

CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DOS CONDICIONANTES UTILIZADOS EM PESQUISAS ENVOLVENDO MOVIMENTOS DE MASSA

Roberto Carlos Pinto¹

Everton Passos²

Sony Cortese Caneparo³

RESUMO

Os movimentos de massa são episódios importantes dentro da dinâmica de evolução da paisagem e quando ocorrem em áreas habitadas, eventos de grande magnitude, geralmente provocam elevados prejuízos socioeconômicos e por vezes ambientais. São processos desencadeados por uma série de condicionantes que se apresentam intrínsecos e correlacionados, de ordem natural, podendo ser potencializados pela ação antrópica. Analisando diversos estudos que abordam à temática em suas variadas propostas, este artigo tem como objetivo principal apresentar um quadro demonstrativo com dados referentes à utilização das variáveis/condicionantes avaliadas nessas pesquisas, apresentando de forma sistematizada e organizada de modo que o leitor tenha possibilidade e mais facilidade de adquirir informações referentes ao tema. Nesta perspectiva, além das contribuições dos referenciais clássicos, foram consultados um total de 36 pesquisas, entre artigos, dissertações e teses direcionadas a estudos geotécnicos, de análise e gerenciamento de risco e cenários preditivos de movimentos de massa nas encostas para desenvolvimento e apresentação dos resultados.

Palavras chave: Geomorfologia. Vertentes. Meio Físico. Declividade.

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professor da Rede Estadual de Ensino.

² Doutor em Engenharia Florestal. Professor do Departamento de Geografia da UFPR.

³ Doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Professora do Departamento de Geografia da UFPR.

CONSIDERATIONS REGARDING THE CONDITIONS USED IN RESEARCH INVOLVING MASS MOVEMENT

ABSTRACT

The Mass movements are important episodes within the dynamics of landscape evolution and when they occur in populated areas, events of great magnitude, generally cause high damage and sometimes socioeconomic environment. Processes are triggered by a series of conditions that present intrinsic and correlated, the natural order, and may be potentiated by human action. Analyzing several studies that address the issue in its various proposals, this article aims to present a table showing the main data regarding the use of variables / constraints evaluated in these studies, presenting in a systematic and organized so that the reader has a chance and more ease of acquiring information on the subject. In this perspective, besides the contributions of classical references were consulted a total of 36 surveys, including articles, theses and dissertations directed the geotechnical studies, analysis and risk management and predictive scenarios of mass movements on the slopes for development and presentation of results.

Keywords: Geomorphology. Strand. Physical Environment. Slope.

1 INTRODUÇÃO

Os movimentos gravitacionais de massa caracterizam-se como importante agente do meio físico, responsável pelo processo de evolução das vertentes e, conseqüentemente da superfície como um todo.

De acordo com Bigarella *et al.* (2003) são importantes processos geomorfológicos modeladores da superfície terrestre, constituídos pelo deslocamento de solo, rocha ou material composto encosta abaixo pela força da gravidade, sendo ocasionados pela interferência direta de outros meios ou agentes independentes, como água, gelo ou ar. São eventos que ocorrem comumente em superfícies acidentadas com elevadas inclinações, entretanto, também podem ocorrer em vertentes de baixa declividade.

Os movimentos de massa são classificados de acordo com uma série de características, com variações relacionadas, principalmente, ao tipo de material envolvido e a velocidade de deslocamento. Desencadeados por uma complexa relação entre uma série de fatores condicionantes intrínsecos, esses, são elementos do meio físico ou biótico que diminui a resistência do solo ou da rocha, contribuindo para a deflagração dos processos. Os condicionantes naturais fazem parte da própria dinâmica de desenvolvimento das encostas, porém, eventos dessa natureza, podem ser potencializados pela ação antrópica.

Para Fernandes e Amaral (2000, p. 147) “várias feições podem atuar como fatores condicionantes, determinando a localização espacial e temporal dos movimentos de massa. Muitas destas feições possuem sua origem associadas a processos geológicos e geomorfológicos”.

No Brasil os movimentos de massa de grande magnitude e processos correlatos, quando ocorridos em áreas urbanas, ganham contexto de desastres naturais, uma vez que, provocam consideráveis prejuízos socioeconômicos, inclusive com elevado número de vítimas fatais. Os estudos desses fenômenos no país intensificaram-se a partir de meados do século XX, entre os considerados mais catastróficos que se tem registro, estão os de: Santos (1956) Caraguatatuba (1967); da cidade do Rio de Janeiro (1666 e 1967); de Tubarão-SC (1974) (BIGARELLA *et al.* 2003). Nos últimos anos, os ocorridos: no Vale do Itajaí em Santa Catarina (2008); na região serrana do Rio de Janeiro (2011); no litoral paranaense (2011) foram classificados como de elevadas proporções.

Além de estudos geotécnicos, voltados à análise e elaboração de cenários preditivos com mapeamentos de áreas susceptíveis e de risco, pesquisas direcionadas ao gerenciamento de risco e de

projetos visando o planejamento de uso e ocupação da terra, destacam-se também aqueles destinados a elaboração de metodologias de análises dos movimentos de massa, citam-se Araújo (2004), Marcelino (2004), Oliveira (2004), Souza (2004), Vieira *et al.* (2005), Kozciak (2005), Vieira (2007) e Schaefer *et al.* (2012). Em comum, a maioria dos trabalhos avalia um conjunto de fatores condicionantes, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e antrópicos que interferem diretamente na deflagração dos movimentos de massa, guardando particularidades dos objetivos de cada pesquisa.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo principal apresentar, com base em referencial teórico específico, uma relação dos principais condicionantes que atuam no sentido de desencadear os processos de movimentos de massa nas encostas, utilizados em diversas pesquisas referentes a temática, apresentando-os de forma hierárquica de acordo com sua importância para as análises.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os movimentos de massa de ordem gravitacional representam um importante agente externo modelador do relevo e são processos ligados ao quadro evolutivo das encostas. Guerra e Marçal (2006, p. 75-76) caracterizam-nos como sendo “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”. Para Drew (1986, p. 132) “ele varia em função da natureza do material, da topografia, do clima e da vegetação, mas pode ser tão lento que se torna imperceptível (*creep* ou reptação) ou brusco (desabamento ou desmoronamento)”.

Os processos podem ser deflagrados por uma série de fatores naturais e/ou antrópicos que agem em conjunto. De acordo com Bigarella *et al.* (2003, p. 1026)

As condições que favorecem os movimentos de massa dependem principalmente da estrutura geológica, da declividade da vertente (forma topográfica), do regime de chuvas (em especial de episódios pluviais intensos), da perda de vegetação e da atividade antrópica, bem como pela existência de espessos mantos de intemperismo, além da presença de níveis ou faixas impermeáveis que atuam como planos de deslizamentos.

O conhecimento referente à tipologia dos movimentos de massa é interessante no contexto de estudos que buscam identificar a relação entre os condicionantes e a predisposição de ocorrência desses processos. Auxiliando na compreensão do processo de evolução da paisagem como um todo e na caracterização desses fenômenos no que se refere a sua distribuição e magnitude e consequências danosas à sociedade.

2.1 PRINCIPAIS CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA

Os principais fatores condicionantes desencadeadores dos movimentos de massa nas encostas definidos e indicados na literatura específica estão descritos da forma seguinte:

2.1.1 Condicionantes geológicos

As características geológicas como a composição física e química dos tipos de rochas, as propriedades mecânicas sob a ação de diferentes meios morfoclimáticos atuam diretamente na deflagração dos movimentos gravitacionais de massa. Bigarella *et al.* (2003, p. 1026) consideram entre os fatores geológicos desencadeantes desses 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”.

Para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (1991, p. 15) “o tipo de solo/rocha determina a suscetibilidade dos terrenos à erosão, em função de suas características granulométricas (argilosos, siltosos e arenosos), estruturais, de espessura, etc.”

Os processos de intemperismo e de escoamento superficial comportam-se de acordo com a natureza das rochas. Conforme Penteadó (1974, p. 23) “as propriedades básicas das rochas, grau de coesão, de permeabilidade e de plasticidade, influem no modo de escoamento superficial, na desagregação mecânica e na composição química”.

Segundo Bigarella *et al.* (2003, p. 1027)

Os padrões de diáclases e de fraturas, bem como de qualquer plano de descontinuidade desempenham papel importante na infiltração e na circulação das águas e, portanto na intemperização das rochas. A rede de diaclasamento é de grande importância para os deslocamentos maciços. O intemperismo é mais rápido e mais profundo, onde o sistema de diáclases é mais concentrado ou onde a rocha é menos resistente. O adensamento e o arranjo da rede de diáclases acentuam a movimentação do material da encosta. Os movimentos de massa parecem ser mais frequentes nas áreas de regolito mais espesso, porém podem ocorrer também em áreas com manto de intemperismo pouco espesso. No primeiro caso, o movimento é constituído principalmente de material alterado, enquanto no segundo é formado essencialmente de blocos de rochas.

Ainda nessa perspectiva, Fiori e Carmignani (2009, p. 361-362) afirmam que:

A estabilidade e a deformidade de maciços rochosos dependem, em grande parte, da presença de descontinuidades (planos de fraqueza) nas rochas. As mais comuns são representadas por juntas, falhas, contatos litológicos e foliações metamórficas. Fatores geológicos como a mineralogia, textura, granulometria e material cimentante afetam de forma significativa a resistência e a deformidade. Por exemplo, rochas que apresentam engranzamento dos minerais, como as ígneas, representam uma resistência maior do que rochas clásticas, nas quais os grãos minerais apenas se tocam. O intemperismo químico altera as propriedades geotécnicas das rochas em um grau que depende do tipo de rocha, clima e tempo. Além disso, há ainda uma diminuição da resistência mecânica da rocha por causa do movimento da água através das descontinuidades, gerando pressões neutras e hidrostáticas.

Guidicine e Nieble (1984, p. 51) acrescentam as variações de temperatura como agente importante na desagregação e possível movimentação de material rochoso. Os autores defendem que as oscilações térmicas diárias ou sazonais “provocam variações volumétricas em massas rochosas, podendo conduzir a destaque de blocos, se o bloco estiver sobre um plano inclinado, pode resultar em movimentação. Se a resistência ao cisalhamento for ultrapassada, haverá escorregamento”.

2.1.2 Condicionantes pedológicos

Além dos solos estarem correlacionados a outros condicionantes de processos de movimentos de massa, como a geologia, geomorfologia e a pluviosidade, configura-se como fator individual que influencia e sofre ação dos fatores erosivos, em função da sua textura, estrutura, permeabilidade e densidade. Conforme Bigarella *et al.* (1996, p. 490) “a textura do solo

refere-se à proporção relativa das partículas sólidas presentes massa de solo, influenciando na capacidade de infiltração e absorção de água da chuva”. Nesse sentido, Salomão (1999, p. 76) afirma que “solos mais arenosos são mais porosos, permitindo rápida infiltração da água, e, conseqüentemente, menor capacidade de armazenamento”.

Com relação à estrutura Bigarella *et al.* (1996, p. 492) consideram que esta “caracteriza o arranjo dos constituintes do solo. Compreende a reunião das partículas em agregados, os quais apresentam formatos e tamanhos variados, estando separados uns dos outros por superfícies de fraqueza, influencia na velocidade e direcionamento de infiltração da água”.

Quanto à permeabilidade e a porosidade, para Fiori e Carmignani (2009, p. 21) “são propriedades que estão diretamente ligadas e são inversamente proporcionais à densidade, que representa a relação entre o volume e massa total do solo. Neste contexto, subentende-se que, em geral, os solos arenosos são mais permeáveis do que solos argilosos”.

Especificamente sobre a ocorrência dos movimentos de massa, Fernandes e Amaral (2000, p. 157) destacam que:

Várias discontinuidades podem estar presentes dentro do saprolito e do solo residual. Estas incluem, principalmente, feições estruturais relíquias do embasamento rochoso (fraturas, falhas, bandamentos etc.) e atuação de processos pedogenéticos. Essas discontinuidades podem atuar de modo decisivo no condicionamento das poro-pressões no interior da encosta e, conseqüentemente, na sua estabilidade.

Bigarella *et al.* (2003, p. 1030) considerando alguns tipos de solos salientam que “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”. Neste contexto, observa-se que as propriedades dos solos superficiais e subsuperficiais e a composição litológica subjacente interferem nos processos de movimentos de massa, tanto como fator desencadeante, como sendo o próprio material envolvido.

Seguindo os conceitos de Tricart (1977) para qual a vulnerabilidade ao intemperismo e erosão são aplicados com base em sua teoria da ecodinâmica, em que as unidades de paisagem consideradas estáveis, são aquelas com predomínio da pedogênese, ou seja, as condições do ambiente favorecem a formação e o desenvolvimento do solo e por consequência encontram-se nessas áreas solos bastante desenvolvidos e por outro lado, considera-se uma unidade de

paisagem instável quando prevalecem os processos modificadores do relevo caracterizando a morfogênese com predomínio dos processos de erosão e, particularmente referindo-se a resistência dos diferentes tipos de solo aos processos erosivos e movimentos de massa, destacam-se as contribuições de Ross (1991, 1994 e 1996), CPRM (2003), Crepani *et al.* (2001) e Silveira (2005), que de modo geral, classificam como de maior fragilidade ou erodibilidade, os solos Litólicos, Hidromórficos, Orgânicos, Areias Quartzosas, e Afloramentos Rochosos; de nível intermediário, os Podzólicos e Cambissolos, e de baixa fragilidade, os Latossolos.

2.1.3 Condicionantes geomorfológicos

As condições de instabilidade para a deflagração de processos erosivos e também de movimentos de massa rápidos, em taludes e encostas, estão ligados a declividade. Segundo o IPT (1991, p. 15) “maiores declividades determinam maiores velocidades de escoamento das águas, aumentando sua capacidade erosiva; e maior comprimento da encosta implica maior tempo de escoamento e, conseqüentemente, maior erosão”.

O movimento de massa é basicamente influenciado pela morfologia da vertente. A altura desta, bem como a sua inclinação constituem fatores importantes a serem considerados na análise do problema. No Brasil, todos os eventos catastróficos relacionados com os movimentos de massa ocorreram em áreas de alta declividade. As áreas críticas são aquelas dos terrenos montanhosos, como os da Serra do Mar. Em vertentes com declividades superiores a 40° formam-se grandes escamas rochosas protegidas em parte da meteorização pelo próprio declive. Entretanto, nos planos de diaclasamento e de fratura a ação do intemperismo se faz sentir originando faixas de materiais alterados separando fatias rochosas inalteradas ou pouco intemperizadas. Nesses locais, o excesso de água e a ação da gravidade desempenham um papel importante no deslocamento maciço veloz, quase seco de material de baixíssima plasticidade. (BIGARELLA *et al.* 2003, p. 1031 - 1032).

É de senso comum que a declividade é um fator desencadeador dos processos de movimentos de massa. Mesmo sendo difícil estabelecer ângulos considerados estáveis para as encostas, alguns estudos indicam limites de declividade mais suscetíveis à ocorrência de eventos dessa natureza. Em trabalho geomorfológico realizado na Serra do Mar, litoral paulista, região de Caraguatatuba, Cruz (1974, p. 160) afirma que “as vertentes mais atingidas por escorregamentos são as que apresentam mais fortes declives, acima de 40%; escorregamentos em declives menos

íngremes estão relacionados às zonas de concentração de drenagem”. Sidle *et al.* (1985, p. 67) considera que “a maioria dos taludes com ângulos maiores que 25° podem apresentar movimentação mais rápida do que aqueles onde os valores são inferiores a esse”.

Com relação ao fator altitude, também correlacionado aos movimentos de massa, é importante salientar que, embora condicionante, não existem limites precisos para classificar o nível suscetibilidade do terreno com relação a hipsometria. Bigarella *et al.* (2003, p. 1032) reportam-se ao trabalho de Aguiar e Silva (1991) referente à ocorrência de escorregamentos em Cubatão-SP, estes “verificaram que a maior frequência se situava entre 150 e 750m, principalmente entre 300 e 450m, sendo que abaixo e acima, os movimentos teriam sido poucos frequentes”.

Quanto aos perfis das encostas, dividido em três tipos distintos, convexo, côncavo e retilíneo, este também é considerado um aspecto geomorfológico que tem influência direta na estabilidade das encostas.

O relevo apresenta tipos de vertentes diversificados, desde superfícies planas suavemente inclinadas, próximas à horizontal até superfícies retilíneas, escarpadas quase verticais. A maior parte das encostas é composta de vários segmentos, geralmente seu perfil é formado um segmento superior convexo, no qual a declividade aumenta para a jusante, seguido por um seguimento inferior côncavo com redução de declive encosta abaixo. (BIGARELLA *et al.* 2003, p. 972).

Para este condicionante, foram constatadas algumas contradições entre os autores consultados. De acordo com Bonuccelli (1999) as encostas com perfis côncavas são geralmente mais evoluídas em termos geomorfológicos e estariam menos sujeitas a ocorrência de movimentos de massa, enquanto as convexas seriam menos evoluídas e portanto, mais sujeitas e as retilíneas estariam em situação intermediária.

Conforme o IPT (1991) a influência na estabilidade da encosta de acordo com os perfis funcionam da seguinte forma: as encostas retilíneas tendem a apresentar maiores declividades em geral, que as convexas, assim são mais suscetíveis a escorregamentos; Encostas convexas apresentam, em média, maiores espessuras de solos, que pode influenciar no sentido de favorecer a instabilidade, potencializando uma ruptura mais profunda.

Para Guerra (1998) e Fernandes e Amaral (2000) os perfis côncavos, por serem zonas de convergência de sedimentos e de fluxos d'água, são mais favoráveis aos movimentos de massa. Selby (1985) considera que nas encostas retilíneas predominam processos erosivos de grande

velocidade. Em estudo referente à estabilidade das vertentes na Bacia do Rio Marumbi na Serra do Mar paranaense Kozciak (2005) constatou que as formas convexas apresentaram-se mais instáveis que as côncavas e as retilíneas.

Com relação à orientação, entende-se que, de acordo com este aspecto a encosta tem maior ou menor exposição aos elementos climáticos como ventos, chuvas e insolação, que interferem na estabilidade das encostas. Dai e Lee (2002) destacam que a orientação das encostas afeta indiretamente a resistência ao cisalhamento em virtude de estar intimamente relacionada à presença de umidade e de cobertura vegetal. Outro aspecto considerável é que as precipitações estão relacionadas à direção predominante dos ventos, ou seja, a quantidade de chuva é maior nas encostas expostas a estes eventos.

2.1.4 Pluviosidade

Classificada como condicionante externo, a correlação entre a pluviosidade e movimentos de massa nas encostas é evidente, índices pluviométricos elevados provocam a saturação do solo ou rocha, reduzindo a resistência à desagregação, refletindo em perda de estabilidade das encostas. Portanto, alta pluviosidade, em vertentes íngremes, representa um dos principais fatores desencadeantes dos processos.

A pluviosidade, além de condicionante, pode ser considerada como o principal agente deflagrador imediato dos movimentos de massa. Conforme o IPT (1991, p.15) “o volume d’água e sua distribuição no tempo e espaço são determinantes da velocidade dos processos erosivos”.

Existem circunstâncias nas quais o solo pode deslocar-se vertente abaixo, de forma maciça, isto é, como movimento de massa causado pela ação da água. Essa forma de erosão ocorre após chuvas prolongadas, principalmente em terrenos desprotegidos, onde a infiltração das águas é acentuada. Para que ocorra, é necessário que haja saturação hídrica do perfil do solo, gerando desequilíbrio acompanhado de escorregamento, lento ou rápido. O excesso de água no subsolo afeta os materiais coloidais que, ao invés de conferirem uma resistência ao solo, tendem à sua “liquefação”. A superfície impermeável ou de cisalhamento torna-se “lubrificada”, facultando o movimento de massa. (BIGARELLA *et al.* 2003, p. 1032 - 1033).

Embora os movimentos de massa de grandes proporções estejam relacionados aos períodos de chuvas intensas, o mesmo autor destaca ainda que esses processos “não ocorrem

somente diante dos excepcionalismos pluviométricos, é necessário também considerar o tempo de duração das chuvas, a condutividade hidráulica dos solos e a variação do grau de saturação”.

Nessa perspectiva, Guidicine e Nieble (1984, p. 57-62) consideram que,

Se a água percolar em grande quantidade e sem interrupção na massa de solo, o ar será quase completamente expulso, a coesão aparente eliminada e o talude entrará em colapso. Quando o maciço rochoso é intensamente fraturado, em diversas direções, a pressão da água no interior da massa rochosa pode ser tratada de maneira análoga à utilizada no caso de massas de solo, reconhecendo-se nela certa continuidade e regularidade. Entretanto, no caso de maciços rochosos pouco fraturados, a distribuição de pressões da água se fará aleatoriamente ao longo das descontinuidades.

A água é considerada o principal agente detonador dos movimentos gravitacionais de massa, sobretudo nas regiões intertropicais. “Sua ação pode se dar através da elevação do grau de saturação nos solos, diminuindo a resistência destes, especialmente as parcelas de resistência relacionadas às tensões capilares (e às ligações por cimentos solúveis ou sensíveis à saturação). O aumento do peso específico do solo devido à retenção de parte da água infiltrada é outro condicionante de instabilização que incide nos taludes” (IPT, 1991, p.25).

2.1.5 Vegetação

Vários autores destacam a cobertura vegetal como agente que mantém o equilíbrio das vertentes, reduzindo a ocorrência de movimentos de massa, tanto referindo-se à frequência, como a intensidade. “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”. (IPT, 1991, p.27).

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).

Nesse sentido, observa-se que a vegetação protege as camadas do solo e que o desmatamento pode condicionar os terrenos tanto para erosão como também aos movimentos coletivos de solos. Guidicine e Nieble (1984, p. 62-63) descrevem a ação específica da cobertura vegetal da seguinte forma:

1. O conjunto das copas e demais partes aéreas da floresta atua de três modos principais: a) interceptando e defendendo o maciço da ação dos raios solares, dos ventos e da chuva; b) retendo substancial volume d'água da chuva, através do molhamento da ampla superfície de folhagem, galhos, troncos e epífitas associadas; c) eliminando, na forma de vapor, grande volume d'água, por meio da evapotranspiração.
2. Os detritos vegetais, em contínua acumulação no terreno da floresta, atuam hidraulicamente sob três modalidades principais: a) imobilizando boa parte da água que atinge o terreno, através de sua alta capacidade de retenção; b) promovendo, juntamente com o sistema radicular de desenvolvimento superficial, o escoamento hipodérmico, graças a sua estrutura acamada, resultante da suave deposição de fragmentos planares e alongados; c) freando o escoamento superficial.
3. O sistema radicular promove a estabilização das encostas atuando sob dois aspectos principais: a) mecânico, pode se manifestar, diretamente, através da estruturação do solo, conferindo a este um acréscimo substancial de resistência ao cisalhamento; b) hidráulico, pode se manifestar, diretamente, através do estabelecimento de escoamento hipodérmico, que desvia e/ou reduz a intensidade da infiltração efetiva no maciço.

Para o IPT (1991, p. 33) “quando se remove a vegetação (qualquer que seja ela), expõe-se a superfície do terreno natural diretamente à ação da chuva, gerando, conseqüentemente, a erosão”. Portanto, é perfeitamente aceitável considerar a retirada da cobertura vegetal das encostas, sobretudo as mais íngremes, como dispositivo direto de perda do equilíbrio da mesma, e em geral, tornando-a mais susceptível aos processos de deslocamento de materiais vertente abaixo.

2.1.6 Ação antrópica

O processo de uso e ocupação da terra influencia na dinâmica natural de evolução das encostas, embora ocorram alguns casos de interferência no sentido de diminuir os movimentos de massa e seus efeitos, geralmente as diversas atividades realizadas pelo homem como

desmatamentos, recortes nos terrenos, aterros para construção, retilinização de canais fluviais, entre outras, acabam por interferir no equilíbrio das vertentes, induzindo a ocorrência desses processos, por vezes culminando em efeitos catastróficos.

Para Bigarella *et al.* (2003, p.1035-1038) “a ação antrópica tem tido uma participação ponderável na desestabilização das vertentes da paisagem moderna. O homem ultimamente está alterando as vertentes de tal forma que ocasionalmente vastas áreas procuram um novo equilíbrio através de extensas movimentações de massa”.

O autor salienta ainda que “eventos catastróficos, devido alta pluviosidade, ocorridos no Rio de Janeiro, no mês de janeiro de 1966 (617,6mm) e fevereiro de 1967 (432mm) não causariam a instabilidade generalizada se as áreas não tivessem sido irracionalmente ocupadas pelo homem”.

De forma objetiva o IPT (1991, p. 27) considera que as “diversas intervenções que o homem realiza no meio, como, por exemplo, cortes, aterros, desmatamentos, concentrações de águas superficiais, vibrações etc., modificam o equilíbrio das encostas, provocando sua instabilização”.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado para o desenvolvimento da pesquisa foi a consulta de um amplo referencial teórico específico que contempla conceitos e terminologias utilizadas para definição dos movimentos de massa, assim como, de suas principais variáveis/condicionantes deflagradoras, além de análise de diversos artigos, dissertações e teses relacionadas à temática em suas várias propostas, mapeamentos geotécnicos, gestão e planejamento de uso e ocupação da terra, gerenciamento de risco, entre outras.

Utilizou-se desse material, totalizando 36 pesquisas, devidamente citadas no referencial bibliográfico, para gerar, a partir das informações coletadas uma tabela sistematizada com os condicionantes mais utilizados no desenvolvimento dos estudos envolvendo os processos de movimentos de massa, assim como a frequência com que os fatores condicionantes foram analisados e mensurados nos respectivos trabalhos consultados.

4 RESULTADOS OBTIDOS

A partir das consultas específicas, tanto em pesquisas nacionais como internacionais, constatou-se que alguns condicionantes são intensamente utilizados, em contrapartida, outros, mesmo sendo considerados importantes para o desencadeamento dos processos de movimentos de massa nas encostas, não foram submetidos às avaliações. Embora tendo objetivos semelhantes, algumas peculiaridades de cada estudo interferem diretamente na adoção das variáveis a serem analisadas.

Observou-se que os condicionantes utilizados que se repetem com maior frequência entre as pesquisas analisadas foram: a declividade (92%), a forma das vertentes (55%), a litologia (53%), a cobertura vegetal (53%) o uso da terra (47%) e altitude (47%).

A Tabela 01 apresenta uma relação com os condicionantes utilizados e sua frequência, no universo dos trabalhos consultados.

Tabela 01. Principais condicionantes utilizados em estudos referentes aos movimentos de massa

Condicionantes Considerados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	Total			
Geomorfológicos:																																					34			
1-Declividade																																							33	
2-Forma da vertente																																							20	
3-Altitude																																							17	
4-Área de drenagem																																							9	
5-Orientação																																							14	
6-Unidades geomorfológicas																																							12	
7-Densidade de drenagem																																							5	
8-Rugosidade do terreno																																							1	
Geológicos:																																					26			
9-Litologia																																							19	
10-Estrutura (falhas, fraturas, lineamentos etc.)																																							10	
11-Unidades geológicas																																							6	
12-Descontinuidades																																							2	
Climáticos:																																					8			
13-Pluviosidade																																							8	
Pedológicos:																																					15			
14-Tipo de solo																																							15	
Fitogeográficos:																																					16			
15-Cobertura vegetal																																							19	
Antrópicos:																																					25			
16-Uso da terra																																							17	
17-Estradas																																							11	
18-Ocupação																																							8	
19-Áreas agrícolas																																								3

Elaboração: os autores (2013)

Tabela 02. Lista de autores utilizados para elaboração da tabela de condicionantes dos movimentos de massa

1	Zaidan (2006)	10	Chauhan <i>et al.</i> (2010)	19	Pradhan <i>et al.</i> (2006)	28	Miara & Oka-Fiori (2007)
2	Marcelino (2004)	11	Crepani & Medeiros (2001)	20	Soares <i>et al.</i> (2002)	29	Barnetche & Moretti (2004)
3	Lee <i>et al.</i> (2004)	12	Araújo (2004)	21	Lima & Souza (2008)	30	Dias e Herrmann (2002)
4	Ercanoglu & Gokceoglu (2004)	13	Silva <i>et al.</i> (2011)	22	Martini <i>et al.</i> (2006)	31	Moreira (2008)
5	Francisco (1996)	14	Bandeira <i>et al.</i> (2004)	23	Vieira (2007)	32	Ayalew & Yamagishi (2004)
6	Zênzere <i>et al.</i> (2005)	15	Girão (2007)	24	Reimer (2006)	33	Komac (2006)
7	Vanacôr (2006)	16	Cardozo & Herrmann (2011)	25	Viera <i>et al.</i> (2005)	34	Souza (2004)
8	Phi e Bac (2004)	17	Varanda (2006)	26	Ermini <i>et al.</i> (2005)	35	Coe <i>et al.</i> (2004)
9	Silva (2008)	18	Moura <i>et al.</i> (2006)	27	Bispo <i>et al.</i> (2011)	36	Schaefer (2012)

Elaboração: os autores (2012)

A Tabela 02 apresenta os autores dos respectivos trabalhos citados anteriormente, com os anos de publicação, posteriormente são analisados os dados.

A análise chama a atenção para alguns aspectos importantes, destacando-se os seguintes:

- Referindo-se aos condicionantes geomorfológicos, ocorre maior frequência para a declividade, forma das vertentes e altitude. No caso da declividade, observa-se que a grande maioria das pesquisas utiliza essa variável, o que acontece em menor escala para os perfis das vertentes e altitude, embora para essa última, não seja claro os limites altimétricas que provocam desequilíbrio nas encostas. A maioria dos autores consultados considera a declividade o principal condicionante dos movimentos de massa e nesse aspecto estudos voltados a análise de risco e susceptibilidade destes eventos, via de regra consideram este fator;

- Entre os fatores geológicos a litologia e estrutura são comumente utilizados, demonstrando a importância destes condicionantes, entretanto, muitos trabalhos não os adotam, em muitos casos substituem por informações referentes a pedologia;

- Para o fator climático pluviosidade, é interessante destacar que muitos autores classificam os índices pluviométricos como principal agente externo deflagrador dos movimentos de massa e, portanto, não consideram essa variável como condicionante direto nas análises, mesmo assim, muitos trabalhos incorporam essa variável;

- Os tipos de solo são diretamente relacionados aos movimentos de massa, devido suas propriedades, que os caracterizam como de maior ou menor susceptibilidade, no entanto em torno de 40% das pesquisas analisadas avaliaram esse condicionante;
- A cobertura vegetal é reconhecida como elemento que protege o solo de processos erosivos e dos movimentos de massa em geral, entretanto, observou-se que, praticamente a metade dos trabalhos observados não utilizou essa variável;
- Com relação à ação antrópica, salienta-se que as pesquisas consideraram principalmente, os aspectos relacionados, a ocupação, ou seja, loteamentos e construções e também as estradas em detrimento as áreas agrícolas por considerarem estas como sendo um fator que promove o equilíbrio das vertentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As investigações demonstraram que os trabalhos que envolvem os movimentos de massa, seja para elaboração de mapeamentos geotécnicos, de análise da tipologia ou intensidade dos processos, os condicionantes adotados para o desenvolvimento das pesquisas são semelhantes. No entanto, observou-se, que muitas pesquisas, 22 entre 36, consideraram um número reduzido de fatores para análise, 6 condicionantes, o que não desclassifica tais avaliações, porém podem deixar algumas dúvidas quanto a veracidade dos resultados obtidos.

Um aspecto relevante a ser destacado é que os estudos direcionados para geração de modelos da superfície envolvendo os movimentos de massa em sua maioria são produzidos, em ambiente de Geoprocessamento, utilizando-se geralmente dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) em que a qualidade da base de dados de entrada é de suma importância para a eficiência das pesquisas, sendo de responsabilidade do pesquisador a utilização de atributos confiáveis para seus respectivos objetivos, pois o não cumprimento deste requisito pode refletir em resultados errôneos.

No caso específico dos movimentos de massa e de processos erosivos alguns condicionantes tem peso maior no desencadeamento destes processos é o caso, por exemplo, da declividade, da pluviosidade, do uso do solo e cobertura vegetal, em detrimento de outros, como a orientação das vertentes, forma das vertentes, distância dos rios e altitude. Isso faz com que

alguns pesquisadores selecionem algumas variáveis de acordo com os objetivos das pesquisas e por vezes trabalhando com número pequeno de fatores.

Em nível de exemplificação, citam-se os trabalhos de Shaefer *et al.* (2012) que tinha como objetivo gerar um mapa de susceptibilidade, este utilizou como fatores: declividade, solos, cobertura vegetal. O trabalho de Zaidan (2006) objetivou analisar o risco de ocorrência de movimentos de massa em uma bacia hidrográfica, considerando que o risco envolve as consequências para o homem e/ou suas atividades, o autor utilizou ao todo 14 condicionantes físicos e antrópicos.

Com relação a variável pluviosidade, embora sendo consenso que ela está diretamente associada ao desencadeamento dos movimentos de massa, há autores que consideram essa variável diretamente nas análises em conjunto com os outros condicionantes e há aqueles que analisam as superfícies vulneráveis e entendem que as chuvas, principalmente as de grande intensidade, funcionam como agente externo detonador dos processos.

Neste sentido, observou-se que a maioria dos estudos considera a pluviosidade, mas não inclui esta no processamento e modelagem espacial de susceptibilidade e risco. Dos trabalhos consultados apenas oito, ou seja 22% analisa a pluviosidade em conjunto com os outros condicionantes.

6 REFERÊNCIAS

AYALEW, L.; YAMAGISHI, H. The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. **Original Research Article Geomorphology**, Volume 65, Issues 1–2, 1 February 2005, Pages 15-31. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X04001631>. Acesso em: 04 de julho de 2012.

ARAÚJO, P. C. de. **Análise da suscetibilidade a escorregamentos: uma abordagem probabilística.** / Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 172 f. Rio Claro - SP 2004.

BANDEIRA, A. P. N *et. al.* Landslide hazard map in an area of Camarigibe city, Pernambuco, Brazil. **Landslides: Evaluation and Stabilization.** Taylor & Francis Group, London, 2004., p. 303-309.

BARNETCHE, D.; MORETTI, S. D. Mapeamento de risco de deslizamentos e enchentes da bacia do rio Vadik: aspectos físicos e de ocupação urbana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS. 1., 2004, **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 102-116.

BIGARELLA, J. J. BECKER, R. D.; PASSOS, E.; **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1996 v. 2. 875 p.

BIGARELLA, J. J.; PASSOS, E.; **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003 v. 3 (p.877-1436).

BISPO, P. da C. *et al*. Análise da suscetibilidade aos movimentos de massa em São Sebastião (SP) com o uso de métodos de inferência espacial. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 30, n. 3, p. 467-478, 2011.

BONUCCELLI, T. J. **Estudo dos movimentos gravitacionais de massa e processos erosionais com aplicação na área urbana de Ouro Preto (MG) – escala 1:10000**. 1999. Tese de Doutorado – São Carlos – EESC, USP. 3v. 497 pag.

CARDOZO, F. S.; HERRMANN, M. L. P. Uso da técnica AHP no mapeamento de áreas suscetíveis a escorregamentos. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p. 0949. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.27.18.51/doc/p0656.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2012.

CHAUHAN, S. *et al*. Landslide susceptibility zonation through ratings derived from artificial neural network. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 12, p. 340-350, 2010.

COE, J. A. *et al*. Landslide susceptibility from topography in Guatemala. **Landslides: Evaluation and Stabilization**. Taylor & Francis Group, London, 2004 p. 69-78. Disponível em: http://landslides.usgs.gov/docs/coe/Coe_lsf.pdf. Acesso em: 26 de janeiro de 2012.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Zoneamento Geoambiental da Região de Irauçuba – CE**. Texto explicativo. Carta Geoambiental. Fortaleza: CPRM, 2003.

CREPANI, E. *et al*. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicado ao estudo de movimentos de massa no município de Caraguatatuba – SP. In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 10. Foz do Iguaçu. **Anais**. INPE. 2001. p. 931-933. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.12.45/doc/0931.933.113.pdf>. Acesso em: 13 de janeiro de 2012.

CRUZ O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba-SP**. Série teses e monografias, Instituto de Geografia – USP, 1974.

DAI, F. C.; LEE, C. F. Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. **Geomorphology**, v. 42, n. 3-4, p. 213-228, Jan. 2002.

DIAS, F. P.; HERRMANN, M. L. P. Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis. **Revista Universidade Rural**, v. 21(1). 2002. p. 91-104. Disponível em: <http://www.editora.ufrj.br/revistas/exatas/rce/v21n1/07.pdf> Acesso em: 07 de fevereiro de 2012.

DREW. D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente**. São Paulo, Difel, 1986.

ERCANOGLU, M.; GOKCEOGLU, C. Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey). **Engineering Geology**, v. 75, p. 229-250, 2004.

ERMINI, L. *et. al.* Artificial neural networks applied to landslide susceptibility assessment. **Geomorphology**, v. 66, p. 327-343, 2005.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico geomorfológica. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. da (UFRS). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2000 p. 123-194.

FIORI, A. P.; CARMIGNANI L. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes**. 2. Ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2009. 604p.

FRANCISCO, C. N. **Mapeamento das áreas de riscos de deslizamentos e desmoronamentos do Parque Nacional da Tijuca (RJ) e entorno através de Sistemas Geográficos de Informação**. Rio de Janeiro – 1996 – Clube de Engenharia 197-209. Disponível em: http://www.professores.uff.br/cristiane/Documentos/SEGEO_1996b.pdf. Acesso em: 03 de julho de 2012.

GIRÃO, O. **Análise de Processos Erosivos em Encostas na Zona Sudoeste da Cidade do Recife – Pernambuco**. 305p. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo. Edgard Blücher; Ed. da Universidade de São Paulo, 1984. 194p.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. **Ocupação de encostas**. Coord. Cunha, M. A. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

KOMAC, M. A. Landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. **Geomorphology**, v. 74, p. 17-28, 2006.

KOZCIAK, S. **Análise Determinística da Estabilidade de Vertentes na Bacia do Rio Marumbi – Serra do Mar – Paraná**. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

LEE, S; RYU, J. Probabilistic landslide hazard mapping using GIS and Remote Sensing data at Boun, Korea. **Landslides: Evaluation an Stabilization**, London, 2004. p. 91-95.

LIMA, S. T.; SOUZA, J. B. O geoprocessamento aplicado na identificação de áreas com susceptibilidade a movimento de massas no Parque das Mangabeiras em Belo Horizonte – MG. **Revista eletrônica E-Scientia**. (2008). Disponível em: <http://revistas2.unibh.br/index.php/dcbas/article/view/118>. Acesso em: 03 de julho de 2012.

MARCELINO, E. V. **Mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamento no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto e SIG**. São José dos Campos. 228p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004.

MARTINI, L. C. P. *et al*. Avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa: decisão multicriterial suportada em sistemas de informações geográficas. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, v. 6, n. 1, p. 41-52, jul, 2006.

MIARA, M. A.; OKA-FIORI, C. Análise por múltiplos critérios para a definição de níveis de fragilidade ambiental—um estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, Ponta Grossa/PR. **RAE GA**, n. 13, p. 85-98, 2007.

MOREIRA, M. R. **Atlas multimídia sobre movimentos de massa na Serra do Mar Paulista – município de Cubatão/ SP**. Rio Claro, 2008. 149 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

MOURA, S. S. *et al.* Mapeamento de risco simplificado de deslizamento de encostas no município de Tibau do Sul – RN. **I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**. Natal-RN – 2006.

PENTEADO M. M.; **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, IBGE, 1974. 158p.

PHI, N. Q.; BAC, B. H. **Landslides hazard mapping using Bayesian approach in GIS – case study in Yangsan Area, Korea**. International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences. 2004. Disponível em: <http://vietpcu.net/gislab/Publications/GIS-IDEAS%202004.pdf>. Acesso em: 08 de março de 2012.

PRADHAN, B *et al.* Estimation of stress and its use in evaluation of landslide prone regions using remote sensing data. **Advances in Space Research**, v. 37, p. 698-709, 2006.

REIMER, É. da S. Inventário dos movimentos de massa e análise da suscetibilidade aos escorregamentos rasos em solo no distrito de Cascatinha, Petrópolis, RJ. **Anu. Inst. Geocienc.**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, 2006. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-97592006000200068&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2012.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia Ambiente e Planejamento**. 2ª ed. São Paulo: Contexto, 1991.

_____. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, São Paulo: FFLCH/USP, 1994.

_____. Geomorfologia Aplicada aos Eias-Rimas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 3 ed. p. 291 – 336, 1996.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Ed.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. Cap. 7, p. 229-268.

SELBY, M. J. **Earth's changing surface**. Oxford: Clarendon Press. 1985.

SCHAEFER, C. E. *et al.* Análise Multi-Critério (MCE) aplicada ao mapeamento de áreas susceptíveis a movimentos de massa na área urbana de Viçosa-MG. **IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE**, 06- 09 de Maio de 2012. p. 001 – 009. Disponível em: http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SIG/131_5.pdf. Acesso em: 10 de Novembro de 2012.

SIDLE, R. C. *et al.* Hillslope stability and Land Use. **American Geoph.** Union, Washington D.C., 140p. 1985.

SILVA, M. A. **Aplicação de lógica nebulosa para previsão do risco de escorregamentos de taludes em solo residual**. Rio de Janeiro. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRJ. (2008).

SILVA, M. M. *et al.* Modelagem morfométrica e imagens QuickBird aplicadas a susceptibilidade a deslizamentos de encostas no bairro Coroadinho – São Luís, MA. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.0949. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.27.18.51/doc/p0656.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2012.

SILVEIRA, C. T. **Estudo das unidades ecodinâmicas da paisagem na APA de Guaratuba/PR: Subsídios para o planejamento ambiental**. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

SOARES, P. C. *et al.* Raciocínio probabilístico aplicado à susceptibilidade de escorregamentos: um estudo de caso em Campo Largo, Paraná, Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, 2002. N. 51 p. 59-76. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/geociencias/article/view/4171>. Acesso em: 07 de junho de 2012.

SOUZA, F. T. **Predição de Escorregamentos das Encostas do Município do Rio de Janeiro através de Técnicas de Mineração de Dados.** Tese (Doutorado). Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

TRICART, J. 1977. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, FIBGE/SUPREN, 97p.

VANACÔR, R. N. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas susceptíveis a movimentos de massa na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

VARANDA, É. **Mapeamento quantitativo de risco de escorregamentos para o 1º Distrito de Petrópolis/RJ utilizando Sistema de Informações Geográficas.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006).

VIEIRA, I. M. *et al.* Proposta metodológica para identificação de áreas de risco de movimentos de massa em áreas de ocupação urbana. Estudo de caso: Campos do Jordão, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 3935-3942.

VIEIRA, B. C. **Previsão de escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar (SP) a partir de modelos matemáticos em bases físicas.** 193p. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

ZAIDAN, R. T. **Risco de escorregamento numa bacia de drenagem urbana no município de Juiz de Fora – MG.** Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2006. 99p. Tese (Doutorado em Geografia).

ZÊNZERE, J. L. *et al.* **Análise sensitiva na avaliação da susceptibilidade a deslizamentos na região a norte de Lisboa.** Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa (2005). Disponível em:
http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/analise_sensitiva.pdf Acesso em: 11 de outubro de 2012.