

MAIS CIÊNCIA

DESLIZAMENTOS: UM MAL INEVITÁVEL?

Vívian Branco Newerla

"As chuvas causaram duas mortes no sul de Minas e uma na região de Campinas. Há várias famílias desabrigadas em cidades mineiras e paulistas.

....

Em Serra Negra, na região de Campinas, um menino de 9 anos morreu quando um deslizamento de terra destruiu a casa onde estava com a irmã, de 6, ontem de manhã.

....

Em José Bonifácio, as estradas estão intransitáveis. 'Foi uma tragédia', disse o prefeito Miguel Rossi, que decretou calamidade pública e pediu ajuda à Defesa Civil do Estado. Em Nova Canaã Paulista, na mesma região, a chuva danificou 200 quilômetros de estradas." O Estado de São Paulo, 7 de janeiro de 1999.

".... Para os moradores do Alto da Paz, a oração é a única arma que eles têm para tentar evitar os desabamentos provocados pelas chuvas.

Segundo a coordenadora da Escolinha Comunitária da UR 10, Maria Tibúrcio, muitos pedidos de lonas plásticas feitos à Codecir não foram atendidos. 'Há três semanas caiu uma barreira atrás da escola. Fiz o pedido de lonas, eles disseram que iriam trazer, mas até agora nada', reclama." Diário d e Pernambuco, Recife, 24 de Agosto de 1998.

Freqüentemente ouvem-se na televisão, lêem-se nos jornais notícias referentes a deslizamentos ou escorregamentos, ocasionando desabamentos de construções, interdição de tráfego, vítimas. Também amiúde prefeitos pronunciando-se acerca de tais eventos ou até mesmo jornalistas em suas matérias eventualmente os atribuem a uma fatalidade ou ao produto do acaso ou a fenômenos naturais incontroláveis e imprevisíveis. Parte da população, às vezes, relaciona-os aos desígnios divinos. Será mesmo que sua distribuição no tempo e no espaço é aleatória? Será que o problema é somente divino?

"Os paulistanos não vão sentir saudades do verão deste ano. Inundações, desabamentos, mortes e congestionamentos atormentaram a vida da população quase todos os dias. Na Capital, cinco pessoas morreram em razão dos temporais registrados de janeiro até ontem. No mesmo período, as chuvas deixaram desabrigadas 381 famílias, num total de 1.646 pessoas, que foram alojadas em 10 abrigos da Prefeitura. No Estado, o número de mortes chegou a 42, de acordo com a Defesa Civil Estadual." O Estado de São Paulo, 18 de março de 1996.

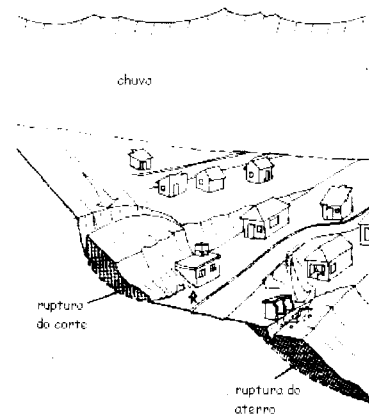


Fig. 1 – Ruptura do material, provocando deslizamento

Fonte: Ocupação de Encostas

Os trechos de reportagem associam os deslizamentos a intensos períodos de chuvas. Escorregamentos ou deslizamentos são "movimentos rápidos, com limites laterais e profundidade bem definidos" (Cunha, 1991) (fig.1). E, de fato, a maioria das movimentações nas encostas ocorrem em períodos chuvosos o que torna a água o mais importante agente deflagrador destes movimentos. Os períodos chuvosos são bem definidos, embora sejam diversificados nas diversas regiões do Brasil. Nos estados de São Paulo e sul de Minas Gerais, por exemplo, as chuvas concentram-se de janeiro a março, nos meses de verão, e é exatamente quando predominam esses fenômenos. Se há períodos preferenciais, há da mesma forma locais mais predispostos a movimentações?

"As fortes chuvas ... atingiram a zona leste da Grande São Paulo sábado à noite ... Em Santo André, a terra de uma encosta deslizou e atingiu dois barracos na Vila Suíça." O Estado de São Paulo, 26 de janeiro de 1997

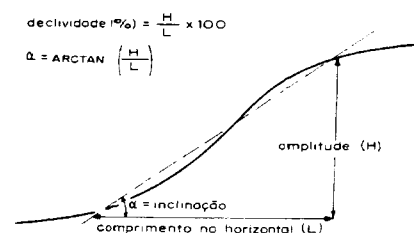


Fig. 2 – Elementos geométricos de um talude, vistos em corte.

Fonte: Ocupação de Encostas.

Expressando-se de forma genérica, os deslizamentos ocorrem em encostas que são superfícies naturais inclinadas. O termo encosta é aplicado a uma extensa área de morro, colina, etc. Quando nos referimos a uma superfície inclinada mais restrita, por exemplo a porção da encosta localizada atrás da nossa casa, denominamos este trecho de talude natural. Desse modo, talude natural expressa uma forma, com elementos geométricos característicos que são: inclinação ou declividade e amplitude (fig.2). Inclinação é o ângulo entre plano da encosta e uma linha horizontal. Quando a inclinação é transformada em porcentagem, recebe o nome de declividade. Amplitude equívale à altura, ao desnível vertical entre a base e o topo do talude.

Usando como parâmetros declividade e amplitude, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1981) definiu as unidades e relevo:

amplitude	inclinação	declividade	formas de relev
< 100 m	< 3°	< 5%	rampa
	3° a 9°	5 a 15 %	colina
	> 9°	> 15 %	morrote
entre 100 e 300 m.	3° a 9°	5 a 15%	morro com encosta suave
	> 9°	> 15%	morro
> 300 m.	> 9°	> 15 %	montanha

Somente do ponto de vista da geometria das encostas, como o deslizamento envolve um movimento, quanto maior a declividade e amplitude, maior a possibilidade de ocorrer movimentos. A declividade é um elemento importante de análise de estabilidade de taludes e, em função disto, para avaliar a estabilidade traça-se, em mapas topográficos, classes de declividade. Porém a estabilidade de taludes não é função somente da geometria, mas depende também dos materiais que os compõem.

"... Um novo deslizamento de terra, de grandes proporções, foi registrado às 5 horas da manhã de ontem, no Guarujá, no litoral paulista. ... O escorregamento ocorreu no Morro do Botelho, onde uma grande pedra ameaça rolar, por causa do solo encharcado pelas chuvas. O trânsito foi desviado e foram criados vários trajetos alternativos ..." O Estado de São Paulo, 24 de março de 1996
"Ao contrário do que previa o Departamento de Estradas de Rodagem (DER), o tráfego no km 82 da Rodovia dos Tamoios, na entrada de Caraguatatuba, continuou interrompido durante todo o dia de ontem. Pedras de 15 a 20 toneladas ainda impediam o uso do acostamento e de parte da pista, devido à queda de um talude de cerca de 100 metros de comprimento por 2 de altura." O Estado de São Paulo, 26 de março de 1996

O jornalista na primeira notícia acima mencionada precisa o tipo de deslizamento ou escorregamento ao acrescentar o termo 'de terra'. Esta especificação é esclarecedora porque os deslizamentos podem ser de

solo (na primeira notícia), de rocha (na segunda notícia) ou de solo e rocha. No que diz respeito aos constituintes, os taludes naturais são formados, em geral, de solo e rocha cuja a proporção entre eles depende de uma série de fatores. Para melhor entender o papel dos constituintes no desencadeamento de deslizamentos, é necessário conhecer um pouco sobre a gênese e comportamento desses materiais.

Rochas e solos

Uma diversidade de maciços rochosos revelam-se na paisagem quando os observamos atentamente. Certos tipos de maciços ou certas porções de um maciço são menos resistentes do que aquilo que está a sua volta. Estudos podem identificar essas zonas ou tipos "mais frágeis" e é aí onde há possibilidade de escorregamentos de rochas.

Quando detemos o olhar em uma paisagem natural, em uma encosta, a primeira vista parece-nos que é imutável ainda que saibamos que podem haver movimentações muito rápidas como os deslizamentos. Os fenômenos de curta duração (anos ou séculos) ou curtíssima (minutos e segundos) parecem-nos problemas localizados num planeta predominantemente estático. No entanto, nada é estático, tudo se transforma constantemente embora em velocidades diferentes. A maioria dos fenômenos geológicos tem períodos de duração longos (milhares de anos) ou longuíssimos (milhões de anos), e estas transformações são sempre respostas ambientais a uma situação de desequilíbrio ambiental e energético.

Um bom exemplo desta readaptação, desta busca de equilíbrio é o caso da transformação da rocha em solo. Os diversos tipos de rochas são formados em subsuperfície sob condições de temperatura e pressão muito maiores dos que as existentes à superfície do planeta. Como o planeta é dinâmico, está sempre em movimento, as rochas migram para a superfície devido às forças internas do planeta e, ao encontrar temperatura e pressão menores, fraturam-se em resposta ao novo ambiente. Ao mesmo tempo entram em contato com o ar, a água e os seres vivos. A água, mais uma vez, é um importante agente transformador, principalmente nas regiões de clima tropical. A água em contato com os componentes das rochas, seus minerais, vai favorecer o desenvolvimento de reações, transformando alguns desses minerais em outros (intemperismo químico). Além de reagir quimicamente, a água infiltrada vai também remover íons. Esta região da superfície rochosa que está se transformando é chamada de manto de alteração. À medida que o processo evolui, o manto de alteração vai se tornando mais espesso e se diferenciando em subcamadas distintas.

Assim, o solo é heterogêneo e constituído, entre outros elementos, de partículas de tamanho variável e poros preenchidos com ar e água. Existe uma série de tensões, de forças, que mantém estes materiais juntos

e coesos. Além disso, há propriedades que determinam a sua resistência ao movimento, a se deslocar para regiões mais baixas, medida por um índice chamado coeficiente de atrito. Estas propriedades (coesão e atrito) variam de acordo com o tipo do solos e nas diferentes subcamadas do mesmo solo.

Assim, diferentes solos e rochas em diversas situações possuem diferentes coeficientes de atrito e coesão, possibilitando o levantamento dos locais mais propensos aos deslizamentos.

Outros fatores preparatórios

Vimos até agora uma série de fatores que predispõem aos fenômenos de instabilização: regime de chuvas, geometria das encostas e características e propriedades do solo e rocha. Um outro fator interferente é a profundidade da região saturada com água.

Parte da água da chuva escoar pela superfície e parte infiltra no solo. A água que infiltra no solo percorre os espaços vazios entre as partículas (poros) até encontrar uma superfície que interrompa seu fluxo descendente, por exemplo uma camada mais impermeável. À medida que a água se acumula, preenchendo os poros define uma região saturada. O quanto esta varia nos períodos chuvosos influencia na suscetibilidade ao deslizamento: em geral, quanto mais próxima à superfície, maior a instabilidade do talude.

Um outro fator interferente é a vegetação. De modo geral, a existência da vegetação favorece a estabilidade do talude nos seguintes aspectos: o entrelaçamento das raízes aumenta a agregação das partículas de solo; a retenção de água de chuva pelas folhas e a absorção pelas raízes diminui ou retarda a infiltração; e a folhagem é um anteparo, diminuindo o impacto das gotas de chuva no solo. No entanto, em algumas situações, a vegetação pode também promover a instabilidade da encosta. Por exemplo, o peso das árvores pode em alguns casos favorecer a instabilidade do talude, dependendo da declividade da encosta e das características do solo. Um outro caso, refere-se a bananeiras em encostas. Estas plantas coletam muita água em seu tronco, mantendo o solo permanentemente saturado de água, diminuindo assim a sua resistência.

As áreas de risco da Capital ficam ainda mais expostas a deslizamentos com a chuva contínua que vem tomando conta da cidade nesta semana. "Estamos num período crítico", disse o geólogo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) Fernando Kertzman. "Ele é preocupante porque, se o solo já está molhado pela chuva contínua, quando vem um temporal os riscos de desmoronamento são bem maiores." De acordo com o geólogo, este longo período de chuvas com pancadas mais fortes isoladas é o que exige maior atenção. Os prejuízos são menores quando o terreno está seco e consegue absorver maior quantidade de água, "mesmo com temporais". Segundo o professor de Recursos Hídricos e Meio

Ambiente da Universidade de São Paulo (USP) Benedito Braga, o risco de deslizamento é ainda maior no solo das encostas. "A água deixa a terra mais pesada", afirmou.

Como já foi dito, a água é o agente que deflagra os escorregamentos em áreas potencialmente instáveis. Mas, precisamente como ela age? Como disse o prof. Braga, a água deixa o solo mais pesado e isto diminui a tal ponto a resistência ao movimento que pode provocar um deslizamento.

O geólogo Kertzman indica uma outra forma de ação da água relacionada ao aumento de saturação do solo. O encharcamento do solo é indicativo de que todos os poros estão sendo preenchidos pela água e isto pode provocar um aumento da pressão exercida pela água sobre as partículas de solo, levando a uma diminuição de sua situação de equilíbrio, ao desenvolvimento de um plano de ruptura e depois, ao deslizamento.

"As fortes chuvas registradas durante a noite de anteontem e a madrugada de ontem na Baixada Santista causaram a morte de um menino de 2 anos, deslizamentos de terra nos morros, ..." O Estado de São Paulo, 30 de dezembro de 1995.

"... Depois de um mês que Elias Mariano de Oliveira, o Lico, de 13 anos, morreu soterrado por um deslizamento de terra provocado por uma escavadeira ..." O Estado de São Paulo, 15 de janeiro de 1995.

A maioria absoluta das notícias de jornal atribui única e exclusivamente à chuva a responsabilidade de provocar escorregamentos. Raríssimas são as notícias que os relacionam às intervenções humanas. No entanto, vários estudos realizados no Brasil revelam que as intervenções humanas têm um papel importantíssimo como agente preparador para ocorrência de deslizamentos. A grande maioria dos eventos são induzidos por ocupações desordenadas de encostas. "O avanço das diversas formas de uso e ocupação para as áreas naturalmente suscetíveis aos movimentos gravitacionais de massa [nome genérico para este gênero de fenômenos entre os quais se inclui o escorregamento] acelera e amplia os processos de instabilização" (Augusto Filho e Virgili, 1998) (os grifos são meus). Fazendo uma analogia, podemos dizer que os condicionantes naturais anteriormente citados mantêm o copo com um pouco de água, as intervenções humanas preenchem até a borda e a chuva é, neste caso, a gota d'água que faltava para o transbordamento.

"... Três pessoas sofreram ferimentos leves, ontem de manhã, em Campinas, com o deslizamento de um barranco sobre a casa em que moravam ... O barranco deslizou de uma altura de 10 metros. A casa ... ficou parcialmente soterrada. O desmo-

ronamento foi provocado pela chuva da madrugada ...” O Estado de São Paulo, 09 de janeiro de 1996



Fig. 3 – Área sujeita a escorregamento
Fonte: Ocupação de Encostas

O talude natural que sofreu um processo de escavação promovido pelo homem é chamado o talude de corte. Uma das causas dos deslizamentos é a execução de taludes de corte com “altura e inclinação excessivas, incompatíveis com a resistência intrínseca do solo.” (Cunha, 1991).

Uma outra causa esta relacionada a um solo pouco coeso, denominado de solo de alteração, que está em subsuperfície. Um talude de corte pode expor o solo de alteração e, submetido à ação das águas, torna-se muito suscetível a escorregamentos.

O deslizamento noticiado acima foi causado pela altura excessiva do talude (10 m). Muito provavelmente, também havia outras incorreções no corte: inclinação inapropriada e exposição do solo de alteração.

Muito comumente o solo é retirado do fundo do terreno e lançado a terra na frente, construindo-se um aterro. Este tipo de obra, corte associado a aterro, é amplamente usado na construção civil para eliminar desníveis e aumentar áreas planas em estradas rodoviárias e ferroviárias, loteamentos residenciais e industriais. A sua execução deveria obedecer uma série de normas técnicas que incluem a escolha do material adequado, a compactação mecânica do material, a adoção de técnicas de construção que evitem a saturação com água, etc. No entanto, freqüentemente tais normas não são respeitadas e o aterro escorrega.

“ ... Duas horas de chuva fizeram o Rio parar na noite de anteontem. ... cerca de 600 toneladas de lama, árvores caídas e lixo se acumularam nas ruas. ... [A zona Norte] ... amanheceu coberta de lixo, ... [nas] ruas em torno do Maciço da Tijuca ...” O Estado de São Paulo, 05 de janeiro 1996

Além da terra e rocha, acúmulo de lixo em encosta também desliza com muita facilidade e mata. Feliz-

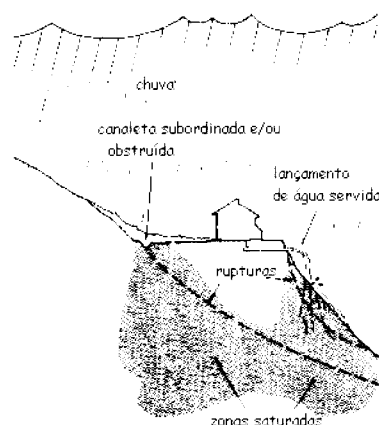
mente, desta vez, o lixo acumulado no Morro da Tijuca escorregou, mas não houve vítimas.

“O Departamento de Polícia Técnica da Bahia concluiu que foi mesmo o vazamento de um cano que provocou o deslizamento de terra..., na semana passada, [no Morro do Gavaza] quando três pessoas morreram e sete ficaram feridas. ... O deslizamento atingiu três edifícios ...” O Estado de São Paulo 14 de janeiro de 1998

As demais intervenções humanas que induzem a escorregamentos estão todas ligadas a lançamento excessivo e de forma inapropriada de água nas encostas. Um “inocente” vazamento em um cano de abastecimento de água, como no caso da reportagem causa, com muita freqüência, deslizamentos.

A água é o principal agente a detonar os processos de deslizamento em regiões que apresentam predisposição a eles, pois a água diminui a resistência do solo, aumenta seu peso específico e aumenta as pressões internas, fatos que podem levar a ruptura do talude e deslizamento da porção rompida. Um talude já encharcado está tão fragilizado e pode romper até mesmo em períodos secos.

Uma intervenção humana que pode manter o solo permanentemente encharcado é a existência de um excesso de fossas sanitárias. Com o passar do tempo, o contínuo aporte de água satura o solo, deixando-o permanentemente úmido. Da mesma forma, podem encharcar os solos, os vazamentos ou rompimentos na rede de abastecimento de água e os canos que despejam sobre as encostas águas usadas na lavagem (águas servidas). Em todos eles, ainda que o volume de água possa ser relativamente pequeno é a contínua infiltração de água que satura o solo. Para citar apenas um exemplo, o mais provável deflagrador do processo de ruptura do mal executado aterro que atingiu a favela Nova República no Morumbi (São Paulo) foi o contínuo lançamento de águas servidas sobre o aterro pelos prédios de alto padrão situados junto a ele.



Levantamento da Secretaria das Administrações Regionais (SAR), referente a setembro de 1994 a março do ano passado, mostra que o município tem 473 pontos críticos: 213 de inundação, 212 de deslizamento e 48 pontos com as duas ocorrências. Em 1990, eram 470 pontos." O Estado de São Paulo, 15 de janeiro 1996

A exposição anterior indicou que existe uma série de fatores relacionados a características das encostas e ao tipo de uso e ocupação de solo que predispõe os taludes a deslizamentos, indicando assim que é possível saber onde os escorregamentos podem ocorrer. Ao mesmo tempo, conhecendo que o excesso de água desencadeia o processo, é possível saber quando existe maior probabilidade que isto ocorra. E, de fato, os locais são tão identificáveis que existe um cadastramento em muitas cidades dos denominados pontos críticos ou áreas de risco de deslizamentos.

Embora os deslizamentos possam parecer obra do acaso e do destino e muitas vezes as manifestações governamentais públicas e a divulgação do fato contribuam para esta concepção, na verdade nem acaso e nem destino determinam os deslizamentos.

"O índice pluviométrico de 20 milímetros cúbicos, registrado durante a chuva de anteontem, não preocupa os técnicos da prefeitura. 'Não é um índice alto, mas devemos ficar atentos para o acumulado desde o início do mês, de 85 milímetros cúbicos, um indicador de que estamos nos aproximando de um nível perigoso de encharcamento do solo', explicou Rosa [Aldo Rosa, diretor da Divisão de Obras da Fundação Geo-Rio]." O Estado de São Paulo, 05 de janeiro de 1996

Outros dados afastam-nos ainda mais da eventualidade. Hoje sabe-se que não é qualquer chuva que desencadeia os escorregamentos. Muitos estudos relacionam o aumento da sua probabilidade de ocorrência a determinada quantidade de chuvas acumuladas. No caso específico do Rio de Janeiro, citado na reportagem, sabe-se que em um determinado período, quando o índice de chuvas acumuladas é 85 milímetros cúbicos a situação começa a torna-se perigosa.

Um outro dado importante é que, embora o deslizamento seja um movimento rápido de material, ele é o resultado final de um processo que não teve início repentinamente. Existem vários indícios no

terreno e em seus arredores que indicam que o processo está em andamento. Talvez, os avisos mais evidentes sejam o surgimento de trincas e degraus no terreno e/ou trincamento de muros e paredes, indícios claros de que uma ruptura do talude está em andamento.

A assessoria de imprensa da prefeitura [de Santos] informou que o acumulado de chuvas neste mês chegou ontem, às 10 horas, a 381 milímetros, o maior índice dos últimos dez anos. Só nas últimas 72 horas, o acumulado chegou a 200,6 milímetros, por volta das 6 horas da manhã de ontem. Desse total, mais da metade - 124 milímetros - foi registrada entre as 18 horas e a meia-noite de anteontem. Durante a noite, o índice chegou a 80 milímetros em uma hora ... Apesar da quantidade de chuva e da gravidade das ocorrências, não houve mortes por causa das enchentes nem dos deslizamentos em Santos." O Estado de São Paulo, 30 de dezembro de 1995

"RECIFE - O número de mortes provocadas na região metropolitana do Recife pelas chuvas de domingo e da madrugada da segunda-feira havia chegado a 49 no início da noite de ontem - 37 na capital, 6 em Olinda e 6 em Camaragibe. Com exceção de 2 casos de afogamento, as outras mortes ocorreram após 43 desabamentos em morros. A estimativa de desaparecidos varia de 7 a 20, conforme a Comissão de Defesa Civil de Pernambuco (Codecipe). Há 3.138 desabrigados." O Estado de São Paulo, 30 de abril de 1996

Santos tem um dos maiores índices de chuvas do país. É maior do que várias regiões da Amazônia. Mesmo com um altíssimo nível pluviométrico, a reportagem relata que não houve vítimas. Do outro lado do país, Recife com um índice pluviométrico muito menor, encerra um período chuvoso com 49 mortes em 30 horas. Porque isto acontece? Há como minorar essas tragédias? Soluções existem, mas este já é um outro problema e, fica para uma outra vez.

Bibliografia Consultada e Citada

- CUNHA, M. A. (coord.). *Ocupação de encostas*. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1991, 216 p.
- OLIVEIRA, A. M. dos S. e BRITO, S. M. A. de (ed.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileiras de Geologia de Engenharia, 1998, 586 p.