



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL – DECA

MARCO ANTONIO ARNAUD ROCHA

INSPEÇÃO DE TALUDES RODOVIÁRIOS EM RELAÇÃO À
ESTABILIDADE

João Pessoa

2023

MARCO ANTONIO ARNAUD ROCHA

**INSPEÇÃO DE TALUDES RODOVIÁRIOS EM RELAÇÃO À
ESTABILIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal da Paraíba como requerimento à
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Fábio Lopes Soares

João Pessoa

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

R672i Rocha, Marco Antonio Arnaud.

Inspeção de taludes rodoviários em relação à
estabilidade / Marco Antonio Arnaud Rocha. - João
Pessoa, 2023.

65 f. : il.

Orientação: Fabio Lopes Soares.

TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Taludes. 2. Verificação de estabilidade. 3.
Solos. 4. Análise de dados. I. Soares, Fabio Lopes. II.
Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

Marco Antonio Arnaud Rocha

INSPEÇÃO DE TALUDES RODOVIÁRIOS EM RELAÇÃO À ESTABILIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso em 15/06/2023 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Fábio Lopes Soares

Fábio Lopes Soares

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO

Clovis Dias

Clovis Dias

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO

Pablo Brilhante de Souza

Pablo Brilhante de Souza

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

Aprovado

Pablo Brilhante de Souza

Prof Pablo Brilhante de Souza

Matrícula Siape: 1483214

Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Estes agradecimentos vão a todos aqueles que, por meio de seu suporte e motivação, permitiram que esse trabalho pudesse ser feito.

Primeiro, agradeço à Deus pela força de vontade para seguir em frente, mesmo junto a diversas adversidades que encontrei ao longo do caminho, pois sem Ele nada desta trilha de minha vida teria saído do papel.

Logo após Deus, gostaria de agradecer aos meus pais, por todo suporte e amor incomensurável a mim dado, por meio do qual pude acordar e me sentir motivado e apoiado durante os anos de minha graduação, especialmente durante os últimos meses, com um obrigado ainda maior a minha mãe, Eva Sibéria, pela motivação que mais precisava durante essa etapa final de minha formação, a qual sem ela não sei se teria forças para concluir.

Agradeço aos meus colegas de estágio, em particular ao Eng.º Jorge e ao técnico Antônio, por toda paciência que tiveram durante meus primeiros passos em um canteiro de obras, bem como por toda experiência que me foi passada ao longo do último ano.

Por último agradeço ao meu professor e orientador Fábio, por todos os ensinamentos, por toda calma e paciência com minha proposta e por ter aceitado ser meu orientador ao longo destes últimos meses, apoiando e iluminando meu caminho neste último marco de minha graduação, o qual sem não teria como concluir este trabalho.

RESUMO

Segundo dados da Polícia Rodoviária Federal processados pela Confederação Nacional dos Transportes (CNT), foram identificados, no ano de 2020, mais de cinco mil mortes nas rodovias federais, com aproximadamente cem dessas fatalidades causadas por deslizamentos nas rodovias. Com isso em mente, o presente trabalho buscou elaborar uma planilha de avaliação referente à estabilidade de taludes naturais ou construídos à beira de estradas, utilizando como exemplo prático à sua concepção os primeiros 89 quilômetros da Rodovia Federal BR – 232/PE, ligando os municípios de Recife à Gravatá. Esta avaliação foi feita levantando dados sobre os tipos de solos encontrados no estado, bem como os perfis mais visíveis encontrados nas encostas e suas características morfológicas. O trecho da BR – 232 foi escolhido devido ao seu histórico de escorregamentos e acidentes em geral, com a finalidade de ter um parâmetro de periculosidade, ligado ao número de acidentes e mortes encontradas ao longo dos primeiros 89 quilômetros da rodovia, o que facilitou a correlação entre esses valores e o sistema de pontuação que foi implementado para a ficha de análise de estabilidade, servindo como auxílio na delimitação de zonas de risco no trecho, facilitando a visibilidade de possíveis intervenções.

Palavras-chave: Taludes; Verificação de estabilidade; Solos; Análise de dados.

ABSTRACT

According to data from the Federal Highway Police processed by the National Transport Confederation (CNT), more than five thousand deaths on federal highways were identified in 2020, with approximately one hundred of these fatalities caused by landslides on highways. With that in mind, the present work sought to elaborate an evaluation spreadsheet referring to the stability of natural slopes or built along the roadsides, using as a practical example for its conception the first 89 kilometers of the Federal Highway BR – 232/PE, connecting the municipalities from Recife to Gravatá. This assessment was carried out by collecting data on the types of soil found in the state, as well as the most visible profiles found on the slopes and their morphological characteristics. The BR – 232 stretch was chosen due to its history of landslides and accidents in general, with the aim of having a dangerousness parameter, linked to the number of accidents and deaths found along the first 89 kilometers of the highway, which facilitated the correlation between these values and the scoring system that was implemented for the stability analysis form, serving as an aid in the delimitation of risk zones in the stretch, facilitating the visibility of possible interventions.

Keywords: Slopes; Stability Check; Soils; Data analysis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	OBJETIVOS.....	8
1.2	METODOLOGIA	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	TALUDES	10
2.2	ESTABILIDADE DE TALUDES	10
2.3	FENÔMENOS INSTABILIZADORES	12
2.4	MEDIDAS PARA ESTABILIZAÇÃO	21
2.4.1	ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO	21
2.4.2	MUROS DE GRAVIDADE	25
2.4.3	MUROS DE CONCRETO ARMADO	26
2.4.4	CORTINA ATIRANTADA	26
2.4.5	MICROESTACAS	27
2.4.6	ATERRO REFORÇADO COM GEOTEXTIL	28
2.4.7	ESCADAS D'ÁGUA	29
2.4.8	COBERTURA VEGETAL	30
2.5	CATEGORIZAÇÃO DE SOLOS.....	32
2.5.1	LATOSSOLOS.....	32
2.5.2	PLANOSSOLOS	33
2.5.3	PODZÓLICOS	33
2.5.4	REGOSSOLOS	33
2.5.5	DENOMINAÇÕES DOS SOLOS NA ENGENHARIA.....	34
2.5.6	INTERPRETAÇÃO DA COLORAÇÃO DO SOLO.....	35
2.6	GEOTECNOLOGIA E PREVENÇÃO DE DESASTRES	37
2.7	TIPOS DE MAPEAMENTO	38
3	ESTUDO DE CASO.....	40
3.1	PROBLEMÁTICA.....	43
3.2	ABORDAGENS	46
3.2.1	FICHA DE AVALIAÇÃO DE TALUDES RODOVIÁRIOS	47
3.2.2	ANÁLISE DE TRECHOS DA BR-232.....	50
4	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

1 INTRODUÇÃO

O sistema rodoviário afeta de forma substancial o desenvolvimento do Brasil, uma vez que se demonstra responsável por cerca de 60% de toda matriz de transporte de cargas e 90% de pessoas, segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes-DNIT (2009).

A erosão se apresenta como um dos principais responsáveis pela ruptura de taludes, assim como por uma longa variedade de impactos ambientais. Segundo Camapum et al. (2006, apud FINOTTI, RIBEIRO e TAVARES, 2013) erosão é um termo associado com o processo de desgaste da superfície terrestre em solo ou rocha, pela ação do vento, da água, do gelo, de organismos vivos e pela ação antrópica.

Os taludes rodoviários são estruturas fundamentais para a segurança e funcionalidade das estradas, sendo responsáveis por garantir a estabilidade do terreno ao longo da rodovia, evitando deslizamentos (movimento de massa e caracterizados pelo escorregamento de trechos de areia, argila e outros tipos de solos ao longo de encostas) e desmoronamentos (movimentos de massa rochosa, com grandes tamanhos, causando a queda desses pedregulhos sem perder sua forma), o que levaria a incontáveis transtornos às comunidades que utilizam esse meio, bem como apresentarem elevados riscos à vida de motoristas e pedestres.

No entanto, a recuperação e manutenção desses taludes pode ser bastante desafiadora devido a diversos fatores, dentre eles a geometria do terreno, a condição do solo e a ação de agentes externos, já mencionados. Além disso, a elevada importância da mobilidade interurbana e a necessidade da contínua construção e expansão da malha rodoviária para atender essa demanda tornam a estabilidade de taludes um tema ainda mais relevante.

Nesse contexto, buscou-se fazer uma avaliação preliminar do risco de deslizamentos de forma mais ampla, a fim de facilitar a coleta de informações dessas massas de terra para auxiliar a tomada de decisões em cada situação aplicada, tomando como referência os trechos mais acidentados da Rodovia Federal BR – 232/PE, por seus primeiros 89, de Recife à Gravatá.

1.1 OBJETIVOS

Avaliar as condições dos taludes rodoviários até o Km 89 da BR 232 e realizar a caracterização de suas falhas em uma lista de fácil preenchimento para auxiliar projetistas e gestores em situações de campo, a fim de facilitar na manutenção das mesmas. De forma mais direta, pode-se apontar que os objetivos deste documento foram:

- a) Avaliar a situação do trecho da BR apresentada por meio da análise do mesmo pelo *google earth* ;
- b) Apresentar alternativas de recuperação/contenção para as possíveis falhas;
- c) Levantar um memorial fotográfico dos pontos mais críticos do tarjeto e preencher os na ficha de verificação, produto final deste trabalho.

1.2 METODOLOGIA

O referencial teórico deste trabalho foi desenvolvido através de pesquisabibliográfica de materiais publicados, como livros, normas, manuais, monografias, sites e apostilas. O levantamento desses dados foi feito para justificar com clareza as técnicas de intervenção que podem ser utilizadas em situações de instabilidade e ações de recuperação de taludes, bem como demonstrar os riscos apresentados pela má administração das rodovias federais.

O estudo de caso foi realizado a partir do levantamento fotográfico do trecho da BR – 232/PE selecionado e por fundamentação teórica baseada em normas técnicas para tal situação, onde a escolha das imagens selecionadas foi feita de tal forma à incorporar o máximo de composições de solos possíveis dentro deste trecho, apresentando uma amostra capaz de expor os perfis mais comuns de solos encontrados.

A caracterização do solo foi feita mediante levantamentos geológicos relativos a área de interesse, bem como demais registros referentes ao materiais encontrados na mesma área. Desta forma, as informações apresentadas no produto final deste trabalho focaram nos aspectos regionais do estado, elevando sua precisão com o trecho e permitindo, através do sistema de ponderação apresentado por Tominaga (2007, apud SOARES, 2017), uma melhor classificação dos riscos apresentados por cada ponto avaliado na rodovia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Taludes

De forma generalizada, de acordo com inúmeras definições encontradas em diversas bibliografias, um talude pode ser caracterizado como uma dada superfície inclinada de um maciço de solo ou rocha, podendo também ser ainda subdividido segundo a natureza de sua concepção, ou seja, podendo ser artificial ou natural.

Segundo Marangon (2009), os taludes naturais são conhecidos também como encostas e as suas estruturas são conhecidas somente através de estudos geotécnicos. De natureza transitória, essas paisagens naturais dinâmicas alteram-se continuamente ao longo do tempo através de fatores geofísicos. Em contrapartida, taludes artificiais são os declives construídos pelo homem, alterando a topografia de forma bem monitorada, permitindo conhecimento e controle maior do maciço contra futuras instabilidades.

Dentre esses declives artificiais, pode-se dividi-los entre taludes de corte e aterro. Para se iniciar, taludes de aterro são o fruto da deposição de massas de determinado solo com as características desejadas e específicas para um projeto, com a utilização de serviços de compactação na maior parte dos casos. Taludes de corte, por sua vez, são aqueles que se formam a partir de um processo de corte, ou seja, são formados pela retirada de material do ponto de origem e subsequente compactação na área.

2.2 Estabilidade de Taludes

Escorregamentos de terra, principalmente em áreas urbanas cujas encostas têm sua ocupação realizada de forma inadequada, vem levando a inúmeras fatalidades há décadas. Além disso, deslizamentos em barrancos rodoviários obstruem de forma significativa o fluxo de bens e pessoas ao longo de diversos trechos nacionais e internacionais, ainda mais agravado em regiões com predisposição a desgaste natural desses barrancos, como regiões temperadas e tropicais.

Segundo Terzaghi (1925, apud MARANGON, 2009), maciços de terra tem seus movimentos dependentes de sua resistência à escorregamento, onde ocorrem devido a redução da resistência interna do solo, se opondo ao movimento da massa deslizante juntamente ao

acrécimo de ações externas aplicadas sobre o talude, fazendo com que o maciço não suporte a força resultante e venha, caso não reparado, a ruir. Estes movimentos de terra podem ser divididos na área de geotecnia entre quedas, tombamentos, escorregamentos e escoamentos:

- a) Quedas acontecem quando materiais rochosos diversos e devolumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre, ou em plano inclinado (rolamento de matacões).;
- b) Tombamentos são movimentos de massa em que ocorre a rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa desprendida.
- c) Escorregamentos são oriundos da segregação de uma parte do solo o qual se movimenta em relação ao maciço, através de uma superfície bem definida, não ocorrendo uma separação efetiva dos corpos. Dividido entre escorregamento rotacional e translacional;
- d) Escoamentos são definidos pelo movimento contínuo do solo, seja esse lento ou rápido, dividido entre rastejo, com baixa velocidade de desenvolvimento, e corrida, deslocamentos rápidos e de aparência fluida.

Já segundo Terzagui (1925, apud MARANGON, 2009), existem três níveis de causas de escorregamentos de taludes, sendo eles:

- a) Causas externas: fatores decorrentes de ações externas, as quais modificam o estado de tensão atuante no maciço, resultando num acréscimo considerável de tensões cisalhantes que se igualam ou superam a resistência interna do próprio solo, causando sua ruptura, sendo as mais comuns: aumento da inclinação do talude, deposição de material ao longo da crista do talude e efeitos sísmicos;
- b) Causas internas: representam aquelas que ocorrem sem gerar alterações no aspecto geométrico do maciço, afetando apenas a resistência ao cisalhamento do solo, reduzindo-a, compostas por: aumento da pressão na água e decréscimo da coesão;
- c) Causas intermediárias: agrupa os escorregamentos que não podem ser classificadas em

nenhuma das duas classes anteriormente citadas, englobando diferentes origens, elas sendo: liquefação espontânea, erosão interna e rebaixamento do nível d'água.

2.2 Fenômenos Instabilizadores

A partir dos dados apresentados, pode-se dar continuidade a análise de taludes, mas agora pela faceta de seus agentes de instabilidade, ou seja, aqueles que direta ou indiretamente degradam o maciço de solo até que este venha a ruína, de forma que se focou neste trabalho naqueles mais frequentemente encontrados em loco que, segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (1991), podem ser divididos entre:

- a) Erosão;
- b) Inclinação;
- c) Descontinuidades;
- d) Percolação de água/drenagem;
- e) Fundação;
- f) Escorregamentos em aterros e cortes;
- g) Queda de blocos.

- a) Erosão

Definido por Camapum st al. (2006, apud FINOTTI, RIBEIRO e TAVARES, 2013)

como um conjunto de processos pelo qual os solos e rochas da superfície observada são desgastados, desagregados ou dissolvidos, por fim transportados devido à ação de agentes erosivos como chuva, vento, onda, marés, correntezas de rios e degelos.

A principal característica do processo de erosão tem como foco a velocidade lenta, contínua e progressiva ao passar dos anos, o qual se inicia com pequenos sulcos ou falhas, progredindo para ravinas que, dado tempo sem tratamento, podem alcançar proporções bastante variadas dependendo das condições de concentração de água e da geologia do solo afetado.

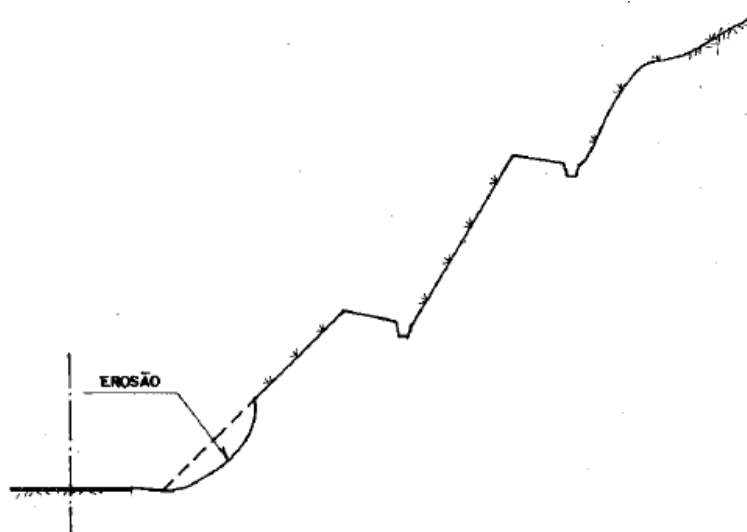
Segundo Finotti, Ribeiro e Tavares (2013), a erosão pode ser classificada segundo a sua fonte de origem, com formação inicial sendo geológica/natural ou acelerada/antrópica, ou seja, formada por atuação direta ou indireta da interferência humana. Outra forma de se classificar o fenômeno pode ser em função dos fatores ativos, sendo dividida em erosão hídrica, eólica, glacial e organogênica, onde o grupo de erosões hídricas é subsequentemente dividido de acordo com seu estágio de evolução, sendo qualificado como erosão superficial (laminar), erosão interna (piping) ou erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas).

Segundo Camapum (2006, apud FINOTTI, RIBEIRO e TAVARES, 2013), as erosões hídricas podem ser classificadas em:

- Erosão superficial: o escoamento da água que não infiltra de forma eficiente provoca a erosão superficial, a qual ocorre com o transporte de partículas domacício através da chuva. Segundo Camapum (2006, apud FINOTTI, RIBEIRO e TAVARES, 2013), a erosão superficial é típica de regiões tropicais e ocorrem tanto em áreas rurais quanto em urbanas, porém se mostra mais perceptível em zonas rurais com cobertura fértil, influenciado por fatores internos (composição do solo, estrutura e umidade) e externos (cobertura do solo, clima e declividade do terreno);
- Erosão interna ou piping: segundo Camapum (2006, apud FINOTTI, RIBEIRO e TAVARES, 2013), piping pode ser definido como o processo de erosão subterrânea onde a percolação da água gera a remoção de partículas mais leves do interior do solo, gerando vazios na estrutura. Ainda se divide em concentrada e difusa e geralmente é iniciada em voçorocas;
- Erosão linear: referente ao escoamento concentrado da água e o deslocamento das partículas do solo ou rocha de forma mais violenta, originando seções dos tipos sulcos, ravinas e voçorocas.

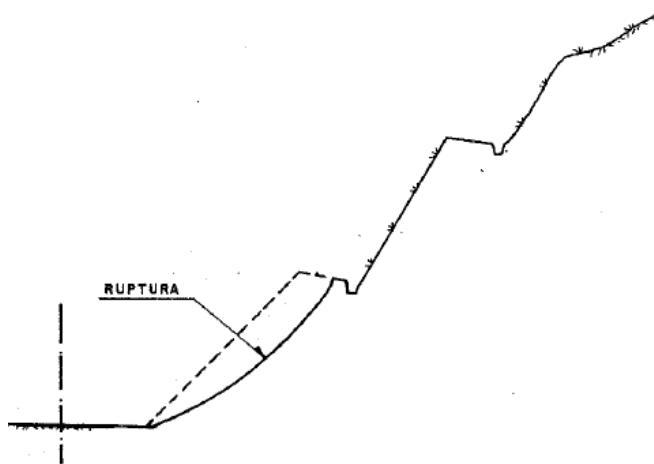
A Figura 1 mostra o processo de erosão esquematizado e posteriormente a ruptura do local atingido por tal fator, apresentado na Figura 2.

Figura 1 – Escorregamento devido à evolução da erosão.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

Figura 2 - Ruptura devido a evolução da erosão

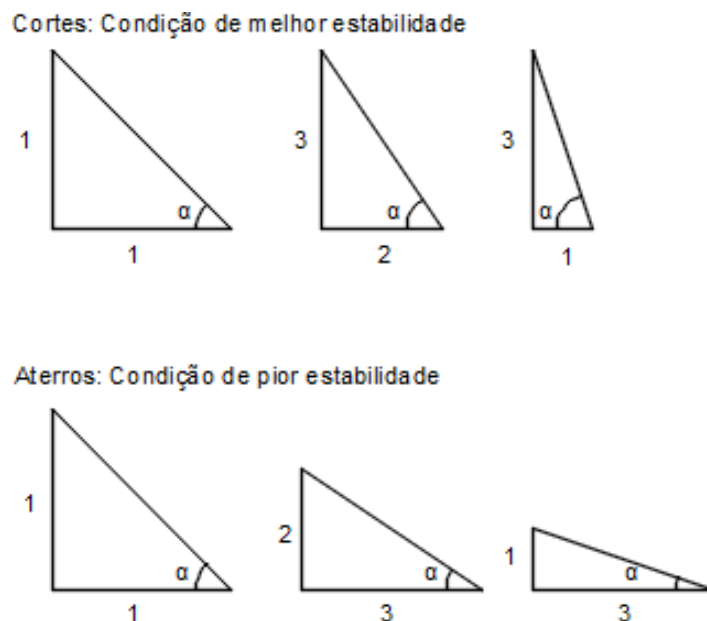


Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

b) Inclinação

Segundo Marangon (2009), este tipo de escorregamento ocorre principalmente quando a inclinação do maciço ultrapassa o valor de resistência ao cisalhamento do solo do barranco, especificamente para quando na situação em que se apresenta água. Alguns dos padrões construídos empiricamente para inclinações são comuns na prática da engenharia, conforme a Figura 3, mesmo que, na realidade, muitos dos taludes naturais não apresentam inclinação estável.

Figura 3 – Gabaritos de inclinações estabelecidas empiricamente.

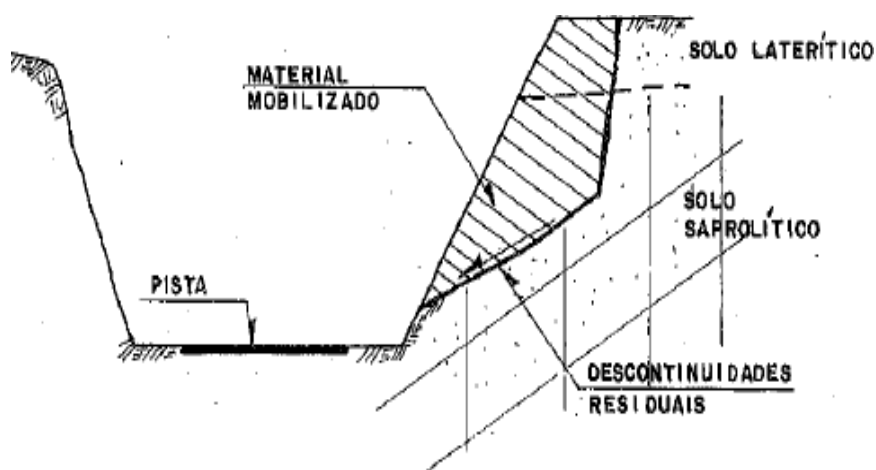


Fonte: Adaptação de Marangon, 2017.

c) Descontinuidades

Em áreas de mudança de horizontes de solos, por vezes ocorre um contraste entre as resistências internas das camadas adjacentes, principalmente quando se encontra a presença do conjunto solo/rocha, a qual somada as inclinações elevadas e principalmente na presença de água, tende a favorecer o escorregamento do maciço abruptamente. A Figura 4 apresenta um exemplo de descontinuidade por diferentes tipos de solo.

Figura 4 – Escoamento causado por descontinuidade do solo.



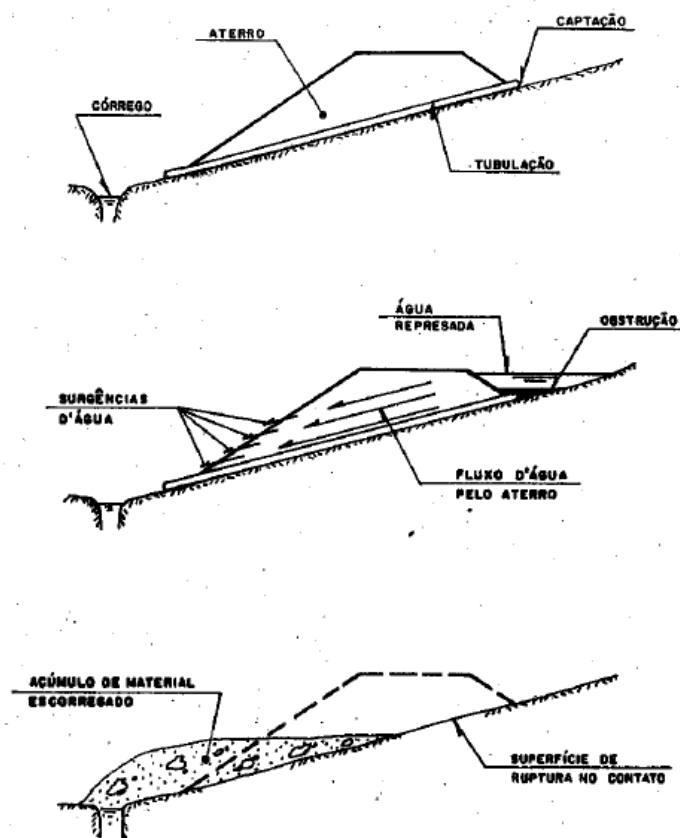
Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

d) Percolação de água/drenagem

Na época das chuvas, o lençol freático eleva consideravelmente, chegando até mesmo ao ponto de saturação das camadas mais superficiais do solo, tem-se uma detecção maior nos registros de escorregamentos, sabendo-se que o conceito de erosão interna, já anteriormente apresentado, contribui de maneira significativa para a instabilidade do talude.

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1991), é de suma importância atentar para os cuidados com as obras de drenagem em taludes, pois nas mesmas os bueiros, canaletas e valetas se apresentam sobrecarregados e apresentam redução na capacidade de conter e conduzir as águas superficiais para destinos apropriados. Quando esse despejo é feito de forma inadequada, contudo, começam a ser encontrados os focos de erosão localizada, interferindo diretamente na estabilidade do maciço e, por conseguinte, aqueles que usufruem da estrutura a ele relacionado, como na Figura 5.

Figura 5 - Ruptura de talude motivada pela obstrução de sistema de drenagem



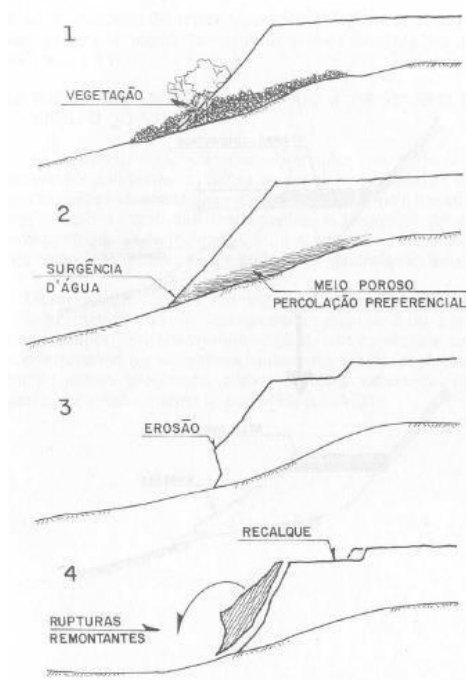
Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

e) Fundação

Referente a situação a base estrutural dos taludes, um grande agravador é a ineficaz limpeza prévia a construção dos taludes de aterro, a qual proporciona, ao longo da decomposição do material orgânico residual, a formação de poros na fundação do talude compactado, servindo de caminho para infiltração em sua base, causando recalques no aterro e até mesmo erosão interna (*piping*, explicado anteriormente), como demonstrado na figura 6.

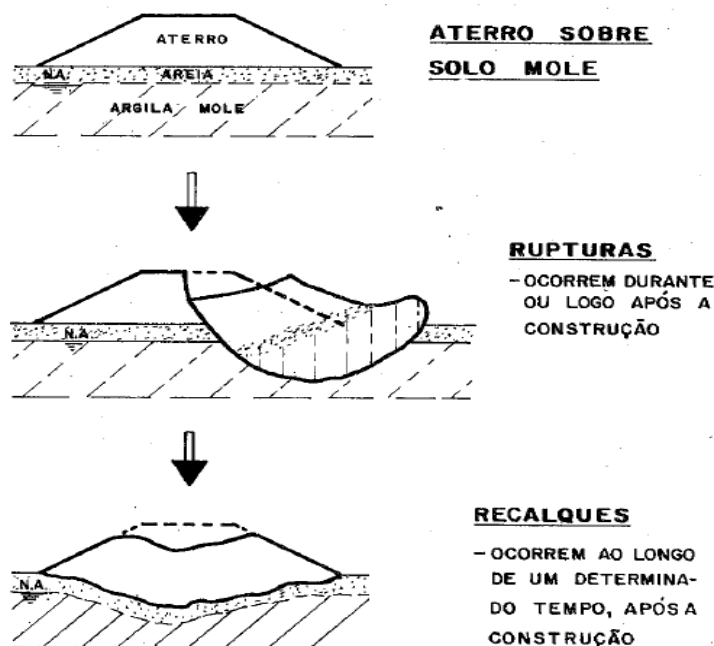
Ainda segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1991), o recalque provocado pelo peso da estrutura e acréscimos colocados sobre o mesmo são mais nítidos em taludes erguidos sobre solos moles, com consideravelmente baixa capacidade de carga, uma vez que o aterro atua diretamente como sobrecarga no próprio talude natural, situação evidenciada na Figura 7

Figura 6 - Problemas em aterros com má limpeza do solo.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

Figura 7 - Problemas em aterros sobre solo mole.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

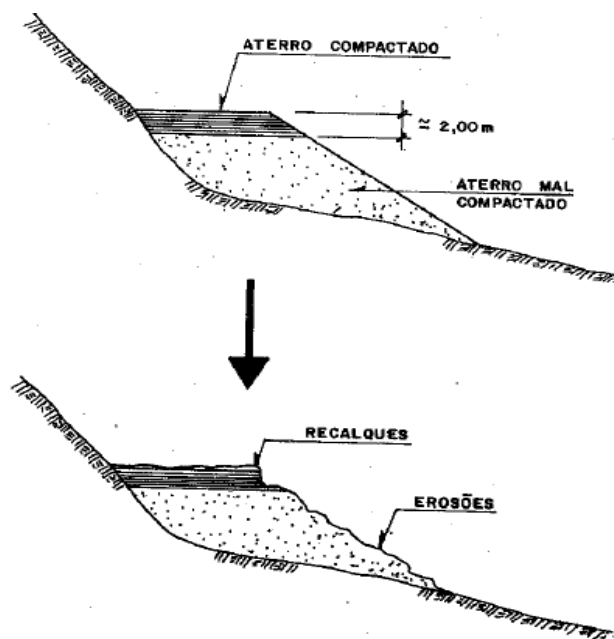
Outro problema está associado discrepância da natureza dos materiais que compõe a fundação, mais facilmente evidenciado em situações de encontro com rocha/solo. Nesse tipo de situação, o eixo de encontro entre solo/rocha, quando não tratado, potencializa a ruptura do talude por fatores variando desde a baixa coesão dos materiais (redução dos esforços cortantes) até a saturação rápida do fundo do talude (rocha são impermeável).

f) Escorregamento em aterros e cortes

Sabendo-se que o processo de execução de cortes e aterros pode facilmente fragilizar a área de interesse devido a exposição do solo ao clima, faz-se necessário considerar as características dos materiais constituintes, bem como das condições de sua fundação. Quando o material é rochoso, os aterros se mostram estáveis por maior período de tempo. Contudo, quando se detecta a presença de solos moles, tais como argilas e siltes, seu projeto e construção precisam obedecer a técnicas adequadas, a fim de poder minimizar os recalques e fissuras.

Se dimensionado corretamente, a ocorrência de problemas apenas ocorreria em má execução de projetos, gerando escorregamentos laterais no talude por causa da compactação indevida do solo, esquematizado na Figura 8.

Figura 8 — Recalques excessivos causados pela má compactação de aterros.

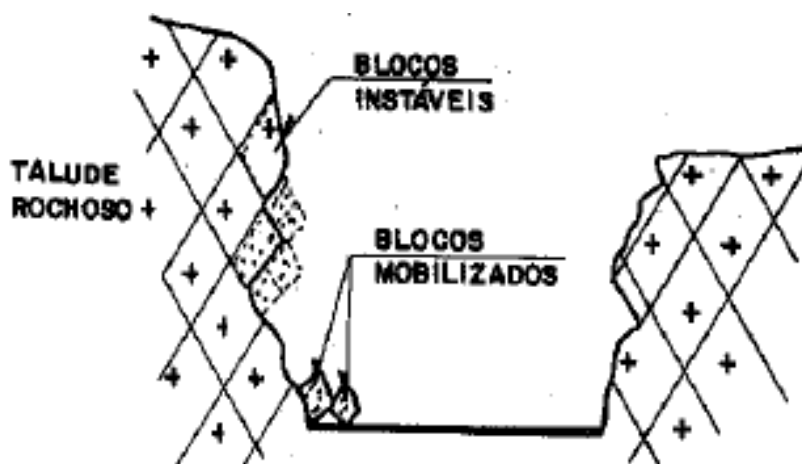


Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

g) Queda de blocos

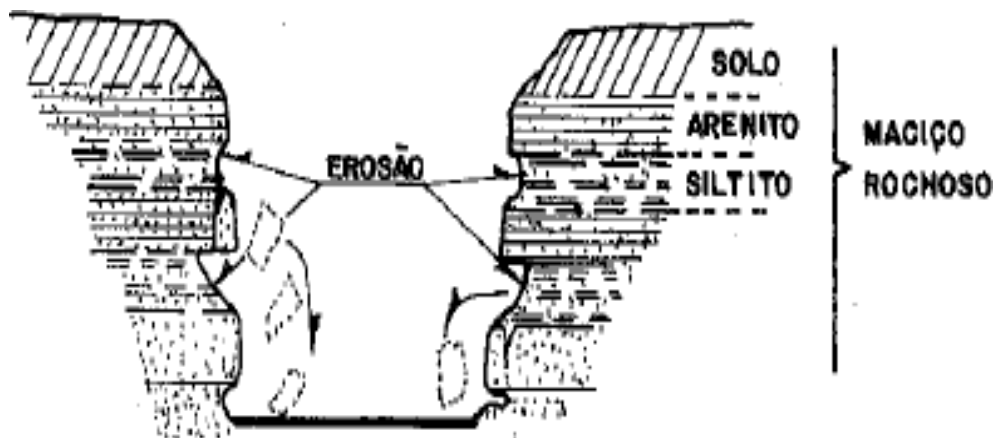
Seguindo apontadores do IPT (1991), esse fenômeno é bastante frequente em cortes executados em rocha, visto que o fraturamento do maciço se torna desfavorável à sua própria estabilidade. São caracterizados como movimentos rápidos e em queda livre, podem ocorrer em taludes de rochas ígneas ou sedimentares modo afim, conforme demonstrado nas Figuras 9 e 10, expondo o processo de queda de blocos em taludes para rochas ígneas e sedimentares.

Figura 9 — Queda de blocos em taludes de rochas ígneas.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

Figura 10 — Queda de blocos em taludes de rochas sedimentares.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

2.3 Medidas para Estabilização

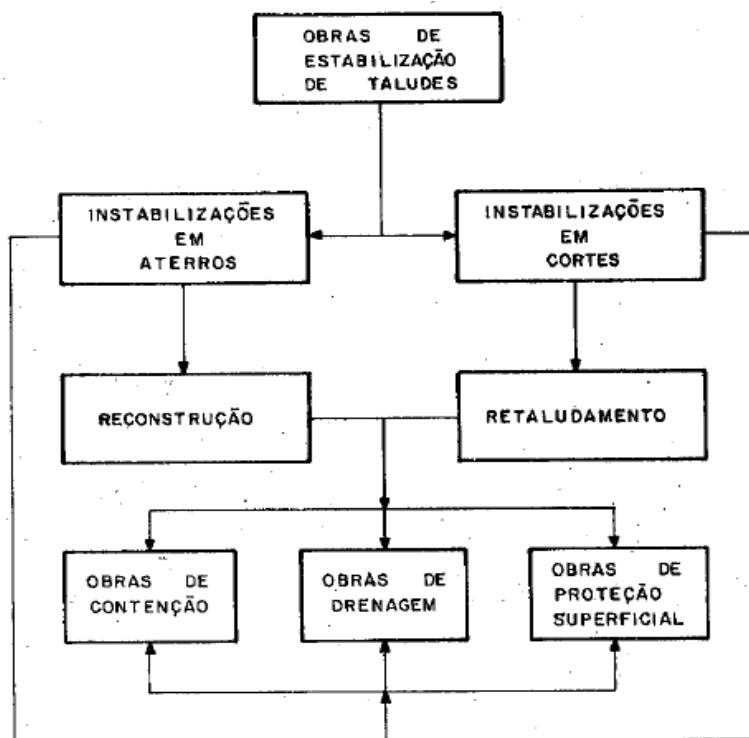
2.3.1 Estruturas de CONTENÇÃO

Segundo Barros (1992), estruturas de contenção incorporam as obras que possuem como finalidade prover estabilidade contra a ruptura de maciços de terra ou rocha, sendo estruturas que fornecem suporte a estes maciços, evitando assim o escorregamento causado pelo peso próprio do maciço ou pelo efeito de carregamentos externos.

Medidas para estabilizar um talude abrangem várias soluções, desde a alteração de sua inclinação para valores menores, reduzindo assim o impacto do peso próprio na instabilidade, e a drenagem superficial das águas no mesmo, até obras de contenção como muros de arrimos, cortinas atirantadas, solo grampeado, entre outros.

Apresenta-se o fluxograma de obras de estabilização de taludes (Figura 11), mostrando as etapas seguidas para um projeto de recuperação da instabilidade de taludes, sejam eles de corte ou aterro.

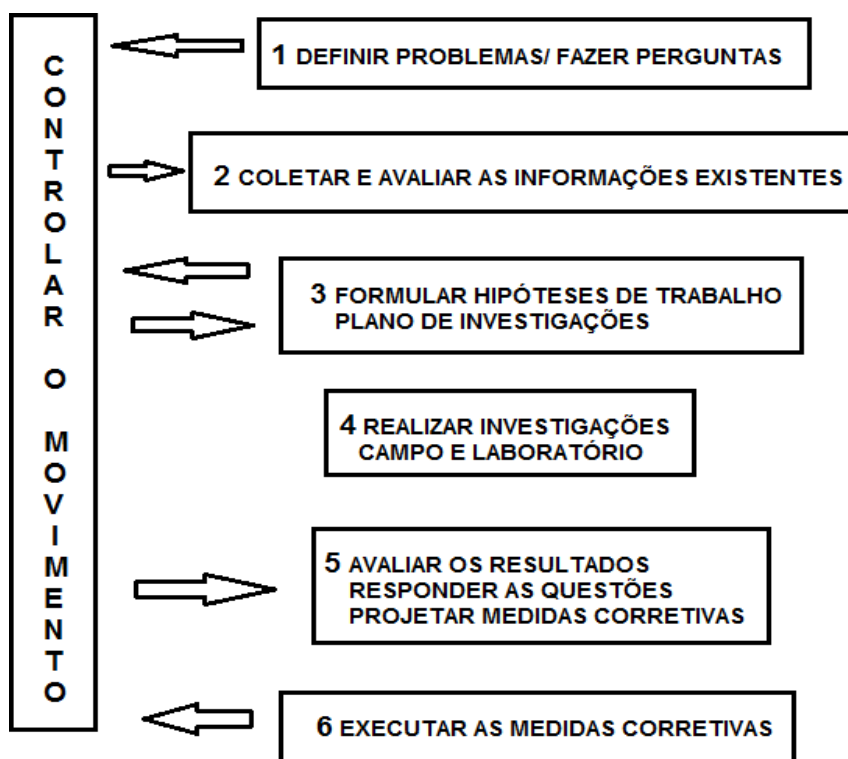
Figura 11 - Fluxograma de obras de estabilização de taludes.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

O principal empecilho presente em qualquer projeto de estabilização é intervir nos mecanismos instabilizadores de forma eficiente, buscando conter os maciços de solos ou rejeitos, razão a qual concede grande importância a definição dos problemas através de perguntas, para então se coletar e avaliar as informações existentes. Após o estudo das causas, se formulam as soluções possíveis para conter o maciço em iminência de queda, para então se realizar os ensaios, estudos e análises do mesmo, executando-se assim as medidas corretivas, como esquematizado na Figura 12, de Novosad (1978, apud IPT, 1991).

Figura 12 — Programa genérico de atividades visando medidas corretivas de escorregamento.



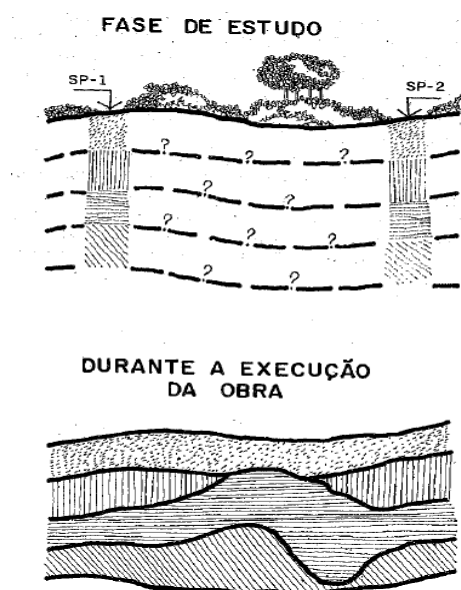
Fonte: Novosad, 1978.

Na maior parte dos casos de estabilização dos processos de movimentos gravitacionais de massa, empregam-se diversas técnicas combinadas, levando em conta que as obras de drenagem e de proteção superficial não devem ser encaradas somente como obras auxiliares ou complementares no projeto de estabilização. A execução correta deste tipo de obra pode representar o principal instrumento na contenção dos inúmeros problemas de instabilização, uma vez que retaludamentos, aterros e obras estruturais de contenção podem facilmente ser danificadas ou chegarem a ruína devido à má concepção ou implementação de sistemas de drenagem e proteção superficiais eficientes no talude (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1998).

A fase mais crítica de uma obra de estabilização de taludes acontece durante a fase de execução, uma vez que, mesmo com uma obra rica em detalhes, investigações realizadas corretamente e levantamentos geológicos precisos, é muito frequente que ocorram mudanças no projeto ao longo da execução.

Mesmo com os testes e ensaios de investigação do solo na fase de projeto, não é absurdo de se acontecerem alterações no perfil previsto, conforme a Situação evidenciada na Figura 13.

Figura 13 –Alteração no perfil previsto em projeto



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

Segundo Barros (1992), o dimensionamento das estruturas de contenção com bases racionais, utilizando modelos teóricos, datam a origem de seu desenvolvimento a partir do século XVII. Em 1773, Coulomb tratou da determinação do esforço de empuxo lateral aplicado pelo solo em uma estrutura de arrimo, tratado como o passo mais relevante no dimensionamento desse tipo de estrutura.

Em obras para a estabilização de taludes, projetos mais onerosos só são justificáveis quando o processo de instabilização encontra-se num nível já não mais controlável por obras de cunho mais simples, dada aí a grande importância de se considerar soluções mais simples, a fim de se evitar gastos excessivos e desnecessários. Ou seja, a definição se consolida em torno de três condicionantes: soluções de simples dimensionamento, resistência adequada às necessidades e que garantam vida útil à obra (MARANGON, 2009).

Estruturas de contenção, mais conhecidas como estruturas de arrimo, são aquelas que possuem a finalidade de estabilizar os maciços, sejam eles de rocha ou solo, dando aos mesmos o suporte necessário para resistir a rupturas e, por conseguinte, escorregamentos, o qual pode ser causado pelo peso próprio ou por carregamentos externos no talude (MACCAFERRI, 2017, apud MARCANTE, 2017).

Uma vez localizados em centros habitados ou em áreas de lazer, essas estruturas devem se integrar o máximo possível com o meio circundante, tanto pelo lado ambiental como o paisagístico (MACCAFERRI, 2017, apud MARCANTE, 2017). Com isso em mente, apresenta-se a seguir alguns dos tipos de obras para estabilização de taludes.

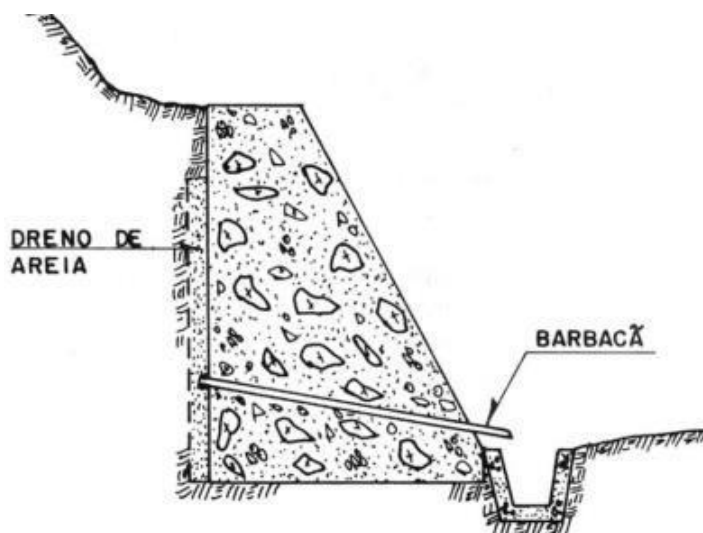
2.3.2 Muros de Gravidade

Segundo Finotti, Ribeiro e Tavares (2013), muros de gravidade são um tipo de estrutura que dependem de seu peso próprio para se manterem estáveis, formadas principalmente de corpos maciços construídos em gabiões, concreto (ciclópico ou não), pedras argamassadas e até mesmo uma combinação de vários tipos de materiais distintos, sendo ainda classificadas entre:

- Estruturas rígidas: concreto e pedras argamassadas;
- Estruturas flexíveis: gabião e blocos articulados.

Uma das características mais importantes das estruturas à gravidade é o método e tempo destinado ao lançamento e a compactação do solo de aterro depois ou durante a construção do muro de arrimo (Barros, 1992), similar ao modelo descrito na Figura 14.

Figura 14: Muro de arrimo por gravidade



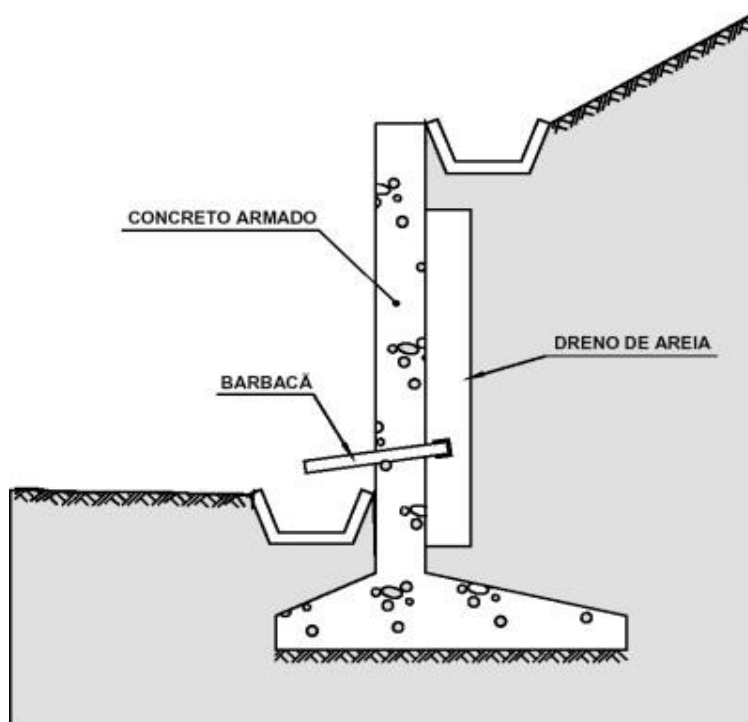
Fonte: Faculdade de Santa Rita, 2015

2.3.3 Muros de Concreto Armado

Segundo Moliterno (1996, apud MARCANTE, 2017), os muros de concreto

armado são também conhecidos como muros de flexão, definidos como muros de arrimo os quais utilizam o concreto armado para sua confecção, conforme demonstrado pela Figura 15.

Figura 15: Muro de concreto armado tipo flexão



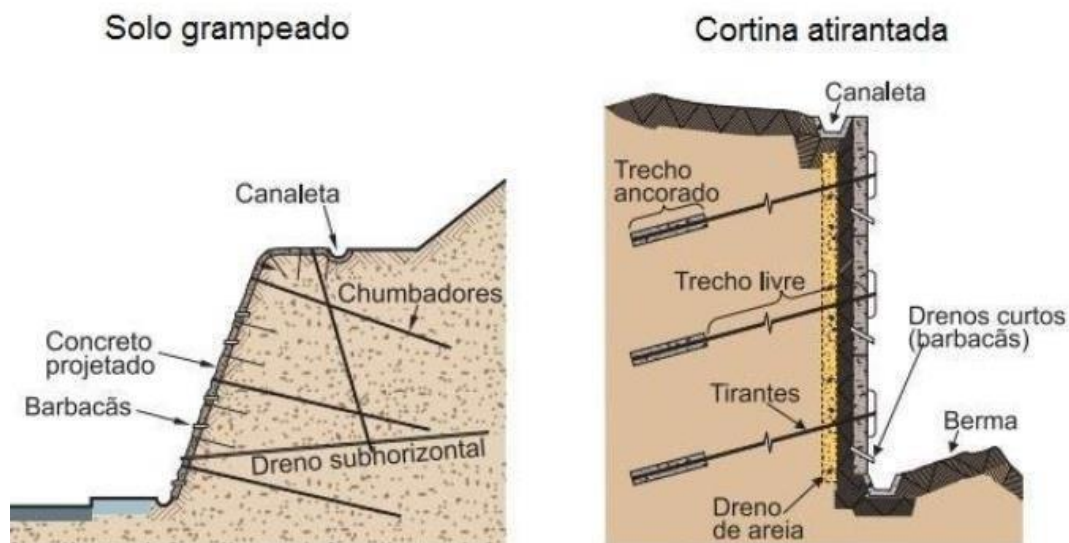
Fonte: Secretaria de Serviços Públicos, prefeitura de Recife, 2004, .

Esses muros de flexão são tradicionalmente compostos por uma laje de fundo e outra vertical, trabalhando à flexão, dando atenção ao sistema de drenagem, o qual é feito através de barbacãs e drenos de areia.

2.3.4 Cortina Atirantada

As cortinas atirantadas possuem grande destaque como a solução para estabilidade de solos com maior eficiência e segurança, fatores provenientes da sua capacidade de ser introduzida em praticamente qualquer distribuição geográfica, independente das situações hidrológicas e até geológicas das mesmas, desde que esta possua uma camada de solo de resistência moderada, para assim poder ser introduzida em quase qualquer situação, proporcionando a segurança do talude, de forma que seu funcionamento está melhor esquematizado na Figura 16.

Figura 16 – Desmonstrativo da figura de cortinas atirantadas.



Fonte: Manifestações Patológicas decorrentes em Solo Grampeado e Cortina Atirantada, 2017

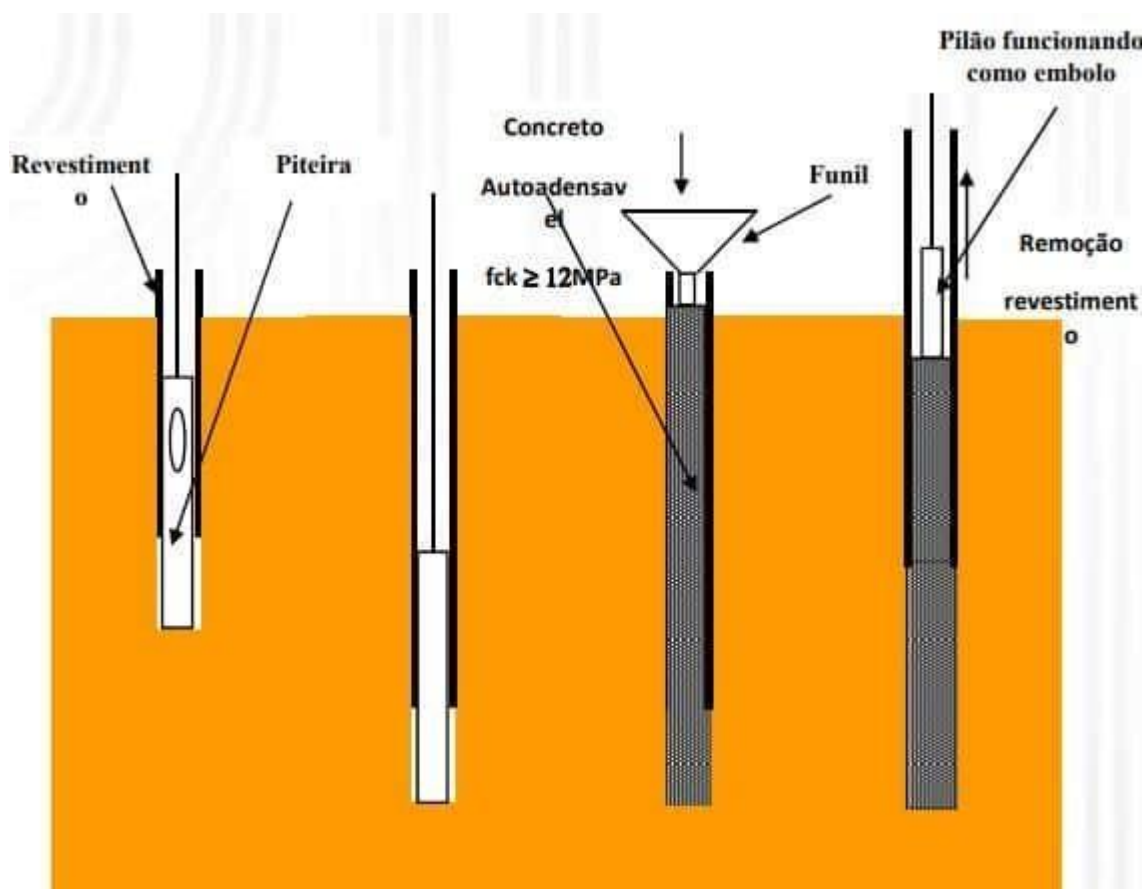
A utilização das estruturas atirantadas vem se difundindo cada vez mais ao longo dos anos justamente em função de sua versatilidade de aplicações, mesmo que possua um elevado valor de aplicação, exigindo como única premissa básica um horizonte suficientemente resistente e estável para a ancoragem dos tirantes, segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1991).

2.4.5 Microestacas

A técnica de microestacas foi desenvolvida ao longo dos últimos anos, mais utilizada em situações onde o trabalho vertical em loco é mais favorável, podendo ser executada em taludes naturais ou de corte. A armadura dessas estacas, bem como sua cobertura de cimento ou argamassa, servem como reforço ao maciço pela injeção dos mesmos sob pressão, o que eleva consideravelmente a aderência entre as estacas e o terreno ao redor.

Segundo o Instituto Superior Técnico (2011, apud MARCANTE, 2017), microestacas podem também ser definidas como elementos alongados que fazem parte da estrutura de sustentação, a qual transmite ao solo os esforços nela aplicados por meio de atrito lateral, executada em loco de acordo com a Figura 17.

Figura 17: Esquema de execução de uma microestaca



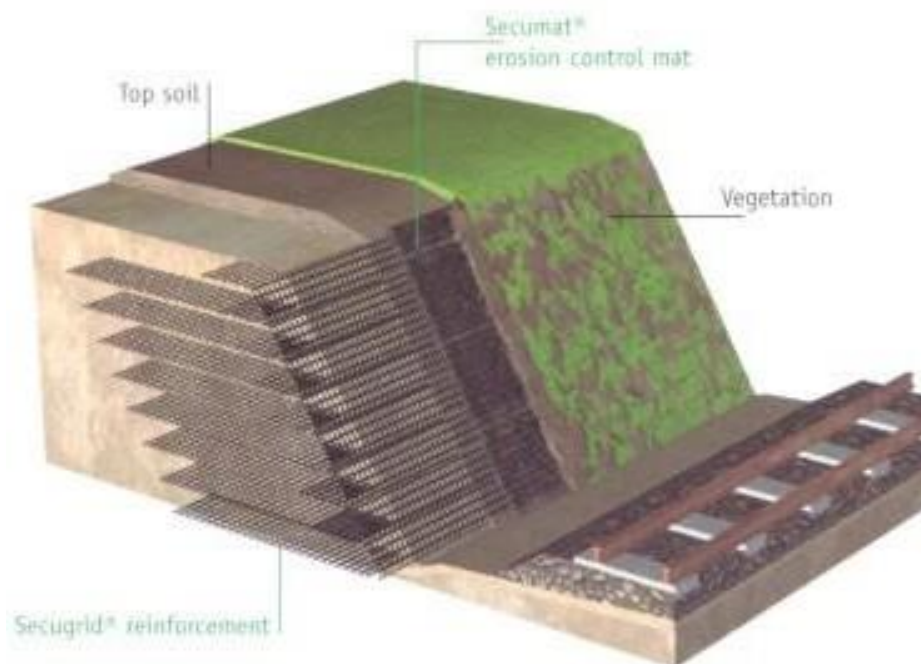
Fonte: Total Construções

2.4.6 Aterro Reforçado com Geotêxtil

O aterro reforçado com geotêxtil é uma técnica utilizada para aumentar a capacidade de carga e a estabilidade de um determinado aterro por meio da inclusão de camadas geotêxteis. Essa técnica é amplamente utilizada em projetos rodoviários, bem como de outras formas modais, como ferrovias e aeroportos, e outras obras de terra, como barragens. Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1991), as principais vantagens desse tipo de solução são o baixo custo de execução, rápida instalação e simplicidade nas técnicas construtivas.

Composto de um material sintético com alta resistência mecânica, esses materiais possuem uma estrutura porosa capaz de permitir a passagem de água, mas não de partículas de solo, permitindo a infiltração sem processo erosivo interno (*piping*). No aterro reforçado com geotêxtil, a manta é colocada em camadas alternadas com o solo compactado, formando uma espécie de "sanduíche", elevando a resistência e a capacidade de carga da estrutura de terra, conforme o modelo esquematizado na Figura 18.

Figura 18: Modelo de execução de uma manta geotêxtil



Fonte: BFF, 2003

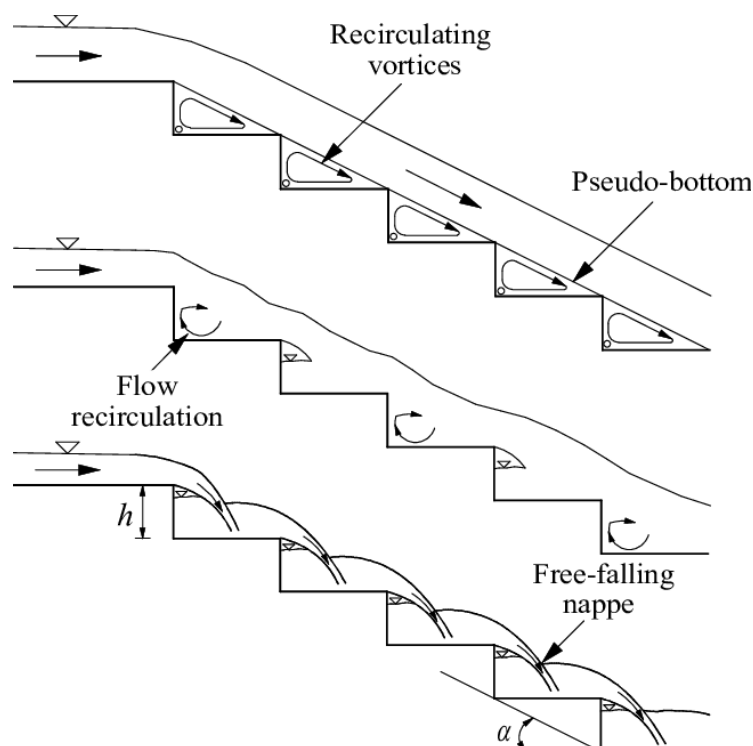
2.4.7 Escadas D'água

Tratando-se de uma obra de drenagem, cuja finalidade é a captação e direcionamento da água de escoamento superficial e a redução no volume de água percolada pelo interior do talude, segundo a Figura 19.

As escadas d'água são compostas por canais em degraus, podendo ser executadas tanto em taludes de corte como de aterro, com tendência a seguirem a linha de maior declividade do maciço, dissipando a energia cinética que seria acumulada pelo escoamento da água neste ponto.

Para esta intervenção, é mandatório garantir uma elevação mínima entre o degrau e o terreno natural de, no mínimo, 50 centímetros, dispersando a força erosiva da água por impacto e reduzindo sua capacidade de arrasto, bem como a compactação do terreno circundante da escada com mesma altura, a fim de evitar pontos de infiltração ao redor dos degraus.

Figura 19: Detalhes de uma escada d'água



Fonte: *Influence of Chute slope on oxygen content in stepped waterways*, 2009

2.4.8 Cobertura Vegetal

A introdução de cobertura vegetal em taludes é uma técnica utilizada para aumentar a estabilidade e a proteção contra a erosão em encostas, especialmente eficaz em taludes de cortes, podendo ser implantada diretamente no solo, ou em um sistema de ancoragem com geotêxteis e estacas, aumentando substancialmente a resistência do barranco. Composta por espécies herbáceas, arbustivas ou arbóreas, ela deve ser escolhida segundo as características do local, como clima, tipo de solo e condições de luminosidade, sendo fundamental a adaptação ao meio em que esta vegetação irá atuar, precisando suportar situações como ventos fortes, solos com pouca profundidade e oscilações de temperatura regularmente.

Segundo o IPT (1991), uma forma diferente de se abordar o problema de escorregamentos em taludes onde o solo se tornou exposto devido ao desmatamento da vegetação original, é a introdução de um novo conjunto de plantas que possam ter um comportamento a similar, se não idêntico, a flora original desmatada, como: melhorar a resistência do solo pelo “grampeamento” do mesmo pelo sistema radicular; proteger o solo contra erosão superficial por meio da dissipação de energia da água pelas folhas das plantas; reduzir a infiltração pela absorção e armazenamento da água pelos troncos, galhos e folhas.

Assim como nos materiais de taludes naturais, a vegetação que interage normalmente um trecho com talude não serão sempre as mesmas, trazendo uma composição heterogênea para as plantas introduzidas com a função de proteção do talude, algumas melhor posicionadas para essa função. Dentre as espécies de plantas que podem ser utilizadas, de gramíneas até árvores, os pontos mais favoráveis são:

- Crescimento rápido e folhagem permanente;
- Desenvolvimento de sistema radicular resistente;
- Não apresentar atrativos, como frutas e lenha, que levem ao aumento da circulação na área do talude;
- Heterogenia para evitar pragas e doenças em massa na área;
- Não apresentarem peso elevado, preferindo-se vegetações com largas copas e troncos mais finos.

2.5 Categorização de solos

Compreendidos os fatores de execução e desmoronamento de taludes, fica-se pendente o esclarecimento quanto ao comportamento dos solos e rochas que compõem tais maciços. Segundo o Instituto de pesquisa Tecnológicas (1991), os grupos ou unidades de solos que mais comumente são encontrados em meio ou na vizinhança de rodovias não estão diretamente ligados aos tipos de acidentes encontrados nessas áreas, mas sim em virtude de mau monitoramento e poucos cuidados para tratar de problemas já perceptíveis nos taludes.

Contudo, devido aos distintos comportamentos físico químicos experienciados pelos tipos de materiais que compõem os taludes mais comuns das regiões do sertão, agreste e litoral do estado de Pernambuco, a discretização dos mesmo se mostra imprescindível, divididos, segundo a SUDENE (1985), entre:

- Podzólicos;
- Latossolos;
- Regossolos;
- Planossolos.

2.5.1. Latossolos

O termo “Latosol” é derivado do latim *laterite* e *solum*, significando tijolo altamente intemperizado e solo, respectivamente. Proposto pelo pedólogo americano Charles E. Kellog, em uma conferência americana sobre classificação de solos realizada em Washington em 1949, essa categoria contempla solos fortemente relacionadas à intemperização e lixiviação intensas. Responsáveis pela baixa atividade das argilas em sua composição, os latossolos são profundos e de coloração relativamente homogênea, com matizes avermelhadas e/ou amareladas, apresentam distribuição mais ou menos uniforme de argila ao longo do perfil.

Os Latossolos encontram-se amplamente distribuídos pelo Brasil, ocupando cerca de um terço da superfície do território nacional, ocorrendo praticamente em todas regiões do país sob diferentes condições climáticas, relevo e material de origem sendo, em geral, muito permeáveis. Esta permeabilidade é função da textura e da mineralogia do solo, onde a textura média, argilosa e muito argilosa, a qual aparece na presença de gibbsíticos, são os mais permeáveis, favorecendo a lixiviação.

Em áreas menos estáveis, correspondentes à superfície de aplainamento Velhas (Terciário Superior), também verificam-se Latossolos, normalmente menos intemperizados e de mineralogia mais caulínica, bem como a presença de solos mais resistentes, como a formação barreiras, sendo também muito comum a ocorrência de solos podzólicos associados, como mostrado na Figura 20.

Figura 20: Distribuição generalizada de remanescentes de superfície referente à diferentes ciclos geomórficos descritos no Brasil



Fonte: Braun, 1982 citado por LEPSCH & BUOL (1986).

2.5.2. Planossolos

Oriundo do latim *planus* e *solum*, significando plano ou horizonte e solo, respectivamente, a ordem dos planossolos pode ser simplesmente identificada por seu horizonte B plânico, ou seja, devido a sua estrutura prismática, colunar ou em blocos angulares e subangulares grandes ou médios, compostos de estrutura maciça, com permeabilidade lenta ou muito lenta e cores acinzentadas ou escuras, onde cores neutras de redução com ou sem mosqueados não são constantes (Embrapa, citado por Jacomine et al., 1975a, p. 312, perfil 50).

Os solos desta classe ocorrem preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem vigência periódica anual de excesso de água, mesmo que de curta duração, especialmente em regiões sujeitas à

estiagem prolongada e até mesmo sob condições de clima semiárido, condições essas que favorecem o aceleração pedogenético da área circundante ao talude.

2.5.3. Podzólicos

A classificação do solo podzólico, também chamado de solo lessivé, se dá pela presença de lixiviação moderada, produzindo um acúmulo de argila e ferro, eluviados a montante da área por meio de precipitação ou depósitos fluviais. O húmus formado na superfície deste solo produz um horizonte textural que fica a menos de meio metro da superfície, podendo ainda apresentar laterita, constituída pela formação de uma camada de solo cimentado por ferro e óxidos do mesmo, em vez do horizonte húmico ou em conjunto com o mesmo.

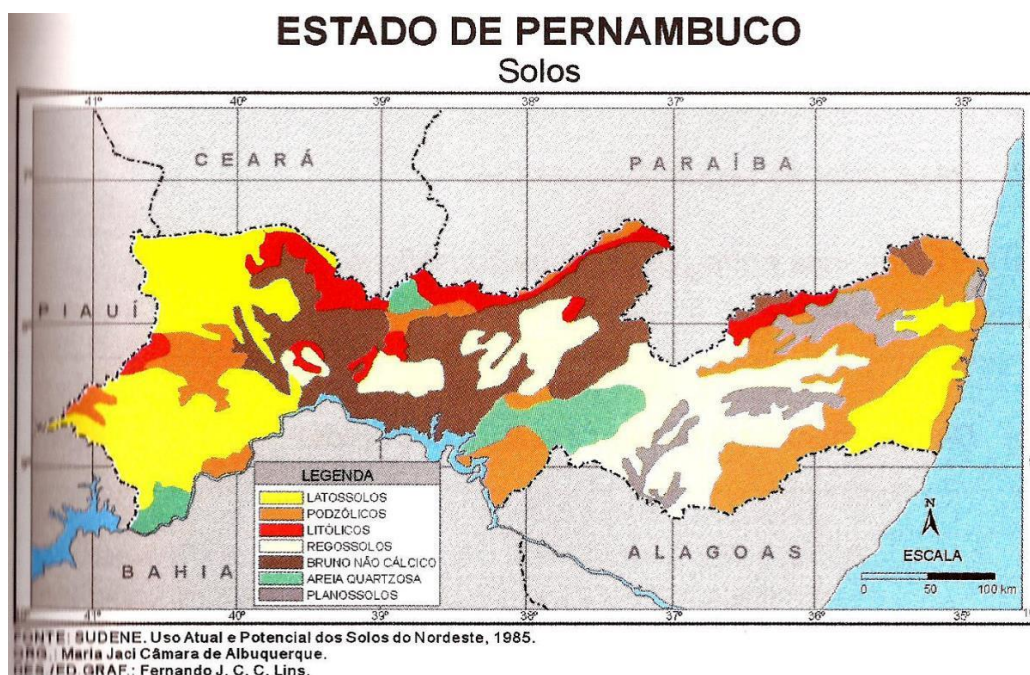
2.5.4. Regossolos

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), os regossolos podem ser caracterizados como um solo de origem superficial, apresentando textura média a fina, de forma não consolidada e de origem aluvial sem formação significativa de horizonte ou camada do solo devido a condições climáticas onde se encontra, sendo elas predominantemente secas ou frias. Regossolos ocorrem principalmente nas regiões dos polos e nos trópicos, ocupando principalmente áreas desérticas, ocupando cerca de 2% da superfície do planeta, geralmente encontrados sob vegetação natural.

Regossolos geralmente mostram acúmulos de carbonato de cálcio ou gesso em zonas climáticas quentes e secas, diferenciando-se dos grupos de solos da FAO por: materiais de origem, para os Andosols, Arenosols e Vertisols; menor volume de saturação, para Gleysols; maior profundidade do perfil do solo, para Leptosols.

Distribuídos de forma não uniforme pelo estado, a heterogeneia geológica do agreste de Pernambuco favorece a complexidade de análises a cerca da estabilidade de um dado talude encontrado ao longo do território, distribuído segundo o mapa na Figura 21.

Figura 21: Distribuição de solos do estado de Pernambuco



Fonte: SUDENE, 1985

2.5.5. Denominações dos solos na engenharia

Como apresentado, os solos que se encontram na região estudada por este trabalho possuem nomenclaturas mais voltadas ao estudo de sua geologia, não sendo fácil distinguir quais são suas funções para o setor de engenharia civil, necessitando assim uma simplificação para melhor compreensão dos mesmos, atrelada principalmente as cores dos solos. Dessa forma foi possível, seguindo a definição da embrapa (2021), classifica-los como:

- Podzólicos: como descrito anteriormente, esses solos são compostos principalmente de argilas, sendo mais aproveitado em obras de impermeabilização de solos compactados e núcleos de barragens, desde que bem dosados.
- Latossolos: possuem granulometria similar a de areais médias quando apresentam coloração laranja ou amarela; possuem maiores concentrações de argilas e siltes quando encontrados com coloração roxa e vermelha. Em algumas partes dentro da formação barreiras, é possível se extrair pedregulhos ricos em ferro para utilização geral como rocamento ou brita.

- Regossolos: classificados como grupos de areias finas, o fácil acesso a esse material permite que seja utilizado para obras que necessitem de um grande acesso à finos.
- Planossolos: presentes em regiões que se estendem do sertão ao cerrado, esse tipo de solo é composto principalmente por materiais areno argilosos e pedregulhos, úteis para construção civil de forma geral.

2.5.6. Interpretação da coloração do solo

Segundo definição da gestão de solos de *Queensland*, Austrália, os horizontes de solos superficiais tendem a apresentar cores mais escuras devido a forte atividade de matéria orgânica na superfície de tais solos, sendo distribuído entre o espectro de cores segundo a distribuição da Tabela 1:

Tabela 1: Correlção entre cor de solos e suas funções

Cor da Amostra de Solo	Tipos de Solos e suas Características	Típicos Problemas de Trabalhabilidade
Preto	Esses solos são frequentemente associados a altos níveis de matéria orgânica, chamdos de turfo	• problemas de drenagem ou alagamento; • baixo PH; • alta desnitrificação
Preto	Vertossolos, ou solos argilosos com fraturas	• problemas de trabalhabilidade e de plantio
Branco/pálido/descolorido	Estes solos são muitas vezes tratados como branqueados ou 'lavados'. As partículas de ferro e manganês foram	• lixiviação de nutrientes • baixa retenção de

Cor da Amostra de Solo	Tipos de Solos e suas Características	Típicos Problemas de Trabalhabilidade
	lixiviadas devido a grandes quantidades de chuva ou drenagem.	água • facilidade para ocorrência de “pipping”
Vermelho	Esta cor indica boa drenagem, onde o ferro encontrado no solo é oxidado mais facilmente devido ao maior teor de oxigênio, fazendo com que o solo desenvolva uma cor 'enferrujada'	• alta fixação de fósforo • pouca água disponível na planta • boa capacidade de adesão
Amarelo e Amarelo escuro	solos geralmente com drenagem mais pobre do que os solos vermelhos. Os compostos de ferro estão na forma hidratada não produzindo a cor de 'ferrugem'.	• fixação moderada de fósforo • pouca água disponível na planta • elevadas taxas de compactação
Marrom	Solos associados com níveis moderados de matéria orgânica e óxidos de ferro.	• fixação de fósforo baixa a moderada • água disponível baixa a moderada para a planta • maiores chances de deslizamento por solo saturado

Cor da Amostra de Solo	Tipos de Solos e suas Características	Típicos Problemas de Trabalhabilidade
Cinza e Verde	Solos associados a péssimas condições de drenagem e captação de água	• problemas de alagamento ou drenagem • alto risco de desnitrificação • perigo de rápida saturação do solo

Fonte: <https://www.qld.gov.au/environment/land/management/soil>

Outro método para se analisar a relação entre as cores de determinado solo é a verificação de sua posição na coloração de solos de Munsell (1994), onde se distinguem os componentes do espectro de cores para os solos variando do intervalo vermelho ao amarelo, para este trabalho, podendo mais facilmente indicar os componentes contido em uma amostra ou localidade. Por exemplo, em união a Tabela 1, pode-se verificar que, para taludes em áreas com chuvas frequentes, um solo de coloração vermelha ou vermelho-amarelada seriam mais resistentes as intemperes e assim permitiriam uma durabilidade maior a quase qualquer talude natural ou de corte

2.6 Geotecnologia e prevenção de desastres

As ferramentas das geotecnologias auxiliam de forma decisiva na prevenção de acidentes de terra e demonstram uma série de facilidades na criação e atualização de dados e informações para o estudo de fenômenos geográficos, abrangendo um grande leque de desastres naturais. Utilizando estas ferramentas, pode-se gerar informações em curtos períodos de tempo e com relativos baixos custos, integrando a isso informações de dados espaciais multifontes com o intuito de analisar as interações existentes entre as variáveis, elaborar modelos preventivos e dar suporte as tomadas de decisões (BONHAN-CARTER, 1996).

As geotecnologias são representadas mais fortemente pelo Sensoriamento Remoto (imagens de satélite), pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG) e através dos dados de

GPS (Sistema de Posicionamento Global).

O SIG permite o levantamento, a manipulação digital, o mapeamento e a análise de um conjunto de atributos georreferenciados que facilitam a tomada de decisões pelo processamento conjunto de todos esses dados, por meio análises matemáticas complexas, demonstrando a inter-relação entre elementos, integrando dados de diversas fontes em uma só imagem (MARCELINO, 2008).

2.7 Tipos de mapeamento

Segundo Parise (2001, apud EMBRAPA, 2018), os escorregamentos de massas podem ser agrupados em quatro distintos conjuntos de mapas, sendo eles: mapa de inventário; mapa de atividade dos escorregamentos; mapa de suscetibilidade; mapa de vulnerabilidade, divididos em relação a suas definições, funções, papéis e utilidades, conforme na Tabela 2.

Tabela 2: Síntese dos tipos de mapas referentes a escorregamentos

TIPO DE MAPA	MATERIAL NECESSÁRIO	ANÁLISE DE DADOS	DADOS MOSTRADOS NOS MAPAS	UTILIDADE
Inventário	Mapas topográficos	Fotointerpretação; trabalhos de campo; pesquisa de arquivos e histórica	Distribuição dos escorregamentos, tipologia e estado de atividade	Mostra distribuição espacial e fornece zoneamento preliminar entre as áreas afetadas e não afetadas pelos processos de movimentos de encostas
Atividade dos Escorregamentos	Fotos aéreas multi-temporais; mapas históricos, se disponível; mapas topográficos	Fotointerpretação multi-temporal; comparação qualitativa e quantitativa dos mapas; trabalhos de campo; pesquisa de arquivos e histórica	Distribuição, tipologia, estado e atividade dos escorregamentos; orientação evolutiva dos escorregamentos	Auxiliam administradores locais e planejadores de uso do solo para reduzir as perdas socioeconômicas dos escorregamentos
Suscetibilidade	Mapas topográficos; mapas geológicos; fotos aéreas; registros históricos; dados históricos	Fotointerpretação; trabalhos de campo; levantamento geológico; testes de campo e laboratório	Distribuição dos escorregamentos, tipologia e estado de atividade; orientação evolutiva dos escorregamentos; geologia e geomorfologia; propriedades de geologia de engenharia	Mesmo que não inclua a probabilidade temporal de ocorrência dos futuros movimentos, fornece um zoneamento que pode ser útil para planejadores
Vulnerabilidade	Como o anterior, incluindo: distribuição dos elementos em risco; evolução socio-econômica dos elementos em risco	Como o anterior, incluindo: análise das relações entre os elementos desencadeadores dos eventos (chuvas, terremotos, ação antropogênica)	Como o anterior, incluindo tipo, distribuição e avaliação sócio-econômica dos elementos em risco; relação com fatores desencadeadores (para ser explicado em texto acompanhando o mapa)	Na teoria, são os melhores mapas para as propostas de planejamento; na prática, dificuldades na coleta de dados, cooperação entre as diferentes disciplinas e o tempo gasto tornam esses mapas muito difíceis de serem produzidos

Fonte: Parise, 2001

Para Parise (2001, apud EMBRAPA, 2018), um mapa de inventário de escorregamentos representa a distribuição no espaço dos movimentos de massa de um talude, podendo incluir informações como tipo, tamanho, forma e estado de atividade deslocadora. Este mapa normalmente é construído com informações obtidas em campo, tais como fotografias aéreas e imagens de satélite, por meio dos quais são identificadas as cicatrizes remanescentes nas encostas pelos escorregamentos ocorridos naquela região do maciço de terra.

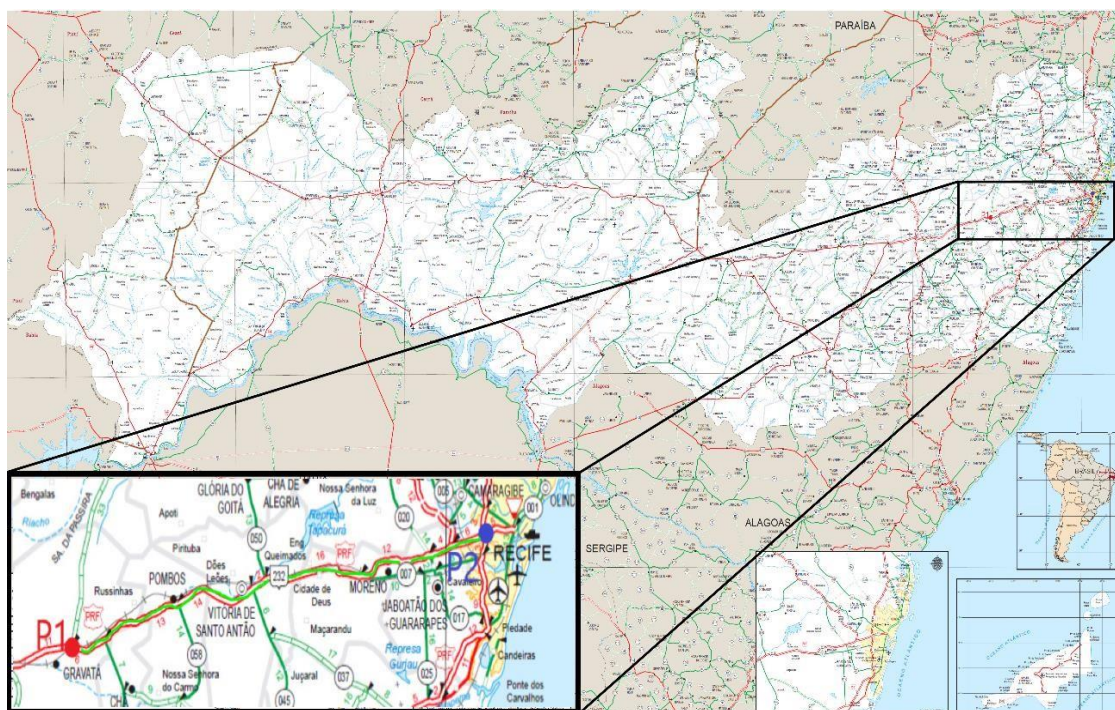
O mapa de inventário que foi descrito anteriormente na Tabela 2 é a fundamentação necessária para a produção dos mapas adicionais, bem como mapas de susceptibilidade e de risco de escorregamento, uma vez que as condições do terreno em que os escorregamentos antigos e recentes ocorrem, comumente permanecem as mesmas, abrindo espaço para que possam deflagrar eventos no futuro.

Esta metodologia pressupõe que a distribuição das cicatrizes presentes no maciço, depósitos de solo e deslizamentos recentes podem indicar futuros padrões de comportamento das instabilidades, permitindo assim o mapeamento e projeção de movimentos futuros, ou seja, a base do mapa de inventário, o qual pode ser preparado pela coletânea dessas informações históricas sobre eventos de escorregamentos, ou de interpretação de fotografias aéreas com checagem de campo.

3 ESTUDO DE CASO

O presente trabalho visa apresentar os pontos em maior necessidade de observação sob risco de deslizamentos ou tombamentos em taludes rodoviários. Esses pontos foram levantados por meio da análise de fotos do trecho e de mapas rodoviários, como na Figura 22.

Figura 22 – Localização do levantamento de estudo.



Fonte: Autor, 2023.

Deixa-se registrado de antemão que, no escopo deste trabalho, foi abordado apenas a análise de mapas e fotografias, visto que a análise de amostras de solo e mecânicas de comportamento do mesmo não interessa este documento, o qual foi realizar a construção de uma ficha de avaliação com pontos pertinentes a estabilidade de taludes rodoviários, com foco em garantir uma rápida análise prévia da estabilidade e métodos de intervenção para cada situação em que for empregado.

As técnicas mais apropriadas para selecionar, processar e gerar informações a cerca deste trabalho foram levantadas, para os pontos acima mostrados, mas foi preciso deixar de fora tópicos em virtude de algumas limitações sobre a coleta de dados, sendo os mais pertinentes:

- Questões geotécnicas: em virtude da limitação de tempo para viajar e realizar os ensaios para obtenção dos parâmetros dos solos;
- Limitantes geométricos: dificuldade considerável de acesso aos locais apresentados;
- Método executivo, uma vez que as situações mais graves encontram-se em área de difícil acesso para máquinas de grande porte;
- Viabilidade econômica aprofundada: difícil coleta de informações sobre capital alocado a melhoramentos nos níveis municipais, estaduais e federais.

3.1 Problemática

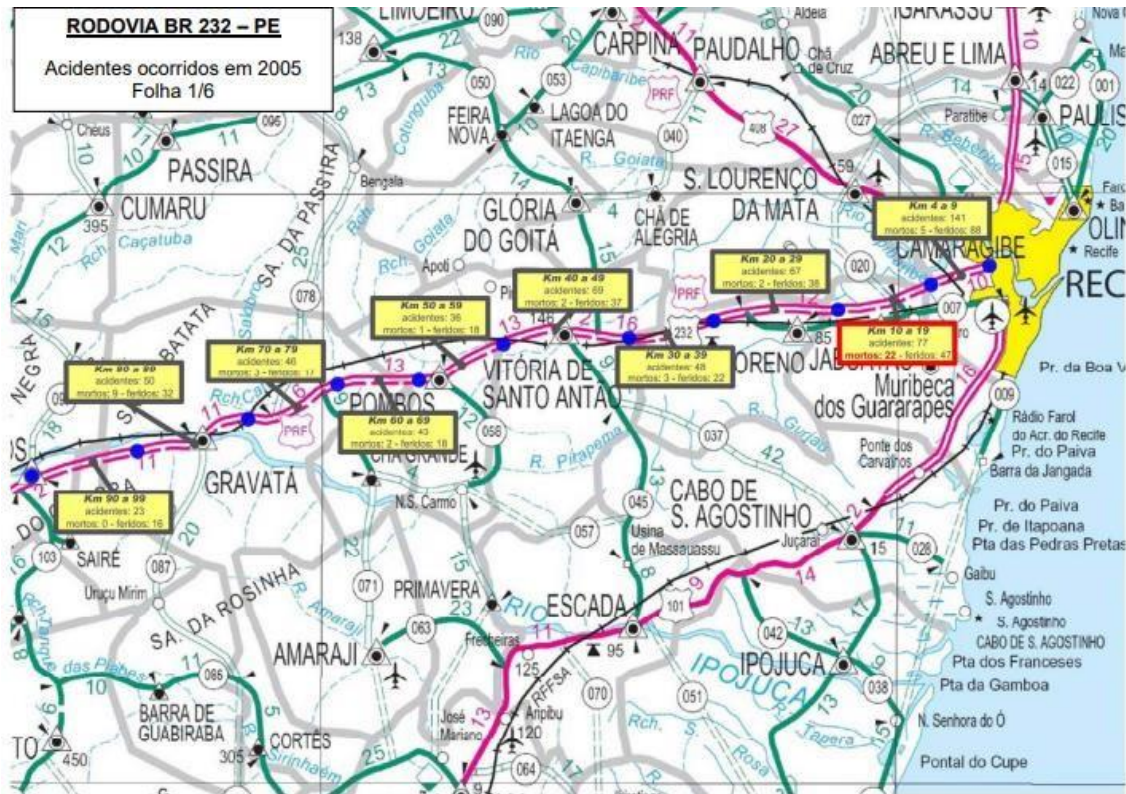
Os deslizamentos de terra ao longo da BR-232, dentre o quilômetro 0 e 89, ligando os municípios de Recife e Gravatá, são um problema recorrente na região devido às características geológicas e geomorfológicas da área. A BR-232 atravessa uma região de topografia íngreme, classificada como região de serra, com solos predominantemente argilosos e declividades acentuadas, o que torna a região como um todo propensa a deslizamentos, escorregamentos e tombamentos de seus taludes naturais, especialmente durante períodos chuvosos intensos, se estendendo dos meses de Março à Junho.

Segundo Vias Seguras (2005), site que monitora acidentes e outras problemáticas nas rodovias do país, a BR-232 mostrou, durante o ano de 2005, mais de 550 acidentes apenas no trecho entre Recife e Gravatá, atravessando a área do planalto da Borborema, região coberta de vales e grandes elevações relativas, favorecendo instabilidade dos solos circundantes as estradas que as cortam. Além do valor absoluto de acidentes, foram também registradas 49 fatalidades de trânsito na mesma época, representando uma mortalidade para o trecho de 8,6%, concentradas especialmente nos meses que englobam o outono no hemisfério sul, segundo registros históricos do estado.

Como mostrado nas Figuras 23 e 24, a maior parte das fatalidades encontradas nessa rodovia estão localizadas em seus primeiros 100 quilômetros, reforçando a necessidade de cuidar da segurança dos passageiros que por ela tramitam regularmente, bem como da infraestrutura que suporta seu funcionamento. Esses dados, contudo, não representam

diretamente a condição atual da rodovia, uma vez que a mesma teve sua duplicação finalizada em outubro de 2007, mas ainda sim representam uma amostragem importante para se verificar a evolução do trecho ao longo dos anos.

Figura 23: Acidentes até KM 89 da BR-232



Fonte: Vias Seguras, 2005

Figura 24: Acidentes e Fatalidades da BR 232

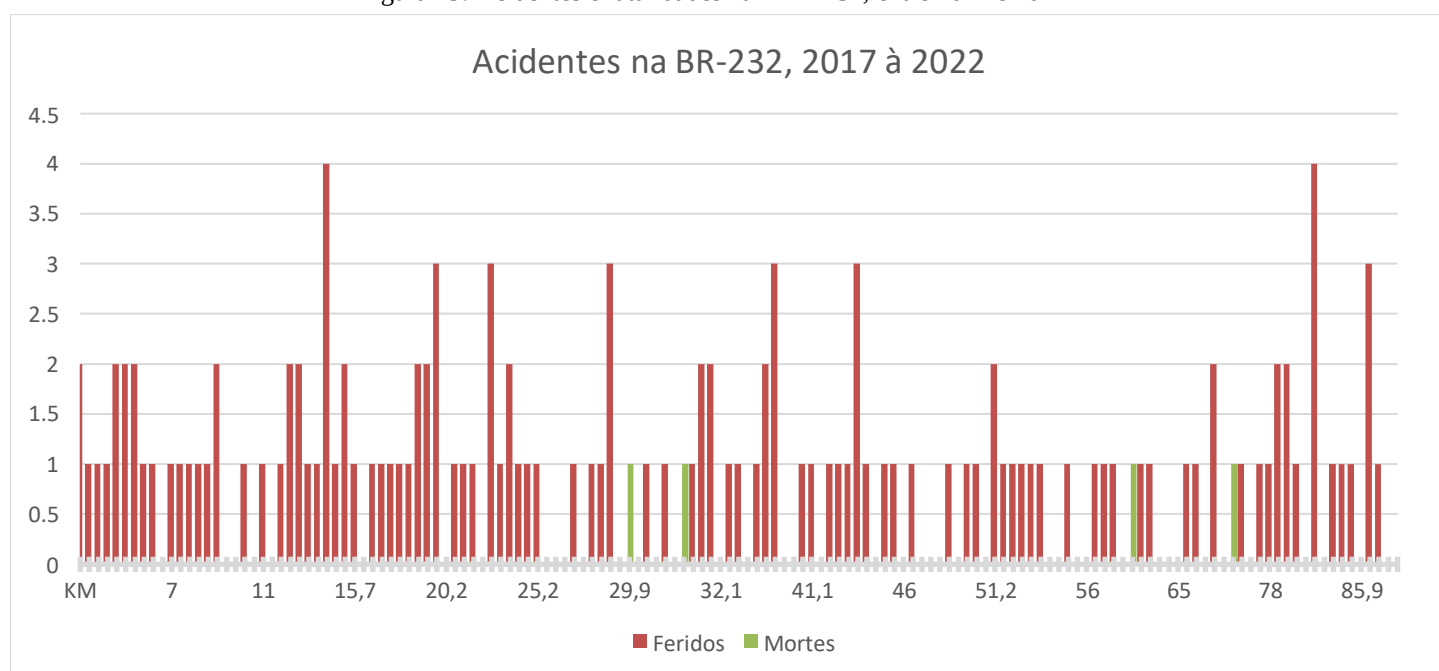


Fonte: Vias Seguras, 2005

Dentre as causas das fatalidades verificadas, uma parcela não insignificante dessas é decorrente do deslocamento de terra, o qual pode gerar acidentes de forma direta, pelo encobrimento de veículos, pedestres, animais, barracas temporárias a beira da estrada, etc., e indireta, danificando as vias de rodagem de forma súbita, obstruindo a via com materiais pedregosos ou finos, reduzindo a aderência na mesma.

Outro parâmetro de verificação são os dados coletados pelo DNIT dentro do intervalo de 2017 à 2022, fornecidos pela Polícia Rodoviária Federal no mesmo intervalo, mostrando a distribuição de acidentes e fatalidades dentro destes 89 quilômetros da BR – 232. Esses dados levam em consideração condições mais atuais do trecho, visto que englobam o trajeto já duplicado e restaurado em diversas partes, o que explica a drástica redução no número de acidentes e fatalidades, sendo esses 145 e 4, respectivamente, como mostrado no gráfico da Figura 25.

Figura 25: Acidentes e fatalidades na BR – 232, entre 2017 e 2022



Fonte: Autor

Para se resolver esses problemas, intervenções diretas na área afetada são imprescindíveis, já que a não correção da fragilidade de taludes em áreas que já sofreram com escorregamentos só abre espaço para mais problemas futuros. Contudo, devido à dificuldade de acesso a essas áreas e, muitas vezes, a falta de meios rápidos de verificação da salubridade do terreno inviabilizam intervenções que, mesmo que simples, poderiam aumentar a segurança do trecho, algo especialmente desejado em áreas mais acidentadas, como é o caso para o trecho da BR-232 abordado.

3.2 Abordagens

Segundo o DNIT, a avaliação para priorizar um trecho rodoviário para recuperações e expansões cabe a Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos – CGPLAN, por meio do conjunto de estudos desenvolvidos a fim de avaliar os benefícios diretos e indiretos decorrentes dos investimentos em implantações de novas infraestruturas de transportes ou melhoramentos das já existentes, conjunto esse designado como Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA, o qual tende a ser implementado por meio de 5 etapas, sendo essas:

- 1ª Fase - Estudos preliminares onde serão coletados, tratados e armazenados dados disponíveis no DNIT e em fontes externas especializadas, complementados por informações coletadas na região dos segmentos a serem estudados, quando indisponíveis no DNIT e nas fontes externas;
- 2ª Fase – De posse dos dados, estudar os mesmos, diagnosticar os problemas e propor as alternativas de solução, descrevendo os possíveis impactos sociais, ambientais e de tráfego para cada uma delas;
- 3ª Fase – Nesta fase é feita a coleta “in loco” dos dados que não foram obtidos na Primeira Fase e foram considerados imprescindíveis para o prosseguimento dos estudos. Entre esses dados podem estar dados de tráfego, do pavimento, do leito estradal, ambientais ou socioeconômicos;
- 4ª Fase – De posse de todos os dados, são realizados os estudos necessários para poderem determinar as obras de adequação e/ou construção necessárias e estimar os possíveis custos do empreendimento, incluindo custos dos estudos de viabilidade e ambientais, do projeto de engenharia, das obras, das desapropriações, das manutenções, da supervisão da obra e dos programas de atendimento às condicionantes ambientais. Os mesmos poderão no que couber, ser estimados com base nos custos médios gerenciais do DNIT ou em valores parametrizados, gerando um Relatório Preliminar de Custos;

- 5ª Fase – Consolidação de todos os dados e resultados dos estudos realizados nas etapas anteriores e elaboração da análise econômica, quantificando os benefícios de cada alternativa e demonstrar os respectivos indicadores econômicos (TIR, VPL e B/C) para as alternativas propostas pelos estudos.

Dentre as fases, a avaliação prévia da área afetada é de fundamental importância para se decidir quais medidas corretivas poderiam ser abordadas para aquele trecho rodoviário, fazendo das fases 1 e 2 do EVTEA os pontos de interesse para se desenvolver uma ficha de verificação e acompanhamento de fenômenos prévios

3.2.1 Ficha de avaliação de taludes rodoviários

Com base nos dados apresentados, pode-se definir os parâmetros que, para um profissional, seriam mais úteis em uma ficha de verificação prévia da estabilidade de taludes. Essa ficha de avaliação abordou quatro pontos que se mostram presentes de forma consistente em todas as áreas analisadas ao longo do trecho, pontos esses baseados em diversas obras de geotecnia e estradas, visto que abordam definições extremamente recorrentes a ambas as áreas, sendo eles:

- Solo: diz respeito as características do solo em si, como sua coloração; tipo de solo que aparenta ser (baseado no mapa geológico do trecho); possíveis segmentações entre diferentes tipos de solo; condição visual do solo e a dimensão aparente de suas partículas;
- Talude: trata-se do maciço que circunda a rodovia, seja ele natural, de corte ou aterro (na maioria dos casos se trata de taludes naturais). Os taludes podem ser avaliados previamente com relação a integridade de sua estrutura; presença e tipo de vegetação encontrada nele; cicatrizes de movimento ou falhas no maciço; sinais de reparos prévios e intervenções humanas danosas;
- Estrada: diz respeito a condição da estrada no trecho com talude danificado, podendo conter sinais de deslizamentos recentes as de pequeno volume, sendo analisada sua manutenção; presença de fazendas e propriedades rurais próximas da área do talude e da rodovia; capacidade drenante do trecho e proteções ou

sinalizações sobre os riscos do talude ao pavimento, como deslizamentos ou tombamentos;

Com base nesses pontos, foi feito um sistema de pontuação com base nos critérios de Soares e Pereira (2017), o que facilita a tomada de decisão para cada caso e reduz a chance de erros que viriam pela falta de conhecimentos específicos do responsável. O sistema de classificação paramétrica utilizado, assim, auxilia em classificar o nível de risco ao deslizamento dos pontos de interesse na rodovia usando combinações matemáticas, que podem ser expressas como: alto, médio, pequeno e estável. Com isso, utilizando dos critérios para atribuição de pesos de Silva apud Campos (2018), pode-se elaborar a distribuição dos pontos anteriores segundo o modelo da Tabela 3.

Tabela 3: Ficha de avaliação para segurança de taludes

ATIVIDADE GEOLÓGICA RODOVIÁRIA - ESTABILIDADE DE TALUDES			
LOCALIZAÇÃO: Km ____/____ DA BR - 232, PONTO 01/____		DATA: ____/____/____	
ORGÃO: _____		TÉCNICO: _____	
Solo			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Coloração do Solo		amarelo e branco	1
		vermelho	1
		marrom e preto	2
Presença de Água		com acúmulo	2
		sem acúmulo	1
Camadas do Solo		homogêneo	1
		heterogêneo	2
Tipo de Material		Fino	2
		Rchoso	1
Talude			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Vegetação		ausente	2
		rasteira	-1
		arbórea	1
Cortes ou Arranjos		ausentes	1
		presentes	2
Escorregamentos Recentes		ausentes	1
		presentes	2
Estruturas Humanas		ausentes	1
		presentes	2
Rodovia			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Sinais de Trânsito		pessoas	2
		animais	1
		nenhum	-1
drenos e sarjetas		obstruídos	2
		limpos	1
Sinalização de deslizamentos		ausente	2
		presente	1
Danos no Pavimento		ausente	1
		presente	2
Intervenções			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Obras de Recuperação		danificadas	-1
		inteiras	-2
Facilidade de acesso		baixa	-1
		alta	-2
Proximidade a Cidades		baixa	-1
		alta	-3
Condição Geral			
Risco à Escorregamento			
Alto: 21 à 15 pontos	Médio: 14 à 12 pontos	Pequeno: 11 à 8 pontos	Estável: 7 à 1 pontos

Fonte: Autor

Cada um dos pontos listados tem por função atender a um tipo diferente de problema que pode ser encontrado em um talude rodoviário, bem como as formas de se responder a tais problemas, buscando evitar o máximo de dano material e de vidas possíveis. Por meio deste ficha de avaliação foi possível analisar alguns dos pontos mais críticos ao longo da BR-232, com sentido Recife/Gravatá, respondendo aos pontos apresentados e apresentando possíveis abordagens de acordo com cada localidade.

Estes pontos foram selecionados ao longo dos primeiros 89 quilômetros da rodovia, marcando seções distintas ao longo da mesma, procurando apresentar o máximo de representatividade dos perfis de solos encontrados por esta parte do estado de Pernambuco, porém com foco ligeiramente maior nas áreas com níveis de fatalidades mais altos segundo o levantamento histórico.

3.2.2 Análise de trechos da BR-232

I. Trecho do Km 75/74

Figura 26: Talude de regossolo



Fonte: Google Earth, Autor

Tabela 4: Ficha de avaliação Km 75/74

ATIVIDADE GEOLÓGICA RODOVIÁRIA - ESTABILIDADE DE TALUDES			
LOCALIZAÇÃO: Km <u>75/74</u> DA BR - 232, PONTO <u>01/07</u>		DATA: <u>05/05/2023</u>	
ORGÃO: _____		TÉCNICO: _____	
Solo			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Coloração do Solo		amarelo e branco	1
		vermelho	1
	✓	marrom e preto	2
Presença de Água	✓	com acúmulo	2
		sem acúmulo	1
Camadas do Solo	✓	homogêneo	1
		heterogêneo	2
Tipo de Material	✓	Fino	2
		Rochoso	1
Talude			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Vegetação	✓	ausente	2
		rasteira	-1
		arbórea	1
Cortes ou Arranjos		ausente	1
	✓	presentes	2
Escorregamentos Recentes	✓	ausente	1
		presentes	2
Estruturas Humanas	✓	ausente	1
		presentes	2
Rodovia			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Sinais de Trânsito		peleiros	2
		animais	1
	✓	nenhum	-1
Drenos e Sarjetas	✓	obstruídos	2
		limpos	1
Sinalização de Deslizamentos	✓	ausente	2
		presente	1
Danos no Pavimento	✓	ausente	1
		presente	2
Intervenções			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Obras de Recuperação	✓	danificadas	-1
		inteiras	-2
Facilidade de acesso	✓	baixa	-1
		alta	-2
Proximidade a Cidades		baixa	-1
	✓	alta	-3
Condição Geral			12
Risco à Escorregamento			
Alto: 21 à 15 pontos	Médio: 14 à 12 pontos	Pequeno: 11 à 8 pontos	Estável: 7 à 1 pontos

Fonte: Autor

Conclusão: de acordo com as informações apresentados pela foto e sua interpretação nos pontos da **ficha de verificação**, é possível assumir que o ponto em questão não apresenta imediato risco aos usuários da rodovia, sejam eles motoristas, agricultores ou pedestres, **mas requer uma intervenção**.

II. Trecho do Km 70/69

Figura 27: Talude rochoso na saída do túnel



Fonte: Google Earth, Autor

Tabela 5: Ficha de avaliação Km 70/69

ATIVIDADE GEOLÓGICA RODOVIÁRIA - ESTABILIDADE DE TALUDES			
LOCALIZAÇÃO: Km <u>70/69</u> DA BR - 232, PONTO <u>02/07</u>		DATA: <u>05/05/2023</u>	
ORGÃO: _____		TÉCNICO: _____	
Solo			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Coloração do Solo		amarelo e branco	1
		vermelho	1
	✓	marrom e preto	2
Presença de Água		com acúmulo	2
	✓	sem acúmulo	1
Camadas do Solo		homogêneo	1
	✓	heterogêneo	2
Tipo de Material		Fino	2
	✓	Rochoso	1
Talude			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Vegetação		ausente	2
		rasteira	-1
	✓	arbórea	1
Cortes ou Arranhos		ausente	1
	✓	presentes	2
Escorregamentos Recentes	✓	ausente	1
		presentes	2
Estruturas Humanas	✓	ausente	1
		presentes	2
Rodovia			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Sinais de Trânsito		peleiros	2
		animais	1
	✓	nenhum	-1
Drenos e Sarjetas	✓	obstruídos	2
		limpos	1
Sinalização de Deslizamentos	✓	ausente	2
		presente	1
Danos no Pavimento	✓	ausente	1
		presente	2
Intervenções			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Obras de Recuperação	✓	danificadas	-1
		inteiras	-2
Facilidade de acesso	✓	baixa	-1
		alta	-2
Proximidade a Cidades	✓	baixa	-1
		alta	-3
Condição Geral			12
Risco à Escorregamento			
Alto: 21 à 15 pontos	Médio: 14 à 12 pontos	Pequeno: 11 à 8 pontos	Estável: 7 à 1 pontos

Fonte: Autor

Conclusão: a implantação de telas ou muros de proteção contra possíveis desmoronamentos e escorregamentos futuros é pertinente devido a seu relativo baixo custo de implantação e manutenção. Visto que se encontra próximo à zona rural, a elevada chance de fatalidades ao passar dos anos mostra-se como grande incentivo para este tipo de solução.

III. Trecho do Km 61/60

Figura 28: Talude rochoso com vegetação



Fonte: Google Earth, Autor

Tabela 6: Ficha de avaliação Km 61/60

ATIVIDADE GEOLÓGICA RODOVIÁRIA - ESTABILIDADE DE TALUDES			
LOCALIZAÇÃO: Km <u>61/60</u> DA BR - 232, PONTO <u>03/07</u>		DATA: <u>05/05/2023</u>	
ORGÃO: _____		TÉCNICO: _____	
Solo			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Coloração do Solo		amarelo e branco	1
		vermelho	1
	✓	marrom e preto	2
Presença de Água		com acúmulo	2
	✓	sem acúmulo	1
Camadas do Solo		homogêneo	1
	✓	heterogêneo	2
Tipo de Material		Fino	2
	✓	Rochoso	1
Talude			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Vegetação		ausente	2
		rasteira	-1
	✓	arbórea	1
Cortes ou Arranjos		ausente	1
	✓	presentes	2
Escorregamentos Recentes		ausente	1
	✓	presentes	2
Estruturas Humanas	✓	ausente	1
		presentes	2
Rodovia			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Sinais de Trânsito		peçoas	2
	✓	animais	1
		nenhum	-1
Drenos e Sarjetas	✓	obstruídos	2
		limpos	1
Sinalização de Deslizamentos	✓	ausente	2
		presente	1
Danos no Pavimento	✓	ausente	1
		presente	2
Intervenções			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Obras de Recuperação	✓	danificadas	-1
		inteiras	-2
Facilidade de acesso	✓	baixa	-1
		alta	-2
Proximidade a Cidades	✓	baixa	-1
		alta	-3
Condição Geral			15
Risco à Escorregamento			
Alto: 21 à 15 pontos	Médio: 14 à 12 pontos	Pequeno: 11 à 8 pontos	Estável: 7 à 1 pontos

Conclusão: devido à situação do solo encontrado na figura, pode-se assumir que ele apresenta elevado risco de um deslocamento de rochas, o que coloca o mesmo em situação prioritária a uma intervenção, que poderia ser feita com a colocação de telas de proteção para conter pedregulhos.

IV. Trecho do Km 56/55, município de Pombos

Figura 29: Talude de solo podzólico



Fonte: Google Earth, Autor

Tabela 7: Ficha de avaliação Km 56/55, próximo a Pombos

ATIVIDADE GEOLÓGICA RODOVIÁRIA - ESTABILIDADE DE TALUDES			
LOCALIZAÇÃO: Km 56/55 DA BR - 232, PONTO 04/07		DATA: 05/05/2023	
ORGÃO: _____		TÉCNICO: _____	
Solo			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Coloração do Solo	✓	amarelo e branco	1
		vermelho	1
		marrom e preto	2
Presença de Água		com acúmulo	2
	✓	sem acúmulo	1
Camadas do Solo	✓	homogêneo	1
		heterogêneo	2
Tipo de Material		Fino	2
	✓	Rochoso	1
Talude			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Vegetação		ausente	2
		rasteira	-1
	✓	arbórea	1
Cortes ou Arranjos	✓	ausente	1
		presentes	2
Escorregamentos Recentes	✓	ausente	1
		presentes	2
Estruturas Humanas		ausente	1
	✓	presentes	2
Rodovia			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Sinais de Trânsito		peessoas	2
		animais	1
	✓	nenhum	-1
Drenos e Sarjetas		obstruidos	2
	✓	limpos	1
Sinalização de Deslizamentos		ausente	2
	✓	presente	1
Danos no Pavimento	✓	ausente	1
		presente	2
Intervenções			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Obras de Recuperação		danificadas	-1
	✓	ínteiras	-2
Facilidade de acesso		baixa	-1
	✓	alta	-2
Proximidade a Cidades		baixa	-1
	✓	alta	-3
Condição Geral			4
Risco à Escorregamento			
Alto: 21 à 15 pontos	Médio: 14 à 12 pontos	Pequeno: 11 à 8 pontos	Estável: 7 à 1 pontos

Fonte: Autor

Conclusão: a condição do talude apresentado é estável, com nítida intervenção humana, mostrando presença de vegetação que, mesmo adicionando peso a estrutura, não aparenta depreciar o talude de gravidade construído no trecho.

V. Trecho do Km 50/49

Figura 30: Talude de Latossolo Vermelho



Fonte: Google Earth, Autor

Tabela 8: Ficha de avaliação Km 50/49

ATIVIDADE GEOLÓGICA RODOVIÁRIA - ESTABILIDADE DE TALUDES			
LOCALIZAÇÃO: Km <u>50/49</u> DA BR - 232, PONTO <u>05/07</u>		DATA: <u>05/05/2023</u>	
ORGÃO: _____		TÉCNICO: _____	
Solo			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Coloração do Solo		amarelo e branco	1
	✓	vermelho	1
		marrom e preto	2
Presença de Água	✓	com acúmulo	2
		sem acúmulo	1
Camadas do Solo		homogêneo	1
	✓	heterogêneo	2
Tipo de Material	✓	Fino	2
		Rochoso	1
Talude			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Vegetação	✓	ausente	2
		rasteira	-1
		arbórea	1
Cortes ou Arranjos		ausente	1
	✓	presentes	2
Escorregamentos Recentes		ausente	1
	✓	presentes	2
Estruturas Humanas	✓	ausente	1
		presentes	2
Rodovia			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Sinais de Trânsito	✓	peleiros	2
		animais	1
		nenhum	-1
Drenos e Sarjetas	✓	obstruídos	2
		limpos	1
Sinalização de Deslizamentos	✓	ausente	2
		presente	1
Danos no Pavimento	✓	ausente	1
		presente	2
Intervenções			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Obras de Recuperação	✓	danificadas	-1
		inteiras	-2
Facilidade de acesso	✓	baixa	-1
		alta	-2
Proximidade a Cidades	✓	baixa	-1
		alta	-3
Condição Geral			18
Risco à Escorregamento			
Alto: 21 à 15 pontos	Médio: 14 à 12 pontos	Pequeno: 11 à 8 pontos	Estável: 7 à 1 pontos

Conclusão: com o nítido escorregamento recente do talude, uma intervenção é necessária, especialmente visto que a coloração vermelha indica que o material argiloso, quando escorregar novamente, pode levar um excesso de material e danificar a passagem acima dele.

VI. Trecho do Km 48/47

Figura 31: Talude de Latossolo Amarelo



Fonte: Google Earth, Autor

Tabela 9: Ficha de avaliação Km 48/47

ATIVIDADE GEOLÓGICA RODOVIÁRIA - ESTABILIDADE DE TALUDES			
LOCALIZAÇÃO: Km <u>48/47</u> DA BR - 232, PONTO <u>06/07</u>		DATA: <u>05/05/2023</u>	
ORGÃO: _____		TÉCNICO: _____	
Solo			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Coloração do Solo		amarelo e branco	1
		vermelho	1
	✓	marrom e preto	2
Presença de Água	✓	com acúmulo	2
		sem acúmulo	1
Camadas do Solo	✓	homogêneo	1
		heterogêneo	2
Tipo de Material	✓	Fino	2
		Rochoso	1
Talude			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Vegetação	✓	ausente	2
		rasteira	-1
		arbórea	1
Cortes ou Arranhos		ausente	1
	✓	presentes	2
Escorregamentos Recentes		ausente	1
	✓	presentes	2
Estruturas Humanas	✓	ausente	1
		presentes	2
Rodovia			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Sinais de Trânsito	✓	peçoas	2
		animais	1
		nenhum	-1
Drenos e Sarjetas	✓	obstruídos	2
		limpos	1
Sinalização de Deslizamentos	✓	ausente	2
		presente	1
Danos no Pavimento		ausente	1
	✓	presente	2
Intervenções			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Obras de Recuperação	✓	danificadas	-1
		inteiras	-2
Facilidade de acesso	✓	baixa	-1
		alta	-2
Proximidade a Cidades	✓	baixa	-1
		alta	-3
Condição Geral			19
Risco à Escorregamento			
Alto: 21 à 15 pontos	Médio: 14 à 12 pontos	Pequeno: 11 à 8 pontos	Estável: 7 à 1 pontos

Conclusão: Através dos dados presentes nos mapas de solos do estado e do Brasil como um todo, pode-se perceber a presença de distintos grupos de latossolos na região de Pernambuco, em especial os latossolos marrons, possuindo uma concentração alta de areias e siltes, favorecendo o escorregamento e possuindo menor estabilidade do maciço natural. A introdução de uma manta geotextil poderia ser feita até que uma solução mais permanente pudesse ser atingida.

VII. Trecho do Km 15/14

Figura 32: Talude de Latossolo Vermelho



Fonte: Google Earth, Autor

Tabela 10: Ficha de avaliação Km 15/14

ATIVIDADE GEOLÓGICA RODOVIÁRIA - ESTABILIDADE DE TALUDES			
LOCALIZAÇÃO: Km <u>15/14</u> DA BR - 232, PONTO <u>07/07</u>		DATA: <u>05/05/2023</u>	
ORGÃO: _____		TÉCNICO: _____	
Solo			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Coloração do Solo		amarelo e branco	1
	✓	vermelho	1
		marrom e preto	2
Presença de Água		com acúmulo	2
	✓	sem acúmulo	1
Camadas do Solo	✓	homogêneo	1
		heterogêneo	2
Tipo de Material	✓	Fino	2
		Rochoso	1
Talude			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Vegetação	✓	ausente	2
		rasteira	-1
		arbórea	1
Cortes ou Arranjos		ausente	1
	✓	presentes	2
Escorregamentos Recentes		ausente	1
	✓	presentes	2
Estruturas Humanas		ausente	1
	✓	presentes	2
Rodovia			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Sinais de Trânsito		peleiros	2
	✓	animais	1
		nenhum	-1
Drenos e Sarjetas	✓	obstruídos	2
		limpos	1
Sinalização de Deslizamentos	✓	ausente	2
		presente	1
Danos no Pavimento	✓	ausente	1
		presente	2
Intervenções			
Parâmetro	Situação em Loco	Condição	Peso
Obras de Recuperação	✓	danificadas	-1
		inteiras	-2
Facilidade de acesso	✓	baixa	-1
		alta	-2
Proximidade a Cidades	✓	baixa	-1
		alta	-3
Condição Geral			15
Risco à Escorregamento			
Alto: 21 à 15 pontos	Médio: 14 à 12 pontos	Pequeno: 11 à 8 pontos	Estável: 7 à 1 pontos

Conclusão: a falta de cobertura vegetal ou sintética na face do talude que, devido a sua elevada altura, ameaça deslocar uma grande quantidade de solo, o que inviabilizaria um trecho muito movimentado da BR. Outro ponto preocupante é a presença de cicatrizes nítidas na face do talude, indicando os caminhos de passagem de água e fragilidade, tendo uma abordagem inicial como a implantação de mantas geotéxteis que retardariam o processo erosivo, sendo importante relatar os órgãos responsáveis o mais rápido possível.

4 CONCLUSÃO

Com o levantamento dos perfis de solos do estado de Pernambuco, bem como os dados do IPT e EMBRAPA, foi possível classificar e apresentar as características dos solos vizinhos ao trecho da Rodovia Federal BR-232, que durante muitos anos apresentou mortes desnecessárias por deslizamentos e movimentos de solo, dados esses que serviram para a construção da ficha de avaliação apresentada. Pode-se averiguar também que esta ficha apresentou boa correlação entre a análise prévia do trecho e as possíveis abordagens que podem ser tomadas para tratar de problemas que acometem esses maciços de solo.

Vale lembrar que essas medidas servem para auxiliar na tomada de decisões de carácter prévio e podem, muito facilmente, ser provisórias, visto que não possuem dados sólidos o bastante para tomada de decisões finais acerca da problemática de acidentes na rodovia federal, já que não se embasam em ensaios e amostras de solos para medir a real integridade desses taludes. Um exemplo disto seria com relação as intervenções humanas, como a presença ou não de escalonamentos, que não foi cobrada na ficha pela não identificação da mesma ao longo do trecho, mas que não deixa de ser uma intervenção possível para os taludes mais altos.

Contudo, o método de numeração para ditar quão provável um determinado talude é de ruir mostrou-se fácil de acompanhar e implementar em qualquer ponto, permitindo que essa informação possa ser usada em outras localidades com menor visibilidade, como estradas de terra mais simples, que não possuem cuidados devidos.

Por fim, com os exemplos dados, foi atingido a intenção de medir a segurança da BR – 232 em trechos mais fragilizados, e se espera que o material criado com base na metodologia para mapeamento de risco geotécnico de Soares e Pereira possa ser empregada para conscientização de comunidades que vivem próximas a esses pontos em rodovias ao redor do país e para gestores, privados e públicos, a fim de reduzir o impacto que os movimentos de taludes possam causar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, P. L. A., Análise e Dimensionamento de Muros de Arrimo de Gabiões, GCP Engenharia, Projetos e Consultoria S/C Ltda., São Paulo, 1992.

BENJAMIM, C. V. dos S. Avaliação experimental de protótipos de estruturas de contenção em solo reforçado com geotêxtil. 2006. 326 p. Tese (Escola de Engenharia de São Carlos) — UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.

BRASIL, ANTT. MANUAL DE FISCALIZAÇÃO DE RODOVIAS FEDERAIS CONCEDIDAS. Manual de Procedimentos, Brasília, p. 1 – 106, 2016.

CGPLAN. Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/horizontes-diagnosticos>. Acesso em: 07 mai 2023.

EMBRAPA. Horizontes Diagnósticos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/horizontes-diagnosticos>. Acesso em: 07 mai 2023.

EMBRAPA, Sistema Brasileiro De Classificação De Solos, 5ª Edição, Brasília, 2018

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológicogeomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia e meio ambiente. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 123-194.

GERSCOVICH, DENISE M. S., Estabilidade de Taludes, 2ª Edição

GOMES, I. A. Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental. 1985. 210 p. Tese (AGRONOMIA) — UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, VIÇOSA.

Vertematti, JOSÉ CARLOS, Manual Brasileiro de Geossintéticos, 2ª Edição, 2017

HAMID, M. A. et al. Role of vegetation in slope stabilization. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, v. 13

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (Org.). Manual de Ocupação de Encostas. São Paulo: Publicação IPT, 1991.

LATOSSOLOS DO BRASIL: UMA REVISÃO. GEONOMOS, VIÇOSA, v. 5, n. 1, JULHO 1997.

MARCANTE, G. P. CONTENÇÃO DE TALUDES RODOVIÁRIOS EM SITUAÇÕES EMERGENCIAIS ESTUDO DE CASO BR-282/SC. 2017. 124 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) — UNISUL.

MARCELINO, E. V. Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos. 2008. Caderno Didático nº 1. INPE/CRS, Santa Maria, 2008.

MARANGON, M. Previsão do Comportamento de Fundações. Geotecnia de Fundações. Universidade Federal de Juíz de Fora, UFJF. 2009.

MATTOS, K. C. A. Processos de Instabilização em taludes rodoviários em solos residuais arenosos: Estudo na rodovia Castelo Branco (SP 280), Km 305 a 313. 2009. 126 p. Monografia (ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS) — UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.

PASSARINHO, C. E. F. PROTEÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES E ÁREAS MARGINAIS COM COBERTURA VEGETAL: estudo de caso no Município de Belém-PA. 2014. 40 p. Monografia (Curso de Especialização Lato Sensu) — UFPA.

QUEENSLAND GOVERNMENT. Soil management. Disponível em: <https://www.qld.gov.au/environment/land/management/soil>. Acesso em: 14 mai 2023.

SILVA, F. F. D. MÉTODOS DE ELICITAÇÃO DE PESOS PARA MODELOS DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO. 2018. 82 p. Dissertação (ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) — UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES, Florianópolis.

SOARES, F. L.; PEREIRA, N. N. T. Proposta de Metodologia para Mapeamento de Risco Geológico- Geotécnico de Escorregamentos em João Pessoa -PB. In: ANAIS, 2017, Florianópolis. XII Conferencia Brasileira sobre Estabilidade de Encostas. Florianópolis, 2017. p. 1 – 8.