contendo talude na cidade de Sorocaba/SP

(Fonte:G1-<http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/especial-publicitario/prefeitura-de-sorocaba/sorocaba-em-noticias/noticia/2016/02/prefeitura-entrega-muro-de-arrimo-na-vila-sabia.html>)

Tal busca possibilitou a realização de comparações entre as áreas pesquisadas e a área escolhida no município de Bragança Paulista. Com as análises realizadas iniciou-se a sequência de cálculos necessários para verificar a resistência e estabilidade do muro de arrimo. Os cálculos de resistência foram essenciais para se verificar o comportamento que o muro de arrimo teria caso fosse implantado e, com isso, verificar se o mesmo se manteria estável ou não.

Para melhor acompanhamento dos cálculos realizados, os mesmos foram nomeados como Equação e numerados conforme sua sequência. Também está descrito o significado de cada simbologia quando se fizer necessária. A Equação 1 refere-se ao volume do solo existente na área escolhida. Para obtenção do valor do volume do solo foi realizado o seguinte procedimento: em uma proveta com circunferência de 5 cm acrescentou-se o solo coletado do talude em estudo. O material foi seco por 24 h em temperatura ambiente, onde atingiu 5 cm de altura e 128 g de massa. Desta maneira o volume foi possível ser calculado.

$$\text{Equação 1: } V = \pi \times r^2 \times h$$

As simbologias utilizadas nessa fórmula indicam: V = Volume do solo, $\pi = 3,14$, r^2 = Raio da circunferência da proveta elevado ao quadrado e h = Altura de solo depositado na proveta. O valor do volume de solo obtido foi $V = 98,125\text{cm}^3$.

Após a obtenção do volume do solo se fez necessário calcular seu peso específico (Equação 2). Sabendo que o peso específico do solo é a relação entre o seu peso total e o seu volume total, foi considerando que o peso da água existente em seus vazios é o volume total de vazios do solo.

$$\text{Equação 2: } \gamma = \frac{P_t}{V_t}$$

Nesta equação, os símbolos utilizados representam γ = Peso específico do solo, P_t = Peso do solo e V_t = Volume do solo

Conforme já descrito neste trabalho, o peso do solo é de 128 g e o volume do mesmo é $98,125\text{ cm}^3$. Sendo assim, obteve-se o valor de $\gamma = 1,30\text{ g.cm}^{-3}$ ou $1,3\text{ tf.m}^{-3}$. Obtendo o peso específico iniciou-se os cálculos referente ao coeficiente de empuxo. Com isso iniciou-se a Equação 3 referindo-se ao coeficiente de empuxo ativo. O coeficiente de empuxo ativo é utilizado para verificar a pressão entre o solo e o muro aplicado quando ocorre uma movimentação horizontal ocasionada pela expansão do solo.

$$\text{Equação 3: } K_a = \frac{\text{tg}^2 [45 - \frac{\phi}{2}]}{2}$$

As simbologias utilizadas nessa fórmula indicam: K_a = Coeficiente de empuxo ativo, tg^2 = Valor da Tangente encontrada através do ângulo entre muro e talude e ϕ = Ângulo de atrito interno do solo encontrado através do ensaio de granulometria ou axial. Segundo Paulista (2016) o valor de K_a “varia de 0,4 a 0,5”. Neste caso, adotou-se o valor de 0,50 para K_a . Após esta etapa realizou-se Equação 4 referindo-se ao coeficiente de empuxo passivo. O empuxo passivo refere-se ao cálculo da área de fundação do muro de arrimo, ou seja, a área que estará abaixo do nível do início do talude.

$$\text{Equação 4: } E_p = \gamma \times h \times K_p \times h$$

O valor de K_p , coeficiente de empuxo passivo, foi encontrado a partir da Equação 5:

$$\text{Equação 5: } K_p = \frac{1}{K_a} = 2$$

Adotando os valores obteve-se o resultado de $K_p = 2$

Obtendo o valor de empuxo passivo realizou-se a Equação 6 para obtenção do empuxo horizontal ($E_{\text{horiz.}}$) que, ao contrário do empuxo ativo, é utilizado para verificar a pressão limite entre o solo e o muro existente para quando ocorrer movimentação no sentido de comprimir o solo horizontalmente.

$$\text{Equação 6: } E_{\text{horiz.}} = \gamma \times h \times K_a$$

Como já havia encontrado tais valores através das equações acima, obteve-se o valor de 3,9.

A Equação 7 refere-se ao empuxo das sobrecargas (E_{sc}) que representa o quanto de carga existe acima do talude. O talude estudado está localizado em uma área residencial com, aproximadamente, 10 residências de tamanho popular com aproximadamente 48 m² de construção. Sendo assim admitiu-se uma sobrecarga de 2 t/m². Lembrando que ao desenvolver este cálculo em outro estudo os valores não serão os mesmos.

$$\text{Equação 7: } E_{\text{sc}} = q \times K_a$$

Nesta equação o símbolo “q” representa a sobrecarga. Sendo assim o valor obtido foi de 1 t/m³.

Nos casos de aplicação de muro de arrimo impermeável deve-se verificar o empuxo do nível da água. Porém, como o muro estudado é permeável desconsiderou-se o empuxo da água. Após a verificação destes cálculos iniciou-se os cálculos de diagrama de empuxo. Para melhor visualização dos cálculos elaborados segue o diagrama da área em estudo representado pela Figura 6.

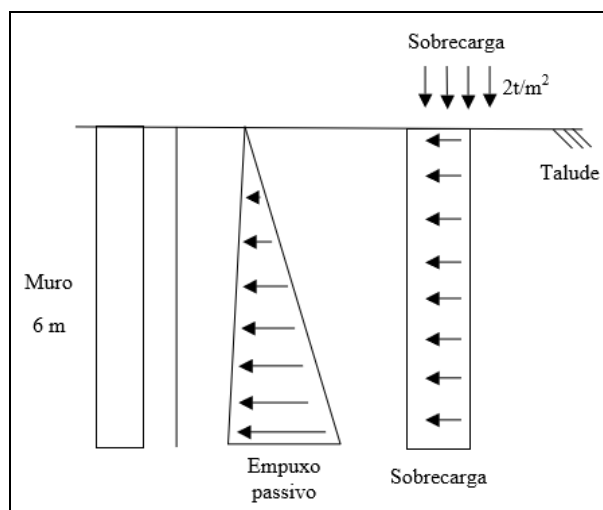


Figura 6 – Área em estudo representada para cálculo

A Equação 8 refere-se ao empuxo resistente (E_r) que é referente ao retângulo da sobrecarga reproduzido na Figura 6. Para este admitiu-se o valor encontrado da sobrecarga, 1 t/m², como base (b) multiplicando pela altura (h) do muro, 6 m.

$$\text{Equação 8: } E_r = b \times h$$

Adotou-se o valor de 1 m para a base (b) pois a distância entre o talude e a rua é de 1 m, sendo o espaço viável para a aplicação da base do muro de arrimo de gabião.

Calculou-se também o empuxo triangular, (E_t) a partir ds Equação 9, que se refere ao triângulo reproduzido na Figura 6.

$$\text{Equação 9: } E_t = \frac{\gamma \times h \times K_a \times h}{2}$$

Adotando os valores já encontrados a partir dos cálculos 2 e 4, obteve-se o resultado de $E_t = 11,6$. Após a realização dos cálculos de empuxo horizontal e de sobrecarga, aplicou-se a Equação 10, cálculo do empuxo total recebido (E_{tr}), sendo a junção da Equação 7, empuxo horizontal e Equação 8, empuxo da sobrecarga:

$$\text{Equação 10: } E_{tr} = \gamma \times h \times K_a + q \times K_a = 9,9$$

Com a obtenção dos valores de empuxo o próximo cálculo desenvolvido refere-se ao momento solicitante e ao momento resistente.

Os cálculos dos momentos verificam a estabilidade do muro frente a um tombamento e deslizamento.

Para melhor representação dos cálculos segue o diagrama do muro de arrimo representado pela Figura 7. Com os valores devidamente demonstrados iniciaram-se os cálculos de momento. Para tais cálculos fez-se necessário a utilização do peso específico do material utilizado para construção do muro, neste caso o gabião.

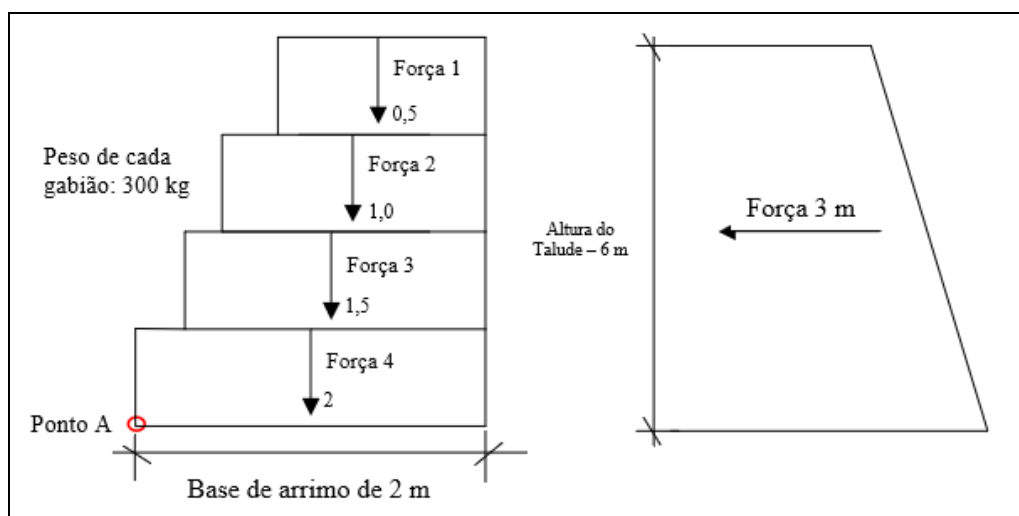


Figura 7 - Muro de gabião e talude representados para cálculos

Segundo Maccaferri (2010) o peso específico de um gabião é entre 16,8 kN/m³ e 18 kN/m³. Para Loturco (2006) o peso é utilizado em peso específico de 1,8 t/m³. Sendo assim, para este estudo adotou-se o valor de 1,8t/m³ como peso específico de um gabião sendo representado pelo símbolo “p”.

A Equação 11 refere-se ao momento solicitante (M_{solic}) onde são utilizados os valores da área, no caso 3 m, bem como o valor referente ao peso do meu gabião (p), 1,8t/m³.

$$\text{Equação 11: } M_{solic} = 1,8 \times 3 = 5,40$$

Para cálculo do momento resistente (M_{res}) utilizou-se a Equação 12 que utiliza as forças em vertical relacionando suas distâncias ao ponto A considerando a altura do talude.

$$\text{Equação 12: } M_{res} = F1 \times d1 \times p + F2 \times d2 \times p + F3 \times d3 \times p + F4 \times d4 \times p$$

Aplicando os valores encontrados obteve-se $M_{res} = 13,50$

Após a realização dos cálculos de momento iniciaram-se os cálculos para verificação da segurança do muro.

Para que não ocorra o tombamento do muro o valor do momento resistente ao ser dividido pelo valor do momento solicitante deve ser maior ou igual a 1,5 representando o valor do fator de segurança contra tombamento (FS_{tomb}) na Equação 13:

$$\text{Equação 13: } FS_{tomb} = \frac{M_{res}}{M_{solic}} \geq 1,5$$

Utilizando-se dos valores calculados obteve-se o valor de $FS_{tomb} = 2,50 > 1,5$.

A partir dos cálculos realizados é possível afirmar que a força solicitante de tombamento foi maior que o fator de segurança exigido afirmando que o muro em estudo não sofreria tombamento se aplicado no local.

Verificado a segurança contra tombamento, o próximo cálculo realizado refere-se à segurança contra deslizamento.

A segurança contra o deslizamento refere-se à verificação do equilíbrio das componentes horizontais das forças atuantes, com a aplicação de um fator de segurança adequado. Assim teremos o valor da Força solicitante (F_{solic}) onde este valor deve ser maior ou igual a 2. Com isso utilizou-se a Equação 14:

$$\text{Equação 14: } F_{solic} = \frac{(M1 + M2 + M3 + M4) \times tg}{Er + Et} \geq 2$$

Aplicando os valores calculados obteve-se $F_{solic} = 15,34 \geq 2,84$.

Através desses cálculos verificou-se que o muro não sofrerá deslizamento, pois o valor obtido, 15,34 é maior que o valor de segurança: 2.

CONCLUSÃO

As informações obtidas no decorrer do projeto causaram certas preocupações quanto ao número de áreas com risco de deslizamento de solo no município de Bragança Paulista e a



pouca interferência do poder público municipal para prevenir acontecimentos iminentes que causarão impactos ambientais, sociais, econômicos e danos a vida.

No que se trata da metodologia utilizada para mapeamento das áreas conclui-se que tal ação possui nível intermediário de dificuldade, mas foram aplicados com excelência e obtidos resultados satisfatórios ao objetivo proposto.

A escolha por apenas uma área de estudo se fez necessária devido à escassez de tempo para finalizar o projeto. Porém, todas as áreas apresentadas nesse projeto merecem atenção, estudo e intervenção.

As análises dos modelos de intervenção para cada área foram eficientes. A metodologia de comparação com outras áreas existentes no Brasil, que sofreram o mesmo impacto, se mostrou interessante e ressaltou que a problemática de deslizamento de solo não é uma característica apenas do município em estudo.

A escolha de aplicação de muro de arrimo de gabião deu-se pelo fato do mesmo ser um muro permeável, de fácil e rápida aplicação bem como para que fosse possível manter a área verde existente contribuindo para absorção de água pluvial e, com isso, contribuindo também para drenagem da mesma.

Com a realização dos cálculos verificou-se que: 1 – o muro estudado não sofreu tombamento. Os cálculos aplicados conforme recomendado através das pesquisas bibliográficas apresentaram resultado positivo para a segurança contra tombamento. 2 - Através do cálculo de deslizamento verificou-se que o muro também não sofreu deslizamento o que comprova a eficiência do mesmo frente ao volume de solo encontrado na área estudada. Contudo conclui-se que a técnica escolhida se faz passível de aplicação.

Vale ressaltar que o primeiro momento desse projeto, mapeamento, escolha das áreas e formas de contenção, foi apresentado no XXII Encontro de Iniciação Científica realizado em 10 de maio de 2016 na Universidade São Francisco recebendo a premiação de Menção Honrosa pelo trabalho apresentado.

REFERÊNCIAS

BRASÍLIA. Ministério de Minas e Energia. Serviço Geológico do Brasil. **Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Inundações e Movimentos de Massa Bragança Paulista – São Paulo**. Bragança Paulista: Governo Federal, 2012. 13 p.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES (CEPED); CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES (CEPED). **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012: volume 2**. Brasil. 2013.

GERSCOVICH, Denise M S. **Muros de Arrimo**. Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2016.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Porcentagem de residentes nas zonas urbana e rural (2015)**. 2016. Disponível em: <<https://teen.ibge.gov.br/sobre-o-brasil/populacao/populacao-rural-e-urbana.html>>. Acesso em: 03 fev. 2016.



MACCAFERRI DO BRASIL LTDA. **Gabiões e outras soluções em malha hexagonal de dupla torção: necessidades e soluções.** Publicação Técnica. 2010.

Medeiros, A.G.B & Cunha, R.P. (2005). **Retroanálise de Uma Estrutura de Contenção do Tipo Estaca Prancha no Distrito Federal.** INFOGEO 2005. Belo Horizonte. 347-352.

PAULISTA, André Miguel Teixeira. **Como lançar o empuxo de solo em paredes de contenção?** 2016. Disponível em: <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115003832594-Como-lançar-o-empuxo-de-solo-em-paredes-de-contenção->>. Acesso em: 07 abr. 2018.

PINEDO, André Silva. **Meio Ambiente em Debate.** 2007. Disponível em: <<http://meio-ambiente-em-debate.blogspot.com.br/2007/01/fragilidade-de-nosso-planeta-bem-visvel.html>>. Acesso em: 02 maio 2015.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir** – 3a ed. - São Paulo : Instituto Geológico, 2015. 196 p.

UNICAMP, **Mapeamento de Áreas de Risco.** Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/temas530/ricardo.htm>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

VALÉRIO FILHO, Mário et al. **Mapeamento das áreas de riscos associados a escorregamentos de encostas no município de São José dos Campos-SP.** Relatório Técnico Final, Convênio UNIVAP/PMSJC, Processo, n. 53.366, 2013.

VARELA, Marcio. **Estruturas de Contenção.** Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/estruturas-de-contencao/apostila-sobre-muro-de-arrimo/view>>. Acesso em: 03 out. 2016.

Publicado em 17/12/2019