



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**PABLO NEIS**  
**RAFAEL LEONARDO MENDES SILVA**

**ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES EM OBRAS CIVIS**

Palhoça-SC  
2018

**PABLO NEIS**  
**RAFAEL LEONARDO MENDES SILVA**

**ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES EM OBRAS CIVIS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de  
Engenharia Civil da Universidade do  
Sul de Santa Catarina como  
requisito parcial à obtenção do título  
de Engenheiro Civil.

Orientadora: Fernanda Soares de Souza Oliveira, MSc

Palhoça-SC

2018

**PABLO NEIS**  
**RAFAEL LEONARDO MENDES SILVA**

**ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES EM OBRAS CIVIS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 15 de Junho de 2018.



---

Professora e orientadora, Fernanda Soares de Souza Oliveira, MSc  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Professor Ildo Sponholz, Msc

Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Engenheiro Civil Ednilson Cardoso  
Engenheiro Autônomo

Agradecemos aos nossos pais, irmãos e familiares por todo carinho e compreensão. Aos professores e amigos por compartilhar conhecimentos e momentos de alegria que foram essenciais para alcançarmos nossos objetivos.

## **AGRADECIMENTOS**

### **Pablo Neis**

Agradeço primeiramente a Deus por iluminar sempre meu caminho.

Agradeço aos meus pais por todo amor e carinho, pelo exemplo de caráter me ensinando a ter responsabilidade suficiente para enfrentar todo e qualquer obstáculo em meu caminho.

Agradeço a minhas irmãs pelas palavras de conforto e sabedoria no decorrer da minha graduação.

Agradeço a todos os professores que de alguma forma participaram da minha graduação em especial a minha Orientadora Fernanda Soares de Souza Oliveira por todo o conhecimento repassado, incentivo e paciência durante esta jornada.

### **Rafael Leonardo Mendes Silva**

Agradeço a Deus, pelo dom da vida e pela força para que possa trilhar o meu caminho.

Agradeço aos meus pais por serem modelo de dignidade e terem me proporcionado tudo desde os primeiros passos para que eu pudesse chegar até aqui.

Agradeço ao meu irmão pelo companheirismo de todas as horas.

Agradeço a Rafaela Vieira Ceron pelo amor, paciência e estar sempre do meu lado.

Agradeço a minha orientadora Fernanda Soares de Souza Oliveira por toda dedicação e ajuda que proporcionaram grandes aprendizados que levarei para toda vida, estendo também a todos outros professores que fizeram parte da minha graduação.

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.” (Friedrich Nietzsche).

## RESUMO

Os taludes podem ser formados por processos natural ou artificial. A estabilidade de taludes acontece em qualquer superfície inclinada que limita um maciço, e podem ser naturais, como as encostas, ou artificiais, resultantes de cortes ou da formação de aterros. O presente estudo foi elaborado através de uma pesquisa qualitativa, do tipo Pesquisa explicativa, constituído no período de abril a junho de 2018. O objetivo foi de avaliar os mecanismos, técnicas e procedimentos envolvidos no processo de estabilização de taludes em obras civis. Verificou-se que os principais problemas que podem ser encontrados nos taludes rodoviários são a erosão em sulcos e a erosão diferenciada, erosão em plataforma longitudinal, erosão ligada a obras de drenagem, desagregação superficial, escorregamentos devido à inclinação acentuada, devido à descontinuidade, à saturação do maciço, a evolução da erosão, a problemas na fundação, a problemas no corpo do aterro, na travessia de linha de drenagem, problemas com o sistema de drenagem. Com relação aos custos de implantação destes sistemas, a solução em terra armada foi descrita como uma técnica com custo baixo. A tela de alta resistência também apresenta um custo benefício interessante, assim como a pedra arrumada.

**Palavras chave:** Taludes, Contenção, Estabilidade, Rodovias, Custos.

## **ABSTRACT**

Slopes can be formed by natural or artificial processes. Slope stability occurs on any sloping surface that limits a mass, and can be natural, such as slopes, or artificial, resulting from cutting or forming landfills. The present study was elaborated through a qualitative research, of the type Explanatory research, constituted from the period of April to June of 2018. The objective was to evaluate the mechanisms, techniques and procedures involved in the process of stabilization of slopes in civil works. It has been found that the main problems that can be found in road slopes are furrow erosion and differentiated erosion, longitudinal platform erosion, erosion linked to drainage works, surface disintegration, landslides due to sharp slope due to discontinuity, saturation of the massif, erosion evolution, problems in the foundation, problems in the body of the landfill, in the drainage line crossing, problems with the drainage system. Regarding the implementation costs of these systems, the solution on the ground was described as a low cost technique. The high resistance fabric also has an interesting cost benefit, just like the tidy stone.

**Key words:** Slopes, Containment, Stability, Highways, Costs.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Estrutura laminar .....	21
<b>Figura 2:</b> Estrutura prismática e colunar. ....	21
<b>Figura 3:</b> Estrutura angular e subangular. ....	22
<b>Figura 4:</b> Estrutura granular. ....	23
<b>Figura 5:</b> Distribuição dos solos no território brasileiro. ....	25
<b>Figura 6:</b> esquema representando o escorregamento rotacional.....	32
<b>Figura 7:</b> esquema representando o escorregamento translacional. ....	33
<b>Figura 8:</b> mecanismo de fluxo de detritos. ....	34
<b>Figura 9:</b> correlação entre a tensão de cisalhamento necessária para a produção de um escorregamento e suas principais consequências. ....	36
<b>Figura 10:</b> Imagem de ruptura de talude por escorregamento.....	37
<b>Figura 11:</b> fluxograma para a utilização dos tipos de obras de estabilização de taludes de corte e aterro. ....	39
<b>Figura 12:</b> Diferentes superfícies de deslizamento ao longo do talude.....	41
<b>Figura 13:</b> divisão de um talude em fatias.....	42
<b>Figura 14:</b> Esquema de divisão do talude em margem de rodovia.....	57
<b>Figura 15:</b> Uso de solo-grampeado para a fatia com 90°. ....	58
<b>Figura 16:</b> Contenção de taludes em margem de rodovias.....	58
<b>Figura 17:</b> Contenção de taludes em margem de rodovias.....	59
<b>Figura 18:</b> Contenção de taludes em margem de rodovias.....	59
<b>Figura 19:</b> Contenção de taludes em margem de rodovias.....	60
<b>Figura 20:</b> Escorregamento de aterro de talude.....	60
<b>Figura 21:</b> Rompimento de pista e barreira de concreto. ....	61
<b>Figura 22:</b> Obra de contenção de deslizamentos.....	61
<b>Figura 23:</b> Contenção de taludes em margem de rodovia por cortinas ancoradas. ....	62
<b>Figura 24:</b> Gráfico comparativo de custos entre técnicas de contenções avaliadas por Pessoa (2016).....	63
<b>Figura 25:</b> Comparação associada de custos. ....	64
<b>Figura 26:</b> Comparação de custos entre diversas soluções de muros de contenção. ...	65
<b>Figura 27:</b> Contenções: custo por metro linear (R\$) x altura. ....	66
<b>Figura 28:</b> Custo comparativo dos diferentes tipos de muros.....	67

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Principais tipos de solos. ....	24
<b>Tabela 2:</b> Distribuição dos solos no território brasileiro. ....	26
<b>Tabela 3:</b> principais mecanismos deflagradores de instabilização do solo.....	29
<b>Tabela 4:</b> Principais agentes causadores dos movimentos de massa.....	30
<b>Tabela 5:</b> comparativo dos principais meios de movimentos de massa. ....	31
<b>Tabela 6:</b> Parâmetros de análise em solo do tipo saturado. ....	35
<b>Tabela 7:</b> principais problemas verificados em taludes construídos em faixas de domínio de rodovias e ferrovias no Brasil.....	49
<b>Tabela 8:</b> Proposta de glossário das principais soluções técnicas para contenções de taludes.....	54
<b>Tabela 9:</b> Comparativo de custos em relação ao tipo de terreno. ....	68

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS .....	14
<b>1.1.1 Objetivo geral</b> .....	<b>14</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>14</b>
1.2 JUSTIFICATIVA .....	15
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>16</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
3.1 SOLOS .....	18
<b>3.1.1 Formação dos Solos</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1.2 Estrutura dos Solos</b> .....	<b>20</b>
<b>3.1.3 Principais tipos de solos</b> .....	<b>23</b>
3.2 ESTABILIDADES DO SOLO .....	26
<b>3.2.1 Movimento de massas</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2.2 Tensões totais e efetivas</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2.3 Resistência dos solos</b> .....	<b>35</b>
<b>3.2.4 Mecanismo de ruptura de talude</b> .....	<b>36</b>
<b>3.2.5 Fator de segurança</b> .....	<b>38</b>
<b>3.2.6 Métodos de análise de estabilidade</b> .....	<b>38</b>
<b>3.2.6.1 Método das fatias</b> .....	<b>41</b>
<b>3.2.6.2 Método de Fellenius</b> .....	<b>42</b>
<b>3.2.6.3 Método de Bishop</b> .....	<b>43</b>
<b>3.2.6.4 Método de Jambu (simplificado)</b> .....	<b>43</b>
<b>3.2.6.5 Método de Spencer</b> .....	<b>43</b>
<b>3.2.6.6 Método de Morgenstern-price</b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.6.7 Método de Correia</b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.6.8 Método de Jambu</b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.7 Licenciamento ambiental para projetos de construções de taludes</b> .....	<b>44</b>
3.3 TALUDES EM FAIXAS DE DOMÍNIO DE RODOVIAS E FERROVIAS .....	48
3.4 CONTENÇÕES E ESTABILIDADE DE TALUDES EM FAIXAS DE DOMÍNIO DE RODOVIAS .....	50

3.5 EFEITOS DAS PLANTAS NA ESTABILIDADE DE TALUDES E ENCOSTAS .....	52
<b>4. ANÁLISE DE CONTENÇÕES .....</b>	<b>54</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>63</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>70</b>
<b>7. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>72</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento desenfreado das cidades e também da agricultura no Brasil, sem levar em consideração os conceitos da sustentabilidade ambiental, a população enfrenta hoje no país grandes problemas relacionados ao solo, especialmente perda de solos por processos erosivos, degradação de solo por manejo inadequado e, em áreas urbanas ou obras civis o problema das instabilidades de encostas e desmoronamentos de taludes e encostas (HÜLLER, 2010; DUTRA, 2013).

Grande parte destes problemas é em função da falta de conhecimento técnico mais aprofundando sobre as características e propriedades dos solos. O solo que conhecemos e que é mais facilmente visível forma a camada mais superficial da crosta terrestre, sendo que, sendo nesta camada que ocorre o desenvolvimento dos seres vivos, especialmente as plantas e microrganismos, além dos próprios animais (ORTIGÃO, 2007).

Porém, o estudo de suas características, peculiaridades e estruturas, que muitas vezes não estão visíveis a olho nu, são indispensáveis para uma análise mais detalhada da sua capacidade e condição estabilidade, que é tão importante hoje para os projetos de estabilização de taludes, por exemplo, (LEPSCH, 2002).

Com a ocupação humana desordenada dos grandes centros urbanos, com ocupações irregulares, sem o devido licenciamento ambiental e regularização fundiária, acabam ocorrendo a realização de uma série de obras irregulares em áreas de risco. Nesse sentido, é importante que sejam realizados os devidos estudos e projetos técnicos para que estes tipos de obras, assim como, naquelas grandes obras públicas e privadas que contenham taludes, de forma a garantir a sua estabilidade sem colocar em risco a vida de pessoas e a qualidade ambiental de um determinado ecossistema (ORTIGÃO, 2007).

É muito comum também perceber em épocas de elevado índice pluviométrico que em determinadas regiões as encostas ficam mais suscetíveis a escorregamentos, muito comum em áreas urbanas de encostas ocupadas

irregularmente e em margens de rodovias, onde em função do aumento do excesso de poro-pressão do solo, acaba reduzindo-se a resistência deste material ao cisalhamento e ocorrendo assim, as catástrofes ambientais de desmoronamentos e deslizamentos (DUTRA, 2013).

Sabe-se que a ocorrência destes tipos de escorregamentos terrosos tanto em cidades brasileiras, quanto em rodovias é significativa e frequente, gerando muita destruição, e acarretando elevados prejuízos financeiros, com destruição, inclusive de vidas humanas. Estes estragos certamente exigem reparos e obras emergenciais e que, por falta de planejamento adequado de prevenção, geram prejuízos maiores aos cofres públicos (DUTRA, 2013).

Nesse sentido, com o desenvolvimento do presente trabalho pretende-se promover uma contextualização sobre o assunto, de forma a reunir informações técnicas, normativas e práticas que possam subsidiar os técnicos e acadêmicos da área de engenharia civil para a conscientização sobre a importância dos estudos e projetos adequados para a estabilização de taludes.

## 1.1 OBJETIVOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho, optou-se por dividir os objetivos em objetivo geral e específicos.

### 1.1.1 Objetivo geral

- Avaliar os mecanismos, técnicas e procedimentos envolvidos no processo de estabilização de taludes em obras civis.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar os processos de formação dos solos e sua estabilidade em obras civis;
- Realizar uma análise dos valores de contenções em obras de estabilização de taludes;
- Apresentar alguns casos de estabilização de taludes bem e mal sucedidos em obras civis;

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O presente estudo se justifica pela importância que o tema proposto (estabilização de taludes) tem perante a Engenharia Civil, especialmente por envolver a questão de segurança para pessoas e no controle de catástrofes ambientais, como deslizamentos e desmoronamentos.

Portanto, o estudo e controle da estabilidade de taludes e encostas relacionam-se com obras civis tanto públicas quanto privadas, como por exemplo, em construção de rodovias, ferrovias, barragens, loteamentos, etc. Além disso, envolve uma situação social bastante grave no Brasil, que é com relação às ocupações irregulares em áreas de encostas em perímetros urbanos.

Diante disso, verifica-se a importância do tema, ficando evidente a relevância da necessidade da análise dos métodos utilizados para a estabilidade de taludes, visando complementar o conhecimento da Geologia de Engenharia, proporcionando maior segurança, economia e confiabilidade tanto a obras, como na ocupação do solo. Com isso, pretende-se reunir estas informações técnicas, normativas e práticas que possam subsidiar os técnicos e acadêmicos da área de engenharia civil para a conscientização sobre a importância dos estudos e projetos adequados para a estabilização destes tipos de taludes.

## 2. METODOLOGIA

Este estudo foi elaborado através do método de pesquisa qualitativa, sendo definida como estratégia de confecção e apresentação dos resultados a “Pesquisa explicativa”. De acordo com o autor Gil (2012, p. 46) “a pesquisa explicativa deve ser elaborada tendo o cuidado de buscar a identificação dos fatores determinantes ou que pelo menos possa de alguma forma contribuir para a ocorrência dos respectivos fenômenos”.

A pesquisa explicativa tem o principal objetivo de aprofundar o conhecimento da realidade, trazendo a explicação para a razão e o porquê dos fenômenos. Ainda busca identificar os motivos determinantes para o acontecimento de um determinado fenômeno ou que contribuíram e de que forma o acontecimento deste fenômeno (GIL, 2012). Esse método de pesquisa pode ser entendido ainda, como, uma extensão das pesquisas do tipo exploratória, assim como da pesquisa descritiva (GIL, 2012).

Com relação à pesquisa propriamente dita, esta pode ser definida como a metodologia racional e sistemática com a pretensão de encontrar as respostas para os problemas que são propostos nos trabalhos investigativos (CERVO; BERVIAN, 1996).

Geralmente as pesquisas são requeridas em momentos que as informações não existem de modo suficiente, ou inexistem, para chegar até as respostas aos problemas da pesquisa. (GIL, 2012).

Portanto, para a realização de um estudo científico é necessário a realização de uma pesquisa, que na maioria das vezes é previa ao estudo e do tipo ‘pesquisa bibliográfica’ (CERVO; BERVIAN, 1996). Dessa forma, esta é realizada no intuito de fazer uma fundamentação teórica sobre o assunto proposto, ou até para justificar as suas limitações e também para a discussão dos resultados.

Os autores Cervo; Bervian (1996, p. 48) afirmam ainda que:

“o tipo de pesquisa chamada de bibliográfica é um meio de formação por excelência. Pois, quando aplicada em um trabalho científico original, tende a constituir a pesquisa propriamente dita na área das

Ciências Humanas. E quando utilizada para resumo de assunto, constitui na maioria das vezes a primeira ação para qualquer pesquisa científica”.

Dessa forma, o referencial teórico do presente estudo foi constituído a partir de consultas bibliográficas realizadas por meio de leituras em trabalhos acadêmicos disponíveis na internet, em sites confiáveis como Scielo, Portal da Capes, Google Acadêmico, dentre outros. A constituição do presente trabalho se deu no período de abril a junho de 2018.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será feito uma análise sobre as variadas soluções de contenções para diversas situações, buscando a mais adequada, com o estudo sobre a geologia do terreno, estudo de riscos, custo e cronograma.

#### 3.1 SOLOS

O solo pode ser definido por um material formado pelo aglomerado de partículas sólidas resultantes do processo natural de intemperismo das rochas. Este processo ocorre de duas maneiras: através de desintegração mecânica ou decomposição química (VARGAS, 1977). Segundo o autor o solo é, portanto, formado por partículas que podem apresentar tamanhos, formas e composições químicas diferenciadas, o que vai determinar as respectivas propriedades do solo.

O solo que conhecemos e que é mais facilmente visível forma a camada mais superficial da crosta terrestre, sendo que, sendo nesta camada que ocorre o desenvolvimento dos seres vivos, especialmente as plantas e microrganismos, além dos próprios animais (ORTIGÃO, 2007).

A diversidade dos tipos de solos é relacionada pelas formas e tipos de relevo, material de origem, vegetação e organismo do solo. Portanto, dependendo dos fatores que afetam o intemperismo, o respectivo solo poderá apresentar características e propriedades físicas, químicas e físico-químicas peculiares a cada situação e, portanto apresentando uma determinada característica.

Nesse sentido, dependendo da região e do tipo de formação, os solos podem ser argilosos ou arenosos; vermelhos, amarelos ou cinza-esbranquiçados; ricos ou pobres em matéria orgânica; espessos ou rasos; homogêneos ou estruturados em tipos de horizontes bem definidos (EMBRAPA, 2006).

De acordo com a Embrapa (2006) o solo que classificamos é visto como:

“uma coleção de corpos naturais, tridimensionais, dinâmicos, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contem matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências autotróficas. O corpo tridimensional que representa o solo é denominado “pedon”. A face do “pedon” que vai da superfície ao contacto com o material de origem, constituindo a unidade básica de estudo do Sistema Brasileiro de Classificação é o perfil de solo, sendo avaliado em duas dimensões e perfazendo uma área mínima que possibilite estudar a variabilidade dos atributos, propriedades e características dos horizontes ou camadas do solo” (EMBRAPA, 2006, p. 164).

Nesse sentido, é importante analisar de forma mais aprofundada a formação dos solos, para entender a formação de suas estruturas e posteriormente a sua classificação.

### **3.1.1 Formação dos Solos**

O processo de formação dos solos é chamado de pedogênese (pedo: solo + gênese: origem), esse por sua vez trata-se de um processo lento que depende de fatores externos como o clima em que está inserido e a influência de águas e ventos, podendo demorar centenas ou até milhares de anos para sua finalização.

Segundo Pena (2018), a pedogênese acontece a partir da transformação das rochas mães, as características químicas e mineiras contidas na rocha serão encontradas no solo proveniente da mesma, contudo o solo ainda sofre com alterações resultantes das ações dos seres vivos e outros elementos, agregando características únicas ao seu tipo.

O intemperismo é o fator principal para determinar a formação do solo, podendo ocorrer de três formas. O intemperismo físico acontece quando há a desagregação de partículas pelo desgaste da rocha. O intemperismo químico é decorrente da decomposição. E o intemperismo biológico é decorrente das ações de seres vivos (LEPSCH, 2002).

É importante observar que as características do solo estão ligadas ao seu material de origem, o relevo, os organismos vivos, o clima e o tempo, sendo estes os fatores determinantes para a formação do solo (PENA, 2018).

- Material de origem é a rocha mãe que foi intemperizada dando origem ao solo.
- Relevo é como a crosta terrestre se apresenta no local onde a rocha mãe está localizada.
- Organismos vivos variam de micro-organismos até seres humanos, alteram as características físicas e químicas sendo degradando ou conservando o solo.
- Clima determina a velocidade do desgaste do material original dependendo da sua variação ao longo do tempo.
- Tempo apresenta sobre a profundidade do solo, solos de época geológicas recentes tendem a ser mais rasos e solos mais antigos podem apresentar maior profundidade.

### 3.1.2 Estrutura dos Solos

De acordo com o EMBRAPA (1999):

A estrutura do solo consiste na disposição geométrica das partículas primárias e secundárias; as primárias são isoladas e as secundárias são um conjunto de primárias dentro de um agregado mantido por agentes cimentantes. O ferro, a sílica e a matéria orgânica são os principais agentes cimentantes.

Essa disposição da origem aos agregados ou pedos, que são unidades estruturais separadas entre si por superfícies de fraqueza. A estrutura do solo pode ser definida usando três características (Pinheiro, 2009):

- a) Tipo: laminar, prismática, colunar, blocos angulares, blocos subangulares e granular;
- b) Tamanho: muito pequena, pequena, média, grande e muito grande;
- c) Grau de desenvolvimento: solta, fraca, moderada e forte.

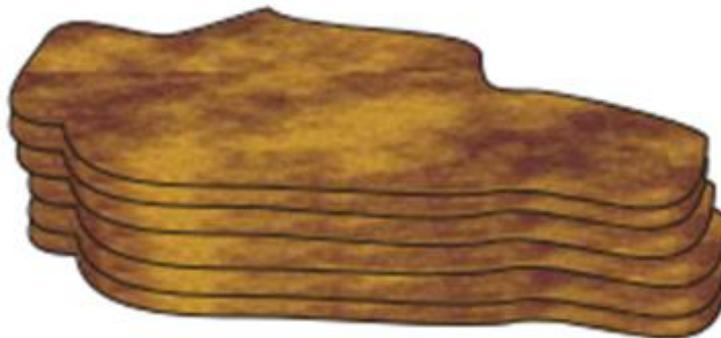
Sobre o tipo, o solo pode apresentar uma estrutura laminar, onde o solo está arranjado em agregados de forma que suas dimensões horizontais apresentam tamanho maior que as verticais, dessa forma apresentando seu

formato a aparência de uma lâmina, podendo ter espessuras diferentes, mas que não ultrapassem seu comprimento (ORTIGÃO, 2007).

A estrutura laminar é mais recorrente nas camadas superficiais do solo, porém também pode ser encontrado em camadas mais profundas.

Na figura 1 observa-se a estrutura laminar de um tipo de solo.

**Figura 1:** Estrutura laminar

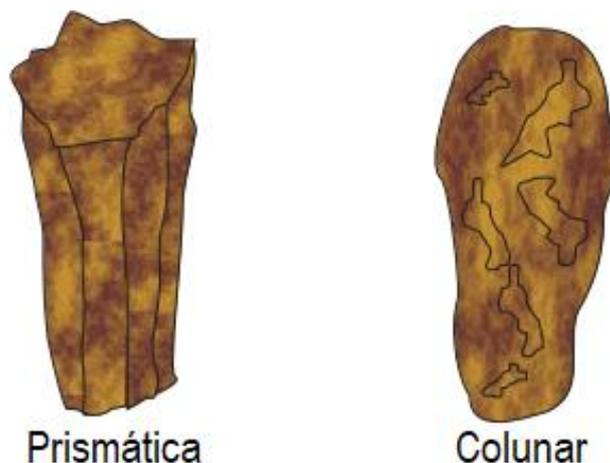


Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1999).

Pelo tipo pode se apresentar como uma estrutura prismática, onde o solo está arranjado em agregados de forma que seu tamanho vertical é maior que o lateral, apresentando assim o formato de prisma quando contém sua extremidade superior plana ou o formato de coluna quando possui a extremidade superior arredondada.

Esse tipo tem maior ocorrência nos horizontes subsuperficiais, normalmente em solos argilosos. Na figura 2 observa-se a estrutura prismática e colunar de um tipo de solo.

**Figura 2:** Estrutura prismática e colunar.



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1999).

As estruturas em bloco classificam o tipo do solo, a característica é seu tamanho aproximadamente igual em suas três dimensões, apresentando altura, largura e espessura praticamente do mesmo tamanho, podendo ser dividido ainda em blocos angulares, onde as faces da estrutura possuem ângulos vivos e blocos subangulares, quando as faces são menos definidas e mais arredondadas (LEPSCH, 2002).

Os blocos são encontrados com maior facilidade nos horizontes subsuperficiais do solo, os quais apresentam maiores características do processo de formação do solo.

Na figura 3 observa-se a estrutura angular e subangular de um tipo de solo.

**Figura 3:** Estrutura angular e subangular.



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1999).

Ainda sobre o tipo, pode ser classificado como granular, tendo também as três dimensões iguais, porém com sua superfície arredondada, é

mais comum nos horizontes próximos à superfície dando origem aos chamados grumos, é composta por matéria orgânica e atividades biológicas no solo.

Na figura 4 observa-se a estrutura granular de um tipo de solo.

**Figura 4:** Estrutura granular.



**Granular**

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1999).

### **3.1.3 Principais tipos de solos**

A nova Classificação Brasileira de Solos compreende 13 ordens, conforme conceitos que se seguem (EMBRAPA, 2006). Na Tabela 1 apresenta-se a nova classificação com os principais tipos de solos.

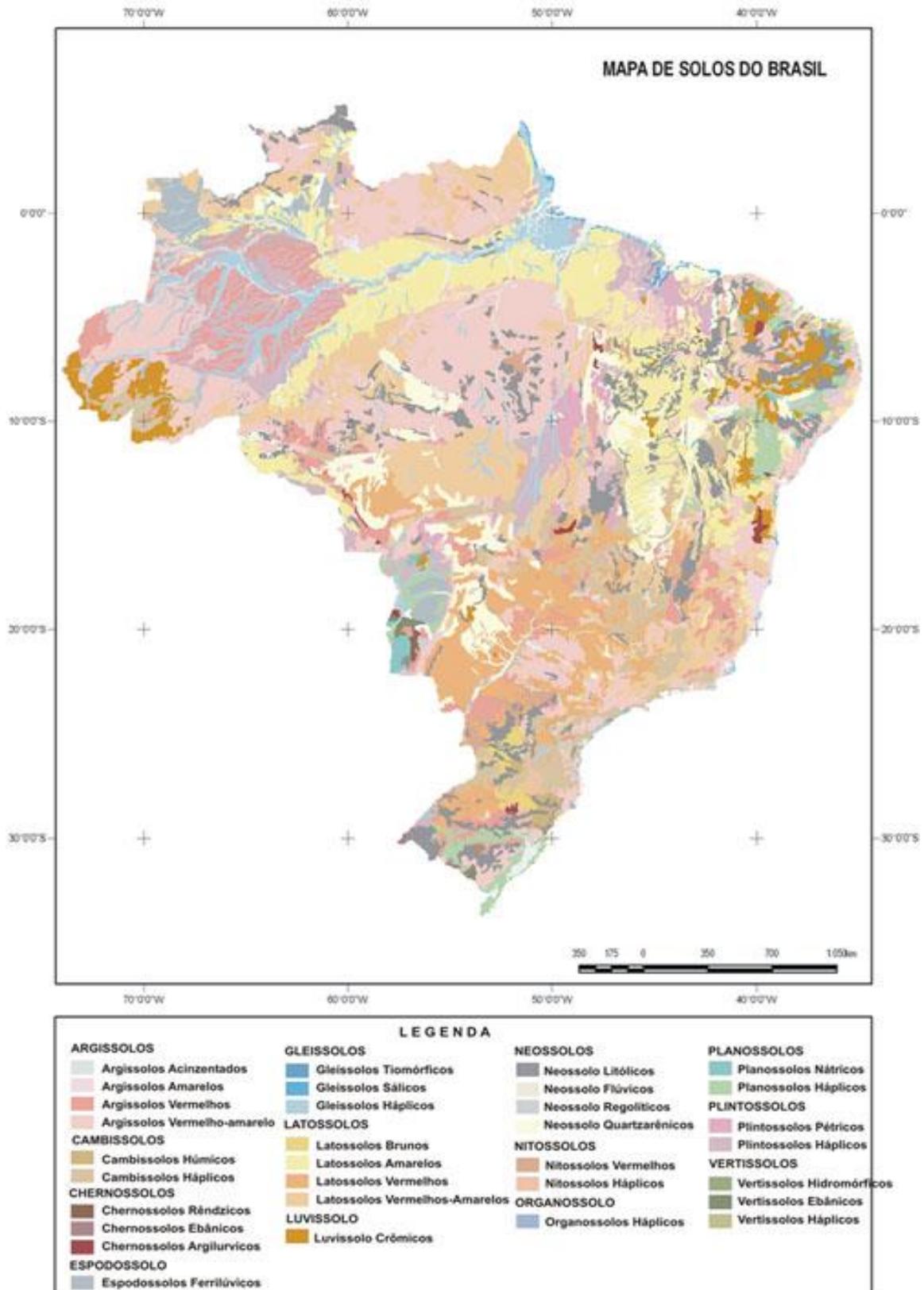
**Tabela 1:** Principais tipos de solos.

Classe	Elemento formativo	Termos de conotação e de memorização
ARGISSOLO	ARGI	“Argila”. Acumulação de argila com atividade baixa ou com atividade alta conjugada com concentração de alumínio trocável.
CAMBISSOLO	CAMBI	“Cambiare”, trocar ou mudar. Horizonte B incipiente, ou seja, ainda não totalmente transformado, seja pela presença de materiais primários intemperizáveis ou por atividade da argila alta.
CHERNOSSOLO	CHERNO	Preto, rico em matéria orgânica e alta saturação por bases.
ESPODOSSOLO	ESPODO	“Spodos”, cinza vegetal. Horizonte B espódico, ou seja, com concentração de matéria orgânica ou sesquióxidos.
GLEISSOLO	GLEI	Glei. Horizonte glei, ou seja, horizonte de cores cinzentas decorrentes de hidromorfismo.
LATOSSOLO	LATO	“Lat”, material muito alterado. Horizonte B latossólico.
LUVISSOLO	LUVI	“Luere”, iluvial. Acumulação de argila conjugada com argila de atividade alta e saturação por bases elevada.
NEOSSOLO	NEO	Novo. Pouco desenvolvimento pedogenético.
NITOSSOLO	NITO	“Nitidus”, brilhante. Horizonte B nítico.
ORGANOSSOLO	ORGANO	Orgânico. Horizonte orgânico H ou O.
PLANOSSOLO	PLANO	“Planus”. Horizonte B plânico.
PLINTOSSOLO	PLINTO	“Plinthus”. Horizonte plântico.
VERTISSOLO	VERTI	“Vertere”, inverter. Horizonte vértico.

Fonte: Adaptado de Embrapa (2006).

Já na figura 5 apresenta-se a distribuição dos solos no Brasil baseado no Mapa de Solos do Brasil.

Figura 5: Distribuição dos solos no território brasileiro.



Fonte: Adaptado de Embrapa (2006).

Já na tabela 2 é apresentado o percentual e área absoluta ocupada por cada tipo de solo no território brasileiro.

**Tabela 2:** Distribuição dos solos no território brasileiro.

Classes	Área absoluta	Área relativa
	(Km <sup>2</sup> )	(%)
Argissolos	2.28589,16	26,84
Cambissolos	448.268,08	5,26
Chernossolos	37.206,29	0,44
Espodossolos	160.892,69	1,89
Gleissolos	397.644,27	4,67
Latosolos	2.681.588,69	31,49
Luvissolos	241.910,74	2,84
Neossolos	1.122.603,82	13,18
Nitossolos	96.533,02	1,13
Organossolos	2.231,33	0,03
Planossolos	226.561,75	2,66
Plintossolos	594.599,98	6,98
Vertissolos	17.630,98	0,21
Afloramentos de rocha, dunas, águas e outros	201.815,77	2,37
<b>Brasil</b>	<b>8.514.876,60</b>	<b>100,00</b>

Fonte: adaptado de Embrapa (2006).

Nesta figura cima é possível perceber que os principais tipos de solos, e como maior ocupação no território brasileiro são os Latossolos (31,49%), seguido pelos Argissolos (26,84%) e os Neossolos (13,18%).

### 3.2 ESTABILIDADES DO SOLO

As propriedades de cada tipo de solo geralmente são utilizadas de parâmetros na avaliação da relação entre o manejo e a qualidade do solo (LIMA et al., 2007).

O processo de agregação, que por consequência tem influência na estabilidade do solo envolve uma série que constituem este respectivo solo,

tais como: argila, ferro, alumínio e matéria orgânica, e agem como instrumentos cimentantes, de forma a unir as partículas do solo, aumentando assim a sua agregação e por fim, sua estabilidade, inclusive em situações de taludes (MEGALE, 2011).

A estabilidade destes agregados se resume então como uma força com capacidade de resistência a uma ação mecânica com capacidade de degradação da estrutura do solo em questão, assim como, também, a capacidade do solo de resistir às forças compactantes (SILVA et al., 2006).

A estabilização de agregados, e por consequência do solo pode ser avaliada por parâmetros de agregação que poderão dar suporte às práticas agrícolas adotadas (SILVA et al., 2006).

A erosão do solo acontece devido à degradação por meio de transporte terrestre realizado pelas geleiras, rios, mares, vento escoamento pluvial. Os terrenos em declive, os tipos de cobertura vegetal e o manejo da terra são fatores que influenciam esta erosão (BASTOS, 2009).

Segundo Megale (2011) estes fatores também podem ser manifestados pelos impactos das gotas de chuva, fluxos concentrados de água, evoluindo até que a perda de material venha a atingir o substrato rochoso, dificilmente de ser corrigidos depois que evoluíram.

Os fatores citados anteriormente apresentam uma elevada capacidade de produção e transporte de sedimentos de um ponto a outro, sendo que, esta produção evoluiu do centro para as margens na superfície, formando profundas crateras que atingem o lençol freático, resultando a perda do solo destruição de nascentes e assoreamento de canais fluviais (ARAÚJO et al, 2005; THOMAZ e LUIZ, 2010).

Os fatores que influenciam a erosão do solo como, por exemplo, o desgaste, transporte e deposição na superfície, acontecem de forma natural no ambiente. Estes fatores estão envolvidos na formação do solo, portanto, a ação do homem em estimular cada fator, resultando numa erosão acelerada (SIQUEIRA et al. 2007). Ainda conforme o autor, a degradação do solo resulta em perda de partículas, nutrientes, sementes e matéria orgânica, também, a perda da biodiversidade e da atividade da biota, contribuindo para a

compactação, perda de produtividade e estabilidade do solo (SIQUEIRA et al. 2007).

Desta forma, a construção de estradas, subestações, barragens de reservatórios, e também as obras modificadoras da paisagem, exige que a terra seja movimentada, formando assim os taludes de corte e aterro. Nestas obras estão incluídas a exposição dos horizontes do solo, remoção da cobertura vegetal nativa e modificação na forma e declividade da superfície, sendo que tudo isto faz os taludes ficarem expostos às oscilações de temperatura e umidade e pela formação de deslizamentos e erosão (MEGALE, 2011).

Segundo Oliveira (2008) a erodibilidade acontece pela perda de material superficial e o fluxo de água de gases no solo. Portanto, a erodibilidade é a vulnerabilidade que os diferentes tipos de solo ou terrenos geológicos têm aos agentes erosivos como, por exemplo, os impactos da chuva, desagregação de partículas e transporte, prejudicando os fatores físicos, químicos, biológicos e mecânicos intervenientes.

A erosão acontece em clima tropical e em desenvolvimento, resultando na ocupação irregular de algumas áreas. Portanto, esta ocupação se dá devido a variedade espacial e temporal da erosão dos solos no Brasil, que devido a sua extensão apresenta variedade climática, geomorfológica e pedológica (GUERRA ; CUNHA, 1998).

Por causa das grandes quantidades de chuvas, o escoamento superficial e a perda de solo são altamente sensíveis às mudanças de precipitação. Desta forma, a erosão pluvial acontece por causa do clima, do tipo de solo, a topografia, a cobertura vegetal e uso e manejo do solo, que são controlados pela intensidade e duração das chuvas, pela erodibilidade natural do terreno, comprimento, forma e declividade da encosta, e o tipo e extensão da cobertura vegetal, que combinados a atributos do meio físico em outros estágios, representam grande parte dos problemas de estabilização de taludes (ARAÚJO et al., 2005).

Por outro lado, a instabilidade do solo está relacionada com os mecanismos deflagradores de sua instabilização.

Na tabela 3 apresenta-se uma descrição dos principais mecanismos deflagradores de instabilização do solo.

**Tabela 3:** principais mecanismos deflagradores de instabilização do solo.

Ação	Fatores	Fenômenos geológicos/antrópicos
Aumento da solitação	Remoção de massa (lateral ou da base)	Erosão
		Escorregamentos
		Cortes
	Sobrecarga	Peso da água de chuva, neve, granizo etc.
		Acúmulo natural de material (depósitos)
Solicitações dinâmicas	Peso da vegetação	
	Construção de estruturas, aterros etc.	
	Terremotos, ondas, vulcões etc.	
	Explosões, tráfego, sismos induzidos	
Pressões laterais	Água em trincas	
	Congelamento	
	Material expansivo	
Redução da resistência	Características inerentes ao material (geometria, estruturas etc.)	Características geomecânicas do material,
		Tensões
	Mudanças ou fatores variáveis	Intemperismo: redução na coesão, ângulo de atrito
		Variação das poropressões

Fonte: Adaptado de Gerschocovit (2009).

Os escorregamentos, ou movimentos de massas, geralmente são ocasionados pela diminuição de resistência interna do solo que fica exposta ao movimento da massa deslizante ou por um acréscimo das solicitações externas aplicadas ao maciço (GERSCHOCOVIT, 2009).

### 3.2.1 Movimento de massas

Os movimentos de massas podem ocorrer por diferentes formas de movimentos de solos e rochas. Podemos compreender, dessa forma, que o agente e a causa dos movimentos de massas acontecem por causa da estabilização de taludes (GUIDICINI; NIEBLE, 1976).

Abaixo, na tabela 4, apresenta os agentes causadores dos movimentos de massa.

**Tabela 4:** Principais agentes causadores dos movimentos de massa.

Agentes	Predisponentes		Complexo geológico
			Complexo morfológico
			Complexo climático-hidrológico
			Calor Solar
			Tipo de vegetação original
Agentes	Efetivos	Preparatórios	Pluviosidade
			Erosão pela água ou vento
			Congelamento e degelo
			Variação de temperatura
			Dissolução química
			Oscilação de nível dos lagos e marés e do lençol freático
			Ação humana e de animais
	Efetivos	Imediatos	Desflorestamento
			Chuvas intensas
			Fusão de gelo e neve
			Erosão pela água ou vento
			Terremotos
			Ondas
			Ventos
	Ação do homem		

Fonte: Adaptado de Guidicini; Nieble, (1976).

Verifica-se então que os agentes podem ser classificados em agentes predisponentes e efetivos. Os agentes predisponentes são um conjunto que sobre hipótese alguma admite qualquer ação humana, sendo de caráter exclusivamente natural. Por outro lado, os agentes efetivos responsáveis pelo desencadeamento de massas, atuam de forma direta. Podem ser classificados em preparatórios e imediatos (JOLY, 2014).

Na tabela 5 apresenta-se um comparativo dos principais meios de movimentos de massa.

**Tabela 5:** comparativo dos principais meios de movimentos de massa.

TIPO DE MOVIMENTO		TIPO DE MATERIAL			
		ROCHA	SOLO (ENGENHARIA)		
			GROSSEIRO	FINO	
QUEDAS		de rocha	de detritos	de terra	
TOMBAMENTOS		de rocha	de detritos	de terra	
ESCORREGA- MENTOS	ROTACIONAL	poucas unidades	abatimento de rocha	abatimento de detritos	abatimento de terra
	TRANSLACIONAL	poucas unidades	de blocos rochosos	de blocos de detritos	de blocos de terra
		muitas unidades	de rocha	de detritos	de terra
EXPANSÕES LATERAIS		de rocha	de detritos	de terra	
CORRIDAS/ESCOAMENTOS		de rocha (rastejo profundo)	de detritos (rastejo de solo)	de terra (rastejo de solo)	
COMPLEXOS: Combinação de 2 ou mais dos principais tipos de movimentos					

Fonte: adaptado de Joly (2014).

Dessa forma, os principais mecanismos presenciados em taludes são ocasionados pelos movimentos rotacionais e translacionais (HIGHLAND; BOBROWSKI, 2008).

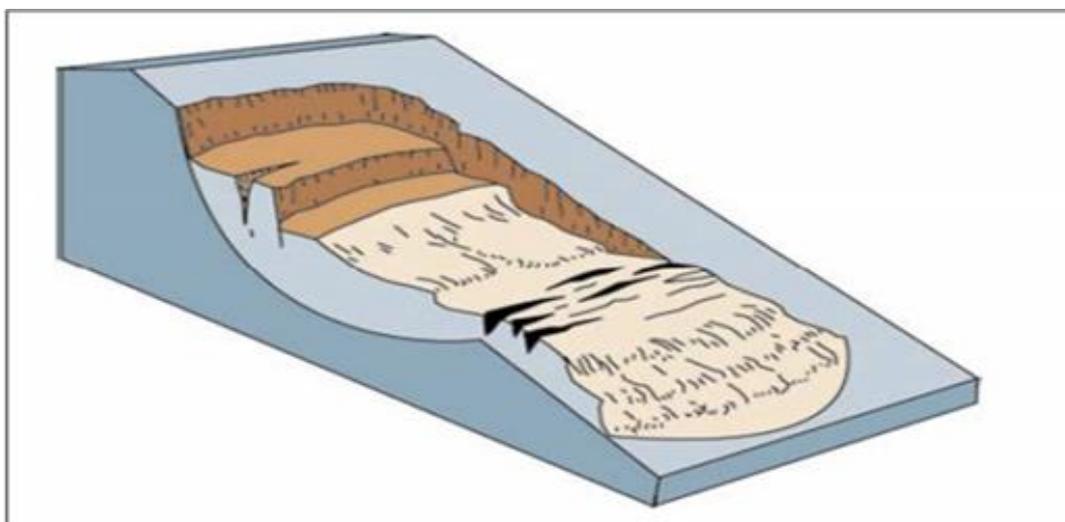
O escorregamento rotacional é um tipo de deslizamento em que a superfície terrestre se curva no sentido superior, no formato de uma colher. Sendo que, este deslizamento poderá se deslocar de forma relativa e coerente ao longo da superfície de ruptura, resultando em pouca deformação interna e o material deslocado se movimentará, nas maiorias das vezes verticalmente para baixo (JOLY, 2014).

Este tipo de escorregamento geralmente se manifesta em terrenos que estão em declive entre 20° e 40°. Portanto, nestes casos, nos solos em que aconteceu a ruptura, na superfície provavelmente terá uma profundidade variável de 0,1m a 0,3m. Este tipo de escorregamento pode ser ocasionado em decorrência das chuvas intensas, levando o talude à saturação, aumentando assim o nível de água no interior do solo (JOLY, 2014).

Segundo Highland; Bobrowski (2008), outra causa para o escorregamento rotacional é o rápido escoamento dos rios após as cheias. Sendo que, nestes casos a sua velocidade de ocorrência poderá acontecer de forma lenta ou moderadamente rápida e até extremamente rápida. Se a velocidade for lenta, não causara nenhum dano a vidas humanas, portanto, pode ser extremamente danoso a estruturas, rodovias e redes de abastecimento.

Abaixo, na figura 6 um esquema representando o escorregamento rotacional.

**Figura 6:** esquema representando o escorregamento rotacional.



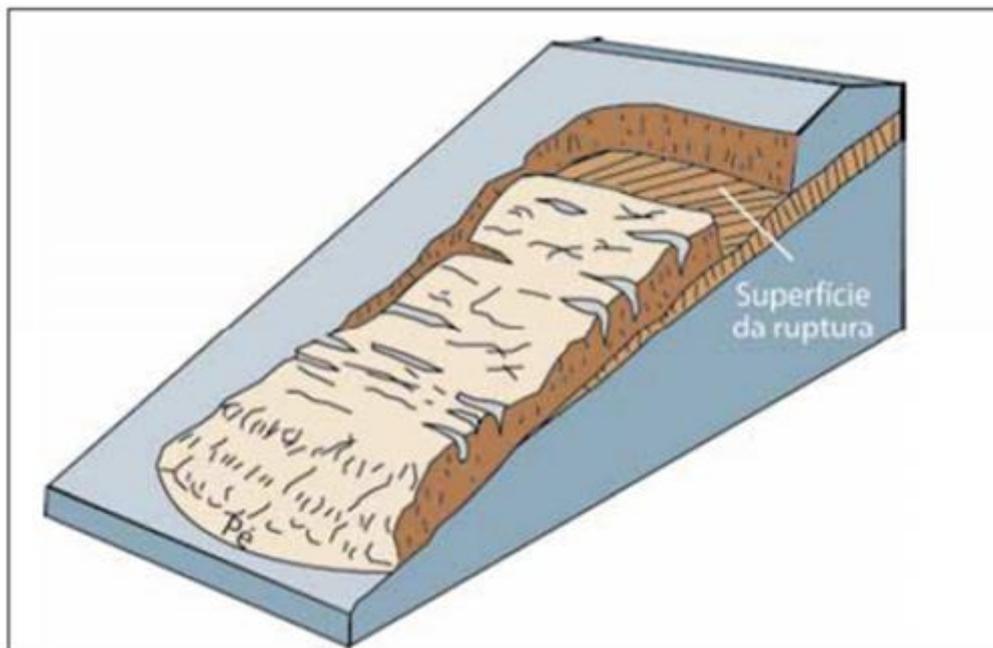
Fonte: Highland; Bobrowski (2008).

Outra forma de movimentação de solos ocorre por meio do escorregamento translacional, que é um processo mais extenso, e pode acontecer em centenas de metros, em taludes mais abatidos. Sendo que esse escorregamento tem formato tabular, e seu movimento é de curta duração, ocorrendo em velocidade elevada com grande poder de devastação. O que provoca este movimento é o aumento de água, podendo atuar como rastejo depois do acumulo de materiais ao pé do talude (JOLY, 2014).

Os escorregamentos translacionais acontecem dentro do manto de alteração, pelas condições climáticas, tipo de drenagem e inclinação da encosta (GUIDICINI; NIEBLE, 1976).

Abaixo, na figura 7 um esquema representando o escorregamento translacional.

**Figura 7:** esquema representando o escorregamento translacional.



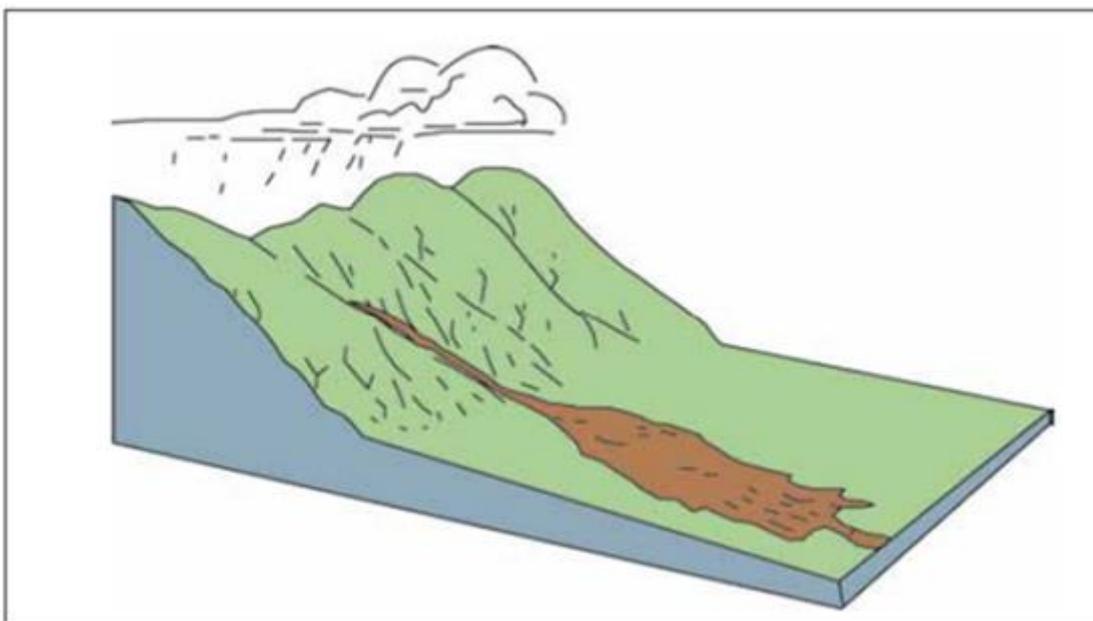
Fonte: Highland; Bobrowski (2008).

Os fluxos de detritos também são movimentos de massa que podem se desenvolver em tempo muito curto, de segundos a poucos minutos, velocidades elevadas que varia de 5 a 20 m/s, alta capacidade erosiva, com impacto de 30 a 1000 kN/m<sup>2</sup>. Os fluxos de detritos são denominados também de desastre natural (JOLY, 2014).

Os desastres naturais ou fluxos de detritos acontecem logo depois das chuvas, quando a incidência pluviométrica muito intensa (6 a 10 mm em 10 minutos), ocasionando o escorregamento de solo e rocha para dentro de um curso d'água. Desta forma, essa massa de solo se se mistura com água sendo levada para as vertentes juntamente com todos os materiais a sua frente (JOLY, 2014).

Abaixo, na figura 8 um esquema representando o mecanismo de fluxo de detritos.

**Figura 8:** mecanismo de fluxo de detritos.



Fonte: Highland; Bobrowski (2008).

### 3.2.2 Tensões totais e efetivas

As tensões totais efetiva em um solo são dadas pela tensão total ( $\sigma$ ) diminuída da poropressão ( $u$ ). Portanto, das tensões totais efetivas expõem que todos os efeitos mensuráveis resultam nas variações de tensões em um solo como compressão e distorção de variações de tensões efetivas (RAMOS, 2014).

Segundo Ramos (2014), as deformações que acontecem em um solo, é correspondente das variações de forma ou volume do conjunto, resultantes do deslocamento relativo de partículas. O ensaio de adensamento é utilizado para se conhecer essas deformações.

Através do ensaio de adensamento de um solo é possível determinar as características de compressibilidade e adensamento do solo e, assim, fazer a previsão de recalques nas obras. É possível prever o quanto irá recalcar e em quanto tempo acontecerá esse recalque (RAMOS, 2014).

As tensões totais e efetivas corretamente falando, é a resposta do solo a qualquer tipo de solicitação, que por sua vez, depende da tensão efetiva. Sendo que o projetista quando assumir o termo total por essas análises

automaticamente estará assumindo que as poropressões geradas na obra são idênticas às desenvolvidas nos ensaios (GERSCOVICH, 2009).

A tabela 6, abaixo, mostra as condições críticas, os parâmetros e tipos de ensaios adequados a cada tipo de análise, considerando-se que estes ensaios fossem realizados em solo do tipo saturado.

**Tabela 6:** Parâmetros de análise em solo do tipo saturado.

Situação crítica	Tipo de análise	Parâmetros	Ensaio de laboratório
Final de construção (não drenado)	Tensões efetivas	$c', \phi'$ e $(u_0 + \Delta u)$	Triaxial CU com medida de poropressão
	Tensões totais ( $\phi=0$ )	$s_u$	Triaxial UU
Longo prazo (drenado)	Tensões efetivas	$c', \phi'$ e $u_0$	Triaxial CD
			Cisalhamento Direto
			Triaxial CU com medida de poropressão
			Ensaio de Torção

Fonte: Adaptado de Gerschocovit (2009).

Desta forma, é fundamental analisar que um solo não saturado sujeito a processo de umedecimento perde a contribuição da parcela de sucção, sendo a saturação completa a condição mais crítica (ORIGE, 2016).

### 3.2.3 Resistência dos solos

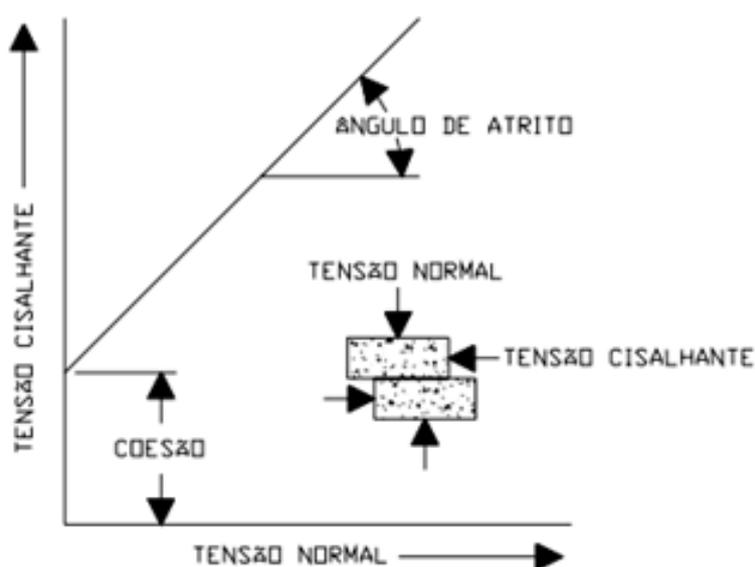
A resistência ao cisalhamento do solo é definida como a máxima tensão de cisalhamento que o solo pode suportar sem sofrer ruptura, ou a tensão de cisalhamento do solo no plano em que a ruptura estiver ocorrendo. A resistência dos solos é o resultado da ação causada por dois fatores, ângulo de atrito e coesão (PINTO, 2002).

O ângulo de atrito e a coesão são propriedades significativas dos materiais, na discussão de problemas de estabilidade. Na figura abaixo, a tensão cisalhante ( $\tau$ ), necessária para provocar deslizamento, aumenta com o aumento da tensão normal ( $\sigma$ ) (PINTO, 2002). O autor menciona ainda que, o que define o ângulo de atrito é a inclinação da linha normal e cisalhante. Se a

descontinuidade for selada, ou rugosa, quando a tensão normal for igual à zero, será necessário um determinado valor da tensão cisalhante para provocar movimentação, que definirá a coesão no plano de descontinuidade.

Na figura 9 apresenta-se uma correlação entre a tensão de cisalhamento necessária para a produção de um escorregamento e suas principais consequências.

**Figura 9:** correlação entre a tensão de cisalhamento necessária para a produção de um escorregamento e suas principais consequências.



Fonte: adaptado de Pinto (2002).

### 3.2.4 Mecanismo de ruptura de talude

A ruptura de um talude acontece na maioria das vezes quando uma fundação é carregada até essa ruptura ou quando ocorre o escorregamento de um respectivo talude. Somente em condições especiais as rupturas por tensões de tração podem ocorrer (HORST, 2007).

Os métodos e análise de estabilidade de taludes se concentram em grandes massas de terras ligadas a tensões que influenciam e condicionam o seu comportamento. Portanto, as análises de estabilidade de taludes possuem

vários objetivos, consoante à origem natural ou artificial do problema analisado (CAMPOS; MATOS, 1980).

Segundo Ferreira (2012) os taludes naturais juntamente com as escavações possuem um grau de estabilidade que é superior a 1 quanto ao fator de segurança, por esta razão, é necessário que se faça uma análise se há ou não necessidade de aplicar medidas de estabilização impedindo assim, que o grau baixe e aconteça o colapso.

Na figura 10, apresenta-se uma imagem de um talude onde ocorreu um escorregamento.

**Figura 10:** Imagem de ruptura de talude por escorregamento.



Fonte: Adaptado de Gerschocovit (2009).

O movimento dos taludes acontece quando uma massa de solo ou rocha se desliga da restante, perdendo a capacidade de equilíbrio. Conforme Varnes (1978), os movimentos são classificados da seguinte forma:

- Tombamentos: Os tombamentos são ligados aos blocos;
- Escorregamentos: Os escorregamentos estão ligados a massas de solo e/ou rocha;
- Quedas e Expansão: As Quedas e as expansões são as rochas;

- Fluxos: Os fluxos estão entre os solos e as rochas;
- Complexos: Os movimentos complexos acontecem com as avalanches ou combinações de vários tipos de movimento.

Nesse sentido, é importante avaliar os fatores de segurança em cada situação que envolva a estabilidade de taludes, de forma a aplicar a melhor técnica e método para a sua estabilidade.

### 3.2.5 Fator de segurança

O Fator de Segurança de acordo com a NBR 11682/1991 é caracterizado como o resultado da divisão entre a resistência e a tensão cisalhante (GERSCOVICH, 2012). Os autores mencionam ainda que para isso, sugerem a seguinte Equação.

$$FS = \frac{\tau_r}{\tau_d}$$

onde, FS = fator de segurança

$\tau_d$  = tensão de cisalhamento

$\tau_r$  = resistência ao cisalhamento

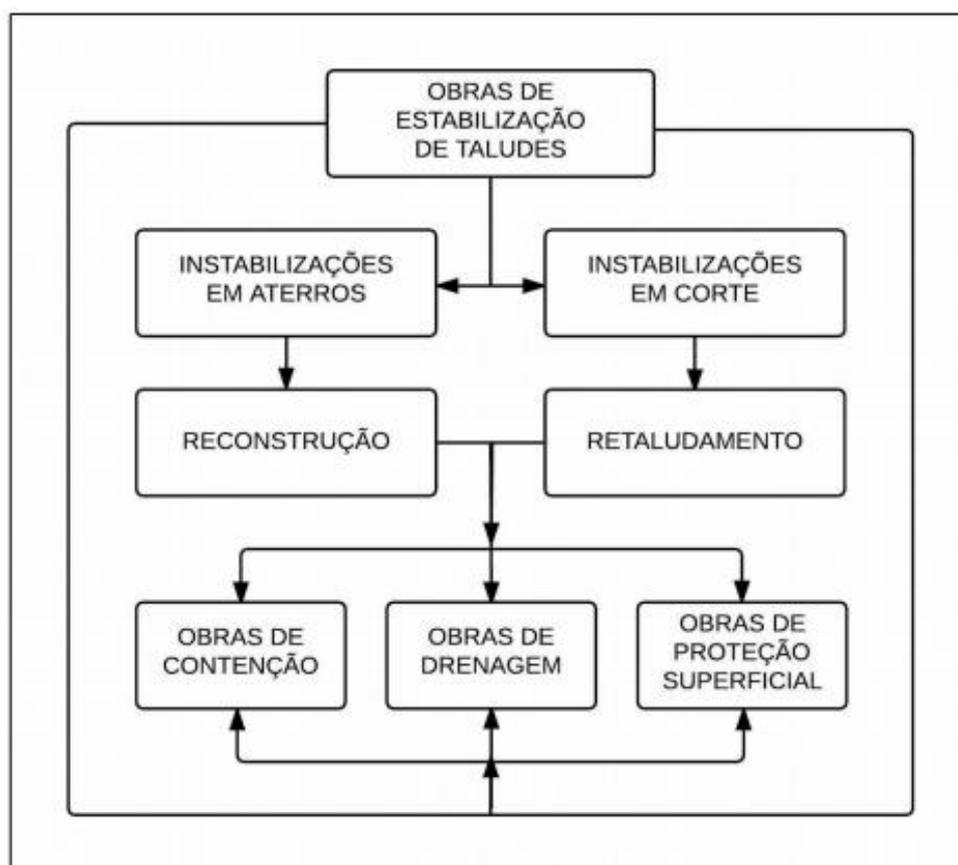
Com o resultado desta equação em mãos, o técnico pode se ocorre ou não um processo de instabilidade no respectivo talude analisado.

Ainda, de acordo com a equação proposta, quando se chega a um valor igual a 1,15 corresponde à um grau de segurança baixo para o local, quando o valor é 1,0 está em ocorrência de ruptura. Já quando os valores forem 1,30 uma graus de segurança médio e acima de 1,5 grau de segurança alto, sendo que o mesmo indica que se tem talude estável (GERSCOVICH, 2012).

### 3.2.6 Métodos de análise de estabilidade

As técnicas e métodos de estabilização de taludes são estruturas e procedimentos a serem empregadas para a estabilidade de taludes, impedindo assim o seu rompimento. Segundo Carvalho (1991), a técnica que será adotada no tratamento da instabilidade deve partir das soluções mais simples e de menor custo, só adotando outras mais complexas e caras quando as primeiras se mostrarem inviáveis ou inadequadas. Na figura 11 abaixo, será apresentado um fluxograma de recomendação para a utilização dos tipos de obras de estabilização de taludes de corte e aterro.

**Figura 11:** fluxograma para a utilização dos tipos de obras de estabilização de taludes de corte e aterro.



Fonte: adaptado de Carvalho (1991).

As técnicas de estabilização de taludes também devem depender da escolha considerada nos coeficientes de segurança das diferentes configurações, em que se possa permitir a adoção das técnicas mais conservadoras, apropriadas para regiões que apresentem cenários propensos às instabilidades (NETO, 2016).

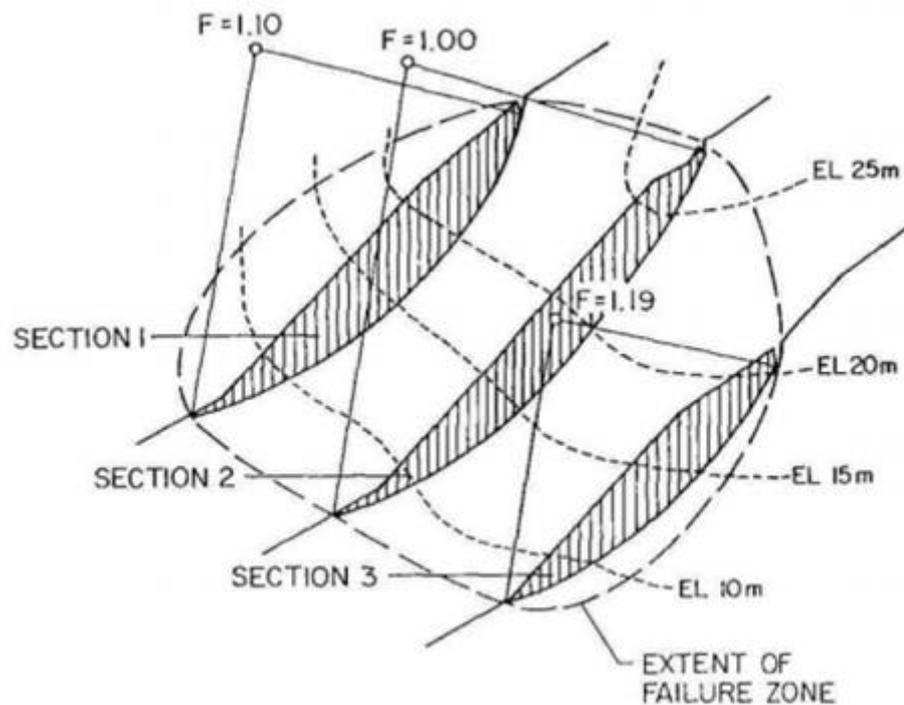
Dessa forma, os métodos de análise de estabilidade conforme o CESEC/UFPR (2016) devem prever:

Uma análise dos taludes que se encontram a estáveis nos diversos tipos de obras geotécnicas, que se referem às condições de solicitação, para permitir a execução de projetos econômicos e seguros; Examinar a possibilidade de que os de taludes naturais ou construídos pelo homem causam os escorregamentos. Estudar sobre a intervenção relativa de parâmetros, tais como: parâmetros de resistência, variando-se as condições de fluxo; Analisar escorregamentos que acontecem em razão dos mecanismos de ruptura e da influência de fatores ambientais, ou seja, a retro análise da estabilidade; por em pratica os projetos de estabilização de taludes que foram rompidos, investigar as alternativas de medidas preventivas e corretivas que possam ser necessárias; analisar a causa de carregamentos naturais ou decorrentes da ação do homem, como por exemplo, terremotos, maremotos, explosões, altas temperaturas, execução de obras; (CESEC/UFPR, 2016, p. 29).

A Teoria de Equilíbrio Limite é usada como base de cálculos sendo que, é necessário avaliar o equilíbrio de uma massa de solo, que sofreu rotura ao longo de uma superfície plana, poligonal, circular ou mista, acima ou abaixo do pé do talude (FERREIRA, 2012). Ainda conforme o autor, a teoria do equilíbrio é a massa de solo que esta acima da superfície de deslizamento, em que todas as partículas que se encontram ao longo da linha de rotura atingiram a condição de  $FS=1$ . Portanto, o fator de segurança é igual em todos os pontos, mas nem sempre isto acontece (FERREIRA, 2012).

Na figura 12, mostra como a linha varia com a extensão do talude, sendo que o valor do fator de segurança seja diferente de secção para secção.

**Figura 12:** Diferentes superfícies de deslizamento ao longo do talude.



Fonte: Gerschocovit (2009).

Na teoria do equilíbrio limite conforme Gomes (2011) se aplica os seguintes métodos:

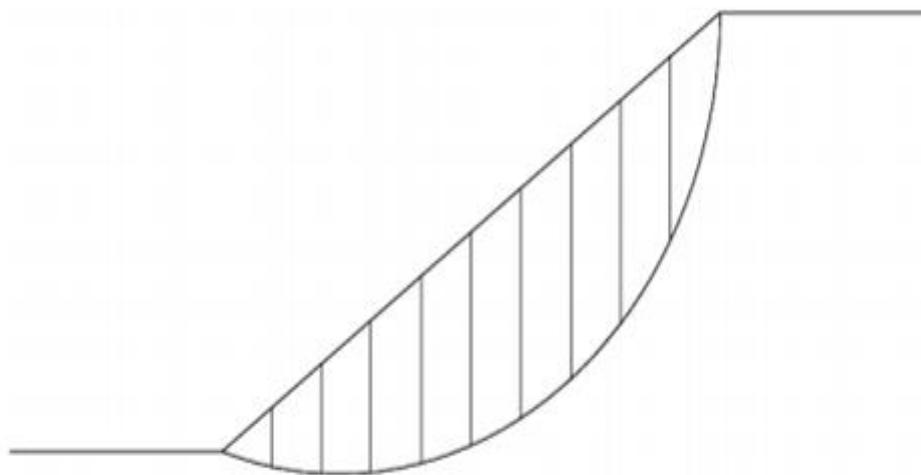
- Métodos das Cunhas: Os métodos das cunhas, a massa de solo instável é dividida em cunhas, e as condições de equilíbrio são aplicadas a cada zona isoladamente;
- Método das Fatias: O método das fatias a massa de solo instável é dividida em fatias, verticais, e as condições de equilíbrio são aplicadas a cada fatia isoladamente;
- Método Geral: O método geral, toda a massa de solo instável, é aplicado às condições de equilíbrio, com o comportamento do corpo rígido.

### 3.2.6.1 Método das fatias

O método das fatias é usado para análises de estabilidade de taludes, sendo que, sua aplicação é realizada em uma superfície de deslizamento, que pode conter uma forma plana, circular, poligonal ou mista, e efetuar o cálculo do equilíbrio da massa de solo.

Na figura 13 apresenta-se uma divisão de um talude em fatias.

**Figura 13:** divisão de um talude em fatias.



Fonte Gerschocovit (2009).

A comparação dos métodos de equilíbrio limite resulta na verificação das diferenças entre métodos ligadas as equações da estática que são satisfeitas, nas forças entre fatias consideradas para o cálculo (normais e de corte), e na distribuição das forças de interação (KRAHN, 2003).

### 3.2.6.2 Método de Fellenius

O método de Fellenius é realizado por meio de uma equação linear, as forças que interagem entre as fatias são paralelas à base da fatia, neste caso, o cálculo é dispensado. Portanto, esta afirmação não é válida, porque para as forças por serem paralelas à base da fatia, não podem ter a

mesma inclinação em todas as fatias quando se muda para a fatia seguinte a inclinação muda (FREDLUND, 1977).

#### 3.2.6.3 Método de Bishop

O método de Bishop tem como objetivo principal a análise de superfícies circulares, sendo que, pode ser aplicado a superfícies não circulares. Portanto, no método Bishop o cálculo do fator de segurança é realizado ignorando as forças de corte entre as fatias, satisfazendo apenas o equilíbrio de momentos (ZHU, 2008).

#### 3.2.6.4 Método de Jambu (simplificado)

O método de Jambu (simplificado) conforme Ferreira (2012) desconsidera as forças normais de corte entre fatias e satisfaz apenas o equilíbrio de forças.

#### 3.2.6.5 Método de Spencer

O método de Spencer é um método rigoroso sendo que, este método satisfaz todas as equações de equilíbrio (forças e momentos). No método de Spencer as forças de interação entre fatias (X e E) são substituídas por uma resultante estaticamente equivalente, Q, que atua no ponto médio da base da respectiva fatia (FERREIRA, 2012).

### 3.2.6.6 Método de Morgenstern-price

O método de Morgenstern-Price realiza todas as condições de equilíbrio, que pertence ao grupo dos métodos rigorosos. Portanto, a aplicação do método acontece nas equações diferenciais que governam o equilíbrio de momentos e o equilíbrio de forças numa fatia (FERREIRA, 2012).

### 3.2.6.7 Método de Correia

O método de Correia é aplicado nas superfícies de escorregamento de qualquer forma, para assegurar o cumprimento de todas as condições de equilíbrio (FERREIRA, 2012).

### 3.2.6.8 Método de Jambu

O método de Jambu faz uma análise de estabilidade de um talude admitindo superfícies de rotura com qualquer forma. Sendo que este procedimento se baseia em equações diferenciais, que comandam o equilíbrio de forças e momentos da massa acima da superfície adotada (FERREIRA, 2012).

## **3.2.7 Licenciamento ambiental para projetos de construções de taludes**

Os aspectos legais e licenciamento ambiental conforme a Constituição Federal de 1988 se submetem a normas interministeriais, instruções normativas da Agência Nacional de Transportes Terrestres, Instituto

Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, entre outros (NETO, 2016).

A política nacional do meio ambiente prevê, como um de seus instrumentos, “o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras”. Portanto, para realizar o licenciamento ambiental conforme a Resolução Conama 237, de 19 de dezembro de 1997, em seu artigo coloca que:

A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis. As atividades ou empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental tal como as Obras civis – rodovias, ferrovias, hidrovias (CONAMA, 1997, p.25).

O licenciamento ambiental é na atualidade um dos principais instrumentos no ordenamento jurídico brasileiro, com a função de controlar e realizar a gestão dos impactos ambientais oriundos de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras. O conceito de licenciamento é muito bem definido no texto da Resolução CONAMA nº237/1997, no seu artigo 1º, que diz:

“O procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimento e atividades utilizadoras dos recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso” (BRASIL, 1997).

O licenciamento ambiental é um procedimento administrativo que passou a ser exigido a partir da promulgação da Lei nº6.938/1981. A referida lei menciona em seu art.10 que:

*“a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental” (LEI FEDERAL 6.938/81).*

Dessa forma, o objetivo do licenciamento ambiental passou a ser o controle das atividades que possam efetiva ou potencialmente causar impactos ao meio ambiente, através de vários procedimentos e exigências estabelecidos pelas leis, normas e inclusive pelos órgãos executivos de meio ambiente. Com isso, pretende-se a regularização das atividades de forma que estas possam operar sem causar grandes danos ambientais, minimizando ou cessando os impactos ambientais de suas atividades através da adoção de técnicas e tecnologias que visem à redução da degradação (FARIAS, 2013). Com relação aos impactos ambientais, a Resolução CONAMA nº01/1986 definiu alguns critérios e diretrizes necessários para a realização da Avaliação de Impacto Ambiental (estudo constante nos processos de licenciamento ambiental) e conceituou o impacto ambiental em seu artigo 1º, como:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais” (BRASIL, 1986).

Dessa forma, o licenciamento ambiental busca proporcionar aos envolvidos a possibilidade de regularizar um empreendimento de forma que as leis e normas sejam atendidas e, conseqüentemente, minimizando os impactos ambientais. Levando-se em consideração os aspectos jurídicos, o autor Fiorillo, (2012) conceitua o licenciamento ambiental:

“[...] é o complexo de etapas que compõe o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais considerada efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso” (FIORILLO, 2012, p. 42).

Soma-se ainda, o que determina ainda o art. 9, IV da L. 6.938/81 que:

“o licenciamento ambiental é a ferramenta de cunho preventivo de amparo e guarda ao meio ambiente saudável, bem de uso comum do

povo consoante previsto no art. 225 da Carta Maior. A Resolução Conama nº 237/1997 trata do licenciamento ambiental, seus procedimentos e peculiaridades”.

O processo de licenciamento ambiental geralmente é composto por três etapas assim definidas: Licença Prévia (que aprova sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos), Licença de Instalação (que autoriza a instalação e construção das obras civis para o empreendimento proposto) e, por fim, a Licença de Operação (que autoriza o funcionamento e operação do empreendimento). Caso o empreendimento busque o licenciamento ambiental após a sua operação (empreendimento antigo), geralmente o órgão ambiental competente emite uma licença de operação de regularização (FARIAS, 2013). O resultado do processo administrativo de licenciamento ambiental pode ter como resultado final a concessão ou não de uma licença. Pois, ao observar os princípios jurídicos de precaução e prevenção, o órgão ambiental competente pode conceder a licença ou indeferi-la, alegando as justificativas que embasem tais decisões.

Segundo Neto (2016), à estabilidade de taludes em que a matéria é analisada para realização do licenciamento ambiental, principalmente na recuperação de áreas degradadas e controle de processos erosivos, a instalação e operação dos empreendimentos associados, as ações de mitigação de impactos ambientais propostas pelos empreendedores do setor geralmente compõem os programas ambientais “Programa de recuperação de áreas degradadas” e “Programa de monitoramento e controle de processos erosivos”.

De acordo com a legislação vigente, conforme o Plano Básico Ambiental – PBA em seu estudo contribuirá para análise da concessão da licença de instalação, na maneira em que o empreendedor procederá com a mitigação dos impactos ambientais identificados no Estudo de Impacto Ambiental – EIA, quando couber, que será aprovado na hora do licenciamento prévio (NETO, 2016).

### 3.3 TALUDES EM FAIXAS DE DOMÍNIO DE RODOVIAS E FERROVIAS

Para a construção de taludes em ferrovias e rodovias, é necessário contratar os serviços de terraplenagem. Sendo que, esses serviços compreendem atividades de corte e aterro com as conseguintes construções de taludes (NELSON JÚNIOR; NILTON FILHO, 1998).

Desta forma, os taludes podem ser formados por processos natural ou artificial. Os naturais acontecem através da ação da chuva, vento, sol; e os taludes ou artificiais, pela construção de plataformas ferroviárias, barragens (MARQUES, 2015).

Os empreendimentos realizados nas rodovias estão apresentando quantitativos diferenciados problemas de terraplenagem, problemas semelhantes aos processos que levam à instabilidade de seus taludes (NETO, 2016).

O que causa estes problemas de terraplanagem é a ação do homem, manifestada, na obra civil, compreendida como intervenção com potencial de condicionar o solo/rocha à instauração de problemas dessa natureza (NETO, 2016). Ainda conforme o autor, estes problemas enfrentados nas rodovias é consequência de projetos que foram realizados de forma equivocada, com diagnósticos deficientes e erros em seu desenvolvimento, da execução inadequada do projeto, devido à falta de fiscalização in loco da obra, e por fim, pela adoção de rotinas insuficientes de manutenção/conservação das faces e drenagens dos taludes (NETO, 2016).

Segundo Carvalho (1991) os principais problemas de estabilidade de taludes que impactam a malha rodoviária são: a erosão, a desagregação superficial, o escorregamento em corte, o escorregamento em aterro, o recalque em aterro, a queda de blocos e o rolamento de blocos.

Na tabela 7 verifica-se a classificação e os principais problemas verificados em taludes construídos em faixas de domínio de rodovias e ferrovias no Brasil.

**Tabela 7:** principais problemas verificados em taludes construídos em faixas de domínio de rodovias e ferrovias no Brasil.

TIPO DE PROBLEMA	FORMA DE OCORRÊNCIA	PRINCIPAIS CAUSAS
Erosão	Em taludes de corte e aterro (em sulcos e diferenciada)	Deficiência de drenagem Deficiência de proteção superficial
	Longitudinal ao logo da plataforma	Concentração de água superficial
	Localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas)	Concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	Interna em aterros ( <i>piping</i> )	Deficiência ou inexistência de drenagem interna
Desagregação superficial	Empastilhamento superficial em taludes de corte	Secagem e umedecimento do material Presença de argilo-mineral expansivo ou desconfinamento do material
Escorregamento em corte	Superficial	Inclinação acentuada do talude
	Profundo	Relevo enérgico
	Forma e dimensões variadas	Descontinuidades do solo e rocha
	Superficial em corte ou encostas naturais	Saturação do solo
	Profundo em cortes	
	Formas e dimensões variadas	Evolução por erosão
Escorregamento em aterro	Movimentação de grandes dimensões e generalizada em corpo de tálus	Corte de corpo de tálus Alteração de drenagens
	Atingindo a borda do aterro	Compactação inadequada da borda
	Atingindo o corpo do aterro	Deficiência de fundação
		Deficiência de drenagem
Deficiência de proteção superficial		
	Má qualidade do material	
	Compactação inadequada	
	Inclinação inadequada do talude	
Recalque em aterro	Deformação vertical da plataforma	Deficiência de fundação Deficiência de drenagem Rompimento de bueiro Compactação inadequada
Queda de blocos	Geralmente, em queda livre	Ação de água e de raízes nas descontinuidades do maciço rochoso
Rolamento de blocos	Movimento de bloco por rolamento no corte ou encosta	Descalçamento da base por erosão

Fonte: Adaptado de Gerschocovit (2009).

### 3.4 CONTENÇÕES E ESTABILIDADE DE TALUDES EM FAIXAS DE DOMÍNIO DE RODOVIAS

A principal finalidade das rodovias é de integrar regiões por meio das cadeias produtivas, das conexões comerciais e do transporte de passageiros, com um desenvolvimento socioeconômico nas regiões que ficam retidas, sendo que estas atividades causam impacto ambiental, pela paisagem modificada. Estes impactos ambientais ocasionados pelos projetos rodoviários se inserem no planejamento, implantação, construção e operação (BRASIL, 2002).

Segundo Bandeira; Floriano (2004) durante a construção de rodovias, os impactos positivos são socioeconômicos, e os impactos negativos, atuam diretamente no ambiente, nas bases de recursos naturais, caracterizando obras rodoviárias como modificadoras profundas do ambiente.

Desta forma, por causa da concentração de estradas e o relevo acidentado, vários taludes são construídos com diferentes declividades e em diferentes tipos de solo e rocha. Sendo que, tudo isso poderá gerar problemas de estabilidade prejudicando a população e o ambiente natural e por fim os desmoronamentos nas encostas das rodovias obstruindo trechos e deslizamentos de rocha e solo causando acidentes muitas vezes com vítimas fatais (MEGALE, 2011).

A estabilidade de taludes acontece em qualquer superfície inclinada que limita um maciço, e podem ser naturais, como as encostas, ou artificiais, resultantes de cortes ou da formação de aterros. As características dos taludes naturais exigem estudos dos fatores geológicos como litologia, estruturação e geomorfologia, e dos fatores ambientais como clima, topografia e vegetação (MEGALE, 2011).

Os taludes naturais possuem uma estrutura diferente dos taludes artificiais, porque permite um maior conhecimento do material. Sendo que os taludes artificiais mostram uma homogeneidade se tornando mais acentuados que os maciços naturais (MARANGON, 2008).

Segundo Megale (2011) a ocorrência de problemas na estabilidade em taludes acontece pela ausência de conhecimento das características físicas do ambiente e na relação existente entre tipo de solo, de rocha, drenagem, presença ou ausência de vegetação.

Portanto, um solo arenoso poderá apresentar alta porosidade e permeabilidade, determinadas no conjunto de vazios existentes no solo: poros, fendas, canais, permitindo um rápido fluxo de água dentro do perfil (OLIVERA, 2008).

No solo arenoso, na inclinação acentuada, juntamente com as fortes chuvas e drenagem poderão resultar nos escorregamentos, erosão em sulcos, voçorocas. Portanto, quando a declividade é maior, também ficara maior a velocidade de escoamento das águas (CARVALHO, 1991).

As características físicas do talude conforme Pinheiro; Pons (2008):

As características físicas do talude e do ambiente ao qual está inserido estão estreitamente relacionadas com o equilíbrio entre a força de cisalhamento e a resistência ao cisalhamento. Esta compensação de forças é determinante na manutenção da estabilidade de uma encosta, portanto, qualquer interferência nestes, pode desencadear o aumento da força de cisalhamento, ou a diminuição da resistência ao cisalhamento, resultando em movimentos de massa na encosta e, conseqüentemente, sua instabilidade. Dessa forma, a abertura de estradas poderá ampliar os processos de instabilização de massas, como por exemplo: escorregamentos, erosões e recalques (PINHEIRO; PONS, 2008, P.22)

Os principais problemas que pode ser encontrados nos taludes rodoviários podem ser: a erosão em sulcos e a erosão diferenciada, erosão em plataforma longitudinal, erosão ligada a obras de drenagem, desagregação superficial, escorregamentos devido a inclinação acentuada, devido a descontinuidade, à saturação do maciço, a evolução da erosão, a problemas na fundação, a problemas no corpo do aterro, na travessia de linha de drenagem, problemas com o sistema de drenagem (MEGALE, 2011).

O aumento de tensões atuantes e resistentes são internas e externas. A mudança na geometria do talude, aumento da carga atuante na superfície, atividades sísmicas, são causas externas. Por outro lado, a variação do nível da água e rebaixamento rápido do nível da água; diminuição da resistência do solo ou do maciço por lixiviação; alteração dos minerais

secundários são forças internas colaboradoras da instabilidade (DYMINSKI, 2003).

Desta forma, a resistência ao cisalhamento disponível é um resultado das forças de coesão e atrito na superfície das rupturas (MARANGON, 2008).

### 3.5 EFEITOS DAS PLANTAS NA ESTABILIDADE DE TALUDES E ENCOSTAS

Os efeitos das plantas na estabilidade de taludes pelo sistema de raízes tem a finalidade de ancorar as plantas no solo e fornecer o acesso à água e nutrientes. Portanto quando a recuperação da estabilidade de taludes que se utiliza das plantas, é necessário em primeiro lugar conhecer as características das raízes e os processos físicos do solo. Pesquisas feitas mostram a resistência de retirada das raízes do solo, onde a raiz pode atuar nas deformações plásticas do solo por meio da distribuição de tensões, e modificações na resistência à tração (MEGALE, 2011).

Segundo Pereira (2008), as raízes, o solo e a matéria orgânica, permitem a ligação física entre as partículas do solo, formando agregados e em consequência, aumentando os macroporos. Ainda conforme o autor, a rugosidade da superfície aumenta também a capacidade de infiltração, reduzindo o volume e a velocidade do escoamento superficial (PEREIRA, 2008).

As raízes possuem uma espessura cujo fator é atuante na estabilidade de taludes. Nos solos compactados, as raízes pivotantes mais grossas são prejudicadas pela contração da estrutura do solo, por causa da sua resistência conseguem se curvar e até mesmo deformar o solo. Por outro lado, nas raízes mais finas penetram os microporos, canais deixados por outras raízes e fissuras (WHITELEY; DEXTER, 1982).

A raiz quando esta enraizada possui uma profundidade que vai depender da espécie da planta e das condições do solo. Outro fator importante

é a estabilidade da encosta, obtida quando as raízes atravessam a superfície de cisalhamento (STOKES et al., 2009).

Segundo Stokes et al. (2009) as características consideradas em projetos de encostas instáveis, são:

Razão da área da raiz, resistência à tração, densidade do comprimento das raízes, comprimento específico da raiz, ângulo da raiz, produção de raízes adventícias, topologia, duplicação, resposta a condições limitantes no solo, taxa de perda de massa seca, capacidade de rebrota e interação micorrízica (STOKES ET AL. 2009, P.27).

Os efeitos das raízes é de controlar as propriedades mecânicas e hidrológicas, podendo assim, afetar algumas propriedades do solo como estabilidade de agregados, capacidade de infiltração, densidade do volume do solo, textura do solo, conteúdo de matéria orgânica e resistência (POHL et al., 2008).

As plantas produzem estacas vivas com variações das condições ambientais; altas taxas de transpiração; ramos flexíveis e resistentes a abrasão e lesões; raízes resistentes a exposição ao ar; facilidade de manejo por pode; resistência as pragas e doenças e, sobretudo, elevada capacidade de enraizamento a partir de estacas e material lignificado (MEGALE, 2011).

Desta forma, nas áreas degradadas a retenção de sedimentos, proporciona melhorias nas condições físicas e químicas do solo, em área degradada por compactação e presença de sulcos superficiais. Esta técnica permite a transformação da área, que antes era um sistema de perda, para um sistema de acumulação em relação a sedimentos, água, nutrientes, matéria orgânica e sementes (Thomaz; Luiz, 2010).

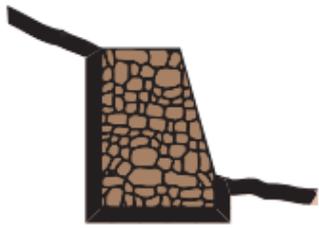
#### 4. ANÁLISE DE CONTENÇÕES

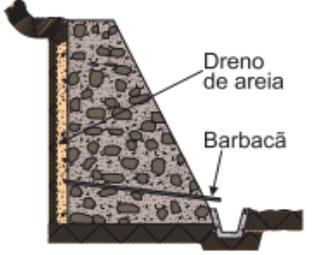
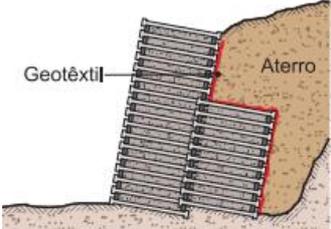
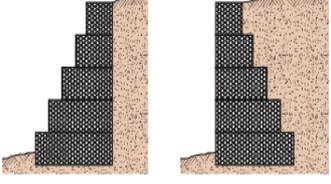
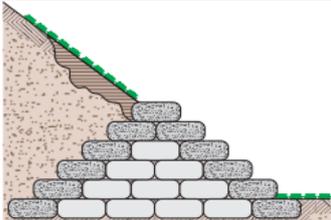
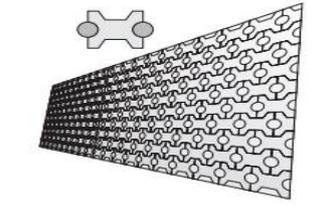
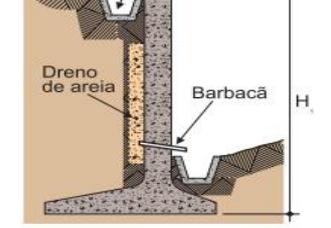
A análise de contenção de taludes engloba diversos fatores, sendo que, muitos destes influenciam inclusive a escolha do método mais adequado para cada situação. De acordo com Hashizume (2006) para a escolha do tipo de contenção a ser empregada em uma determinada situação deve ser levado em consideração, tanto a sua viabilidade técnica quanto executiva, e principalmente o custo de implantação. Para se chegar a esta definição conclusiva, é necessário que seja realizada através de uma consulta a profissional da área de engenharia ou, preferencialmente da área geotécnica.

Nesse sentido, optou-se por apresentar neste trabalho um breve glossário com as principais soluções para sistemas de contenções, que poderão auxiliar os profissionais a decidirem sobre qual a melhor solução em termos de tipos de taludes a ser executada em uma determinada obra, levando-se em consideração, é claro, suas particularidades.

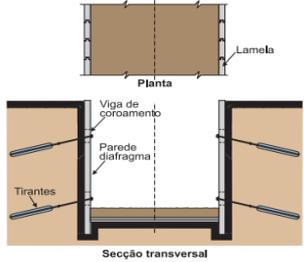
Na tabela 8 apresenta-se uma proposta de glossário das principais soluções técnicas para contenções de taludes, com base nas informações de documentos técnicos e do trabalho de Almeida (2016).

**Tabela 8:** Proposta de glossário das principais soluções técnicas para contenções de taludes.

<b>Imagem da Solução</b>	<b>Nome da técnica</b>	<b>Indicação de uso</b>
	<b>Muro de pedra seca</b> Realizado o embricamento de pedras arrumadas manualmente.	Taludes pequenos, até 1,5 m de altura – facilidade de construção e baixo custo.
	<b>Muro de pedra argamassada</b> Se difere em relação aos vazios que são preenchidos com argamassa	Taludes até 3,0 m de altura – facilidade de construção e baixo custo.

 <p>Dreno de areia Barbacã</p>	<p><b>Muro de concreto ciclótico</b> Estrutura feita de concreto e agregados grandes com dimensões variadas</p>	<p>Taludes maiores de 3,0 m de altura – custo baixo para alturas reduzidas</p>
 <p>Geotêxtil Aterro</p>	<p><b>Muro de arrimo celular de peças pré-moldadas de concreto (crib-wall)</b> Sistema de peças de concreto encaixadas entre si</p>	<p>Obras rodoviárias em áreas íngremes e locais pouco estáveis</p>
	<p><b>Muro de arrimo de gabões</b> Formado por redes de aço preenchidos por pedras</p>	<p>Muros de contenção, proteção de margens de cursos d'água, controle de erosão e obras de emergência</p>
 <p>Obturação de erosão com solo ensacado</p>	<p><b>Muro de arrimo de solo-cimento ensacado</b> Mistura de cimento e solo aumentando as características de cada</p>	<p>Muros de contenção, proteção superficial de taludes e de margens de cursos d'água,</p>
	<p><b>Muro de arrimo de "Bolsacreto"</b> Formas têxteis preenchidos com concreto fino</p>	<p>Contenção de taludes, proteção de margens e controle de erosão</p>
	<p><b>Muro de arrimo "Rimobloco"</b> Utiliza-se peças pré-moldadas com chumbadores de 3m de comprimento</p>	<p>Contenções em corte e aterro</p>
 <p>Canaleta Dreno de areia Barbacã H</p>	<p><b>Muro em "L" de concreto</b> Construído em concreto armado, possível em seções transversais esbeltas</p>	<p>Associados à execução de aterros ou reaterros</p>

<p>Reaterro Dreno de areia Barbacãs</p>	<p><b>Cortina cravada</b> Estacas ou perfis cravados no terreno</p>	<p>obras de contenção provisórias</p>
<p>Canaleta Trecho ancorado Trecho livre Tirantes Drenos curtos (barbacãs) Berma Dreno de areia</p>	<p><b>Cortina de concreto atirantada</b> Muros delgados contidos por tirantes protendidos</p>	<p>qualquer situação geométrica, tipo de solo ou condição hidrológica</p>
<p>Canaleta Pinçadores Chumbadores Concreto projetado Dreno raso Dreno subhorizontal</p>	<p><b>Tela metálica fixada por chumbadores e recoberta por concreto projetado</b> Reforço do maciço pela introdução de chumbadores</p>	<p>taludes de corte em solo</p>
	<p><b>Estruturas de contenção com solo reforçado com geossintéticos</b> Maciços intercalados com aterro e geossintéticos</p>	<p>contenção de taludes</p>
<p>Canaleta Vista frontal Aterro compactado Solo residual Camada de areia e = 20cm Armaduras de aço galvanizado Escamas de concreto pré-fabricadas Dreno longitudinal Manta de geotêxtil L = 4,30m Seção típica</p>	<p><b>Terra armada</b> Sistema constituídos pela associação de solo compactado e armaduras</p>	<p>aterros até 20 m de altura</p>
<p>Chumbadores Geotêxtil Dreno de brita n=2 Barbacã Microestaca inclinada 45° Microestaca vertical Blocos estruturais de concreto</p>	<p><b>Muro de blocos estruturais de concreto apoiado sobre microestacas e contido por chumbadores</b> Microestacas em intervalos de 2m a 2,5m</p>	<p>obras viárias urbanas para alturas até 4 m em terrenos naturais sem matacões</p>

	<p style="text-align: center;"><b>Paredes-diafragma</b></p> <p style="text-align: center;">Cortinas de concreto armado moldadas no solo em painéis sucessíveis.</p>	<p>quando da execução de escavações profundas junto a edificações preexistentes</p>
---	---	---

Fonte: Almeida (2016).

Portanto, conforme é possível verificar na tabela acima, existem uma variedade muito grande de métodos de contenção de taludes que podem ser empregadas em obras civis, sendo que a maioria destes citados se encaixam em situações de taludes em faixas de domínio de rodovias e ferrovias, objeto deste trabalho.

A seguir serão apresentadas algumas imagens que exemplificam cases de implantação de taludes em faixas de domínio de rodovias, de forma a ilustrar os métodos citados e comentados até aqui.

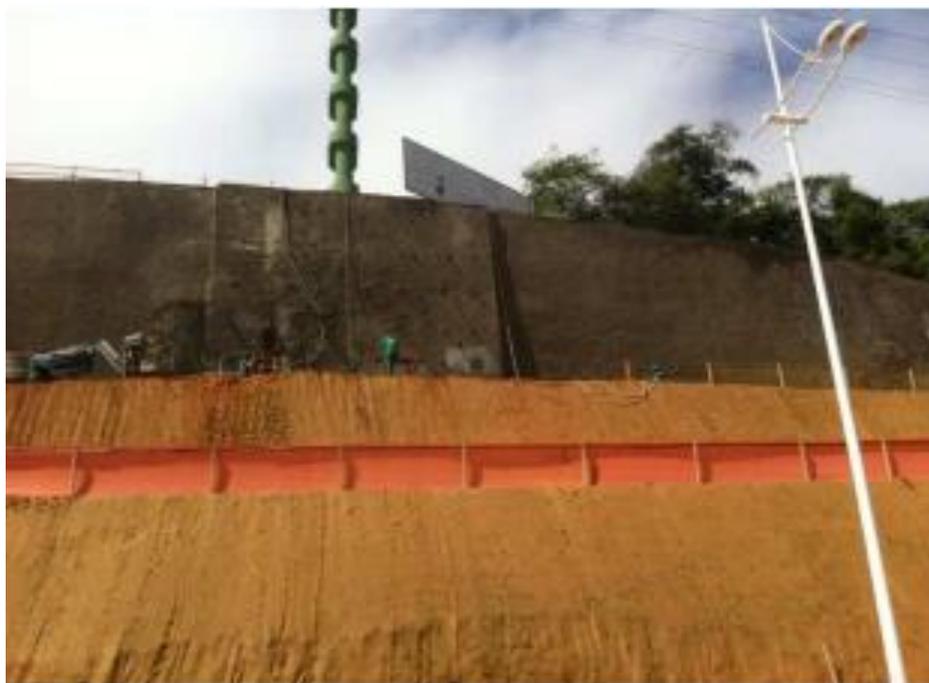
Nas figuras 14, 15, 16, 17, 18 e 19 apresentam-se imagens do esquema de divisão do talude em margem de rodovia.

**Figura 14:** Esquema de divisão do talude em margem de rodovia.



Fonte: Souza Filho; Santos; Carneiro (2014).

**Figura 15:** Uso de solo-grampeado para a fatia com 90°.



Fonte: Souza Filho; Santos; Carneiro (2014).

**Figura 16:** Contenção de taludes em margem de rodovias.



Fonte: ANTT (2018).

**Figura 17:** Contenção de taludes em margem de rodovias.



Fonte: ANTT (2018).

**Figura 18:** Contenção de taludes em margem de rodovias.



Fonte: ANTT (2018).

**Figura 19:** Contenção de taludes em margem de rodovias.



Fonte: ANTT (2018).

Já nas figuras 20 e 21 apresentam-se imagens de escorregamentos de aterro de talude e rompimento de pistas de rodovias, que são problemas e patologias comumente encontradas em rodovias brasileiras.

**Figura 20:** Escorregamento de aterro de talude.



Fonte: Grando (2014).

**Figura 21:** Rompimento de pista e barreira de concreto.



Fonte: Grando (2014).

Já nas figuras 22 e 23 apresentam-se imagens de obras para contenção de escorregamentos em margens de rodovias.

**Figura 22:** Obra de contenção de deslizamentos.



Fonte Grando (2014).

**Figura 23:** Contenção de taludes em margem de rodovia por cortinas ancoradas.



Fonte: Grando (2014).

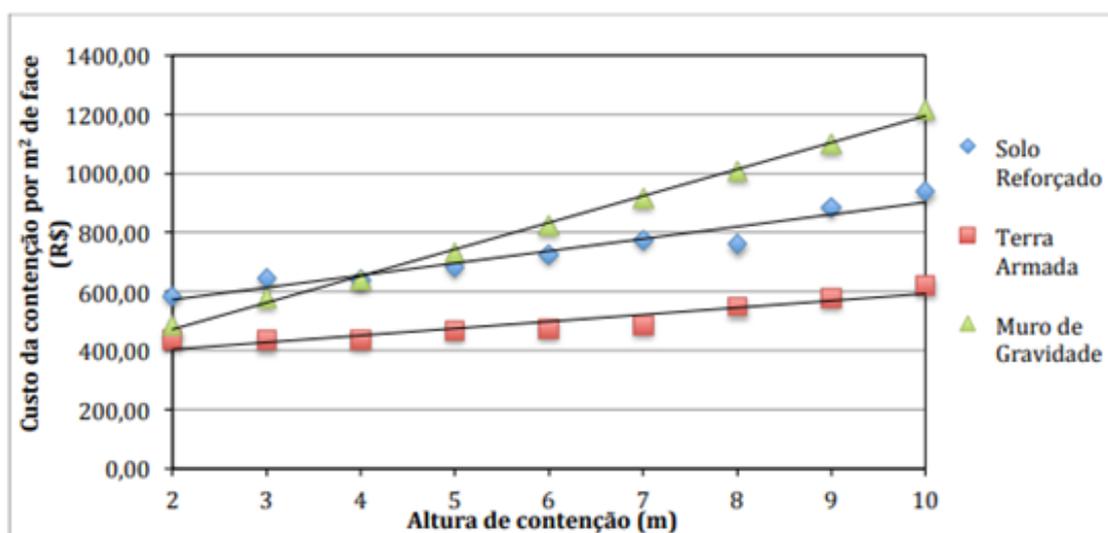
## 5. RESULTADOS

Como resultados do presente trabalho, que se trata de um estudo bibliográfico, estaremos apresentando alguns dados, especialmente de custos para implantação de sistemas de contenção de taludes em margens de rodovias, de forma a embasar algumas tomadas de decisões para os profissionais desta área, podendo ajudar na escolha do método mais conveniente para cada situação.

Nesse sentido, o autor Pessoa (2016) realizou um estudo para avaliação dos sistemas de contenção em situação de aterro por meio da comparação de três técnicas amplamente empregadas: muro de gravidade, terra armada e solo reforçado por geossintético. Este autor realizou, portanto a elaboração de projetos e orçamentos detalhado para cada técnica construtiva, com levantamento de quantitativos e preço de insumos e encargos necessários à execução dessas estruturas.

Na figura 24 é apresentado um gráfico comparativo dos custos avaliados para as contenções deste trabalho.

**Figura 24:** Gráfico comparativo de custos entre técnicas de contenções avaliadas por Pessoa (2016).



Fonte: adaptado de Pessoa (2016).

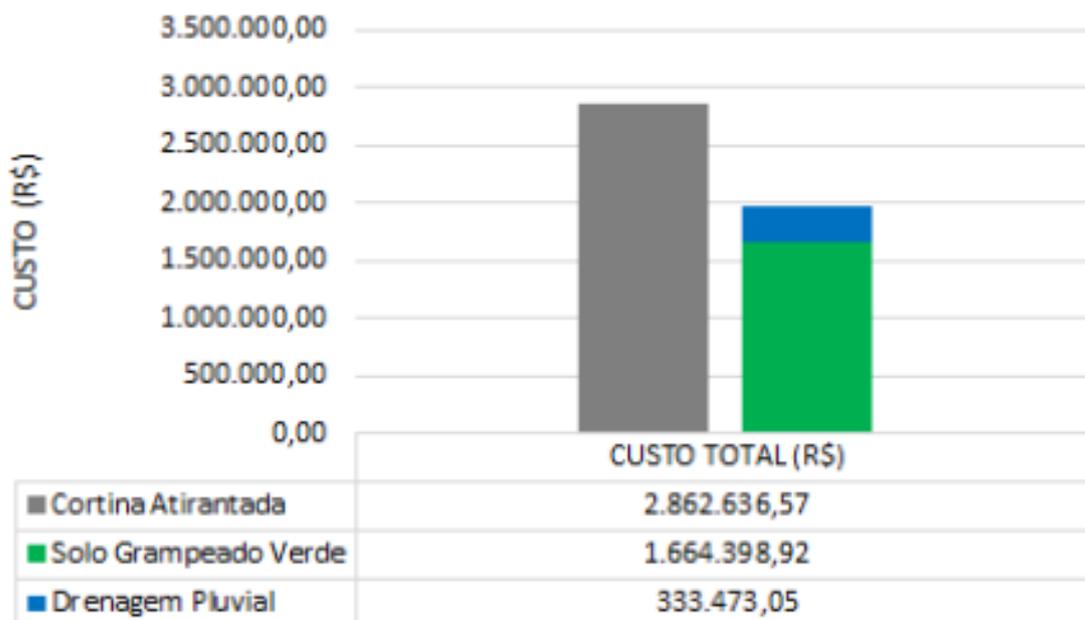
Este estudo mostrou que a solução em terra armada apresentou o menor custo para todas as alturas consideradas, com valores de R\$ 200,00 400,00 600,00 800,00 1000,00 1200,00 1400,00, custo este para a contenção por m<sup>2</sup> de face, em relação a altura de contenção 2 3 4 5 6 7 8 9 10m.

Em estudo semelhante, Avesani Neto; Hayashida; Pereira (2013) verificaram que, “a face em blocos é a que se mostra mais onerosa em relação as outras soluções de faceamento, para o solo reforçado com geossintético”.

Almeida (2016) por sua vez avaliou os custos de projetos completos para os sistemas de Cortina Atirantada, Solo Grampeado Verde e a Drenagem Pluvial em seu estudo que tinha o objetivo de analisar a instabilidade de um talude às margens da Rodovia BR-230, km 19, em João Pessoa/PB.

Na figura 25 é apresentado um gráfico comparativo da associação dos custos para as contenções deste trabalho.

**Figura 25:** Comparação associada de custos.



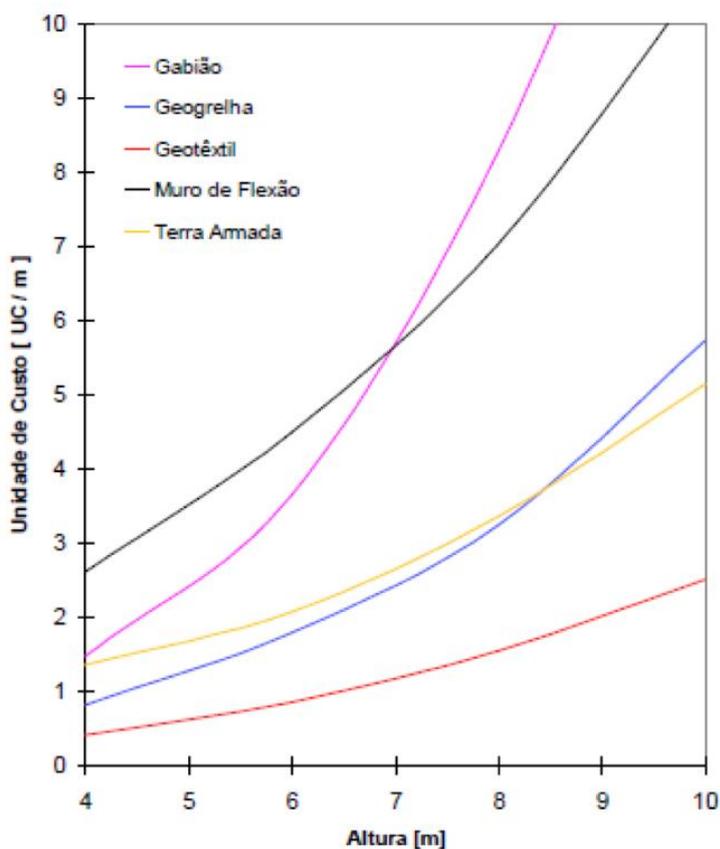
Fonte Adaptado de (Almeida, 2016).

Neste estudo verificou-se que o custo total para a técnica de Cortina Atirantada apresentou um custo maior, em torno de R\$ 2.862.636,53 em relação ao Solo Grampeado Verde (R\$ 1.664.398,92). Neste contexto, Almeida (2016) considera como melhor solução para estes tipos de projetos o

complemento da drenagem pluvial da área associado à contenção com solo grampeado de face verde. Pois, nesta combinação mesmo realizando estes dois serviços agregados, neste caso a obra apresentaria um custo 30,2% menor que a construção de uma cortina atirantada, que possuem função semelhante nestes casos.

Plácido et. al. (2010) também analisou os custos de sistemas de contenção comparando muro de flexão, muro de solo reforçado com geotêxtil, muro de solo reforçado com geogrelha, muro de gabião e terra armada. Na figura 26 é apresentado um gráfico comparativo da associação dos custos para as contenções deste trabalho.

**Figura 26:** Comparação de custos entre diversas soluções de muros de contenção.



Fonte: Adaptado de Plácido et. al. (2010).

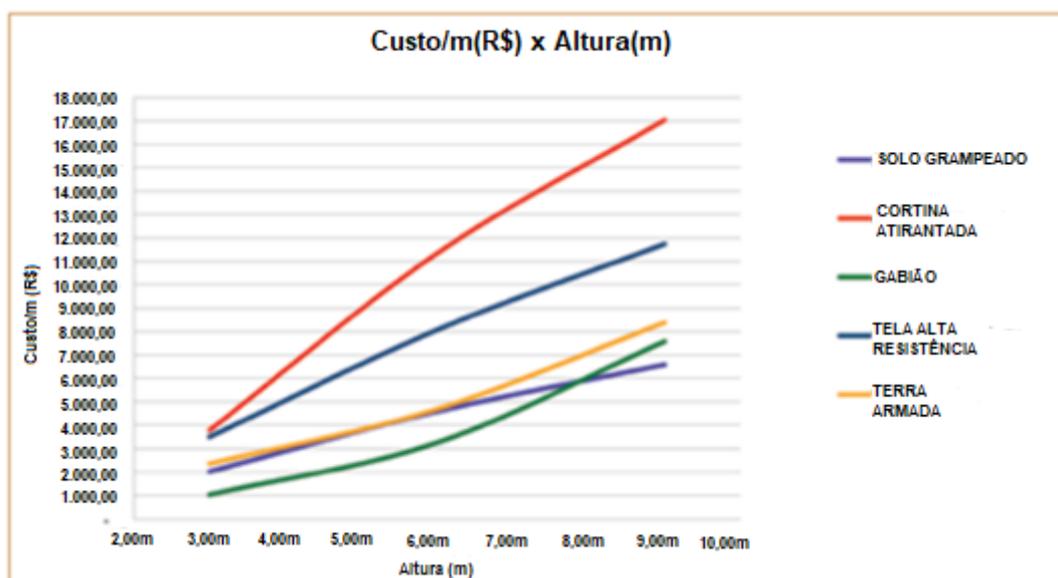
Nestes casos, as alturas dos muros variam de 4 a 10 metros de altura, e os resultados no gráfico acima apresentam o respectivo custo por altura, por metro linear construído.

Neste estudo, sugere-se que a técnica de muro de solo reforçado com geotêxtil foi a solução mais econômica, para todas as alturas avaliadas, e o muro reforçado com geogrelha foi a segunda mais econômica, para alturas de até 8,5 metros. A solução convencional em muro de flexão foi a mais cara, para muros de até 7 metros de altura, e as soluções em terra armada e gabião apresentaram custos intermediários (PLÁCIDO et. al. 2010).

Considerando uma seção de talude comum e cinco tipos de solução: solo grampeado, cortina atirantada, gabião, tela de alta resistência e terra armada, foram elaborados orçamentos com preços de referência no mercado nacional e, a partir dos resultados, uma análise comparativa foi elaborada considerando os preços e os aspectos técnicos: construtivos e geotécnicos adotados.

Junior et al (2017) também estudaram os custos de contenções de taludes, comparando cinco tipos de solução: solo grampeado, cortina atirantada, gabião, tela de alta resistência e terra armada. Na figura 27 apresentam-se os resultados destes autores.

Figura 27: Contenção: custo por metro linear (R\$) x altura.

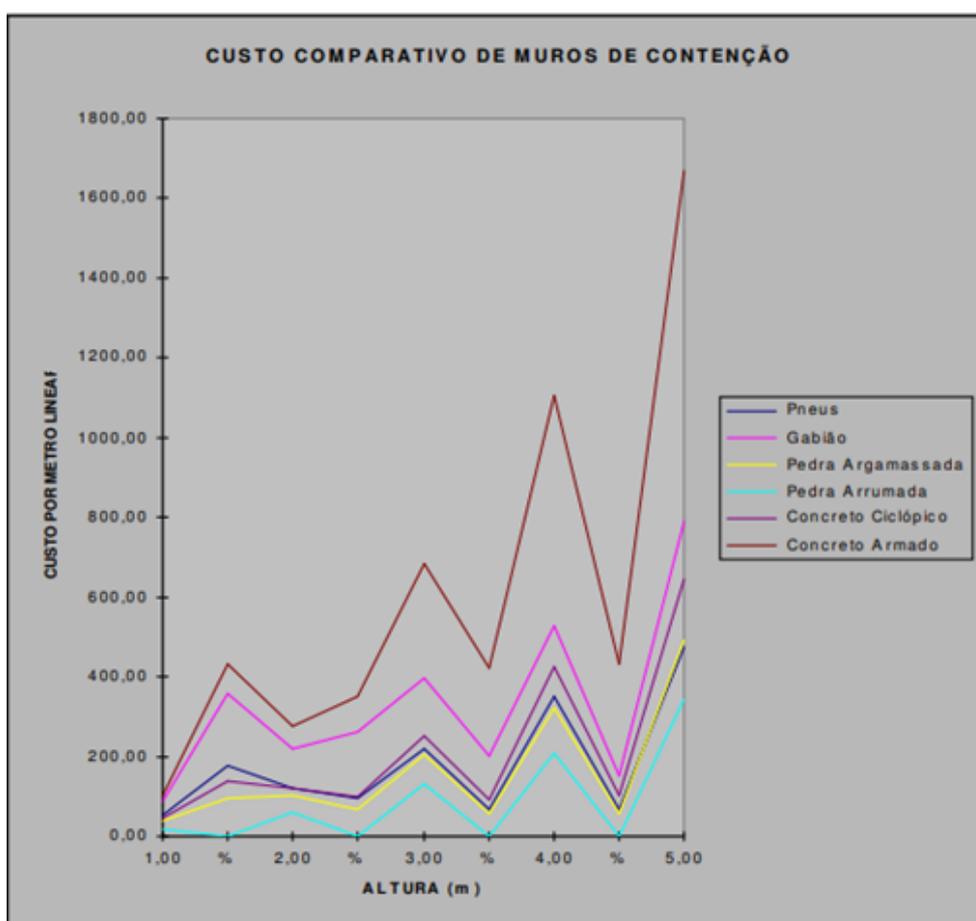


Fonte: Adaptado de Junior et al (2017).

Neste estudo foram elaborados orçamentos com preços de referência no mercado nacional e, a partir dos resultados, uma análise comparativa foi elaborada considerando os preços e os aspectos técnicos: construtivos e geotécnicos adotados. Neste caso a tela de alta resistência apresentou o menor custo.

Nesta mesma linha de pesquisa, de comparativo de custos por metro linear Souza (2002) estudou na época os seguintes tipos de muros de contenção: Pneus, Gabião, Pedra Argamassada, Pedra Arrumada, Concreto Ciclóptico e Concreto Armado. Na figura 28 apresentam-se estes resultados.

**Figura 28:** Custo comparativo dos diferentes tipos de muros.



Fonte: Adaptado de Souza (2002).

Apesar de ser um estudo com aproximadamente 15 anos, os dados são importantes para um efeito comparativo, especialmente no gráfico acima, de forma a verificar as alternativas mais econômicas financeiramente.

Neste caso, verificou-se que a Pedra Arrumada apresenta o menor custo, enquanto o concreto armado o outro extremo, com o maior custo.

Na tabela 9 apresenta-se um comparativo de custos de acordo com o tipo de terreno, onde Araújo (2010) avaliou os custos em terreno plano e terrenos com diferentes inclinações.

**Tabela 9:** Comparativo de custos em relação ao tipo de terreno.

<i>Altura Média Contida</i> vide detalhe 1 (m)	<i>Tipo de Encosta</i> vide detalhe 2 (Tipo / Ângulo / Desnive)	<i>Drenabilidade do Solo de Montante</i> vide quadro 2 (coef. de Run Off)	<i>Posição Média do N.A.</i> vide detalhe 3 (m)	<i>N.º SPT Médio do Solo a ser Contido</i> vide detalhe 4	<i>Tipo de Contenção</i>	<i>Custo Estimado por m²</i> (R\$/m²)
2,50	Plano	0,90	não encontrado	2	Muro à flexão	336,36
2,50	Plano	0,90	não encontrado	4	Muro à flexão	289,55
3,30	Plano	0,80	-1,00	3	Cortina atirantada	624,53
3,70	Plano	0,90	+1,10	4	Muro à flexão	476,89
4,20	Plano	0,80	não encontrado	6	Retângulo	421,41
4,50	Plano	0,90	não encontrado	15	Retângulo	468,13
4,50	Plano	0,80	não encontrado	19	Retângulo	438,95
5,00	Plano	0,80	não encontrado	21	Retângulo	426,48
5,80	Plano	0,90	-6,00	11	Cortina atirantada	600,45
6,25	Plano	0,90	-12,00	4	Cortina atirantada	634,09
10,10	Plano	0,95	não encontrado	22	Cortina atirantada	938,39
14,64	Plano	0,95	não encontrado	22	Cortina atirantada	1.043,83
1,50	Inclinado / 27° / 2,42m	0,60	não encontrado	3	Gabião	728,30
1,50	Inclinado / 27° / 2,3m	0,60	não encontrado	16	Gabião	728,30
2,50	Inclinado / 42° / 4,50m	0,70	-3,50	7	Muro à flexão	459,52
2,50	Inclinado / 27° / 4,50m	0,60	não encontrado	4	Gabião	1.148,93
2,50	Inclinado / 27° / 2,5m	0,60	não encontrado	16	Gabião	1.102,62
3,00	Inclinado / 27° / 3,00m	0,60	não encontrado	16	Gabião	1.144,69
3,00	Inclinado / 27°	0,60	não encontrado	6	Gabião	1.297,87
3,00	Inclinado / 30° / 3,00m	0,90	não encontrado	2	Muro à flexão	398,55
3,50	Inclinado / 30° / 1,75m	0,60	-0,70	4	Cortina atirantada	786,85
3,50	Inclinado / 30° / 1,75m	0,60	-0,70	4	Cortina atirantada	786,85
3,70	Inclinado / 40° / 3,10m	0,60	-2,00	2	Cortina atirantada	600,70
5,00	Inclinado / 45° / 2,00m	0,17	não encontrado	21	Retângulo	500,79

Fonte: Adaptado de Araújo (2010).

Neste estudo é possível perceber que na maioria dos métodos utilizados e comparados, os seus respectivos custos aumentam quando a inclinação do terreno também aumenta.

É preciso salientar que para escolher a estrutura de contenção em cada situação específica, devido às suas particularidades, devem ser levadas em consideração algumas variáveis. Nesse sentido, Araújo (2010, p. 47) menciona que as principais variáveis a serem observadas são:

o local da obra, o tipo de solo, estabilidade local e global do maciço, custo econômico, impactos ambientais, prazos executivos, altura da estrutura, cargas atuantes, localização do lençol freático, área disponível para a implantação, disponibilidade de mão de obra e equipamentos necessários.

Hashizume (2006) cita ainda que é preciso levar em consideração “tanto a viabilidade técnica e executiva, quanto a análise de custo” para escolher a técnica e método mais adequado para uma determinada situação. Para a definição conclusiva da mesma deverá ser feita, portanto, consulta a profissional da área geotécnica,

Em posse destas informações, o engenheiro civil, de acordo com seu conhecimento e buscando as informações necessárias, se for o caso, deve optar por aquela solução que resulte em melhor custo econômico, assegurando a total segurança e durabilidade da estrutura de contenção.

## 6. CONCLUSÕES

Verificou-se no presente estudo que os taludes podem ser formados por processos natural ou artificial. Os processos naturais acontecem através da ação da chuva, vento, sol; e os taludes artificiais, pela construção de plataformas ferroviárias, barragens.

As propriedades de cada tipo de solo onde as contenções são instaladas, geralmente são utilizadas de parâmetros na avaliação da relação entre o manejo e a técnica a ser utilizada para a contenção.

Os escorregamentos, ou movimentos de massas, que ocorrem com muita frequência, geralmente são ocasionados pela diminuição de resistência interna do solo que fica exposta ao movimento da massa deslizante ou por um acréscimo das solicitações externas aplicadas ao maciço. Nesse sentido, o estudo e controle da estabilidade de taludes e encostas podem ser aplicados em obras civis tanto públicas quanto privadas, como por exemplo, em construção de rodovias, ferrovias, barragens, loteamentos, etc.

Os principais problemas que pode ser encontrados nos taludes rodoviários são a erosão em sulcos e a erosão diferenciada, erosão em plataforma longitudinal, erosão ligada a obras de drenagem, desagregação superficial, escorregamentos devido a inclinação acentuada, devido a descontinuidade, à saturação do maciço, a evolução da erosão, a problemas na fundação, a problemas no corpo do aterro, na travessia de linha de drenagem, problemas com o sistema de drenagem.

As técnicas de estabilização de taludes também devem depender da escolha considerada nos coeficientes de segurança das diferentes configurações, em que se possa permitir a adoção das técnicas mais conservadoras, apropriadas para regiões que apresentem cenários propensos às instabilidades.

Com relação aos custos de implantação destes sistemas, a solução em terra armada foi descrita como uma técnica com custo baixo. A tela de alta resistência também apresenta um custo benefício interessante, assim como a pedra arrumada.

Em alguns projetos amplos, a união de duas técnicas podem apresentar resultado semelhante e com custo menor que apenas outra técnica, como é o caso da drenagem pluvial da área associado à contenção com solo grampeado de face verde, apresentando 30,2% a menos no valor de uma cortina atirantada.

Em comparação de diferentes tipos de muros de contenções verificou-se que a técnica de muro de solo reforçado com geotêxtil foi a solução mais econômica.

Verificou-se ainda a importância do licenciamento ambiental para a construção e regularização destes empreendimentos, que busca proporcionar aos envolvidos a possibilidade de regularizar um empreendimento de forma que as leis e normas sejam atendidas e, conseqüentemente, minimizando os impactos ambientais.

O presente trabalho propôs a apresentação de um breve glossário com as principais soluções para sistemas de contenções, que poderão auxiliar os profissionais a decidirem sobre qual a melhor solução em termos de tipos de taludes a ser executada em uma determinada obra, levando-se em consideração as suas particularidades.

## 7. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Para finalizar, como se verifica que o tema escolhido para o desenvolvimento do presente trabalho é de uma amplitude muito grande, sugere-se um aprofundamento no tema através do desenvolvimento de novas pesquisas, de forma a enriquecer este debate iniciado no presente estudo.

A partir desta ideia, como possíveis trabalhos futuros, podem ser citados os seguintes:

- Avaliação e acompanhamento *in loco* de custos de projetos;
- Avaliação das patologias ocorridas em taludes de faixas correlacionando com possíveis métodos mais ocorrentes;
- Aprofundamento nos estudos comparativos entre os próprios modelos apresentados aqui;
- Aprofundamento de informações na proposta de glossário apresentado no presente trabalho, com apresentação de custos por metros lineares de todas as técnicas disponíveis.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. D. C. de. **Avaliações orçamentárias para estabilização de talude na rodovia BR-230**. Trabalho de conclusão de curso. 2016. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016. 102f.

ANTT (2018). **Restauração da BR 101**. Disponível em: <[http://www.antt.gov.br/html/objects/\\_downloadblob.php?cod\\_blob=20696](http://www.antt.gov.br/html/objects/_downloadblob.php?cod_blob=20696)>. Acesso em: 01 jun. 2018.

ARAÚJO, G. H. S., ALMEIDA, J. R., GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

ARAÚJO, L. F. F. de. Custos de contenções (por m<sup>2</sup>) a serem considerados para edificações situadas em locais topograficamente acidentados. **Construindo, Belo Horizonte**, v.2, n.2, p.18-23, jul./dez. 2010.

AVESANI NETO, J. O., HAYASHIDA, E. M., PEREIRA, V. R. G. (2013). **Levantamento e comparação dos custos de diferentes soluções de estruturas de contenção em aterro**. Cobrae 2013, Angra dos Reis/RJ.

BANDEIRA, C e FLORIANO, E.P. Avaliação de impacto ambiental de rodovias. **Caderno didático** nº8, 1a ed. Santa Rosa, 2004. 16p. Disponível em: <<http://rodoviasverdes.ufsc.br>>. Acesso em: 28. Mai. 2018.

BASTOS, D.C. et al. Influencia da idade biológica da planta matriz e do tipo de estaca caulinar da caramboleira na formação de raízes adventícias. **Cienc. Agrotec**, Lavras, v.23, Edição especial, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso: 28. Mai. 2018.

BRASIL. V. M. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. 11<sup>a</sup> ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 16 mai. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília: 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 16 mai. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental. Brasília: 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 16 mai. 2018.

BRASIL. **Ministério dos Transportes. Política ambiental do Ministério dos Transportes**. Brasília, 2002. 109 p.

CAMPOS; MATOS, A. (1980). **Um programa de cálculo automático da estabilidade de taludes**. Boletim do Gabinete de Estruturas, Setembro/1980, 1-9, FEUP, Porto.

CARVALHO, P. A. S. **Taludes de rodovias: orientação para diagnóstico e solução de seus problemas**. São Paulo: IPT, 1991.

CARVALHO, P. A. S. et al. Manual de Geotecnia- **Taludes de Rodovias: Orientação para Diagnóstico e soluções de seus problemas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991. 389 p.

CESEC/UFPR. Centro de Estudos de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná. **Noções de estabilidade de taludes e contenções**. Notas de Aula. Disponível em: <

<http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019/TC019/Taludes.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2018.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia do trabalho científico**. 4 ed. S. Paulo. Makron Books, 1996.

CONAMA. **Resolução n° 237, de 19 de dezembro de 1997**. Brasília. 1997.

CONAMA. **Resolução n° 349, de 16 de agosto de 2004**. Brasília. 2004.

DUTRA, V. A. de S. **Projeto de estabilização de taludes e estruturas de contenção englobando dimensionamento geotécnico e estrutural**. Monografia. 2013. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013. 89f.

DYMINSKI, A. S. **Noções de estabilidade de taludes e contenções: UFPR – Notas de aula**. 2003. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019/Taludes.pdf>> . Acesso em: 28. Mai. 2018.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FARIAS, T. **Licenciamento Ambiental: Aspectos Teóricos e Práticos**. 4. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2013.

FERREIRA, F. L. J. **Análise de estabilidade de taludes pelos métodos de Janbu e Spencer**. Fevereiro de 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/64689/1/000151854.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2018.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. 13. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2012.

FREDLUND, D.G., KRAHN, J. (1977). **Comparison of slope stability methods of analysis**. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 14, pp.429-439.

GERSCOVICH, Denise Maria Soares. **Estabilidade de taludes**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

GERSCOVICH, D. M. S. **Apostila Estabilidade de Taludes**. Faculdade de Engenharia/UERJ. Departamento de Estruturas e Fundações. Rio de Janeiro, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GOMES, R. (2011). Aula 1 – **Taludes e movimentos de massa**. <<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~romerocesar/Aula1PPT.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2018.

GRANDO, A. **Análise geológica e geotécnica da instabilidade de um talude**. Estudo de caso da BR-476/PR. 2014. In: XVII Congresso Brasileiro de Mecânica de Solo e Geotécnica. Goiânia. 2014.

GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3ªed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998.

GUIDICINI, Guido; NIEBLE, Carlos Manoel. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 1976.

HASHIZUME, S. H. **Caracterização técnica e indicadores de custos de sistemas de contenções do solo na construção de edifícios**. São Paulo, 2006. 135p.

HIGHLAND, Lynn M.; BOBROWSKY, Peter. **The landslide handbook – A guide to understanding landslides**. Reston Virginia: United States Geological Survey Circular, 2008.

HORST, Rafael. **Avaliação dos métodos para cálculo de estabilidade de taludes em maciço terroso**. Ijuí/RS 2007. Disponível em: <<http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Rafael-Horst.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2018.

HÜLLER, A. **Gestão Ambiental nos Municípios: Instrumentos e experiências na Administração Pública**. Santo Ângelo: Editora Furi, 2010.

JOLY, Nelson. Henrique. **Análise paramétrica da estabilidade de um talude**. CampoMourão2014. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5229/1/CM\\_COECI\\_2014\\_2\\_10.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5229/1/CM_COECI_2014_2_10.pdf)>. Acesso em: 16 mai. 2018.

JÚNIOR, L. A. N. et al. **Análise técnica e econômica de soluções para Estabilização de taludes**. In: Fundações & Obras Geotécnicas. São Paulo. 2017.

KRAHN, J. (2003). The 2001 R.M. **Hardy lecture**: The limits of limit equilibrium analyses. Canadian Geotechnical Journal, Vol.40, pp. 643-660.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.

MARANGON, M. **Tópicos em geotecnia e obras de terra**. UFJF- Departamento de transportes e geotecnia.2008. Disponível em <<http://www.nugeo.ufjf.br> >Acesso em: 28. Mai. 2018.

MARQUES, E. A. G. **Engenharia e bioengenharia aplicada à recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: CEAD, 2015.

MEGALE, S. M. C. **Avaliação do enraizamento e brotação na propagação de espécies potenciais para revegetação e estabilização de taludes.** Itajubá, 2011. Disponível em: < <https://saturno.unifei.edu.br/bim/0038929.pdf>> Acesso em: 28. Mai. 2018.

NELSON JÚNIOR, I.; NILTON FILHO, F. **Processos de dinâmica superficial.** In: Geologia de engenharia. São Paulo: ABGE, 1998. p. 131–152.

NETTO, C. P. A. **Estabilidade de taludes em faixas de domínio de ferrovias.** VIÇOSA – MINAS GERAIS 2016. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/teses/amadopereiranettomonografia.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2018.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia Aplicada.** Piracicaba: FEALQ, 2008. 592p.

ORIGE, LEANDRO. PESSI. **Análise de estabilidade e proposta de solução de um talude.** Florianópolis. 2016. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/165295/TCC\\_-\\_Leandro\\_Pessi\\_Orige.pdf?sequence=3](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/165295/TCC_-_Leandro_Pessi_Orige.pdf?sequence=3)>. Acesso em: 16 mai. 2018.

ORTIGÃO, J. R. A. **Introdução a Mecânica dos Solos dos Estados Críticos.** São Paulo. 2007.

PENA, R. F. A. **"Solo".** Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/o-solo.htm>>. Acesso em: 12 mai. 2018.

PESSOA, R. G. **Avaliação dos custos construtivos de estruturas de contenção no município de Natal/RN.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN, 2016. 17f.

PINHEIRO, L.B.A ; PONS, N.A.D. Revegetação e estabilidade de taludes. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.29, n.244, p.66-74, maio/jun. 2008.

PINHEIRO, J. B. **Princípio da estabilização dos solos**. Materiais para infraestrutura de transportes, (2009), UFSM. D.Sc pela UFRGS.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 2a ed. São Paulo. Oficina de Textos, 2002.

PLÁCIDO, R. R., KAMIJI, T. S. M. M. E BUENO, B. S. (2010): “**Análise Comparativa de Custos para Diferentes Alternativas de Estruturas de Contenção**”. COBRAMSEG, 2010. ABMS.

POHL, M. et al. Higher plant diversity enhances soil stability in disturbed alpine ecosystems. **Plant Soil**, 2008, v. 324, n 1-2, pag. 91-102. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/>>. Acesso em: 28. Mai. 2018

RAMOS, Nicole. Marinho. **Ensaio de adensamento sobre solos reforçados com cal, cimento portland e cinza de casca de arroz**. Alegrete 2014. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/1686/1/Ensaio%20de%20adensamento%20oedométrico%20em%20solos%20reforçados%20com%20cal%2C%20cimento%20Portland%20e%20cinza>>. Acesso em: 16 mai. 2018.

SIQUEIRA, et al. Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. **Tópicos em ciência do solo**. Vol 1(2007)-Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.; CARVALHO, F. G. Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.579- 585, 2006.

SOUZA FILHO, H. L. de.; SANTOS, R. R. A.; CARNEIRO, W. J. de O. **A bioengenharia na estabilização de taludes e encostas naturais da cidade de Salvador – BA.** XIII SEPA - Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, UNIFACS, 2014.

STOKES, A. et al. Desirable plant root traits for protecting natural and engineered slopes against landslides. **Plant Soil**, 2009. 324:1-30. Disponível em: < <http://www.springerlink/>>. Acesso em: 28. Mai. 2018.

THOMAZ, E.L. e LUIZ, J.C. Soil loss, soil degradation and rehabilitation in a degraded land area in Guarapuava (Brazil). **Land degradation e Development**, Guarapuava, 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ldr.1052/full>>. Acesso em: 28. Mai. 2018.

VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. 509 p.

VARNES, D.J. (1978). **Slope movement types and processes.** Landslides: Analysis and Control. Special Report 176, Transportation Research Board, Washington, pp. 11-33.

WHITELEY, G.M. e DEXTER, A.R. Root development and growth of oilseed, wheat and pea crops on tilled and non-tilled soil. **Soil and Tillage Research.** v.2.n.4, 1982.

ZHU, D.Y. (2008). **Investigations on the accuracy of the simplified Bishop method.** Landslides and Engineered Slopes, Chen et al. (eds.), pp. 1055-1057, Taylor & Francis Group, London.