

# CONTENÇÃO DE TALUDE COM USO DE SOLO-CIMENTO ENSACADO: PROJETO EM ÁREA DE INTERESSE SOCIAL

Geraldo Magela Perdigão Diz Ramos<sup>1</sup>; Gerson José Mattos Freire<sup>2</sup>; Joice Rodrigues Ferreira<sup>3</sup>;  
Renato Matos Coutinho Ramos<sup>4</sup>

## Resumo

Com a urbanização acelerada e a falta de planejamento urbano, muitas construções foram executadas de forma desordenada, fazendo o uso e ocupação do solo sem análises geotécnicas preliminares. Uma significativa parcela da população vive em ambientes com baixa qualidade de vida, muitas famílias se expõem vivendo em áreas consideradas como de risco. A avaliação preliminar pode solucionar problemas decorrentes da ocupação. Um destes problemas é a estabilidade das construções e os deslocamentos de terra. A engenharia civil possui técnicas para a solução e remediação. Este foi o foco do presente trabalho, que teve como objetivo identificar uma área exposta a riscos de deslocamento de terra e assinalar as condições para a construção de um muro de arrimo de solo-cimento ensacado, em locais com estabilidade comprometida. Este estudo de caso foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira etapa foi realizada a pesquisa bibliográfica relacionada ao tema em questão; na segunda etapa foi feita uma análise do local da obra, estudos geotécnicos e a definição das premissas para a construção da contenção de solo-cimento ensacado, que é uma tipologia viável para a condição local além de ser possível o sistema de mutirão.

**Palavras chave:** Contenções, Muro de arrimo, Solo-cimento.

## Abstract

With urbanization growing rapidly and lack of urban planning many dwellings were executed in a disordered manner, occupying grounds without preliminary geotechnical analysis. A significant share of the Brazilian population lives in poor life conditions, many families are exposed to risk, living in risk areas. Preliminary soil evaluation may solve some occupation problems. One of this problems is the ground stability and land displacement. Civil engineering has techniques that can solve this problem. This study focus on that, the goal was to identify areas at risk of land displacement and provide information to the construction of a retaining wall of bagged soil-cement. This case study was developed in two phases. The first phase was a bibliographic research related to the theme in question; the second phase was an analysis of the dwelling places, geotechnical studies and the definition of the premises for the construction of the retaining wall of bagged soil-cement. Which is an adequate type for the local condition, besides being possible the volunteer work system.

**Keywords:** Containment, Retaining wall, Soil-cement.

---

<sup>1</sup> Mestre em Administração pelo Centro Universitário Unihorizontes; professor do Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix-CEUNIH. E-mail: geraldo.ramos@izabelahendrix.metodista.br.

<sup>2</sup> Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais-UFGM; professor do Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix-CEUNIH. E-mail: gerson.freire@izabelahendrix.metodista.br.

<sup>3</sup> Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix-CEUNIH. E-mail: joice\_rodrigues12@hotmail.com.

<sup>4</sup> Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix-CEUNIH. E-mail: renatomatoscoutinho@hotmail.com.

## **Introdução**

Este trabalho disserta sobre o conceito de áreas de risco e sua remediação por meio de muro de arrimo. Por meio de revisão bibliográfica discute sobre o emprego e construção de muro de arrimo como um tipo de solução para a problemática encontrada nestas áreas. Identifica os serviços e estudos preliminares necessários para se conhecer o solo do local a ser implantada a execução da contenção de solo cimento ensacado, as técnicas construtivas e os critérios para estimativa dos quantitativos da obra. Apresenta-se um estudo de caso que incorpora os aspectos estudados e exemplifica a construção deste tipo de muro de contenção como solução para áreas de risco.

O presente estudo de caso foi desenvolvido na cidade de Contagem, Minas Gerais. A partir da revisão bibliográfica teórica e de um exemplo real, aplicou-se técnicas de engenharia para empregar um muro de arrimo de solo-cimento ensacado em uma área exposta a riscos de deslocamento ou queda de grandes quantidades de terra.

O objetivo deste estudo foi identificar as condições para a construção de muro de arrimo composto por solo-cimento ensacado em uma área de interesse social com estabilidade comprometida e descrever premissas para sua construção.

## **1 Referencial teórico**

### **1.1 Áreas de risco**

Baptista (2005), afirma que quando se utiliza o solo de forma inadequada e desordenada acelera-se o processo de degradação das paisagens, o que traz como consequências a diminuição da qualidade de vida e a deflagração de acidentes que levam a perdas humanas e materiais. Dessa maneira, temas como a expansão urbana, risco geológico e acidentes naturais despertam um interesse cada vez maior de especialistas, principalmente entre os profissionais que trabalham junto aos meios físico e antrópico.

Áreas de risco são áreas que estão suscetíveis a serem atingidas por processos naturais e/ou induzidos que tragam consequências negativas, que causem danos a saúde e integridade física dos habitantes assim como perdas materiais e patrimoniais. O autor destaca que comumente essas áreas se constituem de unidades habitacionais de baixa renda (BRASIL, 2007).

Segundo Costa e Alves (2006), mapeamento geotécnico compreende-se em apresentar em meio cartográfico os componentes geotécnicos de relevância para o uso e ocupação do solo e subsolo em projetos, construções e manutenções quando aplicados à engenharia civil,

tornando a visualização das informações geotécnicas de cada região claras, afim de realizar a verificação e definição se são ou não áreas de risco; utilizaremos estes conceitos para definir se a área de estudo em questão é ou não classificada com de risco.

Os riscos geológicos podem ser classificados como risco atual e risco potencial, Roque (2013), indica que riscos atuais são os riscos que já existem, ou seja, são riscos efetivos na localidade ocupada, os riscos potenciais são aqueles que há uma probabilidade de ocorrerem no futuro em localidades não necessariamente ocupadas; este último visa prevenir acidentes.

## **1.2 Muros de arrimo**

Com a aceleração processo de urbanização, houve e há ainda hoje, necessidade de execução de algumas obras em locais de difícil acesso, como por exemplo, nas cercanias de encostas, sendo imprescindível a execução de estruturas de contenção: os muros de arrimo. Estes são executados quando não há espaço suficiente para que as diferenças de cotas de terrenos sejam mantidas pela inclinação do talude, o que perfaz a solução mais econômica (XAVIER, 2011).

### **1.2.1 Definição**

As estruturas de contenção ou de arrimo, de acordo com Barros (2011), são obras civis construídas com o intuito dar estabilidade contra blocos de terra ou rocha. São estruturas que evitam e dão suporte a estes maciços para evitar deslizamentos e/ou movimento causados pelo seu peso próprio ou por carregamentos externos.

Bonissoni (2017) conceitua muros de arrimo como estruturas de contenção confeccionadas para se contraporem aos empuxos laterais de terra ou de água. Segundo o autor são utilizados quando há uma mudança repentina de elevação do terreno, o que gera uma situação de risco de escorregamentos caso não haja estrutura de contenção.

Conforme Gerscovich (2010), muros são estruturas corridas de contenção de parede vertical ou quase vertical, apoiadas em uma fundação rasa ou profunda. Podem ser construídos em alvenaria (tijolos ou pedras) ou em concreto (simples ou armado), ou ainda, de elementos especiais.

Para o DNER – Departamento de Estradas de Rodagem (2005), muro de arrimo é o sistema de contenção de solo que estabiliza um maciço de terra constituído de aterro, excluindo-se os maciços de encosta.

## **1.3 Solo-cimento ensacado**

### **1.3.1 Definição**

Sistemas de construção de solo-cimento ensacado podem minimizar danos ambientais, baratear e dar mais agilidade às obras. A Técnica é o resultado da mistura homogênea de solo, cimento e água em proporções previamente determinadas, depois compactada na forma de tijolos, blocos, ensacados ou paredes monolíticas. Desde que bem executado, o componente apresenta boa durabilidade e resistência a compressão (FIQUEROLA, 2004).

Este material de construção vem suprir boa parte das necessidades de instalações econômicas na maioria das regiões rurais e suburbanas no Brasil. O uso do solo-cimento no Brasil vem, desde 1948, ajudando na satisfação de tais necessidades, encontrando-se hoje já bastante difundido (FILHO, 1989).

De acordo com o estudo técnico 35, realizado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 1986), o Solo-cimento é o produto endurecido resultante da mistura íntima compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas através de dosagem racional, executada de acordo com as normas aplicáveis ao solo em estudo.

### **1.3.2 Materiais utilizados**

- Solo

Os solos adequados são os chamados solos arenosos, ou seja, aqueles que apresentam uma quantidade de areia na faixa de 50 % a 90 % da massa total da amostra considerada e de 10 % a 35 % de silte e argila (FILHO, 1989).

- Cimento Portland

Não existem restrições ao uso de qualquer tipo de cimento Portland. Recomenda-se o uso de cimentos novos e que não apresentam sinais de hidratação, como empedramento (FILHO, 1989).

- Água

A água deverá ser isenta de impurezas nocivas à hidratação do cimento, tais como matéria orgânica etc. De forma geral são consideradas como adequadas as águas potáveis (FILHO, 1989).

- Sacos

Os sacos podem ser de diferentes materiais: polipropileno, aniagem, entre outros.

- Ferramentas

As ferramentas necessárias para a execução deste tipo de contenção são, do ponto de vista econômicos, fáceis de se obter. Segue-se a lista da ferramentas a serem utilizadas: Cavador, enxada, enxadete, pá, pícureta, cordão de nylon, colher de pedreiro, mangueira de nível, esquadro, carro de mão, prumo, peneira e soquetes.

#### **1.4 Solo-cimento Ensacado**

Conforme Filho (1989), o solo-cimento ensacado é uma das aplicações mais versáteis deste material. É utilizado para contenção de encostas, revestimentos de canais, na proteção de saídas de água em galerias, na cabeceira de pequenas pontes rurais, enfim, onde se deseje efetuar a proteção da ação erosiva da água.

Ainda segundo Filho (1989), para a confecção do solo-cimento ensacado, inicialmente a massa de solo-cimento fresco é colocada em sacarias que, depois de costuradas, são posicionadas no local. Os sacos podem ser de diferentes materiais, e sua função é de servir de fôrma para a compactação. Com o tempo a sacaria se deteriora, expondo o solo-cimento já endurecido. A disposição dos sacos deve seguir um arranjo que permita um travamento entre os elementos.

## **2 Metodologia**

Este artigo retratou um estudo de caso. Foi proposto o projeto de construção um muro de arrimo de solo-cimento ensacado, na cidade de Contagem/MG, com finalidade de evitar e prevenir a instabilidade de edificações e eventuais deslocamentos de terra.

Para tal, optou-se pela seguinte metodologia:

- Escolher um local onde há necessidade de construção de muro de contenção;
- Caracterizar o local de estudo;
- Estudar o solo;
- Definir premissas para a elaboração do projeto;
- Realizar levantamento de quantitativos para execução do mesmo;

### 3 Resultados e Discussão

#### 3.1 Problemática do local de estudo

##### 3.1.1 Descrição do local

O local em estudo situa-se na Via Expressa de Contagem, no Bairro São João, na altura do Beco Shalom, região de baixa renda, onde os moradores estão expostos aos riscos provocados por possíveis deslizamentos de terra. Com a vegetação afetada, além de conter varias regiões com solo exposto, o local se encontra em condições inadequadas, com muita poluição, pois alguns moradores utilizam esta região para descarte de materiais e resíduos inutilizáveis. Assim, este problema afeta também a paisagem para quem passa pelo local. Faz-se necessário a construção de um muro de 12 metros de comprimento e 3 metros de altura, para conter o talude de aproximadamente 45°.

Na figura 1, é mostrado o referido talude, com a vegetação hoje existente, o poste de iluminação pública, como também a sua inclinação.

**Figura 1-** Vista do local



Fonte: Adaptado de GOOGLE MAPS - BRASIL (2018)

#### 3.2 Técnica construtiva

Foi definida a construção do muro de arrimo com a técnica solo-cimento ensacado, pois este tipo apresenta como vantagens seu baixo custo e o fato de não requerer mão de obra ou equipamentos especializados. Esta técnica pode ser empregada em diversos locais, o que torna possível a implantação do projeto em mais áreas com estabilidade comprometida, podendo ser

construído pela própria comunidade, com a organização de uma arrecadação financeira comunitária e um mutirão para a execução da construção, fazendo com o que a comunidade se una em prol de um bem comum, sem a necessidade de um investimento governamental.

### **3.3 Estudos técnicos**

#### **3.3.1 Investigação geotécnica**

Antes de optar pela utilização do solo-cimento ensacado, foram realizados estudos, demonstrados a seguir, para conhecer as características do local.

A princípio qualquer solo pode ser estabilizado com cimento. Porém em solos onde a porcentagem de areia é maior ou igual a cinquenta por cento, consegue-se produzir um solo-cimento mais econômico. Nos solos onde a quantidade de argila e silte é maior que 50 % , é necessária a utilização de uma maior quantidade de cimento, além de outros inconvenientes. Nestes casos recomenda-se uma correção granulométrica do solo, constituindo-se basicamente por misturar o solo argiloso com solo arenoso em proporções atendam a porcentagem mínima de 50% de areia.

Foram realizados estudos técnicos para definição da dosagem das misturas de solo-cimento, que encontram-se no item 4.3.2.2.

##### **3.3.1.1 Identificação e classificação do solo**

O primeiro passo para identificar e classificar o solo foi realizada a coleta das amostras do local em estudo, esta pesquisa específica foi importante para se conhecer as condições reais do solo a ser trabalhado, e utiliza-lo da maneira mais proveitosa possível, conhecendo suas características e realizando adequadamente a análise dos resultados obtidos, afim de elaborar o melhor traço admissível levando em consideração a sua viabilidade econômica e executável. Para a identificação das características do solo foram coletadas 5 amostras de 30 Kg cada, à uma profundidade de 1,5 metros; material este, sem a presença de matéria orgânica.

##### **3.3.1.1.1 Agregados- Determinação do material fino que passa através da peneira 0,075 mm por lavagem**

A Associação MERCOSUL de Normalização (ANM, 2001) normatizou pela NM 46 o método para a determinação por lavagem, em agregados, da quantidade de material mais fino que a abertura de malha da peneira de 0,075 mm. As partículas de argila e outros materiais que se dispersam por lavagem, assim como materiais solúveis em água foram removidos da amostra de solo durante o ensaio, permitindo assim o conhecimento da quantidade de areia contida no

solo. Especificamente para o solo destinado ao uso em solo-cimento, a fração de areia é preponderante sendo indicado solo tipo A-2-4, onde apresenta no máximo 35 % de grãos passando na peneira 0,075 mm. Pelo exposto, torna-se suficiente o ensaio descrito na NM 46 para a determinação da quantidade de areia, uma vez que este limita-se à peneira 0,075 mm.

Para o ensaio de determinação do material fino que passa através da peneira 0,075 mm, utilizou-se uma amostra de 350 gramas, seca em estufa à temperatura constante de  $(105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C})$  por 24 horas; após a secagem, pesou-se 300 gramas da amostra de ensaio. Colocou-se então, a amostra de ensaio em uma proveta e adicionou-se água até a total cobertura da amostra. Depois, agitou-se a amostra vigorosamente para se obter a separação das partículas, mais finas que 0,075 mm daquelas maiores. Imediatamente, verteu-se a água de lavagem contendo os sólidos sobre a peneira. Adicionou-se a partir daí, mais água, lavando-se a proveta para que todo o sólido seja vertido para a peneira. Adicionou-se a partir daí água corrente sobre a amostra na peneira até observar-se visualmente a passagem de todo material fino. Esta peneira contendo a porção de solo retido, ou seja, com grãos maiores que 0,075 mm foi levada a mesma estufa por 24 horas, após este período realizou-se a pesagem da peneira, retirando-se o valor da tara, obteve-se o resultado de 119,1 gramas, que corresponde a 39,7 % em função do peso total da amostra.

### 3.3.1.1.2 Determinação do teor de umidade natural do solo

O teor de umidade de um solo (h) é definido como a relação percentual entre o peso da água, contido num certo volume de solo, e o peso dos grãos sólidos neste mesmo volume (PENNA, 2011).

Para a determinação do teor de umidade do solo natural foi adotado o método da estufa, que preconiza a exposição das amostras à temperatura de  $105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , até que estas permaneçam com o peso constante. Para tal, cinco amostras foram secas em estufa por 24 horas, após este período, observou-se peso constante, sendo assim obteve-se o resultado demonstrado na tabela 1.

**Tabela 1-** Teor de umidade do solo natural

Amostras	Peso do recipiente (g)	Peso solo úmido + recipiente (g)	Peso solo seco + recipiente (g)	Peso solo úmido - tara (g)	Peso seco - tara (g)	Umidade (%)
1	14,0	49,0	43,5	35,0	29,5	18,64
2	12,0	65,0	57,5	53,0	41,0	18,29
3	14,5	60,0	53,5	45,5	31,0	20,97
4	15,0	63,5	56,5	48,5	33,5	20,89
5	14,5	58,5	52,5	44,0	29,5	20,34

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Analisando os dados da tabela 1 e calculando a média aritmética obteve-se o resultado de 19,83 % de umidade natural, o que significa que o solo em estudo tem este valor como teor de umidade do solo natural. Este é um fator de grande importância para a elaboração do traço a ser empregado.

### 3.3.1.1.3 Ensaio de compactação

A norma que regulamenta este ensaio é a NBR 7182 (2016). Tem como objetivo determinar a correlação entre o teor de umidade e o peso específico aparente seco que se alcança nesta umidade, quando submetido a uma determinada energia de compactação, adquirindo assim, a curva de compactação do solo, que permite determinar parâmetros de compactação, assim como a umidade ótima. Neste ensaio foi utilizado um cilindro de 2 1/2 ", com massa de 4.733,5 gramas e com 2.873,24 cm<sup>3</sup> de volume e um soquete de tamanho equivalente. De acordo com estes dados a norma estabelece a quantidade de camadas e quantos golpes deverão ser realizados, neste estudo realizou-se a compactação com 5 camadas e 12 golpes em cada; assim obteve-se os resultados dispostos na tabela 2.

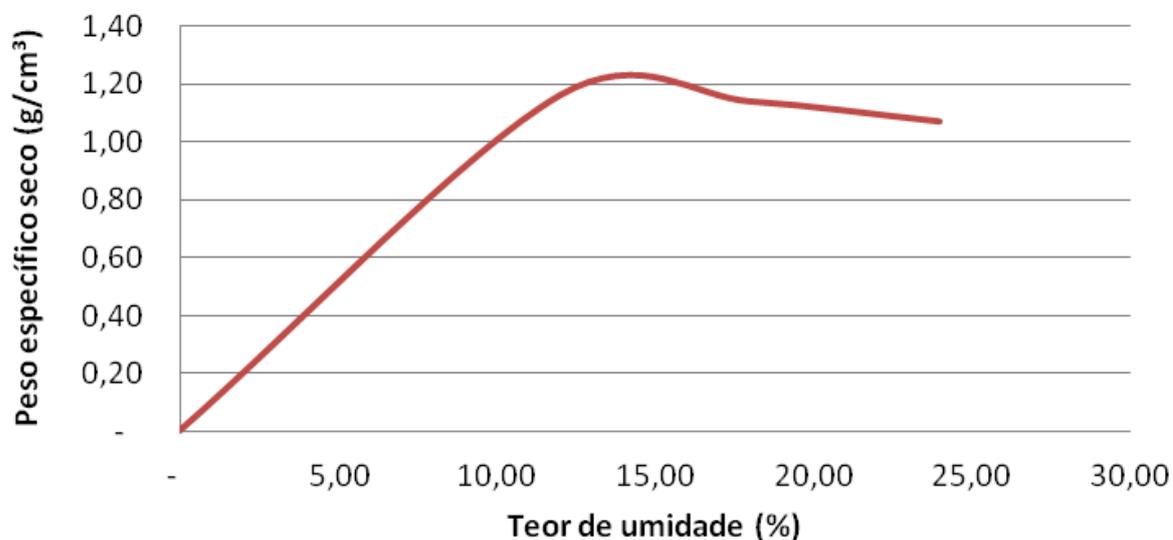
**Tabela 2-** Ensaio de compactação

CP	% de água	% total de água	Peso da água a ser adicionada (g)	∑ Peso da água	Peso do solo compactado(g)	$\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> )
1	-	19,83	-	-	3460,9	-
2	12	31,83	415,31	415,31	3733,2	1,16
3	18	37,83	207,65	622,96	3878,2	1,14
4	24	43,83	207,65	830,61	3824,5	1,07
5	28	47,83	138,44	969,05	3724,1	1,02
6	32	51,83	138,44	1107,49	3603,0	0,95

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

A partir destes dados se faz possível o cálculo do peso específico aparente seco ( $\gamma_s$ ), fator de grande significância para a análise do solo, já que possibilita o conhecimento da umidade ótima ( $h_{ót}$ ).

**Gráfico 1** - Curva de compactação



Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

### **3.3.2 Ensaio Solo-cimento**

#### **3.3.2.1 Parâmetros de resistência**

Utilizou-se como referência o Boletim Técnico 112, elaborado pela Associação Brasileira de Cimento Portland no ano de 1985 para fabricação de tijolos e blocos de Solo-cimento com a utilização de prensas hidráulicas. Nesta publicação estabelece-se que a quantidade de cimento necessária para fabricação de tijolos será a que lhes conferir o valor médio de resistência à compressão igual a 2,0 MPa, ou seja, 20 kgf/cm<sup>2</sup>, de modo que nenhum valor individual esteja abaixo de 1,7 MPa, com idade mínima de 7 dias. Sendo assim, adotou-se este parâmetro para definição da resistência à compressão mínima admissível para os corpos de prova de solo-cimento.

#### **3.3.2.2 Dosagem**

Para estabelecer-se o proporcionamento dos materiais constituintes da mistura Solo-cimento empregou-se como base o Estudo Técnico 35 - Dosagem das misturas de Solo-cimento - Normas de Dosagem e Métodos de ensaio, elaborado pela ABCP. Este estudo expõe, como resultado final, a relação entre a quantidade de cimento e a de solo seco, em massa, na forma de teor de cimento, este teor pode ser transformado em traço volumétrico onde nas misturas usuais, as quantidades variam na faixa de 10 a 18 partes de solo para 1 parte de cimento; assim definiu-se os traços para testes. Utilizou-se dois tipos de Cimento Portland para verificar em qual deles se obtém o melhor custo-benefício.

Com o objetivo de tornar o solo mais arenoso, para se obter um melhor desempenho quando misturado ao cimento, adicionou-se areia artificial, com o intuito de conseguir uma melhor resistência á compressão com uma menor quantidade de cimento; os resultados dos testes estão expostos no item 4.3.2.3.

### 3.3.2.3 Ensaio de compressão

A tabela 3 demonstra quais foram os traços, qual tipo de cimento foi utilizado, se houve correção granulométrica e qual foi o resultado obtido no ensaio de compressão. Para execução dos traços utilizou-se uma amostra de solo do local em estudo, após realizar as misturas, moldou-se os corpos de prova cilíndricos, de forma que a altura fosse 2 vezes maior que o diâmetro, sendo ele de 5 centímetros, a sua altura foi de 10 centímetros. A compactação foi realizada em 3 camadas de 26 golpes cada, como estabelecido na norma ABNT NBR 12024 (2012). Os moldes permaneceram em repouso para a cura durante 72 horas, após este período realizou-se um processo para acelerar a cura do corpos de prova, este processo denomina-se Cura térmica, que consiste em expor os corpos de prova durante determinado tempo à temperaturas elevadas, para isso utilizou-se uma estufa mantendo-os à temperatura de 105°C. Esta exposição foi realizada durante 3 horas, para prevenir possível desidratação dos CP's foi inserido um recipiente com água na estufa e os moldes foram cobertos por jornais umedecidos, após este período retirou-se os CP's da estufa e aguardou-se 1 hora para que estes voltassem a temperatura ambiente, e então realizou-se o ensaio de compressão conforme normatizado pela MB-3361. Philippsen e Shimosaka (2014) realizaram um estudo sobre este método, onde comprovaram por meio de testes que a cura térmica não prejudica a resistência inicial do concreto, com base neste estudo adequamos o método para o solo-cimento.

O ensaio de compressão foi realizado como previsto no Estudo Técnico 35, que fixa qual método deve-se ensaiar os corpos de prova. A aparelhagem utilizada foi uma prensa que transmitiu-lhes a carga 150 kPa, de modo progressivo e sem choques.

**Tabela 3-** Traços Solo-cimento

CP	Traço	Teor de cimento (%)	Tipo de cimento	Teor de umidade natural + acréscimo de água (%)	Correção granulométrica	Resistência a compressão (kN)	Resistência a compressão (MPa)
1	1:10	7,54	Cimento Portland- II-E-32	29,83	-	3,6	1,83
2	1:10	7,54	Cimento Portland- II-E-32	29,83	-	5,4	2,75
3	1:15	5,21	Cimento Portland- II-E-32	31,83	-	2,7	1,69
4	1:15	5,21	Cimento Portland- II-E-32	31,83	-	3,1	1,94

5	1:10	7,24	Cimento Portland- V-ARI	39,83	-	6,3	3,94
6	1:10	7,24	Cimento Portland- V-ARI	39,83	-	7,0	4,38
7	1:12	5,54	Cimento Portland- II-E-32	31,83	Areia Artificial	6,0	3,75
8	1:12	5,54	Cimento Portland- II-E-32	31,83	Areia Artificial	5,4	3,38
9	1:15	5,51	Cimento Portland- V-ARI	31,83	-	5,1	2,60
10	1:15	5,51	Cimento Portland- V-ARI	31,83	-	4,3	2,19

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

### 3.4 Resultados

Existem requisitos genéricos que devem ser atendidos para se manter a garantia da qualidade do solo-cimento, alguns deles se aplicam a qualquer caso, três destes dependem diretamente das características do solo encontrado no local, são eles: a quantidade de cimento, de água e a massa específica aparente seca a ser alcançada pós-compactação. Com os ensaios realizados objetivou-se estabelecer o melhor traço levando em consideração seu desempenho mecânico e seu custo. Analisando os resultados obtidos, definiu-se o traço 1:12 com o Cimento Portland CP-II-E-32 para a execução da construção do muro de contenção do local em estudo, tendo como base o Estudo Técnico 112, que descreve as premissas para a fabricação de tijolos e blocos em solo-cimento, definiu-se como resistência mínima aceitável o valor de 1,7 MPa. Pode-se observar na tabela 3 que todos os traços atenderam a este requisito, então para a definição do traço foi observado qual entre eles seria o mais econômico, ou seja, qual deles gastaria menor quantidade do cimento mais usual, conseqüentemente, de menor valor no mercado.

### 3.5 Planejamento

#### 3.5.1 Fundação

A fundação escolhida foi a de Concreto ciclópico, por ser muito utilizada em bases de muro de arrimo não armados e por ser economicamente viável, uma vez que esta fundação é composta cimento, areia, água e por pedras denominadas pedra-de-mão, onde, além de terem boa resistência, ocupam grande volume na massa do concreto, tornando assim necessário um menor volume de concreto. O concreto da fundação deverá ficar abaixo da camada de aterro, ou seja, (-) 0,20 m.

#### 3.5.2 Drenagem

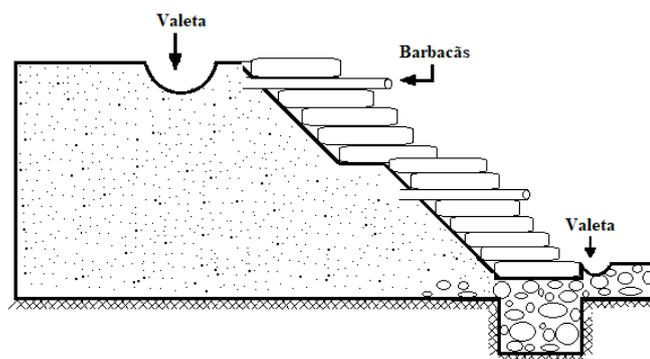
Em um muro de arrimo, faz-se necessário a elaboração de um projeto de drenagem, pois a água aprisionada gera uma sobrecarga muito elevada na estrutura, devida a saturação do solo

e se a carga gerada for maior do que a que o muro pode suportar, poderão haver sérios danos a estrutura e sobre a segurança dos moradores e vias próximas a estrutura; torna-se então necessário a introdução do método de condução, que consiste em fazer com que a água não fique aprisionada, drenando o excesso de água; o correto dimensionamento e a execução civil perfeita de nada valerão se o sistema de drenagem não for eficaz.

Optou-se então, pelo método de condução através de tubos de PVC, ou seja, um barbacã a cada 2 metros, que é de fácil execução sem a necessidade de grande investimento. Como vantagens deste método podemos citar que os tubos de PVC de parede dupla possuem ótima resistência às cargas de compressão e são resistentes ao ataque químico de terrenos agressivos.

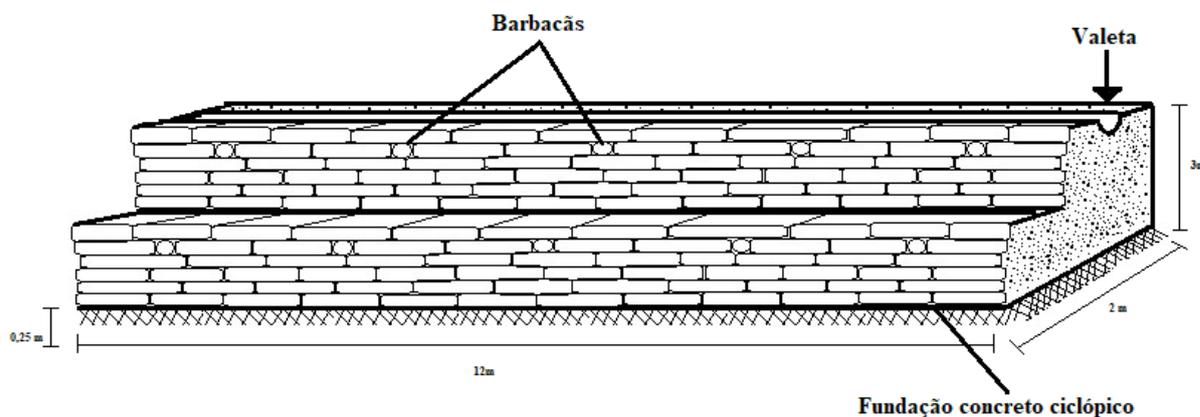
As figuras 2 e 3 ilustram a drenagem a ser realizada no local juntamente com a disposição dos sacos.

**Figura 2** - Croqui do corte transversal do muro de arrimo



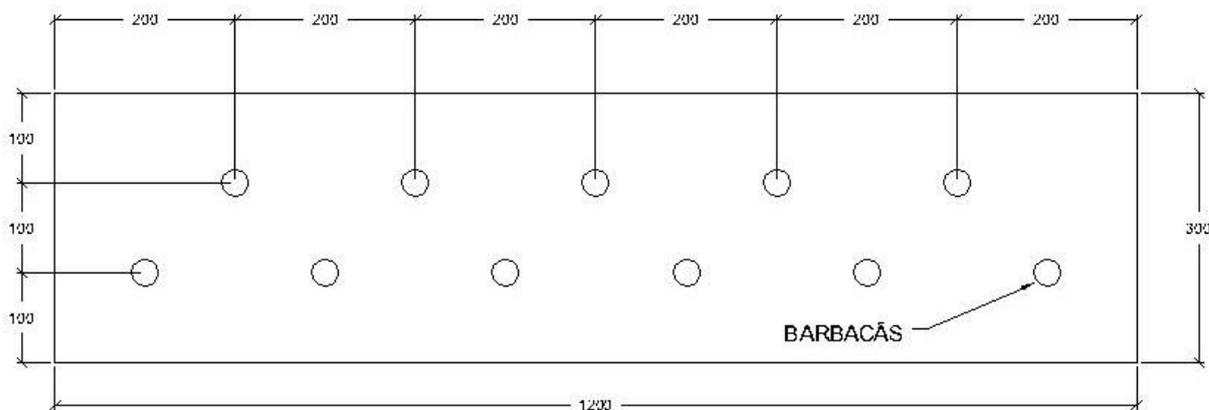
Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

**Figura 3**- Croqui da vista frontal do muro de arrimo



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

**Figura 4 - Vista frontal dos barbacãs**



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

### **3.5.3 Projeto executivo**

Lista-se a seguir as etapas a serem seguidas para execução do projeto.

#### **3.5.3.1 Limpeza do terreno**

Deve-se realizar a limpeza do terreno, uma vez que o local encontra-se com muita poluição indica-se retirar todos os resíduos da superfície, em seguida iniciar a remoção do solo a ser peneirado para futura mistura com o cimento, deve-se manter a atenção em deixar o terreno regular, em formato de degraus de 1 metro e com leve inclinação para a construção da contenção.

#### **3.5.3.2 Fundação**

Realiza-se a construção da fundação em concreto ciclópico, já citado anteriormente.

#### **3.5.3.3 Levantamento do muro**

Nesta etapa, deve-se peneirar todo solo retirado e misturar uma parte ao cimento, na proporção 1:12. Mistura-se até obter uma mistura homogênea de mesma coloração, depois adiciona-se a água na quantidade preestabelecida, definida pela umidade ótima, ou seja, 12%; em seguida preenche-se os sacos com esta mistura, torna-os então compactos realizando golpes com a utilização de soquete, e insere-se a primeira camada de sacos, segue-se desta maneira, lembrando sempre de que a camada superior não deve estar alinhada com a inferior e a cada três fileiras insere-se o cano pvc para drenagem tomando como espaçamento a medida de 1 metro, o comprimento do cano deve estar adequado a espessura do muro.

### 3.5.4 Materiais utilizados

O solo utilizado é o mesmo do local de execução da obra; a sacaria a ser utilizada é a de propileno, uma vez que este material frequentemente utilizado para construção de contenções da mesma tipologia; Para a definição do cimento a ser utilizado levou-se em consideração apenas o valor comercial, uma vez que todos os traços atenderam ao requisito de resistência à compressão mínima definida como ideal para este projeto, resultados estes, já apresentados anteriormente, portanto definiu-se a utilização do Cimento Portland CP-II-E-32. A água utilizada será a fornecida pela Copasa para o abastecimento das casas.

### 3.5.5 Equipamentos necessários

Enxada; regador; pá; picareta; martelo; serrote; carro de mão; colher de pedreiro; balde; mangueira de nível; esquadro; peneira; prumo.

### 3.5.6 Mão de obra

Esta tipologia de muro de arrimo não necessita mão de obra especializada, sendo possível sua execução pelos próprios moradores.

## 3.6 Quantitativos

Para o levantamento dos quantitativos não foram considerados equipamentos e tampouco ferramentas, uma vez que a proposta é a utilização dos itens de construção que a própria comunidade já possui, com a finalidade de reduzir os gastos.

Os itens listados na tabela 4 apresentam os materiais a serem utilizados. Para realização do cálculo baseou-se na construção de um muro de 12 metros de comprimento e 3 metros de altura.

**Tabela 4-** Quantitativos

Nomenclatura	Unidade	Quantidade
Cimento Portland CP-II-E-32	Kg	2120
Sacos polipropileno ( 50x45 cm)	Unid.	412
Pedra de mão	m <sup>3</sup>	1,0
Areia lavada e peneirada	m <sup>3</sup>	1,0
Brita 1	m <sup>3</sup>	1,5
Solo	l	13200
Tubo de PVC 1"	M	12

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

## 4 Conclusão

A construção de talude com o uso de solo-cimento ensacado é viável para a condição local, uma vez que vale-se do uso do solo "in situ", o uso de mão de obra, não especializada dos moradores e possível sistema de mutirão.

Por questões econômicas indica-se o traço 1:12 com uso de Cimento Portland CP-II-E-32.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 12024 (2012) – **Solo-cimento- Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos**. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 12025 (2012) – **Ensaio de compressão Solo-cimento**. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 7182- **Solo- Ensaio de compactação**. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA CIMENTO PORTLAND- Estudo técnico 35- **Dosagem das misturas de solo-cimento**. 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA CIMENTO PORTLAND- Estudo técnico 112- **Fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento com a utilização de prensas hidráulicas**. 1985.

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO - NM 46 (2001) - **Agregados- Determinação do material fino que passa através da peneira 0,0075 mm por lavagem**. 2001.

BAPTISTA, C. A. **Análise da paisagem e identificação de áreas suscetíveis a movimentos de massa na APA Petrópolis - RJ**: subsídio ao planejamento urbano. Viçosa: Minas Gerais, 2005. Disponível em: <  
<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9683/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 19 de abr. 2018.

BARROS, P. L. DE A. **Obras de Contenção**: Manual técnico. Jundiaí: São Paulo. Maccaferri, 2011. Disponível em: <  
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABiLQAB/maccaferri-obras-contencao>>. Acesso em: 22 de mar. 2018.

BONISSONI, L. **Dimensionamento e Execução de Muros de Arrimo em Alvenaria Estrutural**. Santa Maria: Rio Grande do Sul, 2017. Disponível em: <  
[coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2\\_2016/TCC\\_LUCAS%20BONISSONI.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2016/TCC_LUCAS%20BONISSONI.pdf)>. Acesso em 23 de mar. 2018.

BRASIL. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT Brasília: Ministério das Cidades, 2007. Disponível em: <  
[file:///C:/Users/Joice/Downloads/MCid-Mapeamento\\_de\\_riscos\\_em\\_areas\\_urbanas%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Joice/Downloads/MCid-Mapeamento_de_riscos_em_areas_urbanas%20(1).pdf)>. Acesso em: 19 de abr. 2018.

COSTA. A. N; ALVES. M. G. **Potencial do uso e ocupação urbana do solo no município de campos de Goytacazes – RJ**: utilizando mapeamento Geológico Geotécnico e Técnicas

de Geoprocessamento. Revista Brasileira de Cartografia. Rio de Janeiro: RJ, 2006. Disponível em: < <http://lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/viewFile/110/94> >. Acesso em: 21 de maio 2018.

DNER. **Projeto de Muro de Arrimo**. São Paulo: 2005. Disponível em: <[ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-C00-005\\_A.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-C00-005_A.pdf)>. Acesso em: 22 de mar. 2018.

FILHO, F. J. T; **O solo-cimento e suas aplicações rurais**. Boletim Técnico 117. São Paulo, 1989.

FIQUEROLA, V. Alvenaria solo-cimento, **Revista Técnica**, número 85, 2004. a

GERSCOVICH, D. M. S. **Estruturas de Contenção: Muros de Arrimo**. Rio de Janeiro: UERJ, 2010. Disponível em: <[www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf](http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf)>. Acesso em 22 de mar. 2018.

GOOGLE MAPS. Google street view, 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-19.919999,-44.0583686,3a,75y,177.89h,104.64t/data=!3m6!1e1!3m4!1skIQfB1OpGb-pBztUKJtY5Q!2e0!7i13312!8i6656>>. Acesso em: 07 de out. 2018.

PENNA, A. L.C.C. **Notas de aula da disciplina ensaios de laboratório e campo**. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Minas Gerais, 2011.

PHILIPPSEN, A. L. A; SHIMOSAKA, T.J; **Estudo do efeito da cura térmica na resistência do concreto para aplicação na indústria de pré-moldados de concreto**. Paraná, 2014.

ROQUE, L. A. **Áreas de Risco Geológico-geotécnico Associadas a Movimentos de Massas no Núcleo Urbano de Viçosa – MG**. Viçosa: Minas Gerais, 2013. Disponível em:<[file:///C:/Users/Joice/Downloads/texto%20completo%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Joice/Downloads/texto%20completo%20(2).pdf)>. Acesso em 21 de maio 2018.

XAVIER, A. DE M. UFSCAR. Universidade Federal de São Carlos. **Cálculo e Detalhamento de Muros de Arrimo em Concreto Armado e Fundação Superficial**. São Carlos: São Paulo, 2011. Disponível em: <[www.deciv.ufscar.br/tcc/wa\\_files/TCC2011-ANDRE\\_20XAVIER.pdf](http://www.deciv.ufscar.br/tcc/wa_files/TCC2011-ANDRE_20XAVIER.pdf)>. Acesso em: 23 de mar. 2018.