

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

LUANNA PEDROSO MENDONÇA

**ESCORREGAMENTOS DE ENCOSTAS: O CASO DO BAIRRO NOVE
DE ABRIL, BARRA MANSA-RJ**

**VOLTA REDONDA
2019**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ESCORREGAMENTOS DE ENCOSTAS: O CASO DO BAIRRO NOVE
DE ABRIL, BARRA MANSA-RJ**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do UniFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aluna:

Luanna Pedroso Mendonça

Orientador:

Prof. M.Sc. Francisco Roberto Silva de Abreu

Coorientador:

Prof. M.Sc. José Marcos Rodrigues Filho

VOLTA REDONDA

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **ESCORREGAMENTOS DE ENCOSTAS: O CASO DO BAIRRO NOVE DE ABRIL, BARRA MANSA-RJ**

Elaborado por **Luanna Pedroso Mendonça**- Matrícula: 201510430, foi apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia Civil.

Aprovado em 30 de Outubro de 2019


Banca Avaliadora:

Assinatura dos membros da Banca Examinadora:



.....
Professor Orientador

Prof.º Me. Francisco Roberto Silva de Abreu, UniFOA



.....
Professor Avaliador

Prof.º Esp. Marcelo Estevão dos Santos, UniFOA



.....
Professor Avaliador

Prof.º Dr. Francisco Jácome Gurgel Junior, UniFOA

A minha mãe Raquel e minha avó Geny, pelo apoio durante esta caminhada vitoriosa, sendo grandes incentivadoras deste sonho. Aos meus queridos professores M.Sc. Francisco Abreu e M.Sc. José Marcos Rodrigues pela orientação e seus ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, que iluminou meu caminho e me guiou para chegar até aqui, concedendo-me saúde, força e disposição para superar todos os obstáculos.

Agradeço a minha mãe Raquel e minha avó Geny (em memória), que, com muito amor, carinho e amparo não mediram esforços para me criar e chegar a esta importante etapa de minha vida, me encorajando nos momentos difíceis de minha caminhada pessoal e profissional.

A todos os meus familiares, em especial meu primo Carlos e minha tia Riva, que contribuíram para que eu pudesse concluir esta etapa.

Aos meus professores e orientadores Francisco Roberto Silva de Abreu e José Marcos Rodrigues Filho pelo empenho, dedicação e confiança. Serei eternamente grata por compartilharem sabedoria, tempo e experiência comigo.

A todos os mestres do curso, que compartilharam seus conhecimentos em sala de aula e me acompanharam durante esta jornada.

Aos meus amigos e colegas de classe em especial Dionatan, Luana Pereira, Marcelle, Sarah e Yuri, que sempre estiveram dispostos a me ajudar, contribuindo de forma direta para a realização deste sonho. Estes cinco anos de convivência serão lembrados eternamente.

A Defesa Civil de Barra Mansa, por toda dedicação, suporte e ajuda na coleta de dados e esclarecimento de dúvidas.

Aos meus amigos Fernanda, Isabeli, Jonathan, Natália e Rebeca pelo apoio, paciência e por sempre se disporem a me ajudar.

E a todos que de maneira direta ou indireta colaboraram para a realização deste.

RESUMO

Nos últimos anos, o planeta vem sofrendo abundantes transformações, devido aos seus próprios processos naturais tais como erosão, intemperismo e movimentos gravitacionais de massa. Estes processos podem ser potencializados pela ação do homem através de interações com o meio ambiente de forma incorreta e que podem gerar sérias consequências tendo como exemplo o bloqueio de vias de circulação, o soterramento de casas e até mesmo a ocorrência de vítimas. Além disso, acarretam inúmeros danos ao meio ambiente, por meio da alteração da paisagem urbana e tornando-a mais vulnerável a novos acontecimentos. Devido à grande relevância destes problemas, o trabalho proposto consiste em identificar os fatores que causaram o escorregamento de terra no bairro Nove de Abril em Barra Mansa – RJ entre os dias 19 a 25 de março de 1999. O trabalho aborda o caso de uma área ocupada de forma desordenada. Para a realização deste estudo, buscou-se informações junto a Defesa Civil de Barra Mansa que vem atuando de forma eficaz na monitoração e prevenção destes eventos através do mapeamento das áreas de risco existentes no município. As causas deste sinistro foram identificadas por profissionais da Defesa Civil de Barra Mansa através de informações coletadas, dados e laudos por intermédio de vistorias. Um dos principais fatores que levaram a área em questão a ser considerada de risco foi o terreno estar situado sob uma área de descarte de material provindo de cortes durante a construção da rodovia BR-393.

Palavras-chave: Escorregamento; encostas; áreas de risco; Defesa Civil.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Problema abordado	15
1.2 Justificativa	16
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo geral	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Metodologia	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Taludes e tipos de talude	19
2.1.1 Análise da estabilidade de taludes	20
2.2 Movimentos gravitacionais de massa	21
2.2.1 Classificação dos movimentos gravitacionais de massa	21
2.2.2 Rastejo	22
2.2.3 Escorregamentos	24
2.2.3.1 Escorregamentos rotacionais ou circulares	25
2.2.3.2 Escorregamentos planares ou translacionais	26
2.2.3.3 Escorregamentos em cunha.....	27
2.2.4 Corridas de massa	28
2.2.5 Quedas de bloco	29
2.3 Processos dos movimentos de massa	30
2.3.1 Aumento das tensões cisalhantes	31
2.3.2 Baixa resistência do solo	31
2.3.3 Resistência ao cisalhamento reduzida	32
2.4 Estágios dos movimentos de massa	32
2.5 Fatores condicionantes	34
2.5.1 Geologia	36
2.5.2 Geomorfologia	36
2.5.3 Vegetação	37

2.5.4 Pedologia	38
2.5.5 Ação antrópica	38
2.5.6 Erosão	40
2.6 Uso e ocupação do solo urbano	40
2.7 Análise de risco e perigo	42
3 ESTUDO DE CASO	46
3.1 Caracterização de Barra Mansa	46
3.1.1 Localização	47
3.1.2 Climatologia.....	48
3.1.3 Hidrografia.....	49
3.1.4 Relevo e topografia	49
3.2 Setorização do caso	50
3.3 Histórico do desastre.....	51
3.4 Relatório de danos	55
3.5 Danos causados.....	56
3.5.1 Danos na infraestrutura	56
3.5.2 Danos humanos	57
3.6 Vistorias.....	57
3.6.1 Análise e resultado das vistorias	58
3.7 Causas	60
3.7.1 Causas antrópicas.....	60
3.7.2 Causas naturais.....	60
3.8 Relatório de acompanhamento	61
3.9 Estrutura de contenção	62
3.9.1 Empuxos de terra	62
3.9.2 Influência da água	63
3.9.3 Sistemas de drenagem.....	64
3.9.4 Cortina atirantada	64
3.9.5 Tirantes	64
3.10 Mapa de risco.....	67
3.11 Considerações complementares	68

4 CONCLUSÃO.....	70
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXO 1 – Carta de autorização para uso de dados	76
ANEXO 2 – Relatório de danos dos imóveis destruídos	78
ANEXO 3 – Relatório de danos dos imóveis danificados	81
ANEXO 4 – Relatório de danos de imóvel danificado	83
ANEXO 5 – Relatório de danos de imóveis em condições de habitabilidade	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição por região dos desastres atendidos pela Defesa Civil Nacional.	16
Figura 2 - Composição de um talude.	19
Figura 3 - Ilustração de talude de corte e de aterro.....	20
Figura 4 - Exemplo de área afetada por rastejo, indicando as principais anomalias encontradas nestes locais.	24
Figura 5 - Esquema ilustrativo de escorregamento rotacional.....	25
Figura 6 - Esquema ilustrativo de escorregamento planar.	27
Figura 7 - Esquema ilustrativo de escorregamento em cunha.	28
Figura 8 - Esquema ilustrativo de corrida de massa.	29
Figura 9 - Esquema ilustrativo de queda.	30
Figura 10 - Diferentes estágios dos movimentos de taludes.	33
Figura 11 - Tipos de vertentes: (a) retilínea, (b) convexa, (c) côncava.	37
Figura 12 - Núcleo histórico da cidade de Barra Mansa.....	47
Figura 13 - Localização do município de Barra Mansa.	48
Figura 14 - Setorização do caso ocorrido no bairro Nove de Abril.	50
Figura 15 - Escorregamento do tipo Rotacional no bairro Nove de Abril.....	53
Figura 16 - Casas atingidas pela movimentação de massas de terra.	54
Figura 17 - Escombros das casas atingidas bloqueando a Rua B.	55
Figura 18 - Jornal da cidade no ano de 1999.	62
Figura 19 - (a) Empuxo ativo; (b) Empuxo passivo.	63
Figura 20 - Elementos de um tirante.	65
Figura 21 - Cortina atirantada executada como contenção no local.....	66

Figura 22 - Contenção na parte inferior do talude.	66
Figura 23 - Mapa de risco do Loteamento Primeiro de Maio.....	67
Figura 24 - Cortes do talude artificial à montanteda BR-393.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação de movimentos de massa.....	22
Quadro 2 – Agentes e Causas dos movimentos de massa.....	34
Quadro 3 – Fatores deflagradores dos movimentos de massa.....	35
Quadro 4 – Ações antrópicas e suas implicações.....	39
Quadro 5 – Termos relacionados a riscos geológicos.....	43
Quadro 6 – Critérios para determinação de grau de risco.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População em áreas de risco em 2010.	41
Tabela 2 – Variáveis climáticas da cidade de Barra Mansa.	48
Tabela 3 – Distribuição do relevo de Barra Mansa.....	49
Tabela 4 – Tabela com índice de danos humanos.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres

Naturais

COMDEC – Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil

DGDC – Departamento Geral de Defesa Civil

DNER – Departamento Nacional De Estradas E Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EMOP – Empresas de Obras Públicas do Rio de Janeiro

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

PMBM – Prefeitura Municipal de Barra Mansa

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Barra Mansa

TELERJ – Telecomunicações do Rio de Janeiro

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização no Brasil se deu por volta do século XX, quando houve a implantação das indústrias nas cidades, passando de uma sociedade rural e agrária para uma urbana e industrial. Por meio deste, o crescimento da população nas cidades foi se tornando desordenado, gerando uma série de problemas sociais e ambientais.

Diante deste contexto, a população que possuía um menor poder econômico, como principal alternativa habitacional, acaba por residir em locais de menor valorização econômica. Muitas das vezes, essas habitações são feitas em áreas irregulares sem infraestrutura e um bom planejamento urbano, sendo palco de inúmeros problemas. Estas áreas oferecem sérios riscos para os que ali habitam, devido ao grande índice de fenômenos naturais que ficam suscetíveis. Geralmente, são localizadas nas proximidades de rios ou encostas, ocasionando em inundações e movimentos gravitacionais de massa.

Deste modo, as áreas que possuem relevo acidentado tornam-se vulneráveis a este tipo de ocorrências. Os movimentos gravitacionais de massa são de origem natural, no entanto, podem ser potencializados por diversas ações antrópicas através do grande número de cortes em encostas, aterros, retirada da cobertura vegetal, alterações na drenagem e entre outras. Com isso, propicia novas relações com fatores naturais que ali existem, de ordem geológica e geomorfológica.

Com base no exposto, é possível compreender a importância do estudo das áreas de risco, visto que grande parte da população brasileira se habita nestas. Destaca-se que estas situações não são encontradas somente em grandes metrópoles como também em cidades pequenas.

Barra Mansa, a exemplo de muitas outras cidades brasileiras, com algumas características de suscetibilidade a movimentos de massa gravitacionais, vem apresentando casos de escorregamento de terra. Este presente trabalho, tendo como local de estudo o bairro Nove de Abril, procura compreender e identificar quais fatores foram condicionantes ao desencadeamento do escorregamento, analisando e apontando-os.

Cabe ressaltar nesta introdução que o termo “deslizamento” é utilizado de maneira geral no decorrer deste trabalho, referindo-se a escorregamento, um dos tipos de movimento de massa.

É importante enfatizar que, para a elaboração deste trabalho foi necessária a obtenção dos dados deste caso que foram cedidos pela Defesa Civil de Barra Mansa. Mediante este fato, foi submetido ao coordenador deste órgão, Sérgio Luís de Souza Mendes, uma carta de autorização para uso destes dados como consta no anexo 1.

1.1 Problema abordado

No decorrer dos últimos anos, os desastres naturais têm assumido proporções alarmantes no Brasil. Estes desastres ocasionam impactos negativos ao sistema socioeconômico, prejuízos materiais e até mesmo vítimas. De maneira geral, as cidades onde possuem boa parte de sua população centrada em áreas de risco, estes desastres acabam por se tornar de maior impacto.

Diversos autores consideram que o aumento na incidência destes desastres é consequência do intenso processo de urbanização que ocorreu no país, ocasionando o crescimento de moradias em áreas impróprias. Estas, quando encontradas próximas a encostas, favorece sua instabilização quando associadas a ações antrópicas nestes locais, tais como, retirada da cobertura vegetal, cortes e aterros irregulares, desmatamentos, lançamento de lixo e a construção de moradias executadas sem o devido planejamento e entre outras. (Fernandes et al, 2001; Carvalho e Galvão, 2006; Lopes, 2006; Tominaga, 2007).

A figura 1 retrata os índices de desastres naturais no Brasil e expõe os de maior incidência em cada região.



Figura 1 - Distribuição por região dos desastres atendidos pela Defesa Civil Nacional.
Fonte: Sedec (2007)

O estudo deste trabalho foi direcionado a cidade de Barra Mansa, localizada no estado do Rio de Janeiro. O sinistro ocorreu em março do ano de 1999 no bairro Nove de Abril, ocasionando a destruição de diversas casas, algumas parcialmente destruídas e outras que foram passíveis a serem atingidas.

Desta forma, questiona-se quais foram os fatores que, associados aos relatados acima, geraram a instabilização desta encosta.

1.2 Justificativa

Desenvolveu-se o projeto de estudo de caso em virtude da frequência que vêm ocorrendo estes eventos e as proporções que podem tomar. Através de estudos que abordem especificações locais, tais como propriedades geológicas e geomorfológicas é possível constatar os agentes que ajudam a deflagrar estes desastres. Por meio da investigação destes agentes, torna-se indispensável alcançar a prevenção de desastres através de obras de estabilização, projetos e recuperação de encostas ou outras soluções que a engenharia pode sugerir.

O presente trabalho abrange uma ampla área de estudos da Engenharia Civil, englobando campos de mecânica dos solos, geologia, geomorfologia e outros.

Através da coleta e identificação dos agentes causadores deste caso, é possível se de precaver novos acontecimentos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo geral identificar as causas que influenciaram o escorregamento da encosta urbana localizada no bairro Nove de Abril, na cidade de Barra Mansa-RJ em 1999 junto a Defesa Civil do município.

1.3.2 Objetivos específicos

Tendo em vista o objetivo principal, seguem os objetivos específicos pré-estabelecidos:

1. Analisar e caracterizar os aspectos geológicos e presentes no local;
2. Expor os laudos da Defesa Civil sobre a atual situação do caso;
3. Identificar e descrever as possíveis ações antrópicas que influenciaram neste escorregamento;
4. Averiguar se houveram novos escorregamentos neste mesmo local;

1.4 Metodologia

A caracterização do meio físico é um processo que está diretamente ligado ao meio ambiente, seja em pequena ou grande escala. Quando o estudo é voltado para

instabilidade de encostas, é fundamental basear-se em propriedades geológicas da região e analisar as características do maciço afetado e sua redondeza.

Todos os métodos e procedimentos presentes neste estudo têm como principal objetivo a identificação e descrição do evento de movimento de massa de encosta ocorrido na cidade de Barra Mansa. Para alcançar tal, foram realizadas as seguintes etapas:

- a) Revisão bibliográfica baseada em pesquisas documentais, noticiários de jornais, bibliografia especializada e normas vigentes.
- b) Visita a Defesa Civil do município para coleta de dados correspondentes a este caso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Taludes e tipos de talude

Os taludes ou as encostas naturais são definidos como superfícies inclinadas de maciços terrosos, rochosos ou mistos (solo e rocha), originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos, podendo apresentar modificações antrópicas, tais como cortes, desmatamentos, introdução de cargas, etc.

(Filho e Virgili, 1998, p. 243)

Os taludes naturais, encostas ou também vertentes são aqueles originados pela ação geológica e de intempéries, que são os ventos, as chuvas e o sol. Os taludes de origem artificial são aqueles provindos de interferências humanas.

A figura 2 ilustra determinadas características de um talude. O ponto inferior de um talude é conhecido como pé, enquanto sua parte mais elevada é chamada de crista ou também de coroamento. Através do corpo do maciço é possível analisar a constituição de um talude, sendo possível o conhecimento das proporções de silte, areia e argila.

Outra característica de um talude são as redes de percolação, por onde passa o fluxo de água presente neste maciço.

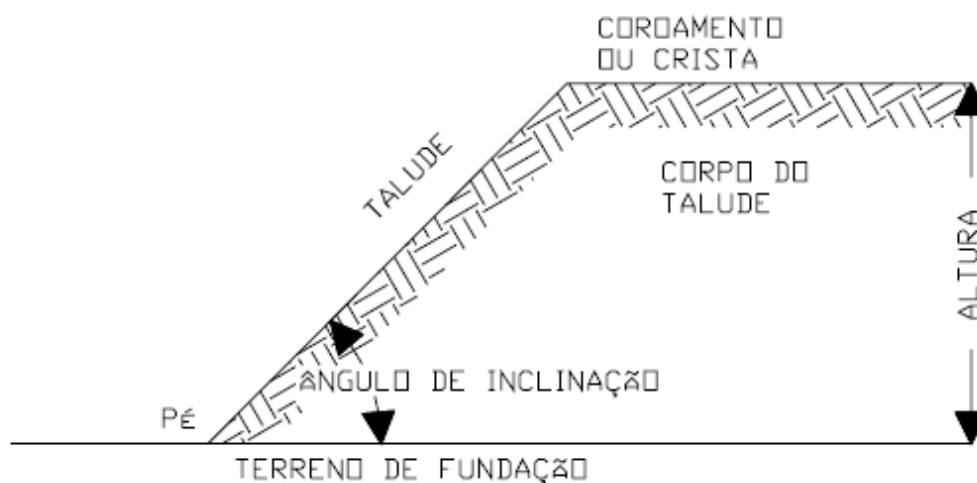


Figura 2 - Composição de um talude.
Fonte: Caputo (1988).

Em se tratando dos taludes artificiais, estes são divididos em dois subgrupos que são os taludes de aterro e os taludes de corte, como mostra a figura 3.



Figura 3 - Ilustração de talude de corte e de aterro.
Fonte: Ebanataw (2015).

Os taludes de corte são oriundos do corte e da retirada de material. Este material que foi retirado pode ser utilizado na construção do aterro caso seja de boa qualidade, tenha uma distância de transporte viável entre ambos e tenha um bom volume de material. Caso contrário, são destinados a locais legalizados para seu descarte, chamados de regiões de bota-fora.

Os taludes de aterro são aqueles formados pela deposição de material de boa qualidade, provenientes de material de corte ou de região de empréstimo.

2.1.1 Análise da estabilidade de taludes

De maneira geral, pode-se avaliar a condição de estabilidade de um talude por intermédio do cálculo do Fator de Segurança (FS), que deve ter valor igual ou superior a 1,5 para obter a segurança. Os valores utilizados neste cálculo são, geralmente, medianos, provenientes a adaptações de incertezas existentes e também variando de acordo com o tipo de solo. Contudo, é válido evidenciar que a probabilidade de que ocorra um escorregamento não é obrigatoriamente função do fator de segurança.

2.2 Movimentos gravitacionais de massa

Considerando a importância dos estudos dos tipos de movimentos de massa e o papel considerável que estes exercem nos processos naturais de dinâmica das encostas, procurou-se neste tópico abordar a tipologia referente aos mesmos além de reconhecer sua classificação, descrição e caracterizar os fatores condicionantes em sua ocorrência.

Guerra e Marçal (2006, p. 75-76) definem movimento de massa “como o transporte coletivo de material rochoso e/ou de solo, onde a ação da gravidade tem papel preponderante, podendo ser potencializado, ou não, pela ação da água”.

Estes movimentos variam de acordo com alguns fatores tais como a natureza do material, a topografia do terreno, o clima e a vegetação. Podem se apresentar de maneira lenta (rastejo) ou de repentina (escorregamento).

De acordo com Montgomery (1992), estes movimentos ocorrem quando os esforços de cisalhamento, dados pela ação da gravidade sob a declividade do terreno, superam os esforços resistentes, principalmente os de atrito interno entre as partículas do maciço.

2.2.1 Classificação dos movimentos gravitacionais de massa

A classificação dos movimentos de massa se dá de acordo com o tipo do material, a velocidade e o mecanismo do movimento, o modo de deformação, a geometria da massa movimentada e o conteúdo de água. (Fernandes e Amaral, 1996)

Diversos autores tem relacionado a classificação dos movimentos de massa. De acordo com Tominaga (2009), uma das mais utilizadas internacionalmente é a de Varnes (1978) sendo os principais movimentos: queda, rastejo, escorregamento e corrida.

No Brasil, a proposta mais empregue é a de Augusto Filho (1992), conforme mostra o quadro 1.

Quadro 1 – Classificação de movimentos de massa.

Processos	Características do Movimento/Material/Geometria
Rastejo	<ul style="list-style-type: none"> • Vários planos de deslocamento (internos) • Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade • Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes • Solo, depósito, rocha alterada/fraturada • Geometria indefinida
Escorregamento	<ul style="list-style-type: none"> • Poucos planos de deslocamento (externo) • Velocidades muito médias (m/h) a alta (m/s) • Pequenos a grandes volumes de material • Geometria e materiais variáveis <p>Planares: solos pouco espessos, solo e rochas com um plano de fraqueza</p> <p>Circulares: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas</p> <p>Em cunha: solos e rochas com dois planos de fraqueza</p>
Queda	<ul style="list-style-type: none"> • Sem planos de deslocamento • Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado • Velocidades muito altas (vários m/s) • Material rochoso • Pequenos a médios volumes • Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. • Rolamento de matacão • Tombamento
Corridas	<ul style="list-style-type: none"> • Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimento) • Movimento semelhante ao de um líquido viscoso • Desenvolvimento ao longo das drenagens • Velocidades médias a altas • Mobilização de solo, rocha, detritos e água • Grandes volumes de material • Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Fonte: Adaptado de Augusto Filho (1992).

2.2.2 Rastejo

O rastejo pode ser considerado como o deslocamento das camadas superficiais sob as camadas mais profundas, sendo caracterizado pela sua lentidão e continuidade.

Os rastejos são movimentos lentos e contínuos de material de encostas com limites, via de regra, indefinidos. Podem envolver grandes massas de solo, como, por exemplo, os taludes de uma região, sem que haja, na área interessada, diferenciação entre o material em movimento e o material estacionário. A movimentação é provocada pela ação da gravidade, intervindo, porém, os efeitos devidos às variações de temperatura e umidade. O fenômeno de expansão e de contração da massa de material, por variação térmica, se traduz em movimento, encosta abaixo, numa espessura proporcional à atingida pela variação de temperatura. Abaixo dessa profundidade, somente haverá rastejo por ação da gravidade. (Guidicine e Nieble, 1984, p. 18).

De acordo com Infanti Jr e Fornasari Filho (1998), quando ocorre este movimento é possível identificá-lo através de alguns indícios indiretos que são perceptíveis, tais como: inclinação de árvores, postes e cercas, rachaduras na superfície do solo e de pavimentos, além do “embarrigamento” de muros de arrimo.

Desta maneira, é perceptível que a principal característica deste movimento é a considerável lentidão na velocidade do deslocamento de massa. Sua velocidade pode ser medida em centímetros por ano ou até menos, sendo maior na superfície e em profundidade, chega a zero.

Contudo, solos ou rochas submetidas a este movimento, não necessariamente chegam a ruptura. Entretanto, em alguns casos, podem evoluir ao longo do tempo a movimentos de escorregamento. Na figura 4 é possível observar as anomalias que são encontradas em locais onde são afetados por este tipo de movimento.

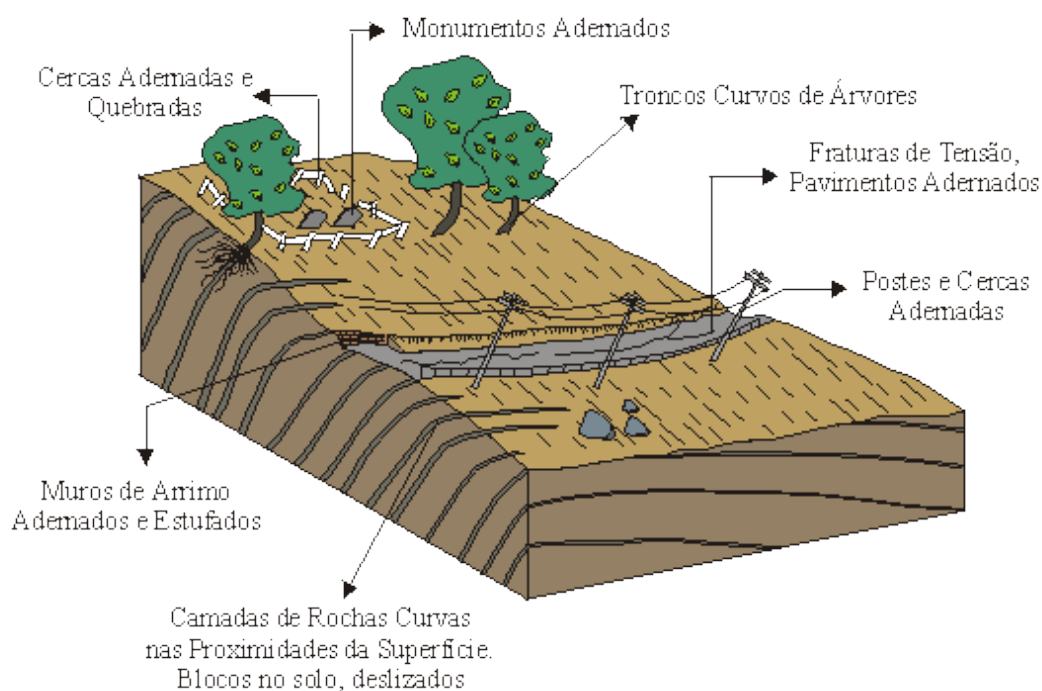


Figura 4 - Exemplo de área afetada por rastejo, indicando as principais anomalias encontradas nestes locais.

Fonte: Modificada de Bloom, 1988 apud. Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998; organizada por Fábio Reis.

2.2.3 Escorregamentos

Os escorregamentos podem ser considerados como movimentos rápidos e possui um volume definido, onde o centro de gravidade desloca-se devido ação da gravidade para baixo e fora do talude.

De acordo com Guidicini e Nieble (1984), um escorregamento ocorre, de maneira geral, quando os esforços cisalhantes, dados pela ação da gravidade, excedem aos esforços resistentes, dados pelo atrito interno entre as partículas. A velocidade que ocorre este movimento pode variar entre quase zero e chega a metros por segundo. Esta varia de acordo com alguns fatores tais como a causa que originou o movimento, a natureza do maciço, a inclinação do talude e entre outras. Via de regra, os movimentos mais abruptos ocorrem em maciços considerados homogêneos e nestes terrenos, a relação entre a coesão e o atrito interno entre as partículas é considerada elevada.

De acordo com a geometria do maciço e o tipo de material, os escorregamentos são divididos em três grupos: planares ou translacionais, rotacionais ou circulares e em cunha.

2.2.3.1 Escorregamentos rotacionais ou circulares

Este tipo de escorregamento é caracterizado por apresentar superfície de ruptura curva. Geralmente ocorre em solos decorrentes de rochas argilosas, que são solos espessos e homogêneos. Frequentemente, estes escorregamentos são induzidos pela ação antrópica, tal como abertura de novas estradas, cortes, aterros e entre outras.

Guidicini e Nieble (1984) afirmam que os escorregamentos rotacionais são frequentes nas encostas brasileiras, principalmente na região sudeste. São causados pelo deslizamento súbito de solo residual que recobre a rocha ou por toda extensão da própria superfície da rocha. A figura 5 ilustra um escorregamento do tipo rotacional.

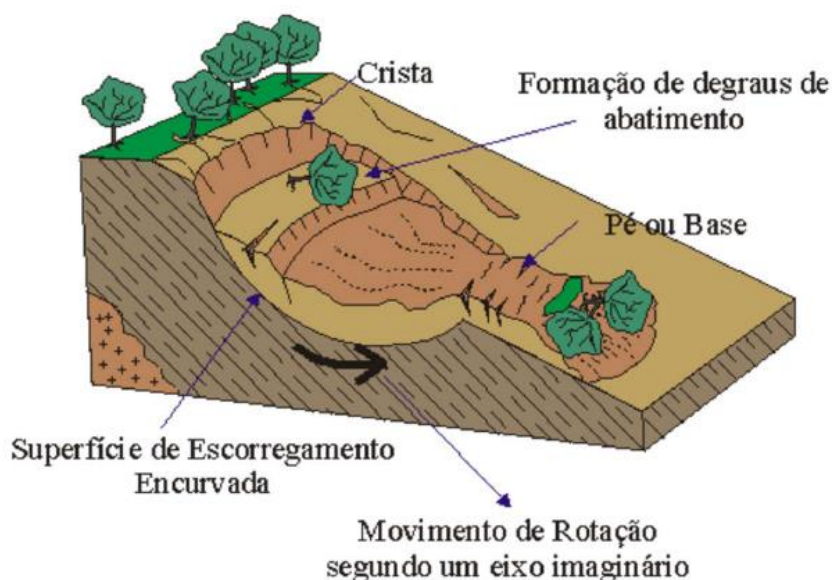


Figura 5 - Esquema ilustrativo de escorregamento rotacional.
Fonte: Modificada de Bloom, 1988 apud. Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998; organizada por Fábio Reis.

2.2.3.2 Escorregamentos planares ou translacionais

Guidicini e Nieble (1984) afirmam que os escorregamentos desta categoria são capazes de abranger de centenas a milhares de metros e frequentemente ocorrem em taludes abatidos e mais extensos. Dentre todos os movimentos gravitacionais de massa, o escorregamento planar é considerado o mais comum.

Fernandes e Amaral (1996) descrevem que este tipo de escorregamento geralmente ocorre durante ou em seguida de períodos de precipitação. A presença de água na massa de solo deslizada é superficial e as rupturas geralmente ocorrem em um pequeno espaço de tempo, devido ao aumento da umidade em decorrência dos períodos chuvosos.

O escorregamento planar, dentre todos os eventos de movimentos de massa, é considerado o mais comum. É caracterizado pela descontinuidade ou plano de fraqueza que envolve os solos superficiais, frequentemente no contato com a rocha subjacente, alterada ou não. Na figura 6 é possível observar um escorregamento do tipo planar.

Em geral, o movimento é de curta duração, de velocidade elevada e grande poder de destruição. Os escorregamentos translacionais associados com maior quantidade de água podem passar a corridas, ou podem se converter em rastejo, após a acumulação do material movimentado no pé da vertente. (Tominaga, 2009, p.30)

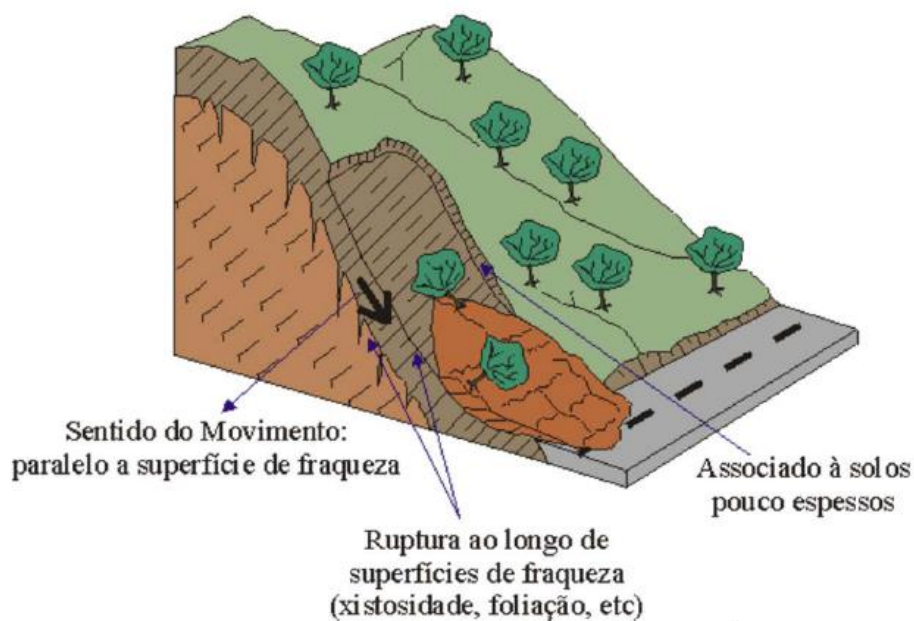


Figura 6 - Esquema ilustrativo de escorregamento planar.
Fonte: Modificada de Bloom, 1988 apud. Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998; organizada por Fábio Reis.

2.2.3.3 Escorregamentos em cunha

De acordo com Infanti Jr. Ee Fornasari Filho (1998), os escorregamentos em cunha são caracterizados pela união de duas superfícies planares, gerando o deslocamento em geometria de um prisma. Esta categoria de escorregamento ocorre, usualmente, em taludes que passaram por ações de cortes ou sofreram algum tipo de desconfinamento, seja natural ou por intervenção humana. A figura 7 ilustra um escorregamento em cunha.

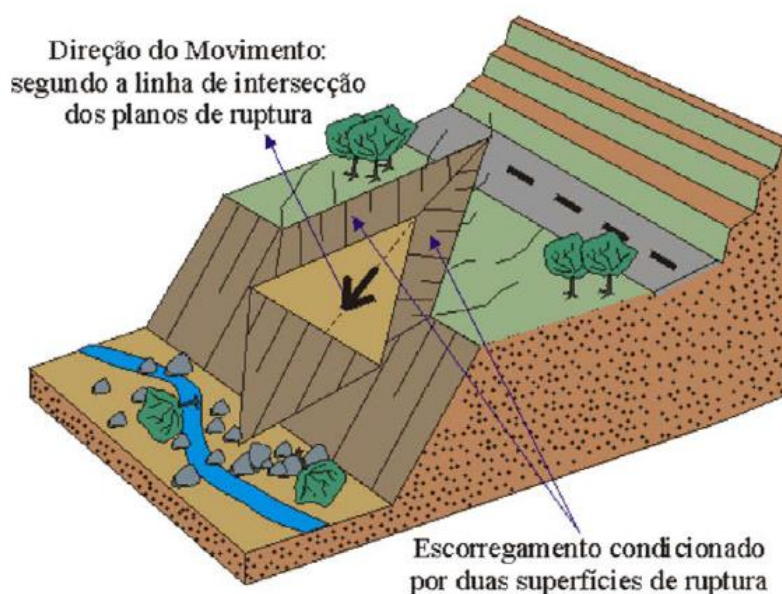


Figura 7 - Esquema ilustrativo de escorregamento em cunha.

Fonte: Modificada de Bloom, 1988 apud. Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998; organizada por Fábio Reis.

2.2.4 Corridas de massa

De acordo com Guidicini e Nieble (1976) as corridas de massa são movimentos que acontecem de forma ligeira, onde sua velocidade pode chegar a alguns metros por hora. São ocasionadas, principalmente, em virtude da perda de atrito entre as partículas devido a ruptura do maciço por intermédio da presença de água existente no terreno.

São formas rápidas de escoamento de fluidos viscosos, com ou sem uma superfície definida de movimentação. De caráter hidrodinâmico, são ocasionadas pela perda de atrito interno, em virtude da destruição da estrutura, em presença de excesso de água.
(Bigarella, 2003, p. 1049)

Ainda que seja um dos movimentos de mais difícil ocorrência, as corridas de massa são de difícil distinção. Em determinados casos, se iniciam em forma de escorregamento e, no momento que encontram um curso d'água e ganham velocidade, passa a ter comportamento de uma corrida.

Podem ser classificadas de acordo com a tipologia do material, variando entre corrida de lama, de terra ou de detritos.

Corrida de Terra: ocorrem em taludes menos abruptos e geralmente são influenciados por encharcamento do solo devido a chuvas pesadas ou longo período de chuva.

Corrida de Lama: geralmente são ocorridos pela lavagem e remoção do solo por conta de enchentes e tempestades.

Corrida de Detritos: apresenta um maior poder destrutivo e geralmente é associado a uma sequência de escorregamentos.

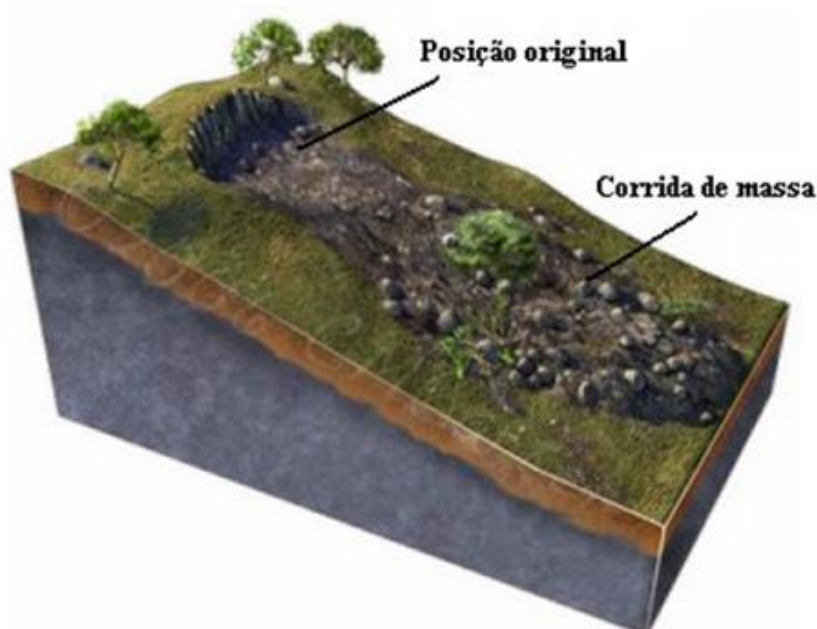


Figura 8 - Esquema ilustrativo de corrida de massa.
Fonte: Infanti Jr. & Fornasari Filho (1998).

2.2.5 Quedas de bloco

São movimentos rápidos, que ocorrem em penhascos verticais, ou taludes muito íngremes, onde blocos e/ou lascas de rocha, deslocados do maciço por intemperismo, caem por ação da gravidade, sem a presença de uma superfície de movimentação, na forma de queda livre.
(Guidicini e Nieble, 1984, p. 42)

Este movimento ocorre de maneira frequente e pode ser definido como queda livre de uma encosta abaixo, onde blocos de rocha são desprendidos de um maciço.

A velocidade deste movimento é extremamente rápida e depende da inclinação da encosta. Na figura 9, é possível observar este conceito.

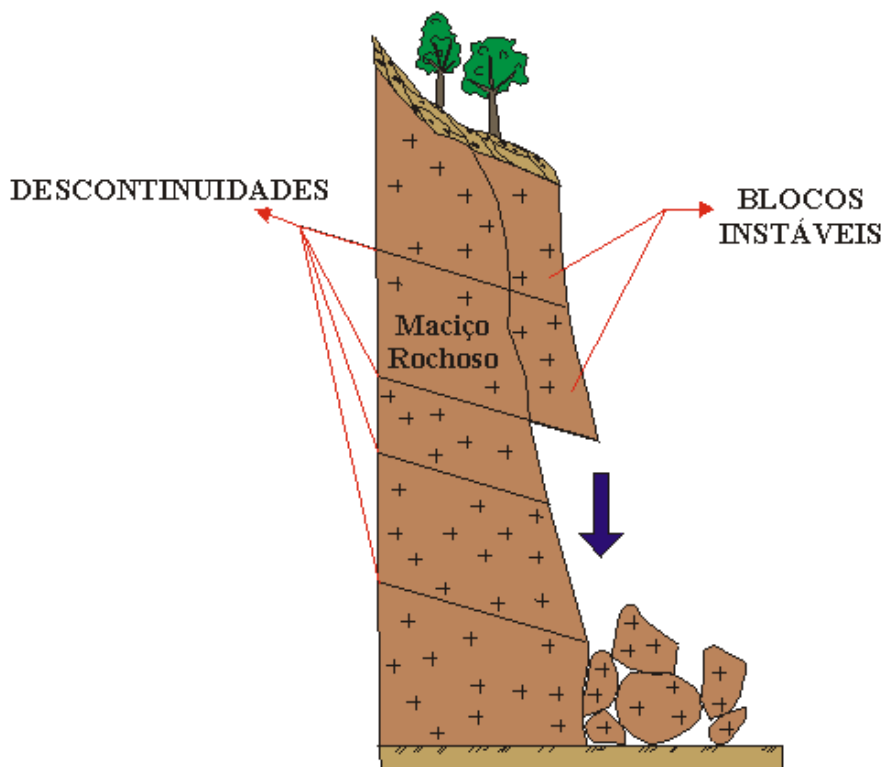


Figura 9 - Esquema ilustrativo de queda.

Fonte: Modificada de Bloom, 1988 *apud*. Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998; organizada por Fábio Reis.

2.3 Processos dos movimentos de massa

A origem dos processos de movimentos de massa se dá a partir do momento que o solo atinge o limite de resistência ao cisalhamento, levando o mesmo ao colapso. Este processo pode ser dividido em três fases: aumento das tensões, baixa resistência e resistência reduzida, ocasionada devido a alguns fatores como condições climáticas, atividades humanas e áreas que possuem um relevo íngreme. Todos estes itens devem ser analisados de forma cuidadosa no campo.

2.3.1 Aumento das tensões cisalhantes

As propriedades primordiais que garantem a estabilidade de um talude e sua resistência a tensão cisalhante aplicada no solo podem ser dadas pelo ângulo de atrito entre as partículas e a coesão de solos e rocha. A tensão de cisalhamento necessária para provocar um escorregamento aumenta proporcionalmente a tensão normal.

A medida que a tensão normal aumenta, o solo é comprimido e aumenta a inclinação da curva de ruptura, com este novo aumento de tensões ocorre a ruptura por cisalhamento.

Os principais fatores que causam o aumento da tensão cisalhante se dão por:

- Carga no ponto mais alto do talude
- Pressão de água em trincas na parte superior do talude
- Acréscimo do peso do solo por intermédio do teor de umidade
- Escavação na parte inferior do talude
- Diminuição de água no pé do talude
- Terremoto

2.3.2 Baixa resistência do solo

Alguns tipos de solo possuem uma pequena capacidade de carga e por conseguinte, possuem uma resistência ao cisalhamento pequena, o que ocasiona facilmente o colapso do maciço associado a um acréscimo rápido e concentrado de carga em um ponto específico do solo. Após iniciar o movimento, este material percorre o maciço de forma a parecer líquido até encontrar uma área com ângulo de inclinação próximo a zero. Nos taludes naturais, este processo acontece em condições anormais, a exemplo de modificações nas condições de granulometria do solo e se o índice de vazios presentes no solo for saturado por água oriunda de uma fonte externa ou local mais alto.

2.3.3 Resistência ao cisalhamento reduzida

Há várias razões que favorecem a redução de resistência ao cisalhamento do solo, sendo o principal o desmatamento. Este é determinante para reduzir o FS de uma encosta, afetando diretamente nas variações térmicas e climáticas, redução na retenção e impacto das chuvas sob o solo (efeito *splash*). Eventos como estes levam a erosão, aceleram os movimentos gravitacionais de massa e conseqüentemente aumentam a periodicidade dos escorregamentos de terra nas áreas afetadas.

O sistema de vegetação em encostas tem funções favoráveis como preencher os vazios entre blocos de rochas, sendo ocupados por raízes que os envolvem e mergulham para níveis inferiores. Alguns estudos realizados por Endo e Tsuruta comprovam que existe um aumento de resistência proporcional a densidade de raízes existentes, ou seja, quanto maior é a densidade das raízes, maior será a resistência do solo.

Outro fator que está ligado diretamente a redução da resistência do solo ao cisalhamento é o teor de umidade, sendo inversamente proporcionais. Quanto maior a presença de água em um maciço, menor será sua resistência.

Os principais motivos para a redução da resistência ao cisalhamento são:

- Aumento da pressão da água nos poros
- Trincas
- Expansão
- Lixiviação
- Intemperização

2.4 Estágios dos movimentos de massa

Leroueil (1996) definiu uma divisão dentro de quatro estágios para as movimentações de taludes.

- a. Estágio pré-ruptura: Este estágio inclui as deformações do maciço, que evolui até chegar a ruptura. É caracterizado por um processo acelerado de rastejo e geralmente antecede as rupturas cisalhantes. É necessário monitorar frequentemente para que seja possível evitar rupturas maiores.
- b. Estágio de ruptura: Neste estágio, as forças resistentes tornam-se iguais às forças cisalhantes, levando-o a eminência da ruptura.
- c. Estágio pós-ruptura: Este movimento é considerado desde o início da ruptura até o término total da movimentação.
- d. Estágio de reativação: É caracterizado quando sua massa de solo escorrega ao longo de uma ou mais superfícies cisalhantes após a ruptura.

Estas definições podem ser observadas na figura 10.

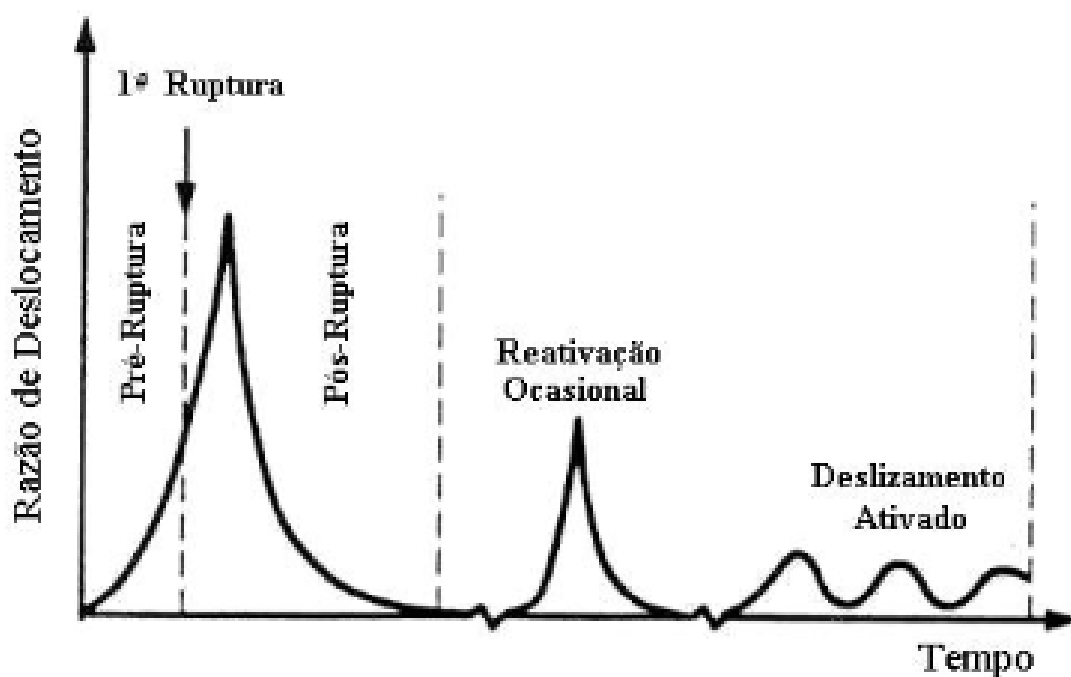


Figura 10 - Diferentes estágios dos movimentos de taludes.
Fonte: Leiroueil (1996).

2.5 Fatores condicionantes

Os condicionantes que são aptos a desencadear os processos de movimentos de massa são dados pelos fatores naturais, antrópicos ou ainda pela combinação destes.

Guidicini e Nieble (1984) realizaram um estudo onde consta os fatores condicionantes aos movimentos de massa, levando em consideração os agentes e as causas dos mesmos. As causas são divididas entre internas, externas e intermediárias, enquanto os agentes são divididos entre predisponentes e efetivos, sendo o último subdividido entre preparatórios e imediatos, como exposto no quadro 2.

Quadro 2 – Agentes e Causas dos movimentos de massa.

Agentes	Predisponentes	Complexo geológico, morfológico e climático - hidrológico; gravidade, calor solar, vegetação.	
	Efetivos	Preparatórios	Pluviosidade, erosão pela água e vento, congelamento e degelo, variação de temperatura, dissolução química, ação de fontes e mananciais, oscilação do nível de lagos e marés e do lençol freático, ação de animais e humana, inclusive desflorestamento.
		Imediatos	Chuvas intensas, fusão do gelo e neves, erosão, terremotos, ondas, vento, ação do homem.
Causas	Internas	Efeito das oscilações térmicas; diminuição dos parâmetros de resistência por intemperismo.	
	Externas	Mudanças na geometria do sistema; efeitos de vibrações; mudanças naturais na inclinação das camadas.	
	Intermediárias	Elevação do nível piezométrico em massas homogêneas; elevação da coluna d'água em discontinuidades; rebaixamento rápido do lençol freático; erosão subterrânea retrogressiva; diminuição do efeito da coesão aparente.	

Fonte: Adaptado de Guidicini e Nieble (1976).

Guidicini e Nieble (1976) descrevem que as causas internas atuam como forma de reduzir a resistência entre as partículas do maciço. Estas agem sem modificar a forma geométrica de um talude, mas o leva ao colapso. As causas externas não possuem sua resistência reduzida, entretanto, existe um aumento das tensões cisalhantes de forma que não haja variação na resistência do material. Por fim, as causas intermediárias são o resultado da atuação dos agentes internos e externos no interior do maciço.

Os agentes predisponentes são definidos como a ação conjunta de condições geológicas, geométricas e ambientais no local onde ocorre o movimento, sem a interferência humana. Os agentes efetivos correspondem aos elementos, de maneira agrupada, que são os responsáveis a desencadear os movimentos de massa, sendo inclusa a intervenção humana.

O quadro 3 mostra um trabalho publicado por Varnes (1978), onde são apresentados os principais fatores que geram o aumento da sollicitação da tensão cisalhante e os que levam a redução da resistência.

Quadro 3 – Fatores deflagradores dos movimentos de massa.

Ação	Fatores	Fenômenos geológicos/antrópicos
Aumento da sollicitação	Remoção de massa lateral ou da base	Erosão, escorregamentos. Cortes
	Sobrecarga	Peso da água de chuva, neve, granizo, etc. Acúmulo natural de material (depósitos). Peso da vegetação. Construção de estruturas, aterros, etc.
	Sollicitações dinâmicas	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 Elevação do N.A

Fonte: Varnes (1978)

Os movimentos gravitacionais de massa são associados a diferentes variáveis que devem ser analisadas para que se possa ter um melhor entendimento destes. Mediante a este fato, foram consideradas as seguintes variáveis que podem ser suscetíveis a estes: geologia, geomorfologia, vegetação, pedologia e ação antrópica.

2.5.1 Geologia

Os aspectos geológicos são condicionantes atuantes de forma direta na deflagração de movimentos de massa. Bigarella (2003, p. 1026) descreve que os fatores que provocam estes eventos, “os aspectos litológicos; os padrões de fraturas e diaclases; o manto de intemperismo; coesão e peso por unidade do material formador das vertentes; circulação das águas e os esforços de cisalhamento”.

Guidicini e Nieble (1984) afirmam que existem dois grandes grupos geológicos que permitem diferenciar os problemas relacionados a estabilidade de solos ou rochas. O primeiro trata dos defeitos estruturais presentes nas massas rochosas, que acarretam na resistência do maciço; O segundo refere-se à infiltração de água no interior de um terreno, sendo mais irregulares em massas rochosas, quando comparadas às terrosas.

2.5.2 Geomorfologia

Através das condições de estabilidade de um talude, a declividade é outro fator importante considerado deflagrador nos processos de erosão e de movimentos gravitacionais de massa. Fernandes e Guimarães (2001), salientam que os fatores geomorfológicos englobam alguns parâmetros, sendo eles: a declividade de um talude ou encosta, seu formato geométrico além de seu comprimento e elevação. Dentre estes, o fator da declividade vem sendo usufruído principal parâmetro relacionado a topografia que agrega aos estudos de movimentos de massa.

Visto a importância que este pode ter como um agente condicionante geomorfológico de movimentos de massa, o estudo da geometria de uma encosta torna-se significativo para avaliar possíveis riscos de ocorrência destes sinistros.

A figura 11 ilustra os tipos de vertentes existentes relacionadas ao perfil.

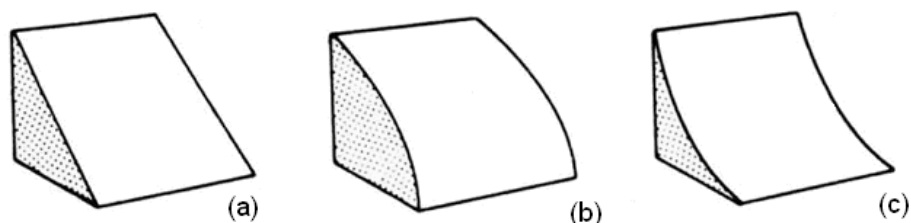


Figura 11 - Tipos de vertentes: (a) retilínea, (b) convexa, (c) côncava.
Fonte: Schmidt e Hewitt (2004).

2.5.3 Vegetação

Diversos autores defendem que a cobertura vegetal nas encostas tem um papel favorável na estabilização das mesmas. Segundo o IPT (1991, p. 27) “a vegetação atua no sentido de favorecer a estabilidade das encostas, através do esforço mecânico (raízes) e redistribuição da água de chuva, diminuindo e retardando a infiltração desta no terreno, além de protegê-lo contra a erosão.”

A presença da floresta controla o escoamento superficial e a infiltração das águas no manto de intemperismo, diminuindo a penetração excessiva da água no subsolo. A perda da vegetação expõe o solo à erosão permitindo, após chuvas prolongadas, a penetração de um excesso de água no subsolo, favorecendo o relaxamento dos esforços internos através da lubrificação dos planos de cisalhamento e, conseqüentemente, dando início aos movimentos de massa. (BIGARELLA *et al.* 2003, p. 1034).

Portanto, é perceptível que a retirada da vegetação de uma encosta, especialmente as mais íngremes, a torna vulnerável a certos tipos de desastres naturais, devido à perda de equilíbrio.

2.5.4 Pedologia

Além de estarem correlacionados a outros agentes condicionantes, os solos possuem um agente que age de forma individual na deflagração de movimentos gravitacionais de massa.

A espessura do manto, sua natureza argilosa impermeável e o pequeno conteúdo de matéria orgânica dos solos tropicais tornam-nos excepcionalmente susceptíveis aos movimentos de massa. Apenas os latossolos mais permeáveis e os capeamentos lateríticos são mais resistentes aos processos erosivos. (Bigarella, 2003, p. 490)

De acordo com Fernandes e Amaral (2000), algumas discontinuidades podem manifestar-se dentro de um subsolo. Estas incluem, especialmente, feições estruturais (determinadas fraturas, falhas, etc). Essas discontinuidades atuam de maneira decisiva ao condicionamento de poro-pressões no interior de um talude, e posteriormente, afeta sua estabilidade.

2.5.5 Ação antrópica

Ação antrópica diz respeito a qualquer intervenção do homem no meio físico. Esta como agente condicionante a movimentos de massa condiz, principalmente, a remodelação de taludes em que pode afetar sua estabilidade por intermédio de interações executadas de maneira errada com o meio ambiente.

De acordo com Wolle (1988), a ação humana para fins destrutivos sobre a vegetação em uma encosta tem ocasionado e/ou acelerado os processos de degradação. Isto manifesta-se de maneira frequente na região sudeste, por conta de atividades agrícolas e também a urbanização. Em consequência da remoção da vegetação local, os problemas relacionados a estabilização de encostas têm se agravado.

Dentre as principais interferências antrópicas com o meio ambiente, Parizzi listou algumas ações humanas e suas devidas implicações, como é mostrado no quadro 4.

Quadro 4 – Ações antrópicas e suas implicações.

Ações Antrópicas	Implicações
Desmatamento.	Aumento da velocidade de escoamento e eliminação da proteção do impacto de chuva nos terrenos.
Árvores de grande porte no topo das encostas.	Redução da resistência devido a ação das raízes e do vento.
Construções em encostas sujeitas a processos evolutivos naturais.	Modificações do fluxo de água superficial, escorregamentos, aceleração da erosão, piping.
Execução de cortes e escavações.	Exposição de camadas de solo/rocha antes confinados e mudança na geometria do talude.
Execuções de aterros sem a compactação adequada.	Sobrecarga e criação de material de baixa resistência.
Abertura não planejada de estradas.	Desconfinamento de descontinuidades e eliminação de suportes naturais dos maciços rochosos e de solo e diminuição da resistência.
Lançamento de detritos e lixos nas encostas.	Formação de depósitos tecnogênicos.
Obstrução de cursos de água naturais ou linhas de drenagem.	Aumento das poropressões.
Lançamento de esgoto e água servida nas encostas.	Aumento de poropressões e fluxo subsuperficial.
Execução de drenagem não planejada e instalação de sistemas de saneamento sem planejamento ou devidos cuidados.	Vazamentos, saturação do solo, formação de redes de fluxo e aumento de poropressões e piping.
Fragmentação de maciços para a extração mineral e exploração de material para construção civil.	Criação de zonas de fraqueza e estímulo da aceleração do intemperismo físico/químico e diminuição da resistência mecânica.

Fonte: Adaptado de Parizzi (2004).

2.5.6 Erosão

De acordo com Baptista (2003), o fenômeno natural conhecido por erosão define-se como o conjunto de processos de desagregação, transporte e deposição de partículas de solo por intermédio da água e vento.

O conceito de erosão está ligado aos processos de desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte dos grãos minerais. Implica na relação de fragmentação mecânica das rochas ou na decomposição química das mesmas, bem como na remoção superficial ou subsuperficial dos produtos do intemperismo [...] Em sentido amplo, a erosão consiste no desgaste, no afrouxamento do material rochoso e na remoção dos detritos através dos processos atuantes na superfície da Terra.

(Bigarella, 2003, p. 884 – 885).

Este processo pode ser dividido em dois grupos, sendo eles a erosão geológica que é proveniente de fenômenos naturais, aquela que colabora de maneira positiva para a formação do solo; e a erosão de maneira acelerada, aquela provocada pela ação humana, que devido sua intervenção, pode lesar o equilíbrio natural do solo.

2.6 Uso e ocupação do solo urbano

No sentido geográfico, a crescente e desordenada urbanização é um fator considerado preocupante. A inexistência de um bom planejamento urbano associada as alternativas econômicas, conduz a população a recorrer por residir em áreas consideradas impróprias. Estas ocupações possuem uma predisposição a modificar desfavoravelmente a topografia natural de um terreno, além da retirada da vegetação local. Estes fatores podem ser considerados os principais a acarretarem a instabilização de taludes.

Área de risco é considerada uma área passível de ser atingida por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e

patrimoniais. Normalmente, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários). (IPT, 2007, p. 26)

De acordo com o IBGE e a CEMADEN, no ano de 2010, o Brasil tinha cerca de 8,3 milhões de pessoas que habitavam em locais de risco em 872 municípios fiscalizados por estes. Na tabela 1, constam as 5 regiões brasileiras que fizeram parte destes resultados e é possível observar que mais da metade da população monitorada era concentrada na região Sudeste.

Tabela 1 – População em áreas de risco em 2010.

População em Área de Risco por Regiões - 2010			
Grandes Regiões	População Total	População Total dos Municípios Monitorados	População em Risco nos Municípios Monitorados
Norte	15.864.454	8.776.309	340.204
Nordeste	53.081.950	25.961.835	2.952.628
Centro-Oeste	14.058.094	2.328.701	7.626
Sudeste	80.364.410	43.646.750	4.266.301
Sul	27.386.891	11.704.649	703.368
BRASIL	190.755.799	92.418.244	8.270.127

Fonte: IBGE; CEMADEN (2010).

Como um estágio relevante na abordagem de leis que regem sobre o uso e ocupação do solo, está a Lei 6.766/79 dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos, que trata em seu artigo 3º das restrições relacionadas aos aspectos de declividade.

Art. 3º - Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal.

Parágrafo único: Parágrafo único. Não será permitido o parcelamento do solo III – em terreno com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes; IV – em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação; (Brasil, 1979, Art. 3).

A Constituição Federal aborda em seus artigos 182 e 183 sobre a Política Pública, tendo como objetivo ordenar o desenvolvimento das funções sociais visando garantir o bem-estar da população, ressaltando os seguintes itens:

Art. 182. A política de desenvolvimento urbano, executada pelo poder público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

§ 1º O plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

§ 2º A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor.

§ 3º As desapropriações de imóveis urbanos serão feitas com prévia e justa indenização em dinheiro.

§ 4º É facultado ao poder público municipal, mediante lei específica para área incluída no plano diretor, exigir, nos termos da lei federal, do proprietário do solo urbano não edificado, subutilizado ou não utilizado que promova seu adequado aproveitamento, sob pena, sucessivamente, de:

I - parcelamento ou edificação compulsórios;

II - imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana progressivo no tempo;

III - desapropriação com pagamento mediante títulos da dívida pública de emissão previamente aprovada pelo Senado Federal, com prazo de resgate de até dez anos, em parcelas anuais, iguais e sucessivas, assegurados o valor real da indenização e os juros legais.

(Brasil, 1988).

Em seu artigo 183, a Constituição Federal dispõe sobre a aquisição de uma propriedade pelo ocupante de área àquele que, dê a ela uma destinação compatível à sua vocação. àquele que, dê a ela uma destinação compatível à sua vocação. urbano que faz seu uso para fins de moradia própria ou de sua família, desde que este possua uma área mínima de duzentos e cinquenta metros quadrados, com um período de tempo ininterrupto de cinco anos. Com isso, é adquirido o domínio da propriedade, em condições de que dê a ela uma destinação compatível à sua vocação.

A partir deste princípio, é possível compreender que o controle e a criação de leis que, como estas, abrangem as políticas públicas e regem o uso e ocupação de solo urbano é de responsabilidade do Poder Público. Neste contexto, é imprescindível buscar pela distribuição dos espaços urbanos de forma democrática, garantindo segurança para a população que nestas regiões residem.

2.7 Análise de risco e perigo

Devido a frequência de episódios recorrentes de movimentos de massa, torna-se necessário a análise de risco. Esta, por sua vez, consiste em observar os fatores condicionantes que desestabilizam as encostas.

Conforme Cerri (1998), por definição só há risco geológico quando é possível identificar as consequências sociais e econômicas que estão diretamente relacionadas a determinada condição ou processo geológico. Isto pode ser expresso pela equação:

$$R = P \times C$$

Onde o risco (R) é dado pelo produto entre a probabilidade de ocorrência de acidente geológico (P) e as consequências socioeconômicas (C).

Para melhor entendimento de alguns termos usados na literatura brasileira que se referem aos riscos geológicos, Augusto Filho (1990) elaborou um estudo em que estes são descritos como no quadro 5.

Quadro 5 – Termos relacionados a riscos geológicos.

Termo Proposto	Termo na Literatura Internacional	Conceito
Evento	Event	Processo geológico que tenha ocorrido sem causar consequências socioeconômicas.
Acidente (Desastre)	Disaster	Processo geológico que tenha ocorrido acompanhado de consequências socioeconômicas.
Risco	Hazard	Circunstância ou situação de perigo, perda ou dano social e econômico devido a uma condição geológica ou a uma possibilidade de ocorrência de processo geológico induzido ou não.
Análise de Risco	Risk	Quantificação da circunstância ou situação de risco geológico.

Fonte: Augusto Filho (1990).

Além disso, torna-se de extrema importância a avaliação da probabilidade de eventos naturais. Esta avaliação é possível através da análise dos graus de risco, como consta no quadro 6, elaborado pelo Ministério das Cidades.

Quadro 6 – Critérios para determinação de grau de risco.

Grau de Probabilidade	Descrição
<p>R1 Baixo ou sem risco</p>	<p>1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa ou nenhuma potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos.</p> <p>2. não se observa(m) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens.</p> <p>3. mantidas as condições existentes não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.</p>
<p>R2 Médio</p>	<p>1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos.</p> <p>2. observa-se a presença de algum(s) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Processo de instabilização em estágio inicial de desenvolvimento.</p> <p>3. mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.</p>
<p>R3 Alto</p>	<p>1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos.</p> <p>2. observa-se a presença de significativo(s) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo.</p> <p>3. mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.</p>

<p>R4 Muito Alto</p>	<ol style="list-style-type: none">1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos.2. os sinais/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação a margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de instabilização em avançado estágio de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento.3. mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
--------------------------	--

Fonte: Ministério das Cidades (2004).

Portanto, pode-se definir perigo como um conjunto de circunstâncias que podem causar ou de se haver risco. Enquanto o risco é a probabilidade de perigo que gera uma ameaça física para o homem e/ou meio ambiente.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Caracterização de Barra Mansa

De acordo com dados da prefeitura, o primeiro indício de povoamento do município de Barra Mansa ocorreu por volta de 1764. No ano de 1768 nascia a primeira fazenda da região, chamada de Fazenda da Posse, que ficava às margens dos rios Paraíba e Barra Mansa. Por volta de 1800, o coronel Custódio Ferreira Leite mandou construir uma capela e consagrar como a Capela de São Sebastião. No dia 3 de outubro de 1832, o governo enviou um ofício à Assembleia Legislativa do Império e foi criado o município de Barra Mansa.

Devido a sua ótima localização geográfica, diversas fazendas foram surgindo, fazendo com que o café afluísse como principal produto, tornando-se a base da economia da região.

Na década de 1930, a produção de café cedeu lugar a pecuária, tornando Barra Mansa como a maior produtora de leite do país. Na mesma época, teve início o desenvolvimento industrial, inaugurando a siderúrgica de Barra Mansa e a Companhia Metalúrgica de Barbará. A cidade foi crescendo e os bairros residenciais foram se alastrando ocupando vales próximos e áreas distantes.

Na década de 1940, a maior parte de sua população habitava no centro da cidade. Com o decorrer dos anos, foi-se procurando moradia em locais mais distantes devido o esgotamento deste centro urbano. Na figura 12, é possível observar este progressivo crescimento.

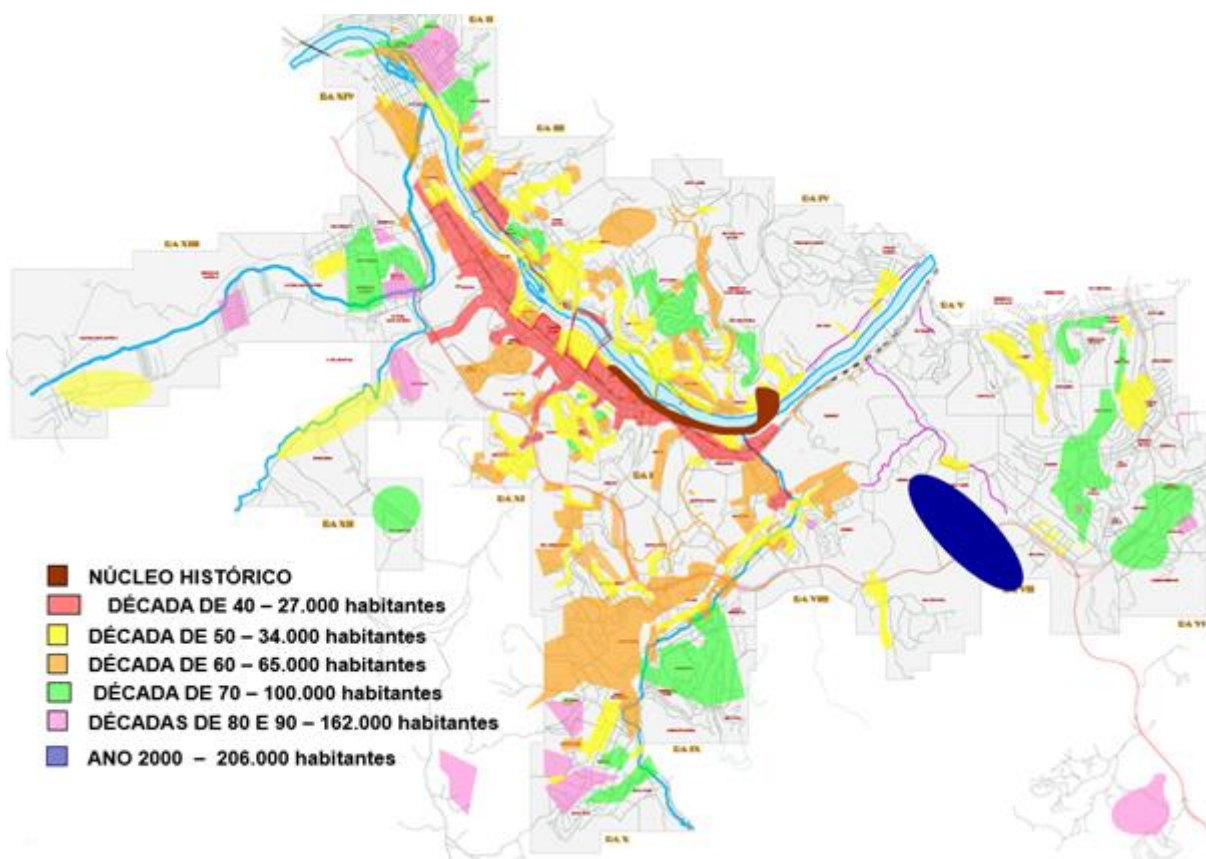


Figura 12 - Núcleo histórico da cidade de Barra Mansa.
 Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Barra Mansa (2009).

3.1.1 Localização

Segundo dados da prefeitura, o município de Barra Mansa é localizado no sul do estado do Rio de Janeiro, conforme ilustra a figura 12. Encontra-se na microrregião do Vale do Paraíba, dentro da mesorregião do Sul Fluminense entre a latitude de $22^{\circ}32'25,19''\text{S}$ e longitude $44^{\circ}10'35,33''\text{O}$ e altitude média de 381m em relação ao nível do mar. Ocupa uma área de 548,9km², correspondentes a 8,84% da área da Região do Médio Paraíba.

Na figura 13 é possível observar a localização do município no estado do Rio de Janeiro.

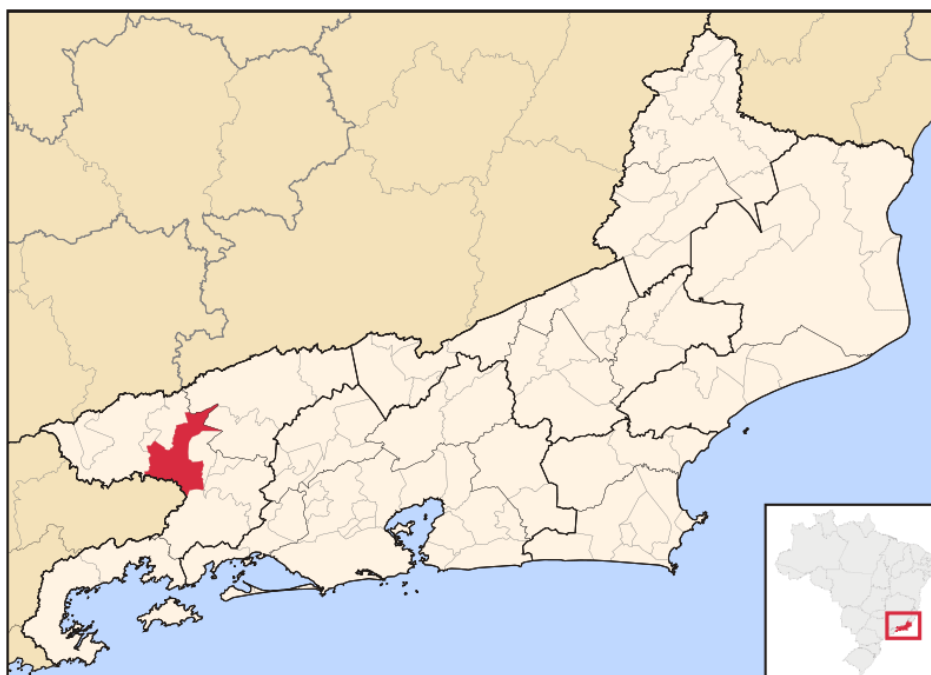


Figura 13 - Localização do município de Barra Mansa.
Fonte: Raphael Lorenzeto de Abreu (2006).

3.1.2 Climatologia

O clima predominante no município de Barra Mansa é mesotérmico, com verões quentes, úmidos e chuvosos, enquanto o inverno é seco. O período chuvoso se encontra entre os meses de novembro e março com pluviosidade de 1.380mm/ano. A temperatura média anual é de 20,1°C, com precipitação média mensal entre 18,1 e 227,3mm. A tabela 2 mostra o detalhamento dos dados climáticos do município de Barra Mansa.

Tabela 2 – Variáveis climáticas da cidade de Barra Mansa.

Variável	Média Mensal											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Temperatura (°C)	23	23,1	22,6	20,8	18,5	16,9	16,4	17,4	18,8	20,2	21,1	22
Precipitação (mm)	258,2	222,7	193,1	92,5	44,1	26,2	18,1	25,1	67,7	124,2	161,3	227,3

Fonte: PMGIRS (2017).

3.1.3 Hidrografia

A estrutura hidrográfica deste município é caracterizada devido a presença marcante do Rio Paraíba do Sul e seus afluentes, sendo eles: Rio Bananal, Rio Barra Mansa, Rio Bocaina, Ribeirão Brandão e o córrego cotiara; pela margem esquerda: Rio Turvo e os córregos Ano Bom e Água Comprida.

3.1.4 Relevo e topografia

O relevo é caracterizado pelas formas da superfície de um planeta, portanto, estas levam em consideração a declividade e altimetria do próprio relevo estrutural, sendo traduzidas em aspectos topográficos de cada região. Tais informações tornam-se de grande relevância tanto para o planejamento do uso e ocupação do solo urbano quanto para execução de obras e construções. As informações relacionadas a declividade são de grande importância, tendo em vista a possível indicação de fatores críticos e restritivos para determinados usos.

Neste âmbito, a tabela 3 apresenta a predominância dos relevos e declividades presentes no município de Barra Mansa.

Tabela 3 – Distribuição do relevo de Barra Mansa.

RELEVO E DECLIVIDADE	ABRANGÊNCIA	
	(km ²)	(%)
Plano (0 a 3%)	22,2393	4,06
Suave ondulado (3 a 8%)	84,2108	15,38
Ondulado (8 a 20%)	256,3851	46,81
Forte ondulado (20 a 45%)	179,6374	32,8
Montanhoso (45 a 75%)	5,2214	0,95
Escarpado (acima de 75%)	0,0102	0
TOTAL	547,7042	100

Fonte: PMGIRS (2017).

3.2 Setorização do caso

Neste capítulo será exposto o caso de movimento de massa ocorrido no bairro Nove de Abril localizado no município de Barra Mansa, no ano de 1999. Este movimento ocorreu no loteamento Primeiro de Maio como mostra a figura 14.



Figura 14 - Setorização do caso ocorrido no bairro Nove de Abril.
Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

Esta encosta está situada entre as ruas Alphen de Oliveira Ferreira (antiga rua B) e Álvaro Rego Millen Ferreira (antiga rua A). É situada entre as coordenadas geográficas com latitude a $22^{\circ}32'52.4''\text{S}$ e longitude a $44^{\circ}06'54.3''\text{O}$.

3.3 Histórico do desastre

De acordo com dados obtidos através da Defesa Civil de Barra Mansa, em abril de 1997, a mesma registrou um deslocamento de solo na Rua Álvaro Rego Millen (antiga Rua A) no bairro Nove de Abril. Na ocasião, foi verificado o recalque de quatro imóveis com aparecimento de trincas. Três destes foram demolidos e o quarto imóvel permaneceu interditado.

Na rua Alphen de Oliveira Ferreira (antiga Rua B), um imóvel apresentou trincas generalizadas e foi demolido. O Salão do Reino das Testemunhas de Jeová foi intimado a construção de contenção aos fundos do lote, sendo realizada.

No dia 22 de fevereiro de 1999, a Defesa Civil foi acionada para verificar o aparecimento de fissuras estruturais no Salão do Reino das Testemunhas de Jeová e por medidas de precaução, fez a interdição do imóvel e solicitou a visita técnica para a liberação do mesmo. Neste mesmo dia, foi feita a vistoria do imóvel que havia sido interditado no ano de 1997 e foi constatado que o quadro havia se agravado.

A partir desta data, a Defesa Civil passou a monitorar frequentemente a situação, orientando os moradores a acioná-la caso ocorresse qualquer anormalidade no local.

A situação permaneceu estável até o dia 19 de março de 1999, quando foi acionada por moradores dos imóveis de nº. 797 e 807 localizados na Rua B, em função do surgimento de novas fissuras. Neste mesmo dia, foi constatado na vistoria o deslocamento de solo que sofreu recalque e provocou rachaduras em diversos imóveis e posteriormente, o desabamento das mesmas. Nesta ocasião, sete imóveis foram interditados.

No dia 22 de março, a Defesa Civil retornou ao local e verificou o agravamento da situação, com o aumento do deslocamento das paredes e pisos dos imóveis. Foi averiguado também que o solo é recalcado de forma acelerada, no limite com a Rua A, ponto mais elevado do deslizamento. Como medida preventiva, foi delimitada uma área de risco e interditados 16 imóveis na ocasião.

No dia seguinte, 23 de março, os imóveis de nº. 791, 795, 797, 807 e o Salão do Reino das Testemunhas de Jeová apresentavam risco iminente de desabamento, todavia, os imóveis já se encontravam evacuados. Foi possível observar o aumento

do deslocamento do solo que era lento e com gradativo aumento de velocidade. Nesta data, foram interditados 22 imóveis.

As 10:30hrs do dia 24 de março, os imóveis de nº. 793, 795, 797 e 807 foram desabados. As 15:30hrs, ocorreu o desabamento do Salão do Reino das Testemunhas de Jeová e às 21:00hrs o desabamento do imóvel de nº. 793. Enquanto isso, os outros imóveis interditados sofriam grandes deslocamentos em direção à Rua B.

No dia 25 de março, a área atingida permanece isolada e apresentando deslocamento de solo, o qual provocou o bloqueio da Rua B por escombros dos imóveis que foram atingidos e também a queda de um poste. Até esta data, a Prefeitura Municipal de Barra Mansa não teria feito a remoção destes escombros pois o local não oferecia segurança para tal ação e foi considerada a hipótese do desencadeamento de um deslocamento maior, colocando em risco mais imóveis.

De acordo com a Defesa Civil, os imóveis atingidos estavam situados sob uma porção de terreno que sofreu recalque, e que na parte mais alta, localizada na Rua A, atingiu um desnível de 8 metros num trecho de aproximadamente oitenta metros de largura.

Na figura 15 é possível observar o escorregamento do tipo rotacional, onde é notória a forma circular do local movimentado.



Figura 15 - Escorregamento do tipo Rotacional no bairro Nove de Abril.
Fonte: Arquivo pessoal do orientador (1999).

Desde o dia 19 de março, a PMBM e os plantonistas da Defesa Civil dispuseram de providencias imediatas através das seguintes medidas:

- Interdição imediata de sete imóveis e evacuação das famílias para um local seguro.
- Delimitação e interdição da área de risco.
- Solicitação de desligamento das redes de água potável e energia elétrica.
- Auxílio na retirada e transporte de bens das famílias que foram desalojadas por caminhões da PMBM.
- Avaliação técnica da ocorrência pelos engenheiros da Secretaria Municipal de Obras.
- Modificação do trânsito e dos itinerários.
- Acionamento da equipe de emergência da Prefeitura e envolvimento das secretarias de promoção social, planejamento, saúde, guarda municipal e SAAE.

- A equipe de emergência comunicou de forma oficial e solicitou o apoio da Defesa Civil Estadual e da Polícia Militar.

Estas ações imediatas da Defesa Civil em conjunto com a Prefeitura, garantiu a evacuação de forma segura da área em questão, e por intermédio destas, não houve nenhum registro de vítimas. A imagem 16 exhibe os estragos causados pelo evento.



Figura 16 - Casas atingidas pela movimentação de massas de terra.
Fonte: Arquivo pessoal do orientador (1999).

A figura 17 ilustra os escombros provenientes das casas que foram destruídas e de parte do material terroso, desta forma bloqueando o acesso à Rua B.



Figura 17 - Escombros das casas atingidas bloqueando a Rua B.
Fonte: Arquivo pessoal do orientador (1999).

3.4 Relatório de danos

A equipe técnica da Defesa Civil elaborou um Relatório de Danos com o objetivo de reavaliar a situação de segurança e conservação dos imóveis atingidos pelo deslizamento de terra e os localizados em torno. Este levantamento ficou subdividido em quatro partes sendo elas:

- Os imóveis que foram destruídos por conta do desastre;
- Os imóveis que foram danificados e em seguida reparados, encontrando-se estado seguro para habitação sem interferência da área do desastre;
- Um imóvel que foi danificado, em seguida interditado e não houveram mais informações a respeito deste;

- Os imóveis preservados que foram interditados por recomendação técnica da EMOP, mas não sofreram abalo, portanto, continuaram em condições normais de habitabilidade.

As relações destes imóveis são apresentadas nos anexos. Em suma, 25 imóveis foram desmoronados, 11 foram danificados e 14 foram preservados, totalizando 50 imóveis envolvidos no sinistro.

3.5 Danos causados

Os escorregamentos de terra, considerado um fenômeno natural, podem acarretar a grandes danos ambientais, sociais e econômicos. Além disso, a população que habita em encostas, por sua vez, torna-se vulnerável a ocorrência de vítimas fatais.

A Defesa Civil fez o levantamento dos danos que foram causados na infraestrutura e os danos humanos.

3.5.1 Danos na infraestrutura

- Na Rua Alecrim, acima da Rua A, duas residências ficaram sem água desde o dia 26/03/1999 e foram abastecidas por carros-pipa disponibilizados pelo SAAE. A reimplantação da rede definitiva era dependente do término da obra de estabilização e recuperação da encosta.
- No mesmo dia, ocorreu a queda de três cabos telefônicos da TELERJ, com aproximadamente 300 metros, deixando cerca de 400 telefones mudos. O reestabelecimento foi concluído em 30/03/1999.
- Entre os dias 23/03/1999 e 24/03/1999, a Light realizou manobras sem cortes prolongados de energia. Houve queda e danos em um poste de sustentação da rede.

3.5.2 Danos humanos

De acordo com a Defesa Civil não houve pessoas desabrigadas, deslocadas, desaparecidas, feridas, enfermas ou mortas. Entretanto, houveram pessoas desalojadas, como mostra a tabela 4.

Tabela 4 – Tabela com índice de danos humanos.

DANOS HUMANOS	0 a 14 ANOS		15 a 59 ANOS		ACIMA DE 60 ANOS		TOTAL
	MAS	FEM	MAS	FEM	MAS	FEM	
DESALOJADAS	11	7	40	27	3	3	91
DESABRIGADAS	-	-	-	-	-	-	-
DESLOCADAS	-	-	-	-	-	-	-
DESAPARECIDAS	-	-	-	-	-	-	-
LEVEMENTE FERIDAS	-	-	-	-	-	-	-
GRAVEMENTE FERIDAS	-	-	-	-	-	-	-
ENFERMAS	-	-	-	-	-	-	-
MORTAS	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	11	7	40	27	3	3	91

Fonte: Defesa Civil (1999).

3.6 Vistorias

Visando coletar amostras do solo na área do ocorrido, identificação das propriedades, definição de laudo probatório das causas do deslizamento e determinar o procedimento ideal a ser adotado na fase de recuperação do sinistro, foi realizada uma vistoria no dia 14 de abril de 1999 pela equipe da DGDC, técnicos e engenheiros da COMDEC de Barra Mansa e por geólogos da Secretaria Estadual de Planejamento.

Nesta vistoria, foi retirada de blocos maciços quatro pontos do terreno e um da rocha no talude sob o lote nº 808 da rua A, coleta de aproximadamente 20 amostras de terra em diversos pontos da encosta. As amostras foram realizadas em laboratório

e o laudo encaminhado a EMOP. O parecer foi enviado à Defesa Civil junto as conclusões feitas pelos profissionais.

3.6.1 Análise e resultado das vistorias

- I. Em função da grande carga que a superfície interna de ruptura estava suportando, a movimentação da massa que foi deslizada prosseguiu em direção à jusante. Esta carga era proveniente de destroços das casas destruídas bem como do grande volume de material terroso resultante das camadas internas escorregadas.
- II. A partir desta movimentação de terra com destruição de 17 casas, foi possível observar que a maioria de suas fundações eram do tipo superficial e a inexistência de obras de contenção adequadas nos cortes executados para a obtenção de áreas planas facilitou a ocorrência deste evento.
- III. A retirada dos escombros provenientes das casas que foram destruídas e de parte do material terroso, em trabalho cuidadoso, foi recomendado a ser executado de montante para jusante, pois, a retirada do material acumulado no pé do talude fatalmente provocaria movimentação deste material deslizado.
- IV. Os imóveis que se encontravam parcialmente destruídos e se apresentavam de forma “flutuante” sobre a massa deslizada, ameaçando sofrer movimentos bruscos e ruína parcial ou total a qualquer momento, foi estabelecida a demolição por uma empresa especializada neste tipo de serviço.
- V. Foi estabelecido que o material terroso e de destroços que se encontravam na rua B, permaneceriam no local até que os serviços de remoção e limpeza de todo material instável das partes superiores fossem concluídos.
- VI. O material das casas destruídas tanto na parte superior quanto no meio do talude, teria de ser retirado de forma que obedecesse ao plano e processo estabelecido pela empresa especializada neste tipo de serviço a ser contratada, tendo em vista sempre o cuidado em manter o equilíbrio do conjunto da massa acidentada.

- VII. O projeto de recuperação do local não engloba somente o plano de limpeza e remoção do material deslizado como também a execução de um projeto de estabilização total da área do ocorrido. A estabilização foi de caráter de urgência e sendo proposta sua execução imediatamente após os serviços de limpeza do local, pois em caso contrário, o local estaria sujeito a novas ocorrências de escorregamento, tornando-se assim, cada vez mais inviável a sua recuperação.
- VIII. Se estas obras não fossem realizadas, o leito da BR-393, localizado imediatamente à montante (distante cerca de 30 metros) poderia ter sido atingido.
- IX. Com as sondagens geotécnicas na área acidentada, foi possível fornecer uma concepção básica dos tipos de obras, serviços e também um custo estimado com a possibilidade de variações.
- X. A concepção básica de obras para a recuperação da área em questão constou de:
- a. Limpeza do local
 - b. Reconformação geométrica para suavização de taludes
 - c. Implantação de sistemas de drenagem superficial e profundas (caso seja necessário)
 - d. Revestimento vegetal e arborização
 - e. Obras de contenção de taludes com muros de arrimo e cortinas ancoradas.
 - f. O custo estimado da obra foi situado em torno de R\$1.700.000,00 (um milhão e setecentos mil reais)
- XI. A área que foi acidentada, conforme recomendação estabelecida pela COMDEC – BARRA MANSA, ficaria interditada até que os serviços de limpeza e retirada dos escombros fossem executados, além de vistoriadas as áreas limítrofes com as casas que não foram interditadas.
- XII. Estavam proibidas quaisquer ações isoladas por proprietários e pessoas interessadas, em qualquer imóvel da área afetada, a menos que tivesse uma solicitação à COMDEC de Barra Mansa, e ainda assim, acompanhadas de técnicos indicados pela PMBM ou pela COMDEC.

3.7 Causas

Devido a uma solicitação da Defesa Civil Estadual, em companhia dos Oficiais do Corpo de Bombeiros e um geólogo, foi realizada uma vistoria entre os dias 26 e 27 de março de 1999 com objetivo de coletar uma amostra de solo da área em questão para designar os aspectos geológicos-geomorfológicos presentes e as causas que levaram a instabilização desta encosta. Foi constatado uma vertente de alta declividade, em torno de 35°. É inserido no contexto de relevo forte ondulado com solo profundo, com espessura média de 2,5 metros e apresenta composição areno-argiloso e uma segunda composição de substrato saprolítico, saibroso, sem blocos de rocha. Este fenômeno se enquadra no processo de escorregamento do tipo rotacional.

3.7.1 Causas antrópicas

- Corte do talude em sua base de sustentação para a implantação de rua
- Cargas demasiadas no sistema
- Edificações de grandes dimensões e sem uma orientação de um profissional qualificado

3.7.2 Causas naturais

- Qualidade do solo – areno argiloso – contendo areia e argila em sua composição
- Alta declividade do talude que é em torno de 35°
- Ruptura do talude ter gerado três planos de falhas.

3.8 Relatório de acompanhamento

Durante o período compreendido entre os dias 30/04/1999 a 30/07/1999, a secretaria de obras atuou no local do sinistro com o intuito de remover parte do material deslizado que bloqueava a rua B e ameaçava alguns imóveis nas imediações do ocorrido.

A remoção foi feita de forma a seguir os cuidados técnicos que foram recomendados para o caso, evitando, desta forma que novos deslizamentos ocorressem neste local. Durante este período de trabalho, foram aproximadamente 15.000m³ (quinze mil metros cúbicos) de escombros e terras que foram levados para uma área de descarte.

Cinco imóveis, que não sofreram ruína total, foram demolidos pois apresentavam riscos.

O quadro até então, apresentava a rua B, totalmente desobstruída. O talude na área do deslizamento encontra-se estável na sua periferia, exceto na parte mais alta, ponto em que se refere ao final da rua A após o nº 770, onde uma extensão de 45 metros do talude encontra-se com altura média de 11 metros, ângulo de 90° e permanece se propagando lentamente, com pequenas esfoliações, em direção à BR-393. A distância menor entre o talude e a estrada é de aproximadamente 28 metros. O DNER está ciente e monitora.

As atividades de apoio e controle da área do desastre continuavam em andamento e sendo monitoradas.

- Recolocação da rede elétrica da Light na rua A – já concluída
- Liberação do transporte coletivo na rua B – já atendido
- Sinalização da rua B – já atendido

No dossiê cedido pela Defesa Civil do município, consta uma reportagem de jornal que relata o fato de os proprietários dos imóveis que foram interditados solicitarem insistentemente em retornar às suas casas, alegando, principalmente, as dificuldades econômicas, conforme é possível observar na figura 18. Contudo, este retorno não foi autorizado e nenhum imóvel seria desinterditado em consequência

destas ameaças, somente em caso de laudo técnico que garantiria a segurança para habitabilidade.

Desabrigados voltam para área de risco

■ “Se eu não voltasse para o bairro, onde iria morar com meu filho?”, pergunta a dona de casa Denise Martins Paiva, 51 anos. A frase define bem o drama vivido pelos mais de 70 desalojados que tiveram suas casas destruídas no bairro Nove de Abril, na Periferia Leste de Barra Mansa. Sem ter para onde ir e sem condições de pagar aluguéis que variam entre R\$ 120 e R\$ 300, alguns deles começaram a retornar para a área de risco. Três meses depois do primeiro desabamento que destruiu 41 casas entre as ruas A e B, as máquinas ainda prosseguem com a retirada do entulho no bairro. Os moradores reclamam da demora na solução do problema. “Estamos sensíveis ao caso e constantemente alertamos os moradores que o risco de novos deslizamentos ainda é real”, disse ontem o coordenador da administração regional da prefeitura na Periferia Leste, Vicente Estevan.

Figura 18 - Jornal da cidade no ano de 1999.
Fonte: Defesa Civil (1999).

3.9 Estrutura de contenção

As estruturas de contenção são obras civis que tem por objetivo promover a estabilidade de um talude contra a ruptura de maciços de solo. Segundo Joppert Jr. (2007), estas estruturas são projetadas com a finalidade de resistir aos esforços horizontais que são os empuxos de terra e também aos esforços verticais dadas pelas cargas estruturais e quaisquer outros esforços que sejam provocados por estruturas vizinhas ou até mesmo equipamentos adjacentes.

3.9.1 Empuxos de terra

Empuxo de terra refere-se as solicitações que o solo exerce sobre uma estrutura e que dependem da interação solo-estrutura. Estas interações são através de forças horizontais e dividem-se em duas categorias. A determinação deste valor torna-se de extrema importância para a análise e projeto de obras de contenção.

A primeira categoria, denominada empuxo ativo (E_a), verifica-se quando o empuxo de terra que atua sob uma estrutura que resiste, mas tende a ceder uma determinada quantidade, ou seja, o solo empurra a estrutura, como está representado na figura 19(a).

Na segunda categoria, a estrutura que é empurrada contra o solo, chamada de empuxo passivo (E_p), como pode-se notar na figura 19(b).

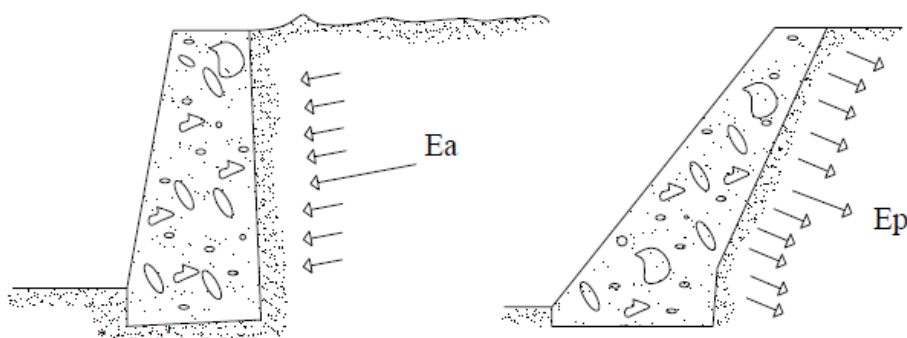


Figura 19 - (a) Empuxo ativo; (b) Empuxo passivo.
Fonte: Moliterno (1994)

3.9.2 Influência da água

A água é um dos principais fatores na análise das características do solo e conseqüentemente nas condições de receber uma obra. O nível de água presente no solo pode ser calculado através do teor de umidade.

Na maioria dos casos de acidentes que envolvem estruturas de contenção, está entre um dos principais causadores a alta quantidade de água no solo. Esta elevação pode ser gerada através, principalmente, por intermédio de um falho sistema de drenagem, em razão de, por exemplo, chuvas intensas. Nestas ocasiões, a estrutura de contenção passa a resistir também ao empuxo hidrostático devido a água, sendo este contrário a estabilidade.

3.9.3 Sistemas de drenagem

Para um desempenho satisfatório de uma estrutura de contenção, é de grande importância usufruir de sistemas de drenagem eficientes. Estes sistemas têm por objetivo evitar o desenvolvimento de pressões causadas pela elevação do nível d'água nos solos.

De forma geral, podem ser selecionados diversos dispositivos para o projeto de drenagem, variando de acordo com alguns fatores tais como a natureza da área, do tipo de material, das condições geométricas que o talude apresenta e etc.

3.9.4 Cortina atirantada

Segundo More (2003), a utilização deste tipo de contenção constitui na solução técnica mais apropriada em casos a se conter os esforços horizontais elevados provenientes de escavações com cuja altura seja grande, com um mínimo de deslocamento do maciço de solo e das estruturas vizinhas. As cortinas atirantadas de maneira geral, são paredes verticais constituídas de concreto armado e que dispõem de tirantes que são injetados no solo e solicitados a esforços de protensão.

3.9.5 Tirantes

Tirante é um elemento estrutural formado por um ou mais componentes resistentes a esforços de tração, que são transmitidos ao solo, tendo como objetivo ancorar massas de solo ou até mesmo blocos de rocha.

A extremidade que fica para fora do terreno é conhecida como cabeça enquanto a extremidade que fica enterrada é denominada bulbo de ancoragem. A parte que faz ligação entre a cabeça e o bulbo é conhecido como trecho livre ou comprimento livre, como mostra na figura 20.

Para efeito da Norma Brasileira NBR 5629/1996, o bulbo de ancoragem, em geral, é constituído por uma calda de cimento que tem como objetivo prover a aderência com o solo. No comprimento livre, não deve conter esta calda de cimento.

Ainda segundo a mesma norma, o tirante deve ter um comprimento livre de no mínimo 3 metros. Compreende-se que esta parte se refere a distância da cabeça ao início do bulbo, que transmitirá cargas ao terreno.

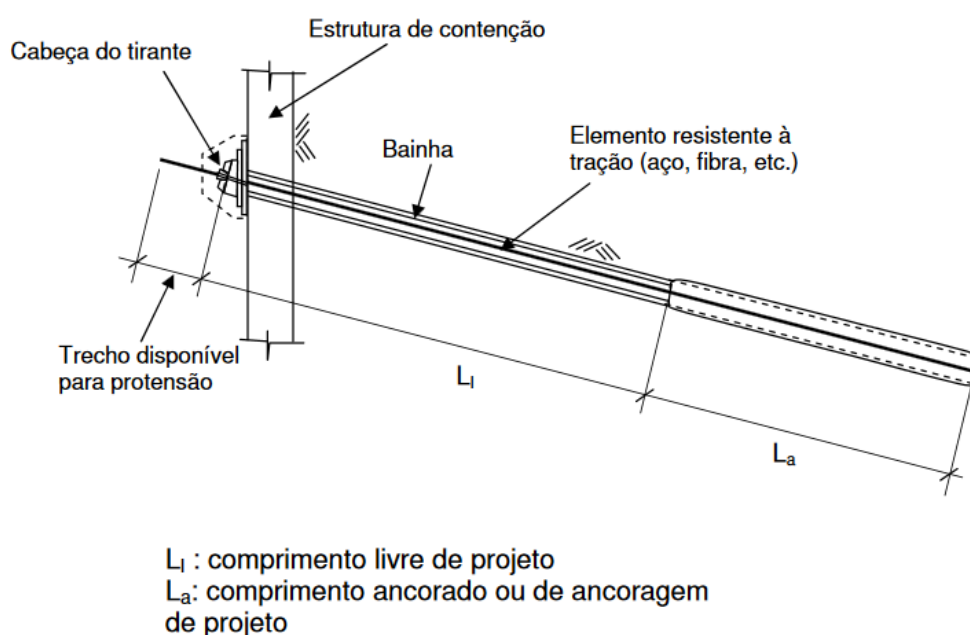


Figura 20 - Elementos de um tirante.
Fonte: ABMS (2013)

A área em questão encontra-se com uma obra de contenção executada e que, segundo relatos da Defesa Civil, não houveram novos movimentos de massa neste mesmo local desde então.

O tipo de contenção executada chama-se cortina atirantada que é localizada na parte superior do talude, como é possível observar na figura 22. E na parte inferior funcionando como elemento resistente de empuxo passivo, conhecida como muro de arrimo, como mostra na figura 23.



Figura 21 - Cortina atirantada executada como contenção no local.
Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).



Figura 22 - Contenção na parte inferior do talude.
Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

3.11 Considerações complementares

A partir dos dados obtidos e analisados, é possível afirmar que a área onde ocorreu o sinistro era imprópria para moradia. Torna-se evidente que um dos principais fatores que levaram esta área a ser considerada inadequada foi o aterro de material provindo dos cortes do talude artificial à montante da BR-393, como pode se observar na figura 24.



Figura 24 - Cortes do talude artificial à montanteda BR-393.
Fonte: Autor próprio (1999).

Inoportunamente, somente no ano de 1997, o DNER estabeleceu via norma rodoviária DNER-ES 282/97 especificações para a terraplenagem de aterros, em que devem ser atendidas determinadas recomendações.

A partir do ano de 2001 o DNER foi extinto, cedendo lugar ao DNIT que é vinculado ao Ministério da Infraestrutura, elaborando normas e manuais para os sistemas de transportes terrestres e aquaviários brasileiros.

É válido ressaltar que, de acordo com a DNIT 108/2009, para a execução de trabalhos de aterros em obras rodoviárias é necessário que este material apresente capacidade de suporte adequada e expansão menor ou igual a 4%, sendo determinados por intermédio dos seguintes ensaios:

- Ensaio de Compactação
- Ensaio de Índice de Suporte Califórnia – ISC

Estes ensaios têm por objetivo melhorar as propriedades do solo, diminuindo a quantidade de vazios presentes neste e também avaliar a sua resistência.

É conveniente salientar a importância dos processos de exploração e reconhecimento do solo que são feitos através de sondagens. Por intermédio destas, é possível descobrir as características, propriedades e resistência deste solo para que assim possa ter um dimensionamento correto de fundações, visto que servem de base para toda e qualquer edificação. Este processo é regido pela Norma Regulamentadora ABNT NBR 6484 – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio.

4 CONCLUSÃO

Determinadas atividades que o homem realiza no meio visando atender suas necessidades, não dão suporte para que este comporte tais adequações, gerando diversos impactos ambientais. Estas adequações, quando feitas em encostas, podem modificar seu equilíbrio, provocando sua instabilização e conseqüentemente induzindo em episódios de movimentos de massa. Embora sejam de origem natural, estes podem ser intensificados quando associados a determinadas ações antrópicas e por vezes ocasionando eventos catastróficos.

O caso abordado neste trabalho se encontra no loteamento Primeiro de Maio, localizado no bairro Nove de Abril, na cidade de Barra Mansa – RJ, onde houve um escorregamento de terra do tipo rotacional em que foram desmornados vinte e quatro imóveis, treze imóveis danificados, treze preservados e deixando noventa e uma pessoas desalojadas por consequência deste.

Foram realizadas investigações sobre as causas que desencadearam a instabilidade desta encosta, que no estudo de caso deste trabalho constam os fatores naturais associados a ações antrópicas. Foi ressaltado também, como consideração complementar, que é evidente que o material deslizado foi provindo dos cortes do talude artificial à montante da BR-393, tornando assim, uma região inadequada de bota-fora.

A Defesa Civil é responsável pela elaboração do mapeamento das áreas de risco, que tem uma atuação importante como instrumento utilizado na prevenção de desastres naturais. Neste âmbito, é fundamental que exista uma identificação criteriosa e análise dos riscos que são associados aos escorregamentos, visto que, a tendência é minimizar e prevenir a ocorrência destes eventos.

Compreende-se que, as ações preventivas são de suma importância e têm o poder de reduzir ou até mesmo extinguir a existência das conseqüências que este tipo de ocorrência pode causar. Observa-se também que, é de grande relevância que estas áreas de risco sejam de critério de interferência nas políticas públicas de uso e ocupação do solo, visto que a regulamentação destas ações pelo Poder Público pode diminuir este tipo de situação, no sentido de atuar na minimização dos índices de desastres. Portanto, conclui-se que a interferência do poder público através de ações

preventivas é capaz de resguardar e evitar casos como o deste trabalho e diversas outras ocorrências de desastres, em prol da garantia de bem-estar de seus habitantes.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5629: **Execução de tirantes ancorados no terreno** – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT 1996. Acesso em: 04/09/2019.

AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas**: uma proposta metodológica. Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas. Vol. 2. Rio de Janeiro: ABMS-ABGE-ISSMGE, 1992. Acesso em: 02/03/2019.

BAPTISTA, G. M. M. **Diagnóstico ambiental de Erosão Laminar**: modelo geotecnológico e aplicação. Brasília: Editora Universa, 2003. Acesso em: 24/07/2019.

BIGARELLA, J.J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. Acesso em: 22/06/2019.

BRASIL. Constituição, 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Acesso em: 29/08/2019.

BRASIL, **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Parcelamento do Solo Urbano. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766.htm> Acesso em: 01/09/2019.

CARVALHO, C. S.; GALVAO, T. **Prevenção de riscos de deslizamento em encostas: guia para elaboração de políticas municipais**. Brasília: Ministério das Cidades, 2006. Disponível em: <<http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/prevencaoriscos.pdf>> Acesso em: 01/03/2019.

CERRI, L.E.S. e AMARAL, C.P. **Riscos geológicos**. Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. Acesso em: 14/06/2019.

DNER. **Terraplenagem – aterros**. Procedimento: DNER-ES 282/97. Rio de Janeiro, 1997. Acesso em: 09/09/2019.

DNIT. **Aterros – especificações de serviço**. Procedimento: DNIT108:2009. Rio de Janeiro, 2009. Acesso em: 09/09/2019.

FERNANDES, N. F. e AMARAL, C. P. **Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Acesso em: 02/06/2019.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY; GREENBERG, H. **Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis**. v.1. Uberlândia: Revista Brasileira de Geomorfologia, 2001. Acesso em: 03/03/2019.

FILHO, O. A.; VIRGILI, J. C. **Estabilidade de Taludes**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. Acesso em: 02/06/2019.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M.S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. Acesso em: 25/05/2019.

GUIDICINI, G. e NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. 1 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1976. Acesso em: 19/06/2019.

GUIDICINI, G. e NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1984. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/21317462/estabilidades-de-taludes-naturais-e-de-escavacao>>. Acesso em: 16/06/2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resultados do censo 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 03/08/2019.

INFANTI JR. N. e FORNASARI FILHO, N. **Processos de Dinâmica Superficial**. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. Acesso em: 19/06/2019.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. **Manual de ocupação de encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991. Acesso em: 19/06/2019.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Ministério das Cidades. **Mapeamento de áreas de risco em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. Disponível em: <<http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>>. Acesso em: 15/08/2019.

JOPPERT, I. Jr. **Fundações e contenções de edifícios: qualidade total na gestão do projeto e execução**. São Paulo: PINI, 2007. Acesso em: 28/08/2019.

LEROUEIL, S.; VAUNAT, J.; PICARELLI, L.; LOCAT, J.; LEE, H.; e FAURE, R. **Geotechnical characterization of slope movements**. Trondheim, 1996. Acesso em: 25/06/2019.

MARANGON, M. **Notas de aula: Tópicos em Geotecnia e Obras de terra**. UFJF, 2006. Disponível em: <http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_Unid03-GeoContencoes-Parte01-2006-2.pdf> Acesso em: 27/05/2019.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco**. Brasil, 2004. Disponível em <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/mapeamento/mapeamento-grafica.pdf>>. Acesso em: 24/07/2019.

MORE, J. Z. P. **Análise numérica do comportamento de cortinas atirantadas em solos**. Dissertação de mestrado – Departamento de Engenharia Civil, PUC – RJ, 2003. Acesso em: 01/09/2019.

PARIZZI, M.G. **Condicionantes e mecanismos de ruptura em taludes da região metropolitana de Belo Horizonte**. Tese de Doutorado, UFOP. Minas Gerais, 2004. Acesso em: 20/06/2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA MANSA. Disponível em: <<https://www.barramansa.rj.gov.br/>>. Acesso em: 11/08/2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA MANSA. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos**. Disponível em <http://www.sigaceivap.org.br:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Processo_149-2017_P3.pdf>. Acesso em: 12/08/2019.

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP**. 2007. Tese de Doutorado em Geografia Física - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Acesso em: 23/02/2019.

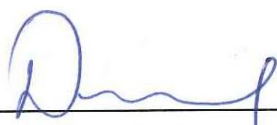
TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/21968537/livro-desastres-naturais>>. Acesso em: 23/02/2019.

VARNES, D. J. **Slope Movement and Types and Processes**. National Academy of Sciences. Washington DC, 1978. Acesso em: 08/04/2019.

ANEXO 1

CARTA DE AUTORIZAÇÃO PARA USO DE DADOS

Eu, Sérgio Luís de Souza Mendes, Coordenador da Defesa Civil de Barra Mansa, venho por meio deste, autorizar a aluna Luanna Pedroso Mendonça a utilizar em citações e descrições, os métodos e processos utilizados neste órgão, que estejam vinculados ao tema a ser abordado em sua Monografia intitulada como “Escorregamentos de terra: O caso do bairro Nove de Abril – Barra Mansa 1999” desde que a aluna, assegure ao final da pesquisa, encaminhar um volume do trabalho com as abordagens e conclusões do referido Trabalho Acadêmico.



Sérgio Luís de Souza Mendes

Sérgio Luís de Souza Mendes
Coordenador de Defesa Civil
Barra Mansa/RJ Mat. 17393

Rio de Janeiro, 19 de agosto de 2019.

ANEXO 2

RELATÓRIO DE DANOS DE IMÓVEIS DESTRUÍDOS

Nº		Observação	Características
1	Rua B, nº. 793	Térreo	Apto. com 1 quarto, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.
2	Rua B, nº. 793	2º Pvto.	Apto. com 2 quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço e dispensa.
3	Rua B, nº. 794	Loja	Loja com 9m ² construídos.
4	Rua B, nº. 795	Casa 1	Casa de 1 quarto, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.
5	Rua B, nº. 795	Casa 2	Casa de 1 quarto, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.
6	Rua B, nº. 795	Casa 3	Casa de 1 quarto, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.
7	Rua B, nº. 795	Casa 4	Casa de 1 quarto, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.
8	Rua B, nº. 795	Casa 5	Casa de 1 quarto, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.
9	Rua B, nº. 795	Casa 6	Casa de 1 quarto, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.
10	Rua B, nº. 795	Apto. 1	Apto. com 2 quartos, sala, cozinha, área de serviço, banheiro. Obra em fase de acabamento superficial interno e externo.
11	Rua B, nº. 795	Apto. 2	Apto. com 2 quartos, sala, cozinha, área de serviço, banheiro. Obra em fase de acabamento superficial interno e externo.
12	Rua B, nº. 797	Loja	Loja com 80m ² .
13	Rua B, nº. 800	Loja	Loja com 12m ² construídos.
14	Rua B, nº. 807	Frente	Casa com 2 quartos, sala, cozinha, banheiro e varanda.
15	Rua B, nº. 807	Fundos	Casa com 2 quartos, sala, cozinha, banheiro e varanda.
16	Rua B, nº. 831	Templo	Construção com púlpito, congregação, 2 banheiros e garagem.
17	Rua B, entre nº. 831 e 845.	-	Terreno baldio - vizinhos informaram que está alienado ou empenhado na Caixa Econômica Federal.
18	Rua B, nº. 845	Loja	Loja com 294m ² , 4 portas, escada para o 2º pavimento e fundação para 06 andares.

19	Rua A, nº. 788	1º Pvlo.	Casa com 2 quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço, terraço e varanda.
20	Rua A, nº 788	2º Pvlo.	Casa com 2 quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço, terraço e varanda.
21	Rua A, nº. 798	1º Pvlo.	Casa com 2 quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço e garagem.
22	Rua A, nº. 798	2º Pvlo.	Casa com 1 quarto, sala, cozinha, banheiro, área de serviço, terraço e garagem.
23	Rua A, nº. 804	-	Casa com 2 quartos, sala, cozinha, terraço, banheiro, área de serviço, garagem e hall.
24	Rua A, nº. 808	-	Casa com 2 pvtos., 4 quartos, sala, cozinha, 2 banheiros, varanda e garagem.

ANEXO 3

RELATÓRIO DE DANOS DE IMÓVEIS DANIFICADOS

Nº	Endereço	Observação	Características	Avarias
25	Rua B, nº. 783	Apto. 01 em condição segura de habitabilidade	2 quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço, varanda e garagem.	Parede lateral, incluindo a da garagem, desmoronadas. Localizada ao lado da terra deslizada.
26	Rua B, nº. 783	Apto. 02 em condição segura de habitabilidade	2 quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço e garagem.	Parede lateral rachada e parcialmente desmoronada. Localizada ao lado da terra deslizada.
27	Rua B, nº. 783	Apto. 03 em condição segura de habitabilidade	2 quartos, sala, copa, cozinha, banheiro, hall, varanda e garagem.	Parede lateral danificada e semi-desabada. Localizada ao lado da terra deslizada.
28	Rua B, nº. 792	Casa 2	1 quarto, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.	Rachaduras na parede do beiral acima da laje.
29	Rua B, nº. 792	Casa 3	1 quarto, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.	Pequena rachadura acima da janela frontal.
30	Rua B, nº. 794	Térreo	2 quartos, sala, copa, cozinha e banheiro.	Muro frontal destruído; parede frontal danificada.
31	Rua B, nº. 794	2º Pvto.	2 quartos, sala, copa, cozinha e banheiro.	Frontal danificado e rampa de acesso à sala destruída.
32	Rua B, nº. 800	Casa 1	2 quartos, sala, cozinha, banheiro e terraço.	Danos nas paredes frontais e terraço semi-desabado (50%)
33	Rua B, nº. 830	-	2 quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço e varanda.	Apresenta rachaduras nas paredes frontais e laterais e piso interior.
34	Rua B, nº. 842	Casa	2 pvtos., 3 quartos, sala, cozinha, banheiro, varanda, terraço e garagem.	Muro parcialmente desabado e frontal bastante danificado, piso do quintal (a frente) e paredes internas e externas com rachaduras.
35	Rua B, nº. 855	Loja em condição segura de habitabilidade	Loja com 70m², 3 portas.	Parede lateral danificada, localizada em frente da terra deslizada.
36	Rua B, nº. 855	Sobrado em condição segura de habitabilidade	Apto, sala, 3 quartos, cozinha, banheiro e área de serviço.	Parede lateral danificada, localizada em frente da terra deslizada.

ANEXO 4

RELATÓRIO DE DANOS DE IMÓVEL DANIFICADO E INTERDITADO

Nº	Endereço	Observação	Características	Avarias
37	Rua B, nº. 792	Casa 1	Casa com 1 quarto, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.	Parede lateral e interna da sala com grandes rachaduras.

Cabe ressaltar que neste relatório, não foi informado sobre as atuais condições deste. Portanto, não é possível ter o conhecimento de sua situação.

ANEXO 5

RELATÓRIO DE DANOS DE IMÓVEIS EM CONDIÇÕES DE HABITABILIDADE

Nº	Endereço	Observação	Características
38	Rua A, nº. 770	Casa 1	Casa com 3 quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço, varanda e terraço. Posicionada a aproximadamente 7m do talude.
39	Rua A, nº. 770	Casa 2	Casa (subsolo da casa 1) com 3 quartos, sala, cozinha, área de serviço, varanda e terraço. Posicionada a aproximadamente 7m do talude.
40	Rua B, nº. 771	-	Casa com sala, copa, cozinha, banheiro e o 2º pvto. em construção
41	Rua B, nº. 780	-	Loja com 96m ² mais pátio com 300m ² .
42	Rua B, nº. 786	Sobrado	Apto. com 2 quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço. Em construção.
43	Rua B, nº. 786	Loja/térreo	Loja com 2 portas.
44	Rua B, nº. 794	Casa 3	Casa de fundos com 1 quarto, sala, cozinha e banheiro.
45	Rua B, nº. 800	-	Casa com 1 quarto, sala, cozinha, banheiro, área de serviço e 2º pvto. em construção.
46	Rua B, nº. 800	Fundos	Cômodo com aproximadamente 10m ² , com porta e janela, construído em alvenaria.
47	Rua B, entre nº. 842 e 868.	-	Terreno baldio sem alteração topográfica.
48	Rua B, nº. 855	Fundos	Casa com sala, 3 quartos, banheiro, cozinha, área de serviço e varanda.
49	Rua B, nº. 868	Frente	Casa com 2 quartos, sala, cozinha, banheiro, copa, área de serviço, lavanderia, sótão e terraço.
50	Rua B, nº. 868	Fundos	Casa com 2 pavimentos, 3 quartos, 2 salas, banheiro, cozinha, área de serviço e garagem.