

MOVIMENTOS DE MASSA

META

Compreender os processos controladores dos movimentos de massa, avaliando a estabilidade das encostas.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

Identificar os diferentes tipos de movimentos gravitacionais de massa associando aos principais fatores que o afetam;

Distinguir os movimentos gravitacionais de massa de acordo com suas próprias características.

PRÉ-REQUISITOS

Além dos conhecimentos básicos de climatologia sistemática e geologia geral, é indispensável à apreensão dos conteúdos: Propriedades geomorfológicas das rochas e vertentes.

INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa são fenômenos erosivos de larga envergadura que ocorrem no regolito, provocados basicamente pela ação da gravidade, períodos de intensa precipitação pluvial e, inclusive, atividade vulcânica. Esses movimentos acontecem em quase todas as zonas climáticas do planeta, mas na região tropical úmida, as vertentes estão mais sujeitas a esse processo de erosão. Fato esse justificado pela abundância de chuvas e existência de mantos de intemperismo profundos.

Os geólogos usam o termo escorregamento, em um sentido mais geral, para cobrir uma ampla variedade de movimentos de massa na superfície da terra, sob a influência direta da gravidade. Tais movimentos podem causar perdas de vida, danos civis ou uma interrupção geral das atividades humanas. O que torna esses movimentos gravitacionais de massa tão terríveis, ainda que muito fascinantes, é que eles quase sempre ocorrem com pouco ou nenhum aviso e cessam em um espaço de tempo muito curto, deixando atrás de si um legado de morte e destruição.

De acordo com a ONU (1993), um dos fenômenos naturais que mais causam prejuízos financeiros e mortes no mundo são os movimentos de massa. Apesar desses fenômenos serem de suma importância na evolução do relevo, nas cidades, eles assumem, em geral, proporções catastróficas em decorrência da ocupação irregular das encostas, com o conseqüente desmatamento e o corte de taludes, propiciando uma maior suscetibilidade à sua ocorrência.

Assim, como esses fenômenos acabam afetando regiões as mais diversas do planeta, acarretando conseqüências muitas vezes irreversíveis, acabam sendo objetos de interesses de pesquisadores, planejadores e administradores públicos, uma vez que sem conhecimento da forma e extensão, bem como das causas desencadeadoras, nunca se chegará a uma medida preventiva ou mesmo corretiva que implique na maior segurança para a população (FERNANDES; AMARAL, 1996).

FATORES QUE AFETAM A MOVIMENTAÇÃO GRAVITACIONAL DE MASSA

A movimentação gravitacional de massa é um importante processo geológico que pode ocorrer a qualquer momento e, praticamente, em todos os lugares do planeta. A maioria das pessoas associa a movimentação de massa com encostas escarpadas e instáveis. Mas ela também pode ocorrer em terrenos de baixa declividade sob certas condições geológicas e hidrogeológicas.

Muitos fatores podem causar a movimentação gravitacional de massa; destacando-se entre eles: a mudança na declividade da encosta, a degradação

do material pelo intemperismo, saturação em água, mudança na cobertura vegetal e sobrecarga. Embora a maioria desses fatores esteja interrelacionado, examinaremos cada um deles separadamente mostrando como eles afetam individual e coletivamente o equilíbrio das encostas.

DECLIVIDADE DA ENCOSTA

Segundo os especialistas, a declividade da encosta é, provavelmente, a maior causa da movimentação gravitacional de massa. De modo geral, quanto mais íngreme é a encosta, menos estável ela é, apresentando maiores probabilidades de experimentar a movimentação de massa do que as encostas mais suaves.

A ação das ondas ao longo das margens oceânicas e grandes lagos ou das correntes fluviais em suas margens, resulta, muitas vezes, em movimentos de massa, além de escavações para construções de rodovias e edificações. Geralmente esse fenômeno se manifesta em função do aumento abrupto da declividade, ou escavação dos lados das encostas, que em consequência aumenta a tensão na rocha e no solo reduzindo a resistência para sustentar a declividade mais elevada.

INTEMPERISMO E CLIMA

Tão logo as rochas se exponham à superfície terrestre, o intemperismo começa a desintegrá-las e decompô-las, reduzindo sua resistência ao cisalhamento e aumentando sua suscetibilidade à movimentação de massa, na proporção do aprofundamento de sua zona de extensão.

Nos trópicos, onde as temperaturas são mais elevadas e o volume de chuva é considerável, os efeitos do intemperismo se estendem a várias dezenas de metros de profundidade. Em regiões áridas e semi-áridas, a zona de intemperismo é normalmente mais superficial. Mas aguaceiros intensos e localizados com grandes volumes de água podem cair nessas áreas em um curto espaço de tempo. Por terem pouca vegetação, para absorver essa água, o escoamento é rápido e, freqüentemente, se transforma em fluxo de lama.

CONTEÚDO DE ÁGUA

Grandes quantidades de água originárias de neve derretida, ou de pesadas tempestades, aumentam a probabilidade de desmoronamento da encosta, através do acréscimo do seu peso adicional, sendo às vezes suficiente para causar o movimento de massa. Por outro lado, a água ao infiltrar-se através do material da encosta, diminui o atrito entre os grãos, contribuindo para a perda de coesão do material. As encostas compostas de argila seca são geralmente bem estáveis, mas quando molhadas, perdem

rapidamente a coesão e o atrito interno, tornando-se uma pasta instável. Isso ocorre porque a argila é constituída de partículas planas que, quando molhadas, podem deslizar facilmente uma sobre as outras, fazendo com que o material sobreposto deslize encosta abaixo.

VEGETAÇÃO

A remoção natural da vegetação, ou pela atividade antrópica, é a maior causa de muitos movimentos de massa. Os roçados e incêndios nas florestas deixam as encostas montanhosas, freqüentemente, sem vegetação. Tempestades saturam o solo, facilitando as corridas de lama, que representam um enorme dano e grandes custos para recuperação das áreas afetadas. De outro modo, a vegetação afeta a estabilidade da encosta seja diminuindo a saturação de água do material enfraquecendo a resistência ao cisalhamento ou até mesmo através do sistema de raízes pela junção das partículas do solo, promovendo a sua estruturação de sustentação no substrato rochoso, conferindo-lhe uma maior resistência ao cisalhamento.

SOBRECARGA

A sobrecarga é, quase sempre, o resultado da atividade antrópica e resulta, geralmente, do despejo, aterro ou empilhamento de material desagregado. Sob condições naturais, a carga do material é mantida por contatos grão a grão, com o atrito entre os grãos sustentando a encosta. O peso adicional criado pela sobrecarga aumenta a pressão da água interna ao material que, por sua vez, diminui a resistência ao cisalhamento, enfraquecendo, desse modo, a encosta. Se a quantidade de material acrescentado for suficiente, a encosta irá ruir, algumas vezes, com conseqüências trágicas.

TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSAS

Existem vários critérios para classificar os movimentos de massa, porém, os mais comuns, referem-se a velocidade do movimento, podendo ser lento ou rápido. Os movimentos lentos avançam em uma velocidade imperceptível e, geralmente, são detectáveis pelos efeitos de seu movimento. E os movimentos rápidos envolvem um deslocamento visível de material, sendo por vezes repentinos ocorrendo em sua maioria em encostas relativamente íngremes.

RASTEJAMENTO

São movimentos muito lentos, contínuos e imperceptíveis, que ocorrem nas vertentes, sem limites definidos. A sua velocidade é maior na superfície e

gradualmente diminui com a profundidade, chegando a ser nula, tornando-se incapaz de causar abrasão nas rochas soterradas. Podem envolver grande quantidade de material, cuja movimentação normalmente é provocada pela ação da gravidade. Várias causas justificam o rastejamento, entre elas o pisoteio do gado, o crescimento de raízes e o escavamento de buracos pelos animais que podem gerar uma série de movimentos minúsculos às partículas terrosas. Os efeitos das variações de temperatura, principalmente, a umidade poderão também influenciar no desenvolvimento desse fenômeno a partir do processo de contração e expansão do material. Em termos gerais, a velocidade do rastejamento é de poucos centímetros por ano, ou menos, e pode ser perceptível em postes, muros, árvores (CHRISTOFOLETTI, 1980) (Figura 6.1).

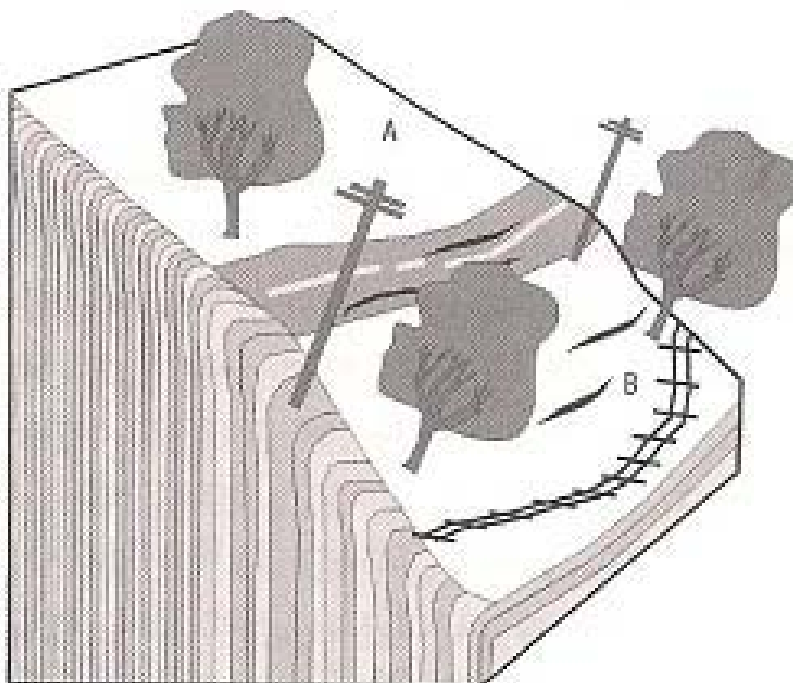


Figura 6.1 – (A) Vertente sem movimento de rastejo (quase nulo); (B) Vertente com movimento de rastejo. (Fonte: Guimarães, et. al., 2008).

CORRIDAS DE MASSA

a) Fluxos de Lama – são os mais fluídos e mais rápidos (alcançam velocidades de até 80 Km/h). Esses movimentos consistem em uma mistura de silte e argila (no mínimo, 50%), hidratada com até 30% de água. São comuns em ambientes áridos ou semi-áridos, onde são provocados por fortes aguaceiros que, rapidamente, saturam o regolito, transformando-se em fluxo de lama. Ocorrem também em regiões montanhosas e em áreas cobertas por cinzas vulcânicas.

b) Fluxos de Detritos – são compostos de partículas maiores que os fluxos de lama e não contém tanta água. São mais viscosos, sua velocidade é menor e, raramente, estão confinados em leitos preexistentes. Os fluxos de detritos podem ser muito destrutivos, na medida em que transportam objetos de grandes dimensões.

c) Fluxos de Terra – são mais lentos que os fluxos de lama e de detritos. Esses fluxos são comuns onde uma camada de argila está soterrada por areia. A argila apesar de saturada de água, é estável, a não ser que seja perturbada por choque explosivo, terremoto ou carga artificial excessiva. Têm dimensões variadas e, freqüentemente, são destrutivos. Comumente ocorrem em áreas de climas úmidos, após chuvas torrenciais que encharcam os solos das encostas gramadas. Ocorrência desse fenômeno é comum na Suécia, Noruega, leste do Canadá e nas áreas afetadas por abalos sísmicos, como o acontecido no Alasca em 27 de março de 1964, quando um terremoto de magnitude 8,6 chacoalhou essa região (Figura 6.2).

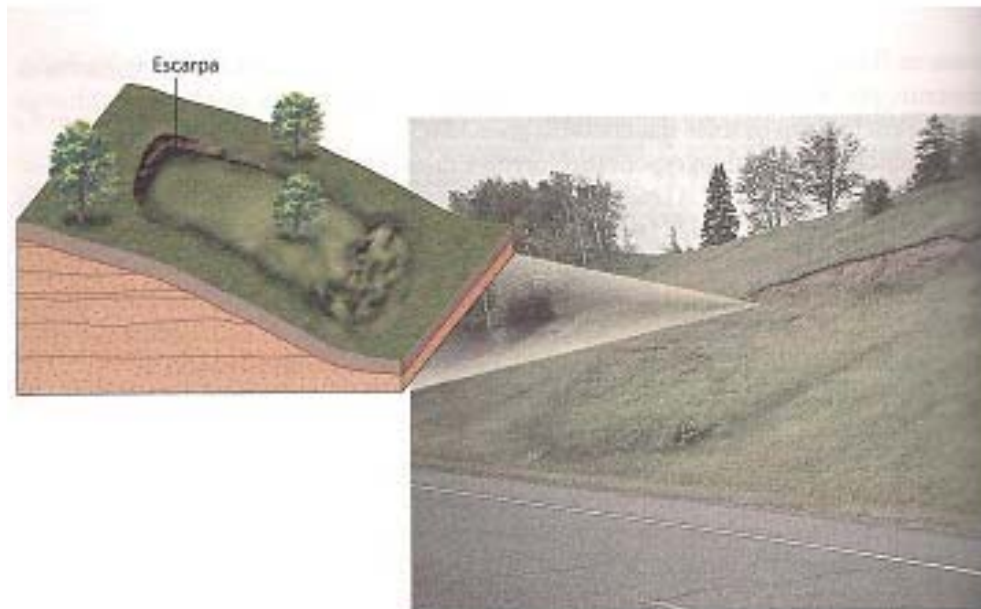


Figura 6.2 – Fluxos de terra (Baraga-Michigan-EUA). (Fonte: Wicander; Moroe, 2009).

d) Solifluxão – é o movimento lento, encosta abaixo, de sedimento saturado de água da superfície, podendo-se deslocar alguns centímetros ou poucos decímetros por hora ou por dia. A solifluxão pode ocorrer em qualquer clima, quando a presença de uma camada impermeável do regolito impede a penetração da água, provocando a concentração e saturando a camada subjacente. A melhor condição para esse movimento é exercida pela camada permanentemente gelada dos solos das regiões frias que cobre cerca de 20% da superfície terrestre. Durante a estação mais quente, quando a porção superior do solo degela, a água e o sedimento da superfície formam uma massa encharcada que flui por solifluxão e produz uma topografia lobulada característica.

QUEDAS DE BLOCOS

São movimentos extremamente rápidos, no qual as rochas de qualquer tamanho, desagregadas das vertentes caem em queda livre pela ação da gravidade sendo típicos de áreas muito íngremes. Nas áreas onde esse tipo de movimento ocorre, geralmente existe a presença de fraturas nos paredões rochosos ou há um desgaste na base da encosta, provocando a queda da parte superior (GUIMARÃES et. al. 2008). Além disso, descontinuidades e/ou alívios de tensão poderão ocasionar quedas. Ocorrência desse fenômeno no Brasil registra-se no estado do Rio de Janeiro ao longo da estrada Rio - Petrópolis e em áreas de favelas como a do Morro São João, entre outras localidades (Figura 6.3).

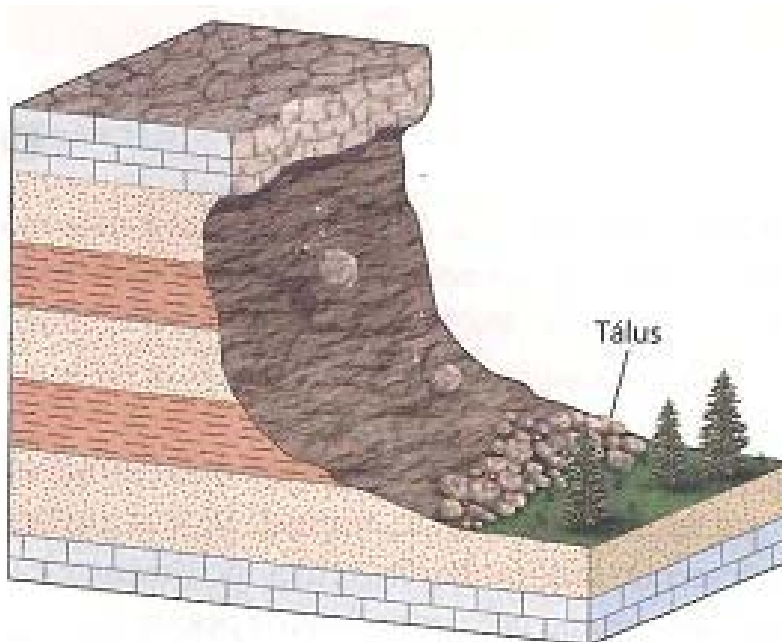


Figura 6.3 – Queda de blocos. (Fonte: Wicander; Monroe, 2009).

ESCORREGAMENTOS

São processos que ocorrem de forma rápida, com um plano de ruptura definido, separando o material escorregado do não movimentado. O corpo escorregado pode se esfacelar durante o movimento ou permanecer intacto (WICANDER; MONROE, 2009). A velocidade de um escorregamento pode variar de extremamente lenta a muito rápida. Dois tipos de escorregamentos são reconhecidos, conforme segue:

a) Escorregamentos Rotacionais (designados de desmoronamentos) – são aqueles em que a ruptura do material rochoso se verifica através de superfícies curvas, geralmente ocorrendo em áreas pouco fraturadas e com formações superficiais uniformes (JATOBÁ; LINS, 2008). Caracteriza-se

pela rotação traseira do bloco escorregado e normalmente ocorre em material desagregado ou fracamente consolidado e varia em dimensões: desde escorregamentos individuais pequenos, como os que ocorrem ao longo das margens fluviais, a escorregamentos múltiplos e maciços que afetam grandes áreas e causam prejuízos consideráveis. Salientam Wicander e Monroe (2009) que tais escorregamentos podem ser causados por uma variedade de fatores, mas, comumente, é a erosão no sopé da encosta que remove o apoio do material sobreposto. Assim, a declividade local pode decorrer, naturalmente, da erosão fluvial nas margens de um rio ou da ação das ondas na base de um penhasco costeiro. De modo geral, esse tipo de escorregamento predomina ao longo dos cortes das rodovias, sendo o mais freqüente quando comparado aos demais movimentos gravitacionais de massa (Figura 6.4).

b) Escorregamentos translacionais – (deslizamentos) consistem na remoção gravitacional do regolito, com restos de vegetais, que deslizam como se fossem lâminas sobre uma superfície de ruptura lisa. Esses movimentos ocorrem durante chuvas intensas, quando há elevação da pressão em uma superfície de descontinuidade. Exemplifica Christofolletti (1980) que no Sudeste do Brasil dois fatores contribuem para a ocorrência de deslizamentos: a prolongada estação chuvosa e a declividade relativamente acentuada das vertentes. Dessa maneira, na Serra do mar, na da Mantiqueira, e nos inúmeros morros isolados das baixadas litorâneas, os deslizamentos ocorrem anualmente com maior ou menor intensidade. Por vezes, como em 1956, em Santos, em 1967, na área de Caraguatatuba, em 1971, na Serra das Araras, e em 2011, Petrópolis/Teresópolis (RJ) assumem aspectos catastróficos (Figura 6.5).

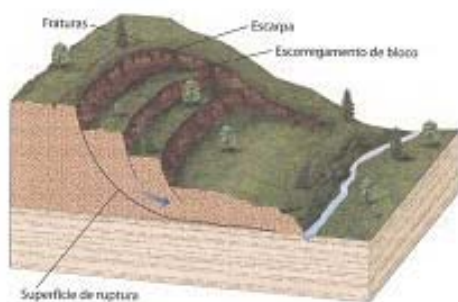


Figura 6.4 – Escorregamento rotacional.



Figura 6.5 – Escorregamento translacional
(Fonte: Wicander; Monroe, 2009).

AVALANCHE(A)

É classificado como movimento gravitacional complexo que ocorre freqüentemente em cadeias montanhosas muito íngremes. Por isso, é considerado o fluxo coletivo do regolito mais rápido que se conhece, movimentando enormes volumes de materiais. Em termos de composição,

a avalanche tanto se constitui inteiramente de gelo e neve quanto de fragmentos rochosos. De modo geral, esse movimento começa com uma queda livre de uma massa rochosa ou de gelo, que é pulverizada no impacto e corre a grande velocidade, em vista da fluidez adquirida pela pressão do ar aquecido e água retida dentro da massa. Vale ressaltar que, por vezes, o seu desencadeamento ocorre como consequência de um terremoto. A situação do Peru em 1970 é ilustrativa, quando um terremoto colocou em movimento uma avalanche de detritos que destruiu as cidades de Yungay e Ranrahirca e matou mais de 25 mil pessoas.

CONCLUSÃO

Os desastres naturais, entre eles, os movimentos de massa constituem atualmente um dos grandes problemas socioeconômicos que afligem o planeta. A ferramenta mais importante para eliminar ou minimizar seus efeitos prejudiciais à população aponta-se na realização de uma investigação geológica da região em questão, onde os planejadores possam adotar medidas que minimizem os efeitos dessas ocorrências avaliando os riscos de possíveis movimentações antes de começar uma construção e consequentes ocupações, uma vez que os diferentes tipos de movimentos de massa existentes dependem das condições locais, com: estrutura geológica, tipo dos materiais, declividade, orientação e forma das vertentes, área de contribuição, intensidade e distribuição das precipitações.

RESUMO

O movimento gravitacional de massa é o deslocamento encosta abaixo, de solo e fragmentos de rocha devido à gravidade. Fatores como a declividade da encosta, intemperismo, clima, conteúdo de água, vegetação e sobrecarga são inter-relacionados e afetam a movimentação de massa. Além desses, outros fatores também respondem pelo desencadeamento dos movimentos de massa, tais como: a saturação do solo e terremotos. De acordo com a velocidade do movimento, os diferentes tipos associam-se as duas classificações mais gerais: lentos (fluxo de terra, solifluxão e rastejamento) e rápidos (quedas, e escorregamentos de rochas, fluxos de lama, avalanche etc.) cada qual com as suas características próprias. As pessoas podem minimizar os efeitos da movimentação gravitacional de massa realizando investigações geológicas na área e estabilizando as encostas para prevenir e atenuar o processo.





ATIVIDADES

1. Comentar sobre os principais fatores que afetam a movimentação gravitacional de massa.
2. Classifique os movimentos gravitacionais de massa, apresentando suas características fundamentais.
3. Embora os grandes movimentos de massa não possam ser normalmente impedidos, os geólogos e os Engenheiros podem empregar vários métodos para minimizar o perigo e os danos resultantes. Identifique alguns desses métodos, tecendo comentários sumários a respeito.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

As duas primeiras questões podem ser respondidas com auxílio do texto base dessa aula. Para responder a terceira questão, você poderá utilizar os livros indicados na bibliografia, podendo consultar também a *internet*.



PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, abordaremos o papel da estrutura na evolução morfológica, onde você conhecerá os tipos de relevos derivados em estruturas das bacias sedimentares.

REFERÊNCIAS

- BIGARELLA, João José, et al. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. UFSC, Vol. 3, 2003.
- FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. do. Movimentos de massa; uma abordagem geológica-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. Cap. 3.
- GUIMARÃES, Renato. F. et al. Movimentos de Massa. In: FLOREZANO, Tereza Galloti. (org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: oficina de textos, 2008. p. 185-205.
- POP, J. H. **Geologia Geral**. Porto Alegre. Ed: JC, Rio Grande do Sul, 1999.
- WICANDER, R.; MOROE, J. S. **Fundamentos de Geologia**. São Paulo. Ed; Cengage Learning, 2009.