



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

**JULIANA PADOVANI MORÊTO**

**ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES ATRAVÉS DA TÉCNICA DO SOLO  
GRAMPEADO**

**UBÁ - MG**

**2018**

**JULIANA PADOVANI MORÊTO**

**ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES ATRAVÉS DA TÉCNICA DO SOLO  
GRAMPEADO**

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

Orientador (a): Dr.<sup>a</sup> Erika Maria Carvalho Silva Gravina.

**UBÁ - MG**

**2018**

## Resumo

Diante dos frequentes casos de instabilidade de maciços de solo ocasionados por fatores naturais ou por intervenção humana, torna-se necessária elaboração e execução de técnicas construtivas eficientes, capazes de garantir a estabilidade dos maciços de maneira segura, almejando qualidade, baixo custo e de rápida execução. Este trabalho tem como objetivo, a partir de uma revisão bibliográfica, mostrar as etapas de estudo e projeto de estabilização de um talude utilizando a técnica de solo grampeado, apresentando vantagens e desvantagens do método. O solo grampeado é uma técnica bastante eficaz no que diz respeito ao reforço do solo. O grampeamento do solo é obtido através da inclusão de elementos como chumbadores ou grampos e em seguida são fixados com calda de cimento. Estes elementos de reforço são posicionados sub -horizontalmente no maciço, de forma a introduzir esforços resistentes de tração e cisalhamento. Este método tem sido adotado devido às vantagens que tem apresentado como baixo impacto ambiental, equipamentos leves facilitando a execução, maior velocidade para execução demonstrando a importância de utilizar a técnica do solo grampeado em contenções.

**Palavras-chave:** Maciços. Chumbadores. Projeto de Estabilização de um Talude

## **Abstract**

In the face of the frequent cases of instability of soil massifs caused by natural factors or human intervention, it is necessary to elaborate and execute efficient construction techniques, capable of guaranteeing the stability of the massifs in a safe manner, evidencing quality, low cost and fast execution. Based on a bibliographic review, this work aims to demonstrate the steps of the study and stabilization project of a slope using the stapled soil technique, presenting advantages and disadvantages of the method. The stapled soil is a very effective technique in terms of soil reinforcement. The stapling of the soil is achieved by the inclusion of elements such as anchors or staples that work passively and then are fixed with cement mix. These reinforcing elements are positioned sub-horizontally in the mass, in order to introduce tensile and shear stresses. This method has been adopted due to the advantages that it has presented as low environmental impact, light equipment facilitating the execution, for execution demonstrating the importance of using the soil technique stapled in contention.

**Keywords:** Massifs. Anchors. Stabilization Project of a Slope.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da ocupação em áreas de risco cria um ambiente propício à deslizamentos devido a fenômenos naturais ou por intervenção humana. Sendo assim, observa-se ao longo dos anos, que um dos grandes problemas enfrentados na construção civil é garantir a estabilidade de taludes. Talude é a denominação que se dá a uma superfície inclinada que delimita espaços entre maciços terrosos ou rochosos. Quando ocorre deslizamento ou um talude necessita de uma estabilização, deve-se procurar um profissional em engenharia, para que o local seja estudado e analisado, estabelecendo a técnica de contenção, anulando os riscos no local (GERSCOVICH, 2012).

Para a escolha do tipo de contenção é necessário analisar critérios técnicos tais como a topografia da área, aspectos econômicos, característica do solo, entre outros. Dentre todas as técnicas de estabilização de solos, a de solo grampeado tem sido cada vez mais aceita no âmbito da engenharia geotécnica brasileira. O Solo Grampeado objetiva evitar a movimentação da massa do solo através da execução de chumbadores, concreto projetado e drenagem. Os chumbadores promovem a estabilização geral do maciço, o concreto projetado dá estabilidade local ao paramento e a drenagem age em ambos os casos.

No entanto, a esta técnica do solo grampeado necessita de um estudo mais aprofundado sobre a influência dos diversos fatores envolvidos em projetos de escavação, no que se refere à deformabilidade da contenção.

Este trabalho tem como objetivo, a partir de uma revisão bibliográfica, mostrar as etapas de estudo e projeto de estabilização de um talude utilizando a técnica de solo grampeado, apresentando vantagens e desvantagens do método.

O presente trabalho justifica-se, diante do fato de em lugares de difícil acesso, a técnica do solo grampeado, reduzir prazos e custos quando confrontadas com outros tipos de contenção, amenizando o impacto ambiental e permitindo ganho de área.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Taludes

É o nome dado as superfícies inclinadas, de maciço de rochas ou de solo, podendo ser natural, caracterizado como encosta ou construído pelo homem, como os aterros e cortes. Os construídos pela ação humana resultam de cortes em encostas, de escavações ou de lançamento de aterro (GERSCOVICH, 2012).

Com isso, os cortes devem ser executados com altura e inclinação adequados, para garantir a estabilidade da obra. O projeto depende das propriedades geomecânicas dos materiais e das condições de fluxo. Os taludes naturais estão sempre sujeitos a problemas de instabilidade, porque as ações das forças gravitacionais contribuem naturalmente para a deflagração do movimento. É muito comum observar encostas que se mantinham estáveis por muitos anos sofrerem processos de movimentação. Isso ocorre quando fatores que alteram o estado de tensões da massa provocam tensões cisalhantes que se igualam à resistência ao cisalhamento do solo (GERSCOVICH, 2012).

A instabilidade do maciço é consequência da própria dinâmica de evolução das encostas. Com o avanço dos processos físico-químicos de alteração das rochas, o material resultante torna-se menos resistente e dependendo da influência da topografia, geram-se condições propícias para deflagrar a ruptura (GERSCOVICH, 2012). Com o objetivo de melhor compreensão dos processos de estabilização de taludes e obras de contenção, um breve resumo dos conceitos relevantes nas análises de estabilidades e reforços de solos são apresentados.

#### 2.1.1 Fatores instabilizadores

O simples fato de os taludes existirem e de suas mudanças ocorrerem independente da sua forma, associada aos outros elementos presentes no planeta, por si só já são fatores instabilizadores. O principal elemento é o ser humano em decorrência da sua ocupação do espaço e suas atividades e em consequência, o aumento da população, surge a necessidade de o homem ocupar locais geologicamente instáveis, leva à necessidade de desenvolvimento tecnológico para resolver esses problemas (FONSECA, 2014).

Independentemente da causa, a existência de instabilidade geológica num dado talude com capacidade de exposição humana pode levar a consequências desastrosas, não só em termos de dano material e da vida humana, mas também quanto ao foro social, econômico e até mesmo ambiental (FONSECA, 2014).

De acordo com Sjöberg (1999), a ocorrência de ruptura por tombamento em taludes de grande escala é governada principalmente por três fatores:

- Resistência e orientação das descontinuidades;
- Resistência da rocha intacta;
- Deformabilidade (ou rigidez) do maciço rochoso.

Na natureza há constantemente uma progressão inata para a dissipação de energia, ou seja, para atingir o equilíbrio. O que para o homem representa desequilíbrio, para a natureza é a busca pela sua própria estabilidade, seu equilíbrio. No caso dos taludes, este processo é determinado pelo conjunto de forças que interagem entre si neste sistema, associadas aos seus diversos componentes, dividindo-se em forças ativas e as forças de resistência (KELLER, 2012)

As forças ativas são as que promovem o movimento do talude e dos seus constituintes, considerando a mais comum, a força gravitacional ou peso dos elementos constituintes do talude ou como rochas, habitações, indivíduos, cargas e outros (KELLER, 2012).

As forças de resistência consistem em forças contrárias ao movimento, como é o caso das forças de atrito e cisalhamento (KELLER, 2012). Desta forma, a estabilidade de um talude é apenas assegurada quando as forças que atuam sobre este se encontram em equilíbrio, sendo considerado um caso de equilíbrio estático, já que as forças de resistência são iguais ou superiores às forças ativas. Keller (2012), ainda sugere que esta questão é sempre analisada através do Fator de Segurança (FS), calculado a partir do quociente entre as forças de resistência e as forças ativas. Um talude será estável quando o valor calculado para FS seja igual ou maior que 1. Em se tratando de energia, este equilíbrio traduz-se na transformação ou não de energia potencial gravitacional das cargas existentes em energia cinética. No entanto, esta conversão energética resulta no problema de instabilidade de taludes, através dos fenômenos designados de movimentos de massas (VARNES, 1984).

### 2.1.2 Análise de instabilidade

A análise de instabilidade de taludes de acordo com Fonseca (2014), é um assunto de considerável complexidade, já que envolve a consideração de múltiplos e variados fatores influentes, sendo estes muitas vezes difíceis de avaliar e eles próprios influenciáveis por terceiros. Como tal, as metodologias de análise da instabilidade de taludes existentes, embora tenham por base a determinação do fator de segurança (FS) através do estudo das suas forças ativas e de resistência, acabam por apresentar divergências nos modelos sugeridos por estas para o efeito proposto (FONSECA, 2014).

Tabela 1 – Características dos métodos de equilíbrio limite

<b>MÉTODO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Fellenius (1936)</b>	Superfície de ruptura circular Satisfaz o equilíbrio de momentos
<b>Bishop simplificado (1955)</b>	Superfície de ruptura circular Satisfaz o equilíbrio de momentos Satisfaz o equilíbrio de forças verticais
<b>Janbu simplificado (1968)</b>	Superfície de ruptura qualquer Satisfaz o equilíbrio de forças verticais e horizontais
<b>Morgenstern e Price (1965)</b>	Superfície de ruptura qualquer Satisfaz o equilíbrio de momentos Satisfaz o equilíbrio de forças verticais e horizontais
<b>Spencer (1967)</b>	Superfície de ruptura qualquer Satisfaz o equilíbrio de momentos Satisfaz o equilíbrio de forças verticais e horizontais

Fonte: Menezes, Toniêto e Rangel (2014, p.11)

Existem hoje, 5 metodologias que são aceitas como ferramentas viáveis para a análise de instabilidade em taludes como citado na TAB.1. Apresentado diferenças entre si na sua definição, modelo matemático ou forma de aplicação, o que posteriormente condiciona a sua confiabilidade, precisão e exigência de capacidade de computação. Contudo, todas consistem em modelos de cálculo numérico baseados na divisão de um talude num determinado número de fatias e análise individual das forças que atuam em cada fatia (FONSECA, 2014).

## 2.2 Estruturas de contenção

As estruturas de contenção mantêm-se existentes quase em todas as obras. Em projetos de estradas, de pontes, de estabilização de encostas, de canalizações, de saneamento, de metrô, também estão presentes as obras de contenção (MENEZES; TONIÊTO; RANGEL, 2014).

“A contenção é feita pela introdução de uma armadura ou de elementos estruturais compostos, que apresentam rigidez distinta daquela do terreno que a conterá” (MENEZES; TONIÊTO; RANGEL, 2014, p. 13).

Diante de diversas técnicas de estabilização de maciços, pode-se enfatizar aquelas que seriam satisfatórias à proposta de estabilização de taludes, como:

- Muro de arrimo: são estruturas corridas de contenções constituídas de parede vertical ou quase vertical apoiada numa fundação rasa ou profunda. Podem ser construídas em alvenaria (de tijolos ou pedras ou em concreto (simples ou armado) ou ainda, de elementos especiais. Sua fundação pode ser direta, rasa e corrida ou profunda, em estacas ou tubulões (GERSCOVICH, 2012).
- Cortina Atirantada: São estruturas de contenção de paramento vertical ou quase vertical, feitas de concreto armado e que são ancorados no maciço através de tirantes protendidos. Quando há cortes, inicia-se a execução a partir do topo, prosseguindo a execução por patamares. Somente se inicia outro patamar, quando no anterior já estiver com os tirantes protendidos e as placas, em concreto, executadas (SILVA, 2006).
- Terra armada: O processo de solo reforçado, conhecido como terra armada. Consiste, basicamente, na introdução de tiras metálicas em solo compactado, sendo as tiras ligadas a painéis de concreto na face do maciço. As tiras de reforço são, em geral, de aço galvanizado, com dimensões iguais a 50 ou 100 mm de largura, com 5

mm de espessura. Em ambientes agressivos, devem ser usados componentes metálicos de aço inoxidável, com as mesmas características de resistência do aço galvanizado (SILVA, 2006).

- Rip- rap: O solo cimento ensacado conhecido também como "Rip-Rap" pode ser utilizado para proteger superficialmente o talude, geralmente utilizado para obturação das erosões, em casos especiais poderá construir muros de arrimo de gravidade, portanto não é indicado pela baixa eficiência na contenção, a não ser que seja seguido de chumbadores, telas e concreto projetado (COSTA; CUNHA; OLIVEIRA, 2018)

- Gabião: são constituídos por gaiolas metálicas preenchidas com pedras arrumadas manualmente e construídas com fios de aço galvanizado em malha hexagonal com dupla torção. As dimensões usuais dos gabiões são: comprimento de 2m e seção transversal quadrada com 1m de aresta. No caso de muros de grande altura, gabiões mais baixos (altura = 0,5m), que apresentam maior rigidez e resistência, devem ser posicionados nas camadas inferiores, onde as tensões de compressão são mais significativas (GERSCOVICH, 2012).

- *Crib-walls*: são estruturas formadas por elementos pré-moldados de concreto armado, madeira ou aço, que são montados no local, em forma de "fogueiras" justapostas e interligadas longitudinalmente, cujo espaço interno é preenchido com material granular graúdo. São estruturas capazes de se acomodarem a recalques das fundações e funcionam como muros de gravidade (GERSCOVICH, 2012).

- Solo grampeado: É aplicável apenas em solos firmes, ou a terra escorre por entre os grampos. "Solo grampeado é uma técnica de melhoria de solos, que permite a contenção de taludes por meio da execução de chumbadores, concreto projetado e drenagem" (LOTURCO, 2004, p.3).

A técnica do solo grampeado será discutida em detalhes nos tópicos a seguir.

### **2.3 Solo grampeado**

A técnica do solo grampeado é um procedimento de contenção aplicado a taludes naturais e cortes em maciços de terra, por meio de reforço no subsolo aliado ao revestimento com telas metálicas. Com o objetivo de estabilizar taludes de corte e também naturais de forma temporária ou, o que é mais comum, de forma permanente. Sua execução é rápida e baixo custo quando relacionados a outras tecnologias. A

contenção ocorre por conta da ancoragem de chumbadores sub-horizontais, que trabalham de forma passiva e são introduzidos no maciço e depois fixados com calda de cimento (CORSINI, 2012).

A ser em maciços recortados, a contenção é feita por etapas, executando-se a primeira linha de chumbadores e o revestimento com concreto projetado para seguir com o aprofundamento da escavação. Na segunda situação, quando o talude já está cortado, pode-se fazer a contenção de forma descendente ou ascendente. Juntamente ao grampeamento, é executado o sistema de drenagem, com drenos profundos, de paramento e canaletas ou descidas d'água (CORSINI, 2012).

Esta técnica pode ser aplicada em areias consolidadas, areias úmidas com coesão capilar, argilas adensadas e rochas brandas e não sendo aplicadas a solos arenosos e solos moles, pois os furos não permanecem intactos durante a perfuração (PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA, 2018).

Os chumbadores ou grampos, promovem a estabilização geral do maciço, o concreto projetado dá estabilidade local junto ao paramento e a drenagem age em ambos os casos (ZIRLIS; PITTA, 2001).

### **2.3.1 Mecanismo de interação solo-reforço**

O mecanismo de interação solo-reforço no sistema solo grampeado varia amplamente com a metodologia executiva, o tipo de aplicação, as propriedades do solo e as características dos reforços (FUNDAÇÕES E OBRAS GEOTÉCNICAS, 2006).

Com exceção das características mecânicas do solo, todos os outros fatores podem ser controlados e padronizados na execução dos chumbadores. Como a estabilidade de uma contenção em solo grampeado é, na maioria das vezes, avaliada em seu estado limite último, um parâmetro muito importante em projeto é a resistência ao cisalhamento desenvolvida na interface entre o reforço e o solo circundante "qs"<sup>1</sup> (FUNDAÇÕES E OBRAS GEOTÉCNICAS, 2006).

Ainda, segundo o autor, outros parâmetros que também precisam se considerados são os de resistência do maciço a ser estabilizado, e o ensaio de

---

<sup>1</sup> Resistência ao atrito no contato solo grampo

caracterização, este ensaio deve visar a caracterização física e mecânica dos materiais.

Neste trabalho, evidenciam-se o primeiro parâmetro que é a resistência ao cisalhamento, responsável pelo mecanismo de transferência de carga e restrição do movimento do maciço de solo, durante e após a sua escavação. Como os reforços trabalham basicamente sob tração, quanto maior for este parâmetro, melhor será o desempenho do reforço na estabilização do maciço de solo. Entretanto, como o "qs" é influenciado por diferentes fatores, a sua previsão torna-se, na maioria das situações, imprecisa e conservadora (FUNDAÇÕES E OBRAS GEOTÉCNICAS, 2006).

Na prática de execução nota-se que o "qs", que se desenvolve na interface solo reforço, considera a melhora do mesmo ao se realizar as fases de injeção após preenchimento do furo para a introdução dos chumbadores (FUNDAÇÕES E OBRAS GEOTÉCNICAS, 2006).

### **2.3.2 Ruptura em solo grampeado**

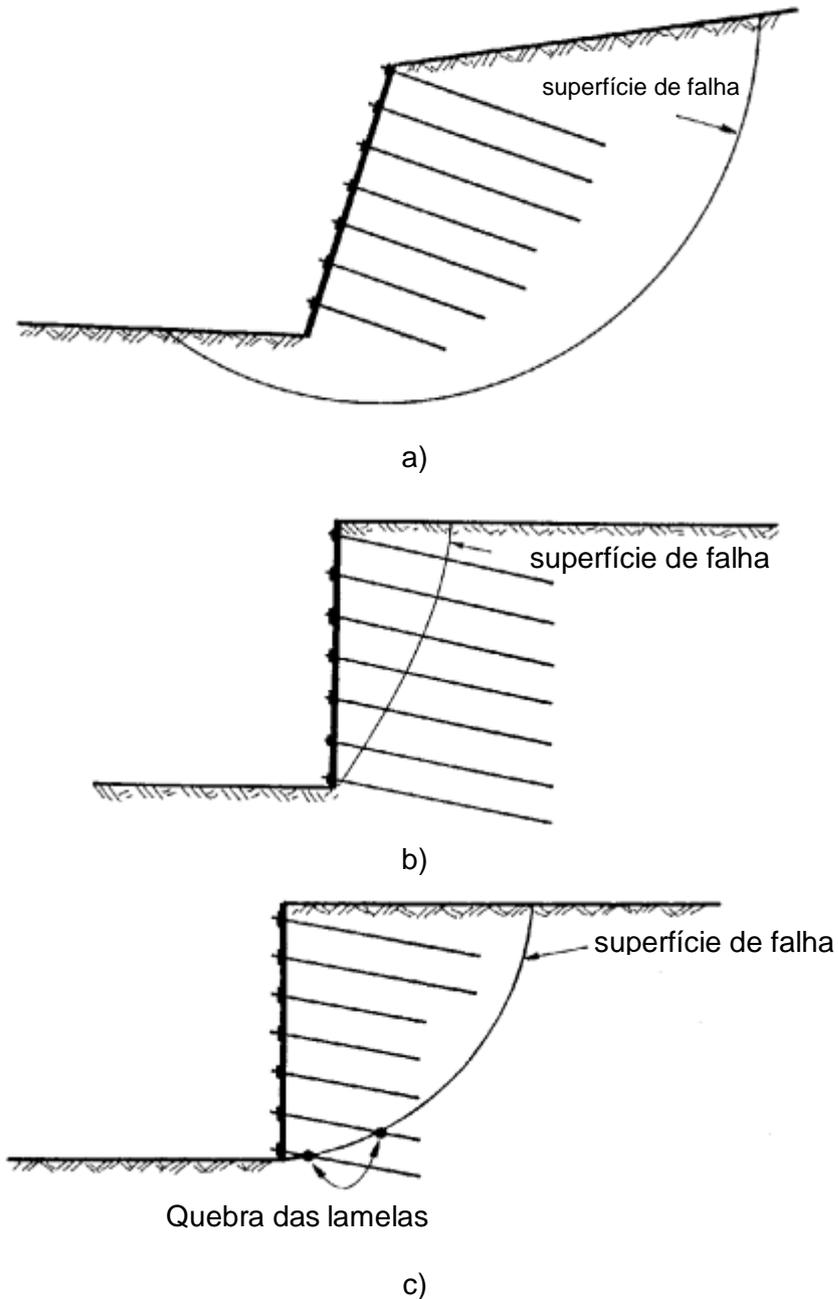
#### *2.3.2.1 Formas de ruptura*

Na técnica de solo grampeado, da mesma forma que em outras estruturas de solo reforçado, o procedimento de instabilidade pode suceder por ruptura interna e por ruptura externa, onde a estrutura comporta-se como um bloco monolítico. A ruptura externa de uma estrutura de solo grampeado (FIG.1-a) ocorre geralmente por deslizamento do terreno ao longo de uma superfície de ruptura afetando a estrutura como um todo e atingindo diretamente as fundações. Este tipo de ruptura é comum em todos os tipos de estruturas de contenção e podendo ser resultado da baixa capacidade de carga do solo da fundação da contenção, deficiências nos estudos geotécnicos realizados no local ou mesmo por comprimento dos grampos insuficientes (CLOUTERRE, 1991).

Nas rupturas internas (FIG.1-b), a falha no desempenho da estrutura ocorre justo a fatores que resultam em seu colapso, dentre estes, citam-se a ruptura por quebra dos grampos, a ruptura por redução de aderência na relação solo-grampo, ruptura se deve a alturas elevadas nas etapas de escavação e ruptura devido à erosão interna do solo, também conhecida como "piping". Já as rupturas mistas (FIG.1-c)

podem transcorrer como resultado de um método de instabilidade interna e externa. (CLOUTERRE, 1991).

Figura 1 - Tipos de Ruptura: a) externa, b) interna e c) mista



Fonte: Clouterre (1991, p.64), adaptado pela autora.

### 2.3.3 Métodos de cálculo

Os processos e métodos de análise para dimensionamento de solo grampeado têm como fundamento as propriedades mecânicas do solo e do reforço. A maioria dos

métodos se baseia na análise do equilíbrio limite, no qual a superfície potencial de ruptura é estudada. Há ainda alguns métodos fundamentados nas tensões internas e teoria de escoamento. Dentro dos métodos fundamentados na teoria do equilíbrio limite é comum a adaptação de programas de estabilidade existentes para incorporar a presença de grampos no cálculo do coeficiente de segurança (JURAN; ELIAS, 1990).

Uma questão importante que influencia o cálculo para o dimensionamento, envolve o valor da força em cada grampo. É evidente que a mesma deve ser inferior ao limite da força de atrito ao longo da ancoragem. Entretanto, se esses valores forem altos, ocorrerão problemas de convergência na iteração do método de estabilização ou mesmo, levado a um mecanismo inconsistente de ruptura. A consideração ou não da rigidez do grampo pode gerar diferentes resultados. Entretanto a contribuição dessa flexão não é expressiva (cerca de 10 a 15%) para grampos de diâmetros reduzidos, o que sob o aspecto prático não é preocupante (MENEZES; TONIÊTO; RANGEL, 2014).

O Método mais empregado ainda é o de Bishop-Simplificado, no qual a contribuição de cada chumbador pode ser considerada de duas formas: (JURAN; ELIAS, 1990).

- A parcela de contribuição do grampo para o crescimento do fator de segurança é dimensionada como o somatório dos momentos de forças dos grampos, baseado no centro do círculo adotado;
- A força de cada grampo é inclusa na equação de equilíbrio das fatias cujas bases são interceptadas pelos mesmos.

Neste método o grampo é tomado como infinito e atribuída uma força ao sistema, na direção do grampo, necessária para alcançar um determinado fator de segurança de estabilização do maciço; é estimado o espaçamento entre os mesmos, a partir daí obtém-se a força em cada grampo para dimensionar o comprimento de trabalho do mesmo para absorção dessa força e garantir a estabilização da cunha crítica de ruptura do maciço (SILVA, 2006).

Abramento, Koshima e Zirlis (1998, *apud* MENEZES; TONIÊTO; RANGEL, 2014), resumem na TAB.2, os principais métodos de análise de obras em solo grampeado. Eles descrevem ainda que os métodos diferem quanto à forma da superfície de ruptura, quanto ao método de cálculo do equilíbrio das forças atuantes e quanto à natureza dessas forças.

Tabela 2 - Métodos de análise do solo grampeado

Características	MÉTODOS					
	Alemão	Davis	Multicritério	Cinemático	Cardiff	Escoamento
Referência	Stocker e outros, 1979	Shen e outros, 1981	Schlosser, 1983	Juran e outros 1988	Bridle., 1989	Anthoine, 1990
Análise	Equilíbrio Limite	Equilíbrio Limite	Equilíbrio Limite	Tensões internas	Equilíbrio Limite	Teoria de escoramento
Divisão da massa de solo	2 colunas	2 blocos	Fatias	-	Fatias	Bloco Rígido
Fator de segurança	Bilinear	Parabólica	Circular ou poligonal	Espiral log	Espiral log	Espiral log
<b>Grampos resistem:</b>						
Tração	X	X	X	X	X	X
Cisalhamento			X	X	X	
Flexão			X	X	X	
Inclinação da parede	Vertical ou inclinada	Vertical	Qualquer	Vertical ou inclinada	Vertical ou inclinada	Vertical ou inclinada
Nº de camadas do solo	1	1	Qualquer	1	1	1

Fonte: Menezes, Toniêto e Rangel (2014, p.28)

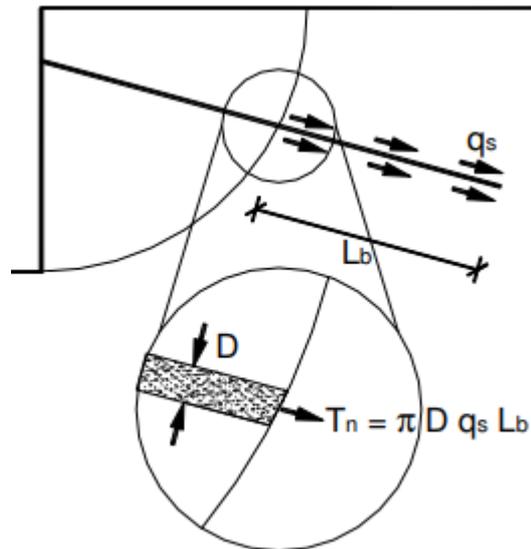
O método alemão avalia a superfície de ruptura com forma bilinear, compostos de dois segmentos de retas, esta avaliação foi questionada por Clouterre (1991), alegando que a mesma não retrataria as situações reais de campo (MENEZES; TONIÊTO; RANGEL, 2014).

Os métodos de Davis, o Alemão e o de Escoamento afirmam que os elementos de reforço são submetidos exclusivamente aos esforços de tração, onde a resistência friccional unitária máxima ou simplesmente resistência unitária, entre o solo e o grampo é tida como constante ( $q_s$ ) e os esforços de tração dos mesmos são calculados na superfície de ruptura. O valor  $q_s$  pode ser obtido a partir de experiências em ensaios de arrancamento, verificados posteriormente in loco durante a construção (MENEZES; TONIÊTO; RANGEL, 2014).

Os métodos, Cinemático e Multicritério consideram a flexão nos grampos. Os valores dos esforços de tração  $T_n$  e de cisalhamento  $T_c$  são obtidos em função de

uma análise tipo Winkler, (FIG. 2) considerando o grampo sobre apoio elástico suportado por molas não lineares que simulam a pressão do terreno.

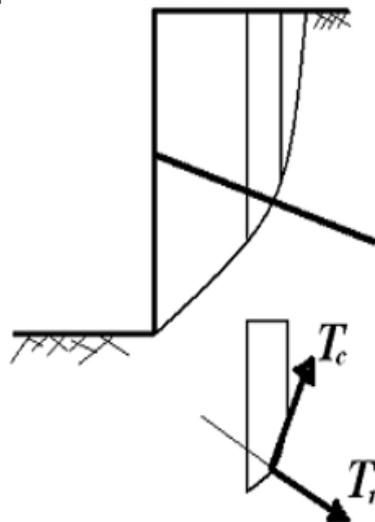
Figura 2 - Forças de tração e cisalhamento aplicadas pelo reforço na superfície de ruptura



Fonte: Menezes, Toniêto e Rangel (2014, p. 29)

O Multicritério é fundamentado no método de equilíbrio limite de fatias conforme ilustra FIG. 3, no qual os grampos aplicam os esforços estabilizantes de tração e cisalhamento na base de cada fatia, onde então se determina o fator de segurança global para o maciço (MENEZES; TONIÊTO; RANGEL, 2014).

Figura 3 - Introdução do efeito do reforço em uma análise de equilíbrio limite pelo método das fatias



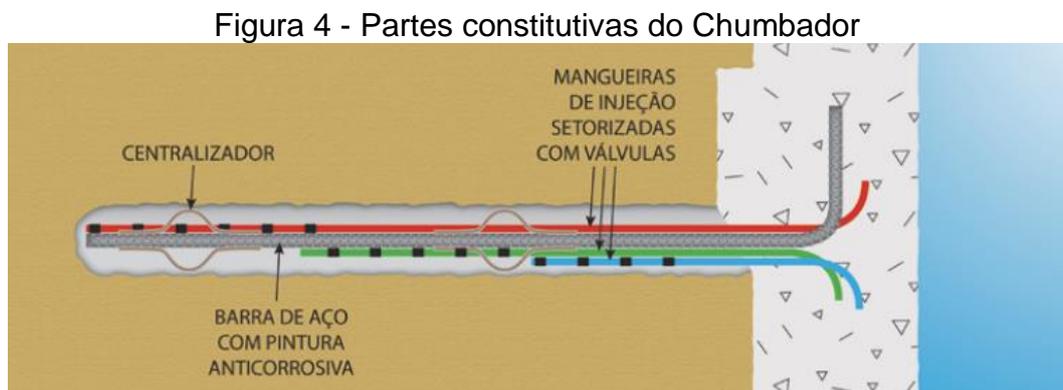
Fonte: Menezes, Toniêto e Rangel (2014, p. 28).

## 2.4 Método construtivo

### 2.4.1 Chumbador

#### a) Definição

Chumbadores (FIG. 4) são peças moldadas “*in loco*” como mostrado na figura, por meio das operações de perfuração com equipamento mecânico ou manual, instalação e fixação de armação metálica, com injeção de calda de cimento sob pressão. Sendo o elemento que estabiliza o maciço, sua execução deve ser criteriosa e em etapas bem definidas (ZIRLIS,1999).



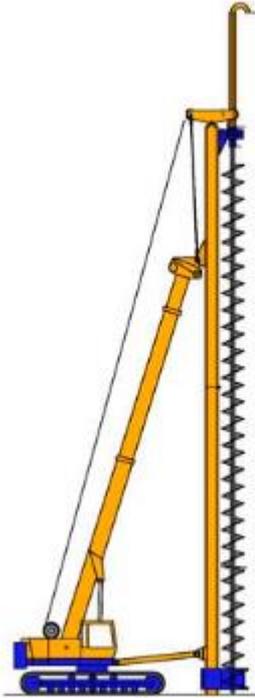
Fonte: Solotrat (2018)<sup>2</sup>

#### b) Perfuração

As perfurações são normalmente executadas por equipamentos, pesando entre 25 e 500 kg, portanto leves, de fácil manuseio, instalação e trabalho sobre qualquer talude. O fluido de perfuração e limpeza do furo, poderá ser água, ar, lama, quando optado por trado helicoidais contínuos não se utiliza nenhum tipo de fluido citado acima (FIG. 5).

<sup>2</sup> SOLOTRAT, 2018. Disponível em: <<http://www.solotrat.com.br>>. Acesso em: 14 de out. 2018.

Figura 5 - Trado helicoidais contínuos



Fonte: Direct Industry (2018)<sup>3</sup>

O sistema mais comum é aquele por lavagem com água. A depender da profundidade do furo, diâmetro, área de trabalho, pode-se optar por perfuratrizes tipo sonda, “wagon drill”, capaz de perfurar furos de 90-115 milímetros a uma profundidade de 36 metros com brocas usadas para fazer furos horizontais e verticais em túnel de construção (FIG. 6), ou até perfuratrizes manuais. Os chumbadores têm usualmente inclinação abaixo da horizontal variando de 5° a 30°.

---

<sup>3</sup> DIRECT INDUSTRY, 2018. Disponível em: <<http://www.rockdrillhammers.com>>. Acesso em: 14 de out. 2018.

Figura 6 - Wagon drill



Fonte: Direct Industry (2018)<sup>4</sup>

A escolha do método de perfuração deve ser tal que a cavidade perfurada permaneça estável até que a injeção esteja concluída. Caso sejam utilizadas lamas estabilizantes, deve-se assegurar o não prejuízo do atrito lateral. Normalmente, a lavagem da cavidade com calda de cimento atinge este objetivo. Recomenda-se nestes casos maior frequência dos ensaios de arrancamento (ZIRLIS, 1999).

Arrancamento é um ensaio realizado segundo o método prescrito na norma NBR 13528:1995 – Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânica, com o objetivo aplicar cargas de tração, por meio de macaco hidráulico, à barra de aço ancorada no terreno (CUNHA, 2007).

### c) Montagem

Ao fazer a perfuração, deve se instalar e fixar a armação metálica, que tem como função manter suas características de resistência ao longo do tempo. As nervuras devem receber o tratamento anticorrosivo para evitar o desgaste da tela, geralmente feito por meio de resinas poliméricas e calda de cimento. Ao decorrer destes elementos são instalados dispositivos centralizadores, para garantir o contínuo e constante recobrimento com calda de cimento (ZIRLIS, 1999).

A barra de aço, geralmente, tem diâmetro entre 10 e 25 mm. Com diâmetros de no máximo 20 mm, ela deve ter uma dobra na sua com cerca de 20 cm, e

---

<sup>4</sup> DIRECT INDUSTRY, 2018. Disponível em: <<http://www.rockdrillhammers.com>>. Acesso em: 19 de out. 2018.

centralizadores a cada 2 m. Para diâmetros da barra iguais ou superiores a 22 mm são aplicados a placa e a porca, quando não é possível dobrar a barra de aço. É comum também a solda de um pedaço de barra de aço (ZIRLIS, 1999).

Junto à barra é instalado um ou mais tubos de injeção perdidos, com diâmetro de 8 a 15 milímetros provido de válvulas a cada 0,5 metros, até 1,5 metros da boca do furo. Deve se fazer a previsão das fases de injeção, para saber a quantidade de tubos que vai ser gasto, e deve se considerar um tubo para cada fase (ZIRLIS, 1999).

#### d) Injeção

A bainha é a fase inicial de injeção, com a qual se recompõe a cavidade escavada. A bainha sendo uma fase da injeção pelo tubo auxiliar removível, de forma ascendente, utilizamos calda de cimento fator água/cimento próximo a 0,5 (em peso) (PITTA; SOUZA; ZIRLIS, 2013) proveniente de misturadores em que são preparados, de alta turbulência, até o seu extravasamento na boca do furo (MENEZES; TONIÊTO; RANGEL, 2014).

Uma boa opção é preencher o furo com calda e logo em seguida colocar armação metálica. Depois de no mínimo 12 horas, deve ser feito no chumbador uma reinjeção por meio do tubo de injeção perdido, anotando a pressão de abertura máxima, de injeção e o volume de calda que foi absorvida. A quantidade de injeções ou reinjeções vai depender muito da quantidade de tubos que foram colocados, que vai depende do terreno onde está sendo executado o trabalho (ZIRLIS, 1999).

O valor das pressões e volumes é compilado e analisado. O resultado desta análise, oferecerá o diagnóstico do chumbador (ZIRLIS, 1999).

### **2.4.2 Sistemas de drenagem**

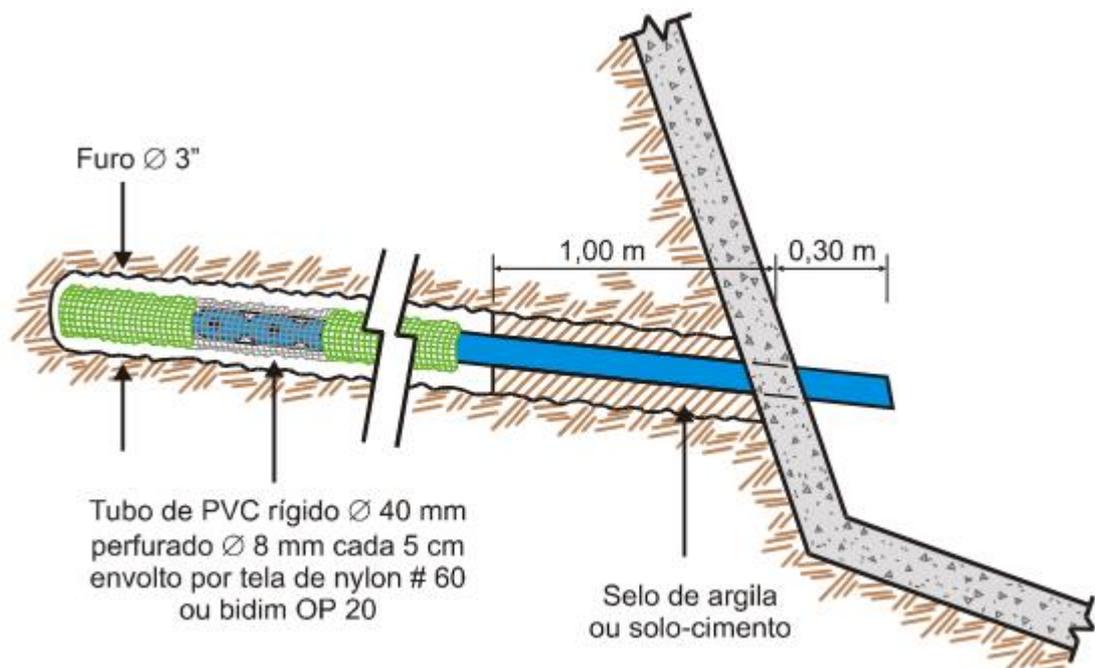
Para um melhor funcionamento do sistema é necessário o sistema de drenagem. Deve se fazer o estudo hidrológico para que faça o dimensionamento da drenagem como é feito para toda estrutura de contenção e pode ser dividida em três partes, com funções distintas e essenciais ao sistema (DALDEGAN, 2016).

A primeira parte é a drenagem superficial do talude, esta drenagem é feito por meio de canaletas, descidas d'água e demais elementos utilizados na drenagem

pluvial. Se não se realizar este tipo de drenagem a estabilidade do maciço pode ser comprometida (DALDEGAN, 2016).

A segunda é drenagem profunda do terreno, que tem o propósito de aliviar pressões hidrostáticas. Realiza a drenagem profunda através de drenos sub-horizontais profundos (FIG.7), que ficam encarregados de captar a água subterrânea que estão afastadas da face do talude. Os drenos sub-horizontais profundos são tubos de PVC perfurados amarrados com arame recozido. Conforme o comprimento dos grampos e a avaliação do projetista a profundidade do dreno pode ter variações. (DALDEGAN, 2016).

Figura 7 – Drenagem profunda

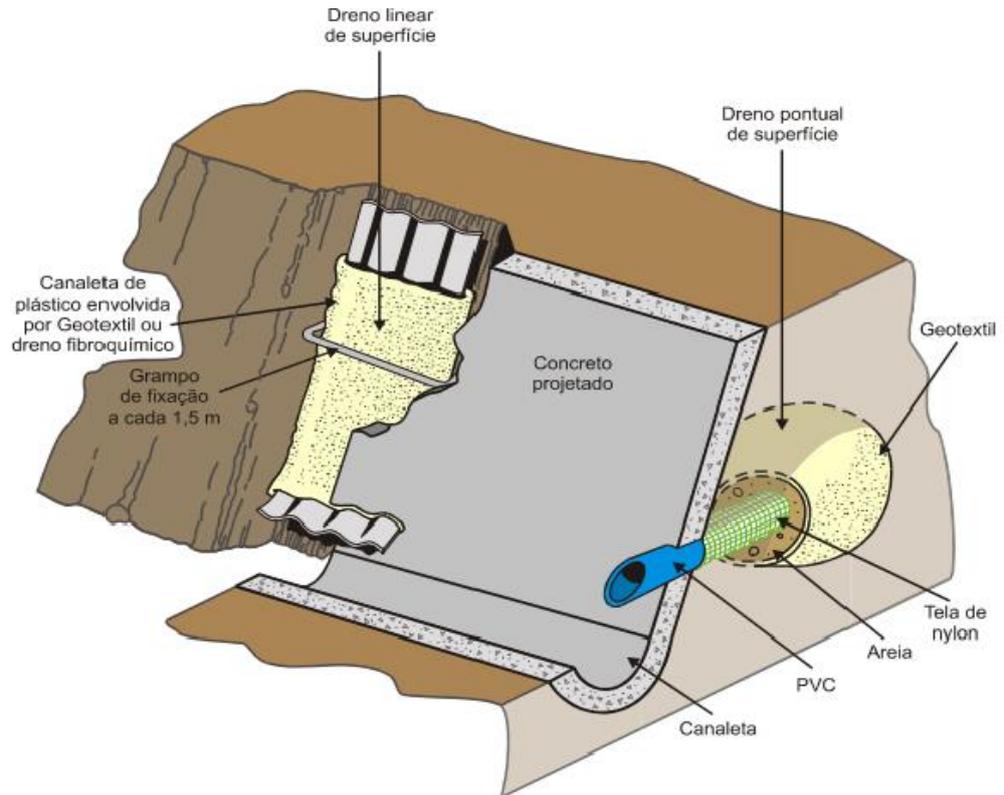


Fonte: Solotrat (1999)<sup>5</sup>

A terceira é a drenagem de paramento este é o elemento que completa toda o sistema de drenagem (FIG.8). O que mais se usa é o barbacã, encarregado por drenar a água que chega até o revestimento do solo grampeado, formado por tubo de PVC normalmente com comprimento de 50 cm, posicionado na face do talude (DALDEGAN, 2016).

<sup>5</sup> SOLOTRAT, 1999. Disponível em: <<http://www.solotrat.com.br>>. Acesso em: 10 de nov. 2018.

Figura 8 – Drenagem de paramento



Fonte: Solotrat (1999)<sup>6</sup>

### 2.4.3 Revestimento

O revestimento do solo grampeado pode ser dividido em dois tipos:

- Revestimento flexível: é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas (BRASIL, 2006).

Neste caso são usadas geogrelhas combinando com a cobertura vegetal do solo. As geogrelhas são uma combinação de telas eletrossoldadas de dupla torção com elementos geossintéticos (DALDEGAN, 2016).

Revestimento rígido: é composto pela execução do revestimento do talude com concreto projetado. Usualmente o concreto que se utiliza é com resistência característica à compressão de 15 ou 20 MPa (DALDEGAN, 2016).

Deve se fazer uma boa execução da camada de concreto pois é essencial para o serviço ser realizado com sucesso. O revestimento rígido geralmente é armado com

<sup>6</sup> SOLOTRAT, 1999. Disponível em: <<http://www.solotrat.com.br>>. Acesso em: 2 de dez. 2018.

tela eletrossoldada podendo conter uma ou duas camadas de tela. Mas se consegue fazer a execução do concreto projetado sem a armação em tela eletrossoldada, no lugar da tela são adicionadas fibras metálicas ao concreto (DALDEGAN, 2016).

O concreto projetado é a mistura de cimento, areia média ou pedra zero, pedrisco, água e aditivos, conduzidos por ar comprimido desde o equipamento de projeção até o local de aplicação. Existem duas maneiras de se obter o concreto projetado: por via seca e por via úmida (ZIRLIS, 1999).

- Via seca: “preparo a seco. A adição de água é feita junto ao bico de projeção, alguns instantes antes da aplicação” (ZIRLIS, 1999. p. 8).
- Via úmida: “preparado com água e assim conduzido até o local da aplicação” (ZIRLIS, 1999. p. 8).

Ainda, segundo o autor, o equipamento de concreto mais utilizado para solo grampeado é o de via seca, mas são utilizados tanto em uma quanto na outra, traços e equipamentos com características especiais. O concreto seco pode ser fornecido usinado, por caminhões-betoneiras ou pode ser preparado no próprio canteiro de obras pelos funcionários, mas seguindo os traços fornecidos.

. É um tipo de concreto que é “lançado” ou “jateado” através de mangueiras especiais, na extremidade do mangote há um bico de projeção, onde é acrescentada água. Esta mistura é lançada pelo ar comprimido, a grande velocidade, na superfície a ser moldada. Ainda podem ser adicionados ao traço: microssílica; fibras ou outros componentes (MENEZES; TONIÊTO; RANGEL, 2014).

Para o concreto projetado por via seca são necessários pelo menos os seguintes equipamentos e acessórios (FIG. 9):

Figura 9 - Montagem da aplicação convencional do concreto projetado



Fonte: Solotrat (1999)<sup>7</sup>

- **Bomba de projeção:** recebe concreto seco devidamente misturado disponibilizando para o local onde será aplicado. Antes da aplicação deve se analisar se os equipamentos estão em perfeitas condições de trabalho e também se as peças de consumo estão com desgaste aceitável e a máquina deve estar sempre bem ajustada (SOLO GRAMPEADO, 2018).

- **Compressor de ar:** interligado à bomba de projeção, com capacidade de fornecer ar comprimido em vazão e pressão corretas para guiar o concreto onde vai ser aplicado. Para qualquer diâmetro de mangueira ou vazão de trabalho, a prática brasileira estipula que a pressão característica do compressor seja de 0,7 MPa (SOLO GRAMPEADO, 2018).

Este valor lido no compressor, quando da projeção do concreto, não pode ser inferior a 0,3 MPa, ou seja, é o valor mínimo que o compressor tem que trabalhar para garantir a energia necessária para executar o concreto garantindo sua fixação. Mas para as distâncias acima 50 m tem-se, como condição máxima, os valores expressos na TAB.3 (MENEZES; TONIÊTO; RANGEL, 2014).

<sup>7</sup> SOLOTRAT, 1999. Disponível em: <<http://www.solotrat.com.br>>. Acesso em: 2 de dez. 2018.

Tabela 3 - Condição de operação do compressor

Vazão do compressor (PCM)	Diâmetro do mangote da máquina projetada	Pressão de ar necessária (MPa) máx.
350	1 ½"	0,7
600	2"	0,7
700	2 ½"	0,7

Fonte: Solotrat (2018)<sup>8</sup>

- Bomba de água: responsável pelo fornecimento de água em vazão e pressão junto ao bico de projeção. Mas na falta da bomba de água ele pode ser substituído pela água que é fornecida pelas redes públicas de abastecimento. Esta água deve ser fornecida junto ao bico de projeção com pressão de no mínimo 0,1 MPa superior a dos materiais em fluxo. (SOLO GRAMPEADO, 2018).
- Mangote: “duto de borracha por onde o concreto é conduzido desde a bomba até o ponto de aplicação” (SOLO GRAMPEADO, 2018, p. 8).
- Bico de projeção: “peça instalada na extremidade de saída do mangote junto à aplicação” (SOLO GRAMPEADO, 2018, p. 8).
- Anel de água: “componente do bico de projeção pelo qual se adiciona água ao concreto” (SOLO GRAMPEADO, 2018 p. 8).
- Bico pré-umidificador: deve ser instalado aproximadamente a 3 m do bico de projeção, referindo-se ao fornecimento de água para o concreto seco antes do ponto de aplicação. Sua utilização é ocasional. Acessórios utilizados devem estar em perfeitas condições para serem usados como mangotes, bicos, anéis d’água, pré-umidificadores e discos, as exigências são feitas conforme especificação de fabricantes e fornecedores (SOLO GRAMPEADO, 2018).

#### 2.4.3.1 Concreto projetado

A resistência do concreto normalmente solicitada nos projetos é de 15 MPa, mas pode atingir valores muito mais altos, de até 40 MPa. O concreto seco pode ser fornecido usinado, em caminhões-betoneiras, ou preparado no canteiro de obras. O

<sup>8</sup> SOLOTRAT, 1999. Disponível em: <<http://www.solotrat.com.br>>. Acesso em: 2 de dez. 2018.

ideal é que seja feito o preparo do concreto no canteiro de obras, assim tendo a quantidade de concreto sempre, e na hora que precisar (SOLO GRAMPEADO, 2018).

Como agregados, há o pedrisco ou pedra zero e a areia média. Tanto um quanto o outro devem ter umidade mínima: A areia, em torno de 5%, e nunca inferior a 3%, pois assim causa muita poeira, e nem superior a 7%, pois isto ocasiona entupimentos do mangote e o início de hidratação do cimento (ZIRLIS, 1999, p.10).

Para o pedrisco, a umidade de 2% é suficiente. A areia média não pode ter acima de 5% de grãos finos, e deve ser composta por 60% de grãos médios e de até 35% de grãos grossos (ZIRLIS, 1999, p.10).

- Cimento: pode ser Comum, Composto, Pozolânico, Alto Forno, ARI ou ARI-RS, dependendo das especificações do projeto. Podem ser utilizados aditivos aceleradores de pega, secos ou líquidos, conforme a necessidade da obra (ZIRLIS, 1999, p.10).

- Água: “deve estar de acordo com o que recomenda a tecnologia do concreto. Sua dosagem é feita pelo mangoteiro, por meio de registro, junto ao anel d’água, e é resultado da sensibilidade e experiência adquiridas em outras obras pelo operador” (MENEZES; TONIÊTO; RANGEL, 2014, p. 41).

- Controle: o controle da qualidade do concreto é feito pela extração de corpos de prova de placas moldadas na obra. Existem algumas normas da ABNT para este controle, que tiveram seu desenvolvimento impulsionado pelos serviços de execução de Túneis NATM (Novo método Austríaco de tunelamento) e citadas pelo (ZIRLIS, 1999).

NBR 13044 Concreto Projetado: Reconstituição da mistura recém-projetada.  
NBR 13069 Concreto Projetado: Determinação dos tempos de pega em pasta de cimento Portland, com ou sem utilização de aditivo acelerador de pega.  
NBR 13070 Moldagem de placas para ensaio de argamassa de concreto projetado.  
NBR 13371 Concreto Projetado: Determinação do índice de reflexão por medição direta.  
NBR 13354 Concreto Projetado: Determinação do índice de reflexão em placas (ZIRLIS, 1999, p. 13).

Os aplicadores de concreto são de igual importância na qualidade do serviço. Neste trabalho é usual ter dois especialistas: o mangoteiro e o bombeiro. O bombeiro está sempre junto à bomba de projeção, ajustando-a conforme os desgastes que ocorrem e verificando o correto fornecimento do volume de ar do compressor, usualmente circulares, dirigidos ortogonalmente à superfície a uma distância de 1 m.

O mangoteiro é quem aplica o concreto, em movimentos contínuos. Além disso, ele regula a água e tem sensibilidade para perceber oscilações nas características de vazão e pressão do ar (SOLO GRAMPEADO, 2018).

#### **2.4.4 Proteção do paramento**

É conceituado paramento, cada uma das superfícies de um elemento construtivo vertical, como os muros (SOLO GRAMPEADO, 2018).

Deve sempre se fazer as limpezas das juntas com aplicação de mastique quando necessário. Pois podem aparecer eventualmente manchas de umidade no concreto o que pode indicar uma possível ineficiência da drenagem de paramento ou da drenagem profunda. Inicialmente, deve ser feita a manutenção preventiva. “Caso ocorram manchas de umidade na superfície do concreto, este deve ser perfurado para se verificar o motivo desta ocorrência” (SOLO GRAMPEADO, 2018, p.15). Podendo se instalar um dreno profundo adicional para eliminação da umidade local.

## **2.5 Vantagens e desvantagens**

De acordo com Floriano, (2009), a técnica de grampeamento do solo está sendo aperfeiçoada ao longo do tempo, em consequência da experiência brasileira. Esse processo vem conquistando a confiabilidade por apresentar algumas vantagens em relação às técnicas de reforço normalmente utilizadas (FLORIANO, 2009):

- Custo, esta técnica possui um custo competitivo devido a sua execução, o elemento estrutural utilizado para a estabilização são os chumbadores, o que resulta em uma redução de mão de obra.
- Equipamentos leves, já que os equipamentos utilizados nas diferentes etapas de execução como perfuração, injeção de calda de cimento e lançamento de concreto projetado, são leves e de fácil manuseio.
- Velocidade de execução: uma vez que as técnicas utilizadas na execução do solo grampeado permitem uma boa produção, diminuindo o tempo de execução que é, menor que as soluções convencionais.
- Deformabilidade: por ser uma estrutura deformável, suporta com segurança a ocorrência de recalques totais ou diferenciais.

- Flexibilidade: permite grande adaptação do projeto às condições geométricas do talude, além de inclinação da face, distribuição e dimensionamento dos chumbadores nos diferentes estágios de construção.

Segundo Menezes, Toniêto e Rangel (2014), ainda possui baixo impacto ambiental, vantagem que está ligada ao procedimento executivo da estrutura grampeada, quantidade reduzida de materiais, pouca produção de resíduos de construção, alternativas de revestimento e uma menor interferência nos meios bióticos em relação às soluções convencionais, entre estas, o retaludamento que ocasiona supressão vegetal.

É fato que o sistema de solo grampeado também apresenta suas desvantagens quanto ao seu projeto e execução (FLORIANO, 2009).

- Necessidade de coesão: O solo precisa ter aderência satisfatória para continuar com o corte de escavação seguro até que os grampos sejam colocados no lugar.
- Nível d'água: Em solos onde o nível d'água está na extremidade da escavação não é permitido a realização do sistema.
- Monitoramento: É necessário que seja feito um acompanhamento do afastamento das faces e dos grampos durante a execução e até mesmo durante seis meses depois da obra terminada, pois os grampos podem levar tempo para o processo de mobilização da carga de trabalho. Isso causa recalques que podem interferir nas estruturas ao redor.
- Corrosão: Cuidados são necessários na injeção da nata do cimento, pois a preservação da barra de aço depende do recobrimento mínimo no interior do grampo para evitar corrosões.
- Deformação: Em solos que podem ocorrer variação física quanto à direção ou e casos de solos heterogêneos pode dificultar a previsão do deslocamento do faceamento e dos grampos.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A escolha adequada de um tipo de contenção a ser executada, depende de vários fatores, sendo eles, econômicos, facilidade de equipamento, tempo de execução, tipos de solo.

A escolha por executar este método, deve-se ao fato de estruturas de contenções em solo grampeado serem mais rápidas na execução, os equipamentos leves ajudando no fácil manuseio além do baixo impacto ambiental. É necessário, para a escolha do tipo de contenção, analisar critérios técnicos como topografia, característica de solo, entre outras. Os solos capazes de serem grampeados são areias consolidadas, areias úmidas com coesão capilar, argilas adensadas e rochas brandas. Não se aplica está técnica em solos moles e solos arenosos.

Com este trabalho apresenta-se a importância de utilizar a técnica de solo grampeado em estruturas de contenções, mostrando de forma prática as vantagens que esse tipo solução pode trazer, diante de outras técnicas de contenção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Departamento Nacional de infra estrutura de transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: 2006, 274p. Disponível em: <[http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual%20de%20Pavimentacao%20E7%20o\\_05.12.06.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Pavimentacao%20E7%20o_05.12.06.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2018.

CORSINI, R. **Fundações e contenções**. Nov. 2012. Disponível em:<<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/20/artigo271666-1.aspx>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

CUNHA, R. F.M da. **Ensaio de arrancamento**. Ago. 2007. Disponível em:<<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/125/artigo286430-1.aspx>>. Acesso em: 01 set. 2018.

CLOUTERRE. **Recommandations Clouterre**. Paris: Presses de l'ENPC. 1991. 269p.

DALDEGAN, E. **Solo grampeado**: processo executivo e principais características. 19 ago. 2016. Disponível em:< <https://www.engenhariaconcreta.com/solo-grampeado-processo-executivo-e-principais-caracteristicas/>>. Acesso em: 01 set. 2018.

DIRECT INDUSTRY, 2018. Disponível em: <<http://www.rockdrillhammers.com>>. Acesso em: 19 de out. 2018.

FLORIANO, C.F. **Solo grampeado**: comparação entre resultados de análises numéricas com dados de monitoramento. 2009. 100 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil)- Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FONSECA, J. **Riscos associados à instabilidade de taludes**: proposta de metodologia de abordagem a partir da análise comparada de diversos PDMs. 2014. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto - Portugal, 2014. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/75463/2/31769.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2018.

FUNDAÇÕES E OBRAS GEOTÉCNICAS. Gramado - RS: FUNDAÇÕES E OBRAS GEOTÉCNICAS, 2006. Disponível em: <<http://www.solotrat.com.br/dados/FGArtigoSoloGrampeado.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2018.

GERSCOVICH, D.M.S. **Estruturas de contenção muros de arrimo**. Rio de Janeiro - RJ: FEUERJ, 2012. 48 p. Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2018.

LOTURCO, B. **Contenções**. Fev. 2004. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/83/artigo286273-1.aspx>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

MENEZES, A. C. C. de; TONIÊTO, F. P.; RANGEL, L.V.de C. **Estudo e projeto de estabilização de talude utilizando a técnica de solo grampeado**. 2014. 104 p. TCC (Graduação em Engenharia Civil)- Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2014.

PITTA, G. C. A. SOUZA, G. J. T. ZIRLIS, A. C. **Solo grampeado**: alguns detalhes executivos ensaios – casos de obras. 06 mar. 2003. Disponível em: <<http://www.solotrat.com.br/assets/pdf/2003-solo-grampeado-alguns-detalhes-executivos-ensaios-casos-de-obras-revi.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2018.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA RIO DE JANEIRO. PUC Rio. **Solo grampeado**: definições, desenvolvimento e aplicações. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10979/10979\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10979/10979_3.PDF)>. Acesso em: 01 out. 2018

SILVA, J. C. B.J da. Solos grampeados: Comprimentos máximos de grampos nos solos a lesse da falha de Salvador (BA). **Sitientibus** , Feira de Santana BA, n. 35, p. 57-74, dez. 2006. Disponível em: <[http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/35/solos\\_grampeados.pdf](http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/35/solos_grampeados.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2018.

COSTA, F. da S. CUNHA, J.G. OLIVEIRA, M.A. S. de. **Muro rip-rap em comunidades carentes**: uma solução de baixo custo. Disponível em: <[https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/muro\\_rip\\_rap\\_em\\_comunidades\\_carentes.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/muro_rip_rap_em_comunidades_carentes.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2018.

SJÖBERG, J. **Analysis of large scale rock slopes. Sweden**: Division of Rock Mechanics - Luleå University of Technology, 1999. (Doctoral Thesis).

SOLO GRAMPEADO. Disponível em: <[http://www.solotrat.com.br/dados/pt\\_ManSoloGrampeado.pdf](http://www.solotrat.com.br/dados/pt_ManSoloGrampeado.pdf) >. Acesso em: 01 jun. 2018.

VARNES, D., J. Landslide hazard zonation: A review of principles and practice – Natural Hazards. **UNESCO**.v.63, nº3: 63. 1984.

ZIRLIS, A.C. **Solo grampeado**: execução. 23 nov. 1999. Disponível em: <<http://www.solotrat.com.br/assets/pdf/1999-solo-grampeado-execucao.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2018.

ZIRLIS, A. C. PITTA, C. A. **Solo grampeado**. Dez. 2001. Disponível em:<  
<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/57/artigo287231-1.aspx>>. Acesso me: 01  
ago. 2018.

JURAN, I.; ELIAS, V. **Behavior and working stress design of soil nailed retaining structures**. London: Performance of Reinforced Soil Structures, British Geotechnical Society. 1990.

KELLER, E. A. **Introduction to Environmental Geology**. Pearson Education, Inc 2012.