

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA
DIRETORIA DE ENSINO
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR**

Ricardo Alberto Dummel

Classificação, causas e avaliação de áreas de risco de escorregamentos

DUMMEL, Ricardo Alberto. Classificação, causas e avaliação de áreas de risco de escorregamentos. Curso de Formação de Oficiais. Biblioteca CEBM/SC, Florianópolis, 2015.

**Florianópolis
Dezembro 2015**

CLASSIFICAÇÃO, CAUSAS E AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTOS

Ricardo Alberto Dummel ¹

RESUMO

O presente trabalho faz um estudo sobre os escorregamentos, sua classificação, causas e condicionantes e como avaliar áreas suscetíveis a deslizamentos, tendo como objetivo demonstrar o que se pode fazer a fim de diminuir os efeitos desse evento crítico. Para obtenção dos dados foram consultados materiais já publicados no que se referem a escorregamentos. Tal pesquisa possibilitou verificar a importância da atuação preventiva através de identificação das principais causas e condicionantes para esse desastre ocorrer, sendo que raramente um escorregamento está associado a um único e definitivo fator condicionante, logo, deve-se observá-lo como o produto de uma cadeia de fatores e efeitos que acabam determinando seu desencadeamento. Além disso, a correta identificação dos elementos responsáveis pelo surgimento de escorregamentos é fundamental para a adoção de medidas corretivas ou preventivas mais corretas do ponto de vista técnico e econômico. Na conclusão, frisa-se a relevância de saber a classificação dos escorregamentos e suas causas e condicionantes naturais, antrópica ou ambas. Desta forma, consegue-se evitar ou prevenir algum evento similar desse porte que já ocorreu ou que possa vir a acontecer. Finalmente, recomenda-se que as cidades busquem identificar áreas suscetíveis e realizar mapas de risco e vulnerabilidade dessas áreas com o auxílio de ferramentas tecnológicas de avaliação.

Palavras-chave: Escorregamentos. Classificação. Causas. Condições. Avaliação.

¹ Cadete do 1º Pel/ABM/CEBM

1 INTRODUÇÃO

Fenômenos naturais, como escorregamentos (ou deslizamentos) e inundações, fazem parte da dinâmica terrestre e são processos constantes na história do nosso planeta, ou seja, as manifestações extremas do clima sempre ocorreram.

De acordo com o levantamento das ocorrências de desastres no país, os eventos com maior impacto e recorrência no Brasil são os deslizamentos e inundações (UFSC, 2011), por isso o foco deste artigo nos escorregamentos.

Da mesma forma, o rápido crescimento urbano e seus efeitos sobre o meio ambiente tem sido a causa de variados problemas enfrentados na sociedade. Juntamente com as mudanças climáticas, tem-se notado o aumento da intensidade e frequência de eventos naturais catastróficos registrados nos últimas décadas e, aumento maior ainda, nos últimos anos. Em relação à crescente desses eventos, as instabilidades em encostas são circunstâncias suscetíveis sujeitas a modificações por agentes naturais ou antrópicas, gerando os escorregamentos e resultando em danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

Diante do referenciado anteriormente, a identificação, análise e mapeamento de áreas de risco de escorregamentos, antes do acontecimento de um desastre, colaboraria para o surgimento de uma sociedade mais preparada para o enfrentamento desses eventos críticos?

Em busca de uma resposta satisfatória para o problema acima mencionado temos como objetivo principal para este trabalho demonstrar a importância da identificação, análise e mapeamento de áreas de risco de escorregamentos para a sociedade, bem como ser uma ferramenta auxiliar na gestão de risco de desastres, atuando de forma preventiva, visando diminuir a intensidade das consequências de um desastre.

Para cumprir o objetivo, a técnica de pesquisa a ser utilizada no artigo é a documentação indireta, através da pesquisa documental e pesquisa bibliográfica, utilizando-se de material já publicado, retirando informações necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

A justificativa para a elaboração desse artigo está na importância da prevenção e preparação para profissionais que atuam na área de escorregamentos, bem como para comunidades que estão suscetíveis a esse tipo de desastre de ordem natural que, com o

crescimento populacional dos centros urbanos e a construção de residências em áreas de risco, enfrentam a incerteza e momentos de tensão quando ocorre um período prolongado de chuvas que permita vir a originar um desastre em suas localidades.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Antes de começar a falar sobre escorregamentos é fundamental conhecer o que é Defesa Civil. Castro (1999) a define como sendo o conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais, reabilitadoras e reconstrutivas destinadas a evitar ou minimizar desastres, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social, tendo como finalidade promover a segurança global da população, em circunstâncias de desastres naturais, antropogênicos e mistos.

Continuando na mesma linha de raciocínio, desastre para Defesa Civil de Santa Catarina (2013, p. 9) consiste em “uma séria interrupção no funcionamento de uma comunidade ou sociedade, com impactos sobre pessoas, bens, economia e meio ambiente que excede a capacidade dos afetados para lidar com situação mediante o uso de seus próprios recursos”. Nesse sentido, o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina atua junto com a Defesa Civil do Estado em situações que envolvem busca e salvamento em desastre, bem como na prevenção e mitigação voltada para eventos adversos.

De acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), os movimentos de massa (escorregamentos) estão na categoria de desastres naturais do tipo geológico. Esses movimentos estão relacionado com os deslocamentos rápidos de solo e rocha de uma encosta onde há o deslocamento para fora e para baixo do centro de gravidade deste material. Quando esses movimentos se dão de forma imperceptível e ao longo do tempo, chamamos de rastejo (TERZAGHI, 1952 *apud* UFSC, 2013).

De acordo com Tominaga (2007), os movimentos de massa estão arrolados a condicionantes geológicos e geomorfológicos, aspectos climáticos e hidrológicos, vegetação e à ação do homem (formas de uso e ocupação do solo). Esse tipo de desastre é de grande relevância pois está diretamente relacionado com a intervenção na evolução das encostas e com as consequências socioeconômicas relacionadas aos seus impactos.

2.1 Classificação dos movimentos de massa

Os movimentos de massa são classificados considerando-se diferentes critérios, tais como a velocidade, o tipo de material e a geometria da massa mobilizada. Dentre as classificações mais usuais, destaca-se a de Varnes (1978). Essa classificação foi ajustada à dinâmica ambiental brasileira por Augusto Filho (1992), onde o autor relacionou os diferentes tipos de movimentos com suas características, material envolvido e geometria, conforme apresentados no quadro abaixo:

Figura 01: Classificação e características dos escorregamentos.

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO/MATERIAL/GEOMETRIA
RASTEJO (CREEP)	<ul style="list-style-type: none"> vários planos de deslocamento (internos) velocidades muito baixas a baixas (cms/ano) e decrescentes c/ a profundidade movimentos constantes, sazonais ou intermitentes solo, depósitos, rocha alterada/fraturada geometria indefinida
ESCORREGAMENTOS (SLIDES)	<ul style="list-style-type: none"> poucos planos de deslocamento (externos) velocidades médias (m/h) a altas (m/s) pequenos a grandes volumes de material geometria e materiais variáveis: <p>PLANARES: solos poucos espessos, solos 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>
QUEDAS (FALLS)	<ul style="list-style-type: none"> sem planos de deslocamento movimento 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. <p>ROLAMENTO DE MATAÇÃO</p> <p>TOMBAMENTO</p>
CORRIDAS (FLOWS)	<ul style="list-style-type: none"> muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação) 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: Augusto Filho, 1992 *apud* Brasil (2013)

2.2 Causas e condicionantes dos escorregamentos

Os escorregamentos ocorrem sob a influência de condicionantes naturais, antrópicos, ou ambos. Com o intuito de evitar e controlar escorregamentos similares, deve-se entender as

causas destes processos. Os condicionantes naturais podem ser separados em dois grupos, o dos agentes predisponentes e o dos agentes efetivos.

Os agentes predisponentes, para Brasil (2007), são o conjunto das características inerentes ao meio físico natural, podendo ser diferenciados em relação ao comportamento das rochas, perfil e espessura do solo em função da maior ou menor resistência da rocha ao intemperismo (complexo geológico geomorfológico) e em relação ao intemperismo físico-químico e químico (complexo hidrológico climático). Além desses, podem constar nesse grupo a gravidade e a vegetação natural. Por outro lado, os agentes efetivos são elementos estreitamente relacionados com a ocorrência dos movimentos de massa, sendo estes divididos em imediatos (chuva intensa, vibrações, fusão do gelo e neves, erosão, terremotos, ondas, vento, ação do homem, etc.) e em preparatórios (pluviosidade, erosão pela água e vento, congelamento e degelo, variação de temperatura e umidade, 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).

Ainda sobre os condicionantes naturais, Brasil (2007, p. 41) diz que, além dos citados, outros que assumem grande relevância são as “características intrínsecas dos maciços naturais (rochosos e terrosos), a cobertura vegetal, a ação das águas pluviais (saturação e/ou elevação do lençol freático, geração de pressões neutras e forças de percolação, distribuição da chuva no tempo), além dos processos de alteração da rocha e de erosão do material alterado”.

Já sobre os condicionantes antrópicos, os principais desencadeadores de deslizamentos são: a remoção da cobertura vegetal, lançamento e concentração de águas pluviais e/ou servidas, vazamento na rede de água e esgoto, presença de fossas, execução de cortes com alturas e inclinações acima de limites tecnicamente seguros, execução deficiente de aterros (compactação, geometria, fundação), execução de patamares (“aterros lançados”) com o próprio material de escavação dos cortes, que são lançados sobre o terreno natural, lançamento de lixo nas encostas/taludes, retirada do solo superficial expondo horizontes mais suscetíveis, gerando processos erosivos e elevando o fluxo de água na massa do solo (BRASIL, 2007).

Em se tratando de áreas de assentamentos precários urbanos, um grande impasse apresentado é a implementação de obras que provocam a obstrução da drenagem natural, levando a saturação do solo e à redução de sua resistência, o que acaba sendo intensificado

pelo arremesso de detritos e lixo, e pela ação das chuvas de verão. Por esses fatores, é muito difícil que ocorra situações onde um deslizamento está sendo associado a um único e determinado fator condicionante. Deve-se observar o escorregamento como o resultado de uma série de fatores e efeitos que acabam determinando seu acontecimento. Sua identificação necessita dos elementos responsáveis pelo desencadeamento dos deslizamentos e dos processos que estão relacionados, a fim de adotar as medidas corretivas ou preventivas mais corretas, garantindo maior exatidão do ponto de vista técnico e econômico (BRASIL).

2.3 Ferramentas tecnológicas para avaliação de escorregamentos

Uma avaliação de riscos de deslizamento pode estar relacionada com registros do passado para uma correta análise do futuro. Assim, avaliar a possibilidade de futuros deslizamentos está atrelado ao reconhecimento de estruturas geológicas, que, juntamente com aspectos geomorfológicos e hidrológicos, foram os causadores de ocorrências de desastres no passado. Porém, em determinada área que nunca ocorreu algum evento no passado, não se pode descartar a possibilidade de acidentes no futuro.

Diante disso, o aumento da suscetibilidade de uma área propensa a deslizamentos está diretamente relacionado com a ação do homem, como modificações na topografia natural ou condições hidrológicas. Para isso, o uso de ferramentas tecnológicas permite a monitoração dos movimentos de massa, a definição de áreas mais suscetíveis a deslizamentos e a emissão de avisos de “alertas”, que compreendam períodos de horas a dias, quando atingidas as condições meteorológicas ou limites conhecidos por aumentar ou iniciar certos tipos de deslizamentos (UFSC, 2011).

UFSC (2011) afirma que uma das primeiras ações a serem tomadas para a avaliação de deslizamento, seria a análise de mapa. Os mapas necessários para essas análises são os geológicos, topográficos, pedológicos e geomorfológicos. A partir da análise desses documentos, consegue-se obter informação sobre suscetibilidade a deslizamentos. Além disso, os mapas são ferramentas que beneficiam o levantamento de informações sobre riscos de deslizamentos. Mapas de riscos em conjunto com mapas de uso do solo são instrumentos fundamentais de planejamento.

Em relação ao reconhecimento aéreo, UFSC (2011, p. 15 e 16) destaca que:

A análise de fotografias aéreas é uma técnica rápida e útil para identificar deslizamentos, porque fornece uma visão tridimensional do terreno, indica as atividades humanas, e informações geológicas valiosas para um especialista. O reconhecimento aéreo é versátil pela disponibilidade de diversos tipos de imagens (por satélite, infravermelho, radar, entre outros). Alguns são de custo proibitivo. Em Santa Catarina, especialistas em deslizamentos que atuam em respostas às demandas da Defesa Civil Estadual, Defesa Civil de municípios, têm empregado com sucesso os sobrevôos realizados em helicópteros da Polícia Militar e do Corpo de Bombeiros Militar para obter foto oblíqua do terreno. Estes documentos são obtidos de maneira rápida e foram e são muito úteis desde os eventos que afetaram o Vale do Itajaí, em novembro de 2008. [...]

Após mapas e outras formas de informação serem sobrepostos por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), há a possibilidade de uma visualização integrada dos distintos tipos de informação existentes. Não possuindo o recurso SIG, pode-se elaborar transparências de cada mapa e, desta forma, sobrepor-las de modo conjunto. É fundamental que os documentos apresentem a mesma escala. Seguem os tipos de documentos úteis para análise do potencial de deslizamento pelo SIG (UFSC, 2011):

- Mapa topográfico: indica declividade, drenagem, forma do relevo.
- Mapa do terreno: envolve tipo de material, profundidade, processos geológicos.
- Mapa de substrato: identifica o tipo substrato rochoso, estruturas geológicas, cobertura superficial, entre outros.
- Mapa geotécnico: identifica características do solo, tipo de material superficial, drenagens, etc.
- Mapa da Cobertura Vegetal: identifica as variedades de vegetais que ocorrem na área sinistrada, características topográficas, padrão de drenagem de superfície, etc.
- Sensoriamento Remoto de Fotografia Aérea: Permite definir características perceptíveis nas fotografias aéreas que podem ajudar os usuários a identificar o tipo de deslizamento de terra e desenvolver uma avaliação adequada da área afetada.
- Imagens de satélites: Vários tipos de imagens digitais, como InSAR, LiDAR, LandSat, CBERS, etc.

Para UFSC (2011, p. 16 e 17), “o reconhecimento de campo é sempre obrigatório para verificar ou detectar características de deslizamento e para avaliar o potencial de instabilidade de taludes vulneráveis”. Isso possibilita o mapeamento das áreas onde já houve

deslizamentos, além da coleta de amostras de rochas e solos para ensaios de caracterização mineralógica e geomecânica do solo.

A sondagem também se faz necessária em diversos locais a fim de descobrir os tipos de materiais que constituem o solo do talude. Também, somado a isso, é possível identificar a profundidade em relação à superfície de ruptura do deslizamento, a espessura e geometria da massa deslizada, o nível freático e o grau de perturbação dos materiais presentes, permitindo a instalação de instrumentos que auxiliam no monitoramento da encosta (UFSC, 2011).

Em relação à instrumentação, além de métodos sofisticados, tal como medição eletrônica de distância (MED), UFSC (2011, p. 17) afirma que “instrumentos como inclinômetros, extensômetros, medidores de tensão, piezômetros podem ser usados para determinar a mecânica do movimento de massa, para monitorar e alertar contra riscos de ruptura iminente da encosta”.

Levantamentos geofísicos, através de técnicas geofísicas (medição de condutividade/resistividade elétrica do solo, ou medição do comportamento sísmico induzido) costumam ser usados para determinar algumas características do subsolo. No estado de Santa Catarina, utiliza-se a eletrorresistividade em mapeamento de áreas afetadas por deslizamentos, mostrando a relevância da técnica em uma elaboração mais adequada dos projetos executivos e focada às atividades mitigadoras (UFSC, 2011).

Para definir a classe de suscetibilidade para movimentos gravitacionais de massa, deve-se dispor de registro fotográfico de um local visando apresentar na paisagem definida as predisposições para tal tipo de evento, as características marcantes do meio físico e os indicadores da incidência espacial, em relação ao território municipal e às áreas urbanizadas, expressos em área (km² e %), e, de acordo com os parâmetros (forma das encostas, amplitudes, declividades, litologia, densidade de lineamentos, solos e processos de escorregamentos) descritos e obtidos pela incidência na área, de acordo com os mapas temáticos, caracterizar cada classe. Segue, abaixo, um exemplo de quadro-legenda de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa (IPT; CPRM, 2014).

Figura 02: Estrutura geral do quadro-legendas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa.

Classe de suscetibilidade	Foto ilustrativa	Características predominantes	Área		Área urbanizada/edificada	
			km ²	% (*)	km ²	% (**)
Alta		<ul style="list-style-type: none"> • Relevo: serras e morros altos; • Forma das encostas: retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceiras de drenagem abruptos; • Amplitudes: 50 a 500 m; • Declividades: > 25°; • Litologia: sedimentos arenosos e conglomerados, com intercalação de sedimentos silício-argilosos; • Densidade de lineamentos/estruturas: alta; • Solos: pouco evoluídos e rasos; e • Processos: deslizamento, corrida de massa, queda de rocha e rastejo. 	94,9	37,5	0,8	7,6
Média		<ul style="list-style-type: none"> • Relevo: morros altos, morros baixos e morrotes; • Forma das encostas: convexas a retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceira de drenagem; • Amplitudes: 30 a 100 m; • Declividades: 10 a 30°; • Litologia: gnaisses granulíticos ortoderivados com porções migmatíticas; • Densidade de lineamentos/estruturas: média; • Solos: evoluídos e moderadamente profundos; e • Processos: deslizamento, queda de rocha e rastejo. 	42,1	16,7	1,3	12,2
Baixa		<ul style="list-style-type: none"> • Relevo: planícies e terraços fluviais/marinhos e colinas; • Forma das encostas: convexas suavizadas e topos amplos; • Amplitudes: < 50 m; • Declividades: < 15°; • Litologia: cascalho, areia e argila de planícies aluvionares recentes; • Densidade de lineamentos/estruturas: baixa; • Solos: aluviais/marinhos; evoluídos e profundos nas colinas; e • Processos: deslizamento, queda de rocha e rastejo. 	115,9	45,8	8,6	80,2

(*) Porcentagem em relação à área do município. (**) Porcentagem em relação à área urbanizada/edificada do município.

Fonte: IPT; CPRM (2014).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise de conteúdo, podemos verificar que cada um possui papel importante no que se refere a minimização dos efeitos gerados por escorregamentos, onde o repasse de informações básicas a sociedade, com o intuito da proteção e prevenção, é fundamental para a redução dos efeitos danosos de um evento que possa vir a ocorrer.

Dentre essas informações que são úteis para os municípios e população que reside em áreas vulneráveis a escorregamentos, pode-se destacar as causas e condicionantes que dos deslizamentos, que são divididos em naturais, antrópicos ou um conjunto dos dois, e apresentam a finalidade de evitar ou prevenir algum evento similar desse porte já ocorrido ou que possa vir a acontecer.

Além disso, em razão dos desastres estarem ocorrendo com mais frequência nos últimos anos, a gestão de risco de desastre entra na área dos deslizamentos como uma ferramenta para avaliar esses eventos através de acontecimentos passados, para buscarmos a correta análise do futuro com o apoio de mapeamentos de áreas suscetíveis, monitoramento constante, sem esquecer das previsões meteorológicas, a fim de estarmos preparados para um evento dessa natureza com o mínimo de dano possível.

Por fim, estudos geológicos, topográficos, pedológicos e geomorfológicos devem ser feitos nos municípios para identificar áreas suscetíveis e realizar mapas de risco e vulnerabilidade dessas áreas. Através de ferramentas tecnológicas como sensoriamento remoto, reconhecimento aéreo, imagens de satélite, mapas, sondagens, entre outros, consegue-se fazer a avaliação de possíveis escorregamentos e, assim, buscar a prevenção e a preservação da vida.

4. REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT . **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios** / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007 . 176 p.

_____. Ministério das Cidades. **Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco**. Disponível em <<http://docplayer.com.br/2465879-Ministerio-das-cidades-capacitacao-em-mapeamento-e-gerenciamento-de-risco.html>>

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de Planejamento em Defesa Civil**. Volume I. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil,1999.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT); Serviço Geológico do Brasil (CPRM). **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações** : 1:25.000 (livro eletrônico): nota técnica explicativa / coordenação Omar Yazbek Bitar. 2014.

SANTA CATARINA. Defesa Civil. **Gestão de risco de desastres**. Santa Catarina: Defesa Civil, 2013.

TOMINAGA L. K. **Avaliação de metodologia de análise de risco a escorregamento**: aplicação de um ensaio em Ubatuba, 2007. 220 p. Tese (Doutorado). Departamento de

Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo/SP. São Paulo, 2007.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012** / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 168 p.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Centro Universitário de Pesquisa e Estudos sobre Desastres. **Gestão de desastres e ações de recuperação** / [Organização Janaína Rocha Furtado]. - Florianópolis: CEPED UFSC, 2014. 242 p.