

ENCOSTAS URBANAS COMO UNIDADES DE GESTÃO E PLANEJAMENTO, A PARTIR DO ESTUDO DE ÁREAS A SUDOESTE DA CIDADE DO RECIFE - PE

Osvaldo GIRÃO¹

Antonio Carlos de Barros CORRÊA²

Antonio José Teixeira GUERRA³

RESUMO

O planejamento urbano voltado para apropriação de novos espaços, e mesmo a reorganização dos já ocupados, faz-se de grande utilidade para a implementação de formas de ocupação viáveis do ponto de vista da manutenção do equilíbrio ambiental físico sobre o perímetro de expansão das cidades. Para tanto, a geomorfologia do sítio urbano deve constituir-se em um dos principais fatores na orientação do processo de ocupação. Desta forma, a grande demanda por espaços nas cidades, e a conseqüente falta de planejamento e organização para novas ocupações por parte do poder público, justifica a premente necessidade por estudos de cunho geomorfológicos dentro do cenário urbano. O entendimento das características morfológicas e dos processos morfogenéticos, além de análises acerca da vulnerabilidade das áreas urbanas face aos eventos naturais (disritmias pluviométricas, enchentes, deslizamentos etc.) constitui-se em subsídio fundamental à compreensão da dinâmica dos componentes do sistema ambiental físico de um espaço urbano. A caracterização e avaliação dos processos subaéreos em áreas de encostas revestem-se, assim, de grande importância ao delineamento de políticas de ocupação nas áreas de expansão urbana, tendo na compreensão dos processos morfodinâmicos e suas interações com outros fatores influenciadores do equilíbrio dinâmico ambiental, um relevante aspecto para o planejamento do uso do solo urbano e mitigação de situações indesejáveis já instaladas.

Palavras-chave: Geomorfologia urbana, planejamento urbano, erosão superficial, movimentos de massa.

ABSTRACT

Urban planning applied to the appropriation of new spaces, and even the re-organization of settled areas, is of great utility in the implementation of viable occupation patterns regarding the maintenance of the physical environmental balance within the expansion perimeter of cities. Therefore, urban sites geomorphology should become one of the main guiding parameters for space occupation process. According to this perspective, the great demand for building spaces within cities, and the public agents consequent lack of planning and organization for such occupation, justifies the urgent need for geomorphological studies within the urban landscape. The understanding of morphological characteristics and morphogenetical processes, as well as analysis regarding the

¹ Professor Adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco. E-mail: osgirao@gmail.com.

² Professor Adjunto do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE. E-mail: antonio.correa@pq.cnpq.br.

³ Professor Adjunto do Departamento de Geografia da UFRJ. E-mail: antonio.guerra@pq.cnpq.br.

vulnerability of urban areas in face of natural events (strengthened rainfall inputs, flooding, landslides, etc.) constitute a fundamental subsidy to the understanding of the physical environmental system components in an urban space. The characterization and assessment of sub-aerial processes in hillslope areas thus become of great importance for the delineation of occupation policies in areas of urban expansion, having the understanding of morphodynamics and its interactions with other factors that influence the dynamic environmental equilibrium, a relevant aspect for urban soil planning and mitigation of undesirable situations already in progress.

Key words: urban geomorphology, urban planning, superficial erosion, mass movements.

1. INTRODUÇÃO

A ocupação de encostas em áreas de expansão urbana no Brasil resulta em grande parte do processo migratório rumo aos grandes centros urbanos que, por conseqüência, intensifica o direcionamento dos egressos para as áreas desvalorizadas nos centros das cidades ou periferias de expansão do crescimento horizontal das mesmas.

Geralmente as unidades morfotopográficas de fácil ocupação, como planícies e terraços fluviais, bem como encostas de baixa declividade, são rapidamente apropriadas para o estabelecimento de formas de ocupação de caráter residencial ou comercial, ficando as áreas de várzeas fluviais ou de encostas abruptas, representativas de riscos à ocupação, para os menos providos de recursos financeiros que encontram nesses locais uma das poucas, se não a única, alternativa à ocupação no espaço urbano.

Desta feita, a necessidade de apropriação de espaço para a moradia, em concomitância à carência de recursos financeiros, leva os recém chagados à cidade para áreas inadequadas à ocupação, sobressaindo-se como *loci* preferenciais as várzeas de rios e as encostas, o que agrava o risco potencial de instabilidade à dinâmica de tais ambientes a partir da alteração nas características originais das formas e processos dos sistemas de superfície terrestre em questão.

Os danos verificados em áreas de encostas são evidenciados, por exemplo, pelo início e conseqüente desenvolvimento de processos erosivos na superfície de encostas que, geralmente, levam à perda de solo e ao assoreamento rápido de calhas de rios, causando a diminuição da qualidade e quantidade da água que flui nos cursos fluviais. A instabilidade provocada pela atuação antrópica pode ainda levar a desastres de grandes proporções no referente à perda de vidas, quando da ocorrência de eventos desencadeadores de grande magnitude, cujas respostas sobre os sistemas geomorfológicos podem se traduzir em movimentos de massa de grande velocidade e impactos catastróficos sobre as ocupações urbanas.

A instabilidade de encostas pode ser definida como o grau e frequência de perda de solo e movimentos de massa a atingir determinada área, os quais são problemas para o desenvolvimento de atividades humanas, ou têm o potencial para influir na decisão quanto ao uso da terra das áreas de encostas, demandando estudos relativos à instabilidade em encostas localizadas em zonas urbanas que envolvem não só uma avaliação do significado da instabilidade, mas também um entendimento da inter-relação dos fatores naturais e sociais controladores da forma na paisagem.

Assim, a identificação de processos de instabilidades em ambientes em declive em áreas urbanizadas, principalmente nas periferias das cidades, ratifica a necessidade do planejamento e manejo ambiental, abarcando não só diretrizes voltadas para o meio físico, mas também considerando o meio social que, em interação, compõem o meio-ambiente urbano.

2. OCUPAÇÃO SOBRE ENCOSTAS EM ÁREAS URBANAS

As encostas são originárias de áreas terrosas, rochosas ou mistas quanto a esses aspectos, mesmo que tenham sofrido ações antrópicas, tais como cortes ou desmatamentos, dentre outras (IPT, 1991), as mesmas mantêm uma superfície natural inclinada presente nos flancos de morros, colinas e serras (GUERRA e GUERRA, 1997).

A dinâmica de processos naturais atuantes sobre as encostas é regida por eventos de erosão, transporte e deposição de material e, bem como por movimentos gravitacionais e de transporte de massa. Assim, no processo de retirada de material, seja pela ação gravitacional ou através de agentes do transporte de massa, se tem em ambos os casos, a atuação de fatores desencadeadores do processo de modelagem das encostas.

É também nas regiões tropicais que os processos erosivos e os movimentos de massa constituem-se nos principais reflexos da dinâmica dos processos físicos superficiais que, quando perturbados pelas ações impetradas pela apropriação do solo, intensificam sua atuação sobre as encostas.

Para Farah (2003), são diversas as demandas e imposições que levam às alterações em encostas urbanas, destacando-se entre elas:

- Retirada da cobertura vegetal natural;
- Movimentação de solo e conseqüentes alterações geométricas das encostas, causando exposição de solos profundos ou mesmo alterações nas condições de compactação a partir da realização de aterros com solos de características diferenciadas dos originais;

- Alterações do regime de escoamento e infiltração das águas pluviais, com possível aumento do fluxo concentrada de águas da chuva;
- Introdução de fontes de águas superficiais e sub-superficiais derivadas de redes de água e esgotos com vazamentos e fossas negras e sépticas;
- Despejo de materiais que causam sobrecarga sobre as encostas, como lixo e/ou entulho que, principalmente quando de período chuvoso, tornam-se encharcados e susceptíveis a movimentos por gravidade.

Em zonas metropolitanas brasileiras, tais como as de Belo Horizonte, Recife, Rio de Janeiro e Salvador, por exemplo, a desestabilização das encostas reflete a ocupação desordenada dessas superfícies nas periferias urbanas. Os processos de desestabilização iniciam-se com a retirada a cobertura vegetal, seguindo-se da realização de cortes de taludes para construção de casas, prédios ou mesmo abertura de vias de acesso que, com a ampliação e intensificação da ocupação, levam ao desencadeamento de processos de deposição final de lixo e águas servidas nas encostas (FERNANDES e AMARAL, 1996).

No caso de centros urbanos que possuam áreas de fortes declives, espessos mantos de intemperismo e que estejam em processo de desmatamento, além de um regime de chuvas com altos índices pluviométricos concentrados em determinada estação do ano (caso de Recife, no outono/inverno e Rio de Janeiro no verão, por exemplo) os problemas de instabilidade são agravados, criando áreas potenciais a processos de degradação dos solos (CUNHA e GUERRA, 1996).

Apesar da intervenção humana intensa nas grandes aglomerações urbanas, que demandam espaços para empreendimentos residenciais, comerciais, dentre outros, no referente à instabilidade acelerada causada por processos erosivos ou movimentos de massa em áreas de encostas urbanas, tais formas de agravo ao ambiente natural, e mesmo sócio-econômico, também dependem de fatores naturais que predispõem as áreas de encostas à instabilidade (IPT, 1991; GUERRA, 1994; GUERRA, 2003), tais como:

- **Características Geológicas e Pedológicas:** diferentes rochas e/ou solos possuem diferentes resistências, além de características estruturais (como, por exemplo, planos de fraqueza e ruptura) que condicionam maior ou menor estabilidade das encostas;
- **Lençol Freático:** a profundidade do lençol de água influencia a maior ou menor susceptibilidade a processos erosivos sub-superficiais ou movimentos de massa;
- **Declividade da Encosta:** no referente ao gradiente de encosta, ou declividade, os processos erosivos e deslizamentos sofrem atuação dos níveis de inclinação de

uma encosta, uma vez o ângulo de declividade influencia na velocidade do escoamento superficial da água sobre a encosta e na ação gravitacional de material presente na encosta, sendo tal fator de peso maior na avaliação de movimentos de massa;

- **Comprimento de Encostas:** é reconhecido que o aumento do comprimento de rampa de uma encosta é diretamente proporcional ao aumento da velocidade e quantidade de material removido pelo escoamento superficial. Assim, as maiores velocidades do escoamento superficial em encostas mais longas reflete-se em maior suscetibilidade e conseqüentes perdas maiores de solo;
- **Formas de Encostas:** constituem-se em fator de relevante influência em processos atuantes na superfície do solo das encostas, uma vez que independente da declividade e do comprimento da encosta, formas convexo-côncavas, por exemplo, mesmo em encostas curtas, constitui-se em característica morfológica propensa ao desencadeamento de erosão dos solos;
- **Cobertura Vegetal:** atua no sentido favorecer a estabilidade das encostas através do reforço hidrológico e mecânico propiciado pelas raízes, favorecendo a redistribuição da água de chuva, diminuindo e retardando a infiltração desta no solo, além de propiciar uma melhor agregação do solo ao protegê-lo contra o impacto direto dos pingos das chuvas;
- **Características do Regime de Chuvas:** relaciona-se à distribuição das chuvas durante o ano, principalmente quanto ao período de maior concentração.

O conjunto de características acima atua na dinâmica natural das encostas sinergicamente, e interativamente, com outros fatores como o uso e manejo das áreas de encostas decorrentes do processo de apropriação dos solos que, geralmente, constitui-se em fator acelerador de instabilidades nos ambientes de encostas.

3. CAUSAS ANTRÓPICAS DE INSTABILIDADE EM ENCOSTAS URBANAS

Todavia, a apropriação de novos espaços, e mesmo a expansão de espaços já ocupados, através de diversas intervenções que o homem realiza no ambiente urbano, tais como: desmatamentos, cortes de talude, aterros, concentrações de águas superficiais, vibrações etc., caracteriza-se como o fator que atua de forma mais extensa e intensa na destabilização de terrenos de topografia inclinada nas cidades (GIRÃO e CORRÊA, 2004).

Na Tabela 1 estão listadas as principais causas e possíveis conseqüências da intervenção antrópica sobre as encostas urbanas, conforme o IPT (1991):

Tabela 1. Instabilidade de Encostas Urbanas. Fonte: Adaptada do IPT (1991).

Causas Antrópicas	Conseqüências
Retirada da Cobertura Vegetal e conseqüente exposição dos solos; Concentração de Águas Pluviais e Lançamento de Águas Servidas; Execução Inadequada de Aterro.	Processos Erosivos
Retirada da Cobertura Vegetal e conseqüente exposição dos solos; Concentração de Águas Pluviais e Lançamento de Águas Servidas; Vazamentos na rede de Abastecimento de Água, de Esgotos e de Fossas Sanitárias; Declividade e Altura Excessivas de Cortes; Execução Inadequada de Aterros; Disposição de Lixo.	Movimentos de Massa

Nos próximos tópicos passaremos a caracterizar as causas antropicamente derivadas de instabilidade em encostas urbanas e as conseqüências das ações do homem sobre o desequilíbrio nas áreas de encostas citadas na Tabela 1.

3.1. Retirada da Cobertura Vegetal

Apesar da importância de fatores naturais como a precipitação, declividade do terreno, comprimento da encosta e propriedades dos solos, no processo de instabilidade de encostas é incontestável a relevância da cobertura vegetal como fator natural de grande influência na determinação, ou não, da ocorrência de processos erosivos e/ou movimentos de massa em áreas declivosas.

Constituindo-se na defesa natural do solo, uma vez que ameniza o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, a cobertura vegetal tem um papel relevante na dispersão da água precipitada, com a conseqüente diminuição das taxas de erosão por salpicamento

(*splash*) e em lençol, bem como incremento das taxas de infiltração, ainda que essas últimas, quando excessivas, possam desencadear movimentos de massa com planos de ruptura profundos.

Segundo Almeida Filho e Ridente Júnior (2001), os principais efeitos decorrentes da presença de cobertura vegetal como “*manto protetor*” dos solos em encostas são:

- Proteção contra o impacto direto das gotas de chuva;
- Dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial;
- Aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes;
- Aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.

A existência de cobertura vegetal constituiu-se em relevante fator para a estabilidade das encostas, pois as copas das árvores, bem como a serrapilheira, promovem um armazenamento e uma redistribuição da precipitação pluviométrica, enquanto em subsuperfície as raízes atuam no solo de duas formas: mecanicamente por meio do atrito e a fixação do material, e hidrologicamente, através da redução da umidade a partir de uma drenagem rápida e eficiente (BASILE *et al.*, 2002).

Assim, a retirada de cobertura vegetal tem como primeiro efeito o desencadeamento da erosão por salpicamento (*raindrop erosion* ou *splash erosion*), através da qual as partículas do solo são destacadas pelo impacto dos pingos da chuva e redistribuídas pela superfície (SMALL e CLACK, 1982).

A cobertura vegetal e a matéria orgânica na superfície constituem-se em fatores de controle da infiltração, proporcionando altas taxas de infiltração, além de permitir uma maior estocagem da água em sub-superfície (THORNES, 1980; BASILE *et al.*, 2002). Por exemplo, o conteúdo de matéria orgânica pode reduzir as taxas de infiltração excessivas, no caso de poros de 1 mm de diâmetro, que teoricamente infiltra até 10.000 vezes mais água que poros de 0,1 mm de diâmetro. Em solos tropicais as taxas de infiltração são muito altas, onde se combinam um nível de armazenamento na zona radicular a uma quantidade abundante de macro-poros, resultantes da atividade animal; em consequência, o fluxo superficial convencional pode não ocorrer nunca (THORNES, 1980).

Atividades antrópicas que envolvam mudanças na cobertura vegetal e desestruturação física dos solos, que levem a transformações no microclima do solo e nos índices de decomposição orgânica, tendem a ampliar a velocidade das mudanças nos teores de

matéria orgânica, geralmente reduzindo-os, bem como afetando a estabilidade estrutural dos agregados e a capacidade de trabalho dos agentes bióticos do solo (BRYAN, 2000).

Segundo De Ploey e Poesen (1985) superfícies de solos com menos de 2% de matéria orgânica são freqüentemente marcadas por uma menor estabilidade dos agregados e elevada crustabilidade. A agregação é, portanto, relacionada mais ao conteúdo da matéria orgânica que ao conteúdo de argila, do ponto de vista quantitativo. Para Greenland *et al.* (1975) a turfa não tem o mesmo efeito que a matéria orgânica na estabilização dos agregados, sendo que menos de 2% de carbono orgânico (equivalente a aproximadamente 3,5% de matéria orgânica) torna os agregados instáveis.

Para Morgan (1985) muitos solos contêm menos de 15% de matéria orgânica e um grande número, especialmente de areias e solos franco arenosos, tem menos de 2%. Assim, a eficiência da matéria orgânica como agente de estabilidade dos agregados evidencia-se em solos mais susceptíveis à erodibilidade, como os solos com alto teor de silte e areia (WISCHMEIER e MANNERING, 1969).

Mesmo tendo sua reconhecida importância como agente controlador da estabilidade em áreas de encostas, a incorporação dos efeitos da vegetação nas análises de estabilidade de encosta é relativamente recente, tendo sido realizados os primeiros esforços nesse campo a partir da década de 1960. Apesar disso, grama, arbustos e árvores têm sido usados para controlar a erosão em encostas e para estabilizar cicatrizes de deslizamento há muitos anos, conforme Greenway (1987) reportando-se aos trabalhos do engenheiro Pan, em 1591, quando esse empregou o plantio de salgueiros para estabilizar aterros durante a Dinastia Ming na China. Foi, no entanto, a partir da década de 1950 que o desmatamento passou a ser considerado uma das possíveis causas de deslizamentos de terras ocorridos na primeira metade do século XX nos Estados Unidos, e que a perda do suporte mecânico representado pelas raízes induzia ao crescimento da freqüência de deslizamentos (TERZAGUI, 1950; CROFT e ADAMS, 1950).

Na segunda metade do século XX, os resultados de estudos quantitativos em erosão do solo levaram a cobertura vegetal à vanguarda como fator chave na defesa dos solos contra processos erosivos. Isso foi observado nos estudos que constataram a ocorrência de pouca erosão e movimentação de terras em áreas com uma ampla e densa cobertura vegetal natural, mesmo sendo tal cobertura de espécies de baixo porte, tais como grama e arbustos, havendo uma natural resistência à degradação dos solos, ou mesmo uma menor intensidade desta (JIONGXIN, 2005). No referente à degradação de solos em encostas, Araújo *et al.* (2005) destacam, na Tabela 2, a relevância da vegetação como forma de minimizar os

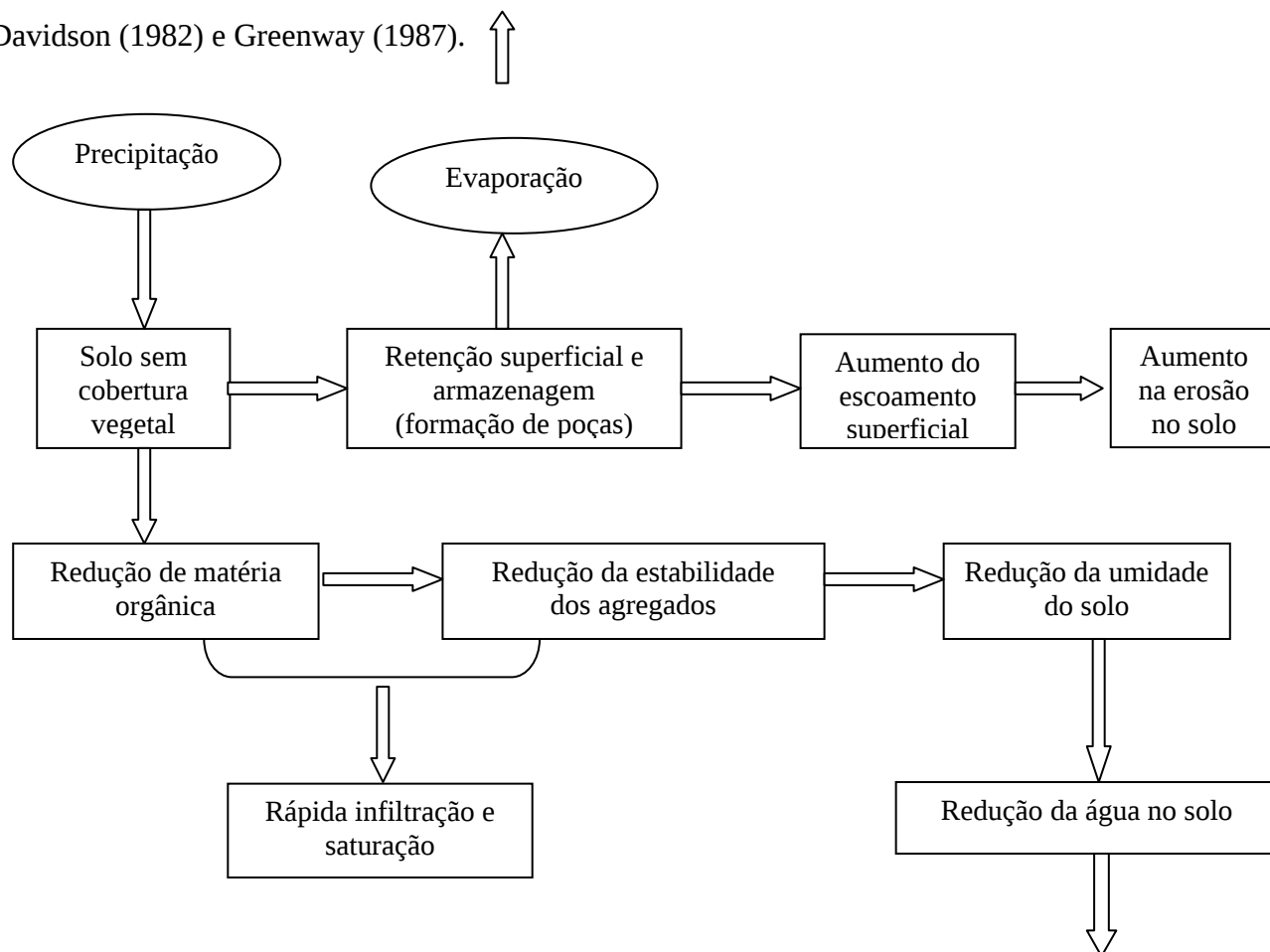
efeitos da erosão superficial e de movimentos de massa a partir da existência de determinados tipos de cobertura vegetal.

Tabela 2. Função Protetora da Cobertura Vegetal contra Processos de Degradação de Encostas. Fonte: Adaptada de Araújo *et al.* (2005, p. 80).

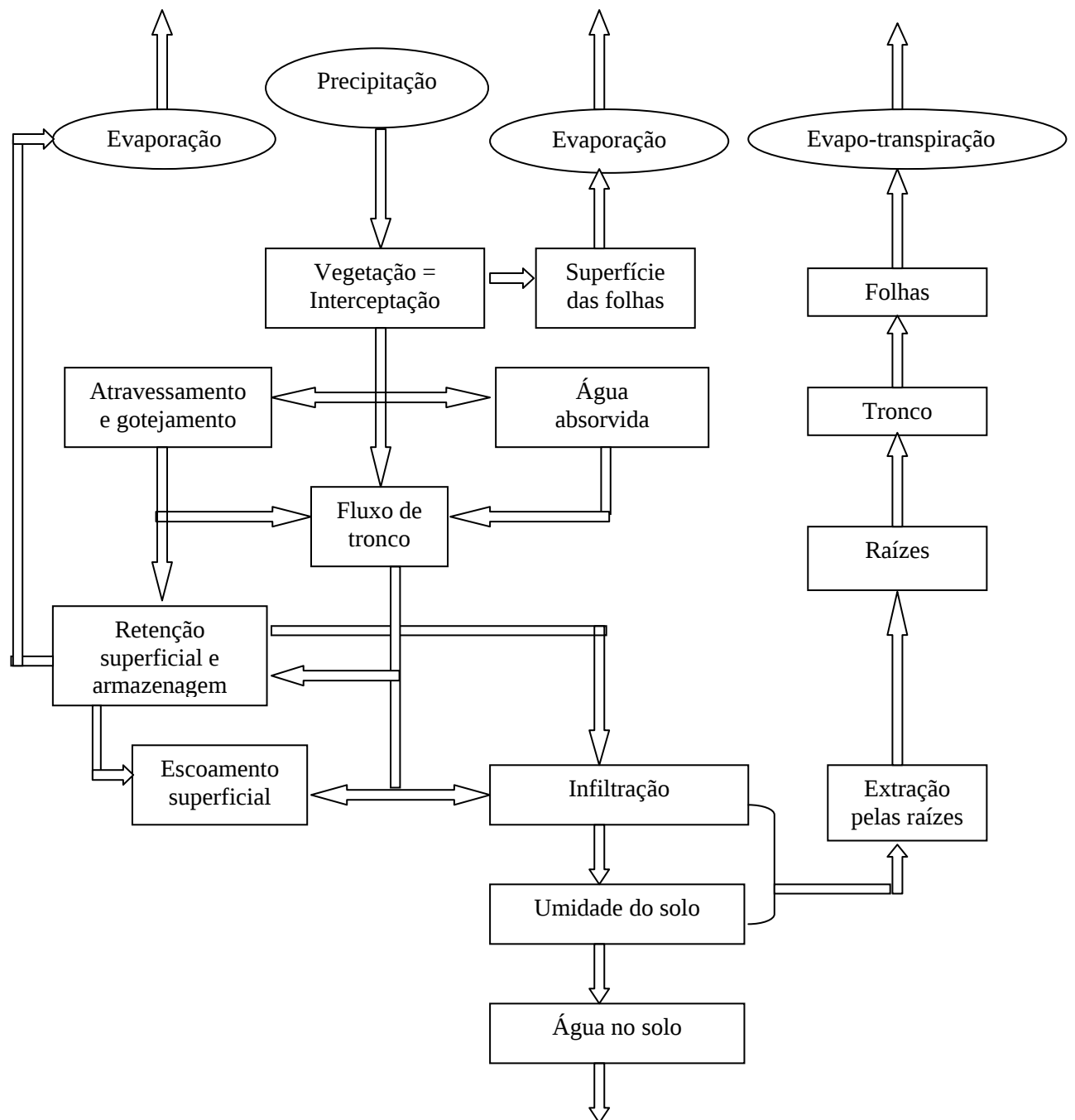
Degradação de Encostas		
Processos	Erosão Superficial	Movimento de Massa
Função Protetora da Vegetação	Interceptação, contenção, retardamento e infiltração	Reforço, retirada da umidade, apoio e arqueamento
Vegetação mais Efetiva	Herbáceas, grama e gramíneas com raízes densas e próximas à superfície; boa cobertura do solo pelas folhagens	Lenhosas, arbustos e árvores com sistema radicular forte e profundo; alta relação raízes/ parte aérea

A questão de existência de cobertura vegetal como fator de redução de processos erosivos é de tal relevância que motivou projetos de regeneração natural da flora a partir da proteção de áreas da ocupação humana, como as atividades pecuárias, com fins redução de degradação dos solos nos parques nacionais Quedas de Murchison e Rainha Elizabeth, ambos em Uganda (KEBROM, 2001). Logicamente, em tais projetos é levado em consideração o envolvimento das comunidades que habitam nas áreas afetadas, uma vez que estas dependem de atividades agropecuárias para sua sobrevivência. Para Davidson (1982) e Greenway (1987), o solo desnudo leva ao desequilíbrio do Ciclo Hidrológico em áreas de encostas, conforme a comparação entre os Esquemas 1 e 2, descritos abaixo:

Esquema 1. Ciclo Hidrológico em uma encosta sem cobertura vegetal. Fonte: Adaptado de Davidson (1982) e Greenway (1987).



Esquema 2. Ciclo Hidrológico em uma encosta com cobertura vegetal. Fonte: Adaptado de Greenway (1987) e Selby (1993).



Na Tabela 3, confeccionada a partir de dados da África tropical, Goudie (1995) apresenta índices comparativos da erosão em três tipos de uso da terra: 1) manutenção de cobertura arbórea, herbácea ou arbustiva; 2) lavoura; e 3) solo desnudo.

Tabela 3. Escoamento superficial e erosão sob vários tipos de cobertura vegetal em partes da África. A: Floresta ou gramíneas com arbustos; B: Lavoura; C: Solo desnudo ou sob pousio. Fonte: Goudie (1995).

Localidade	Média Anual de Chuvas (mm)	Encosta (%)	Escoamento Superficial Anual (%)			Erosão (t . km ⁻²)		
			A	B	C	A	B	C
Ouagadougou (Burkina Fasso)	850	0,5	2,5	2-32	40-60	10	60-80	1.000-2.000
Sefa (Senegal)	1.300	1,2	1,0	21,2	39,5	20	730	2.130
Bouake (Costa de Ivory)	1.200	4,0	0,3	0,1-2,6	15-30	10	126	1.800-3.000
Abidijan (Costa de Ivory)	2.100	7,0	0,1	0,5-20	38	3	10-9.000	10.800-17.000
Mpwapwa (Tanzânia)	2.570	6,0	0,4	26,0	50,4	0	7.800	14.600

Observa-se na Tabela 3 que, apesar da ausência de dados relativos aos tipos de solos, a propriedade dos solos, e mesmo ao tipo de lavoura, evidencia-se que sob lavoura, mas muito especialmente quando a terra fica desnuda, ou sob pousio, os índices de erosão do solo são de grande magnitude, sendo diretamente proporcional o crescente aumento do escoamento superficial.

3.2. Concentração de Águas Pluviais e Lançamento de Águas Servidas

Os efeitos da expansão urbana sem os necessários condicionantes infra-estruturais levam, geralmente, aos processos erosivos e movimentos de massa em áreas de encostas, com conseqüências para os níveis de base locais (Figura 01). Por conta do maior aprofundamento intempérico dos solos tropicais, após a denudação, ocupação e ampliação de áreas construídas e impermeabilizadas, acrescida da considerável erosividade das precipitações intensas e temporalmente concentradas, esses são rapidamente desestabilizados e transportados.



Figura 1. Resultado da concentração de águas da chuva e servidas na encosta localizada na Rua Camanducaia, UR-02 – bairro do Ibura, sudoeste do Recife. Abaixo, a deposição de material arenoso sobre a superfície da rua (Foto da Comissão de Defesa Civil do Recife – CODECIR – 074/2002).

Tendo como fator inicial a ocupação, a desestabilização nas encostas evolui a partir do aumento substancial do volume e velocidade das enxurradas precipitadas em áreas agora desnudas, levando à concentração do fluxo de águas pluviais e servidas derivadas da expansão habitacional e de obras estruturais inadequadas, geralmente decorrentes da falta de investimentos em serviços de melhoria e ampliação da rede de drenagem, ou mesmo deficiências no sistema de drenagem existente como: subdimensionamento da rede ou direcionamento inadequado das águas (BOTELHO e SILVA, 2003; EBISEMIJU, 1989; SILVA, SCHULZ e CAMARGO, 2004; SALOMÃO, 1999).

Áreas de encostas ocupadas e localizadas em perímetros urbanos apresentam maior susceptibilidade para processos erosivos derivados da concentração de águas de escoamento superficial (BITTAR, 1995), principalmente se as encostas forem constituídas por solos de textura arenosa ou areno-argilosa. Os processos erosivos são ampliados e intensificados com a expansão das áreas construídas e, conseqüentemente, impermeabilizadas, que levam ao substancial aumento do volume e velocidade do escoamento superficial.

A concentração de águas pluviais que escoam ao longo de uma encosta propicia o aumento da energia do fluxo que, em contato com o solo, desencadeia processos erosivos, inicialmente na forma laminar e, posteriormente à concentração do fluxo em incisões no solo, na forma linear (BITTAR, 1995; GUERRA, 1999). Em encostas que possuam fendas ou fissuras, as águas pluviais podem infiltrar-se, diminuindo a resistência da encosta, podendo provocar ruptura de cortes e aterros e, por conseguinte, movimentos de massa.

De acordo com fatores tais como textura do solo, declividade, e umidade antecedente, a concentração de água derivada de chuvas ou drenagem domiciliar (telhados, águas servidas, etc.) em encostas pode levar também à criação de faixas de deslizamento em encostas a partir do desenvolvimento de fendas. Tal processo poderá desencadear deslizamentos de grande magnitude e graves conseqüências, na dependência da velocidade do processo e da densidade da ocupação.

Em encostas ocupadas o desencadeamento dos processos supracitados é comum, em decorrência das deficiências de capacidade e funcionamento, ou mesmo inexistência de um sistema de drenagem superficial adequados nas residências, ou mesmo de escoamento irregulares que se concentram aleatoriamente (Figura 2).

Nas áreas urbanas, a situação mais comum de concentração de águas pluviais ocorre através de ruas, galerias, bueiros e, eventualmente, esgotos. Ademais, quando do lançamento de águas utilizadas no solo de encostas, tem-se uma infiltração contínua que pode levar à saturação e conseqüente ruptura de cortes e aterros. O problema torna-se mais crítico nos períodos chuvosos, quando por ocasião da concentração de chuvas intensas e prolongadas tem-se uma rápida saturação do solo.



Figura 2. Rompimento de canaleta de despejo de esgoto no topo da voçoroca da Rua Camanducaia, UR-02 – bairro do Ibura, sudoeste do Recife (Foto da Comissão de Defesa Civil do Recife – CODECIR – 04/2004).

3.3. Vazamentos na Rede de Abastecimento de Água, Esgoto e presença de Fossas

Os vazamentos e rompimentos de tubulações ou canaletas da rede de abastecimento de água ou esgoto propiciam a saturação do solo e a diminuição da sua resistência, favorecendo a desestabilização de cortes e aterros. Este fato torna-se mais grave quando a rede é improvisada pelos moradores, através da instalação de canos e mangueiras clandestinos e, portanto, alocados de forma inadequada.

A não continuidade de um fluxo d'água ao longo de uma tubulação superficial por rompimento impossibilita a chegada da água ao nível de base local, despejando-a ao longo da encosta, fazendo-a descer através de caminhos preferenciais ou infiltrar-se.

Nessa situação é comum aparecerem vazamentos e rompimentos em pontos diferentes do terreno, configurando uma nova situação em relação ao fluxo de água no interior da tubulação, bem como uma rápida saturação do solo subjacente à área de vazamento.

A infiltração de água no solo, proveniente de fossas sépticas, pode originar a ocorrência de escorregamentos, devido à saturação gradual do solo. Assim, a quantidade de água infiltrada em uma encosta varia em função do número de fossas e da permeabilidade do solo. À medida que o número de fossas e a declividade da encosta aumentam, a situação torna-se mais crítica (IPT, 1991).

3.4. Declividade e Altura Excessivas de Cortes

A execução de cortes em encostas para abertura de sistema viário ou para construção de residências, apresenta, muitas vezes, inclinação e altura excessivas, incompatíveis com a resistência intrínseca do material, o que possibilita a ocorrência de escorregamento (IPT, 1991). Quando o corte atinge o solo de alteração (regolito *in situ*), outros condicionantes, denominados estruturas residuais da rocha (fraturas e demais descontinuidades), podem tornar a encosta mais suscetível a escorregamentos, principalmente, quando esta é submetida à ação das águas.

3.5. Execução Inadequada de Aterros

Constituindo-se em obras de dimensões variadas, os aterros são utilizados como plataformas para edificações ou vias de circulação ao longo de uma encosta. A acumulação de material sobre uma encosta para gerar um terreno aplainado, ou repor material transportado, é realizada, na maioria das vezes, de forma inadequada, uma vez que há o simples lançamento de material sedimentar sobre a superfície inclinada, sem uma necessária compactação do material, tornando o “pacote” muito susceptível à erosão e mesmo a movimentos de massa (IPT, 1991).

A disposição de material para aterros em áreas de encostas pode gerar novas vias de condução de água através de ravinas, ou mesmo redirecionar tais fluxos, levando à ruptura do próprio aterro a partir do desenvolvimento de processos erosivos. Ademais, na dependência da compactação do material depositado para o aterro, a ocorrência de ravinamentos e/ou movimentos de massa dependerá ainda da exposição do aterro à chuva devido à ausência de cobertura vegetal, que leva ao escoamento da água e absorção da mesma pelo material depositado (Figuras 3 e 4) (IPT, 1991).



Figura 3. Frente de aterro da voçoroca da Rua Camanducaia, localidade da UR-2 Verde – bairro do Ibura (Foto de Osvaldo Girão - 09//09/2004).



Figura 4. Cerca de um ano após a colocação do aterro na encosta da Rua Camanducaia observa-se o desenvolvimento de inúmeras ravinas, com indícios de infiltração no “pacote” deposicional, devido a não compactação, além da incipiente cobertura vegetal remanescente do plantio (Foto de Osvaldo Girão - 09//09/2004).

3.6. Disposição de Lixo

O lixo é um material heterogêneo e de alta porosidade, o que permite sua rápida saturação pela água e excessivo aumento de peso, condicionando facilmente seu escorregamento em áreas de encostas. Na dependência do material depositado, a quantidade de água absorvida e da textura do solo abaixo, o escorregamento pode envolver

apenas o lixo, mas pode também atingir a parte superficial do solo da encosta, conforme se observa na Figura 5.

Além dos riscos de escorregamento em áreas de encosta que passam a servir como depósitos de lixo, há ainda os riscos de ravinas ou voçorocas já estabelecidas em encostas passarem a servir também como áreas de despejo pela população, numa forma inadequada de contenção da ampliação dessas feições erosivas lineares (SALOMÃO, 1999).

A situação torna-se mais grave quando o lixo é lançado juntamente com as águas servidas em linhas de drenagem naturais, gerando um risco potencial de contaminação de mananciais superficiais e sub-superficiais. Assim, além do problema de desestabilização das encostas, os depósitos improvisados de lixo nas áreas de encostas constituem-se em ameaças preocupantes para a ambiente natural e a saúde das populações próximas.



Figura 5. O lançamento do lixo em áreas de encostas constitui-se em fator desencadeador de processos erosivos ou movimentos de massa devido à gênese de cursos preferenciais para a água ou mesmo ao acúmulo da mesma ao longo da encosta. Rua Rio Tigre – Córrego da Areia, Zona Norte da cidade do Recife (Foto da Comissão de Defesa Civil do Recife – CODECIR – 06/2002).

4. GESTÃO E PLANEJAMENTO VOLTADOS PARA AS ÁREAS DE ENCOSTAS

A gênese de agravos ambientais em encostas no meio urbano depende de variáveis determinadas pelas condições locais, no referente ao meio natural, no caso: solo, relevo, cobertura vegetal, intensidade e frequência das precipitações pluviométricas, como

também das condições introduzidas pelo processo de expansão urbana, tais como: edificações, esgotamento sanitário e sistema viário.

Apesar dos processos erosivos constituírem eventos naturais, estes se tornam mais freqüentes e intensos pela apropriação do solo derivada de uma rápida e desordenada expansão urbana sobre as áreas periféricas de grandes cidades que se constituem em pólos de atração populacional. Mesmo em solos pouco susceptíveis à degradação, esses passam a desenvolver tais processos em função das fortes modificações provocadas pelo parcelamento do solo, implantação de sistemas viários e da grande mobilização provocada pelos serviços de terraplanagem, cortes de encostas e aterros, que expõem tanto o solo superficial quanto o saprolito à degradação acelerada. Quanto às condições hidrológicas, já modificadas pelo desmatamento, essas são fortemente alteradas em função da crescente impermeabilização da superfície.

As características naturais das áreas de encostas urbanas, a partir do processo de ocupação, passam por profundas alterações, observadas principalmente na cobertura vegetal natural, que é parcialmente ou totalmente devastada ou substituída por construções. Do ponto de vista topográfico, o comprimento das encostas, acrescida à declividade das mesmas, influencia na potencialidade ao desenvolvimento de instabilidade hidromorfodinâmica.

A degradação ambiental nas áreas de encostas presentes no meio urbano de várias cidades brasileiras, dentre as quais o Recife, evidencia que ao se trabalhar com diagnósticos ambientais faz-se necessário avaliar o conjunto ambiental, levando em conta aspectos naturais e sociais, observando-se o meio ambiente pesquisado como um todo, bem como suas inter-relações.

A prática do inventário de recursos naturais e aspectos ambientais de forma estanque não cabe mais na atual sociedade, onde entendimentos parciais não propiciam uma visão de conjunto, e como consequência, não são efetivadas ações voltadas para o manejo adequado de determinadas áreas e, quando ocorrem, tem-se decisões precipitadas e inadequadas.

Se não há como evitar as ocupações nas áreas de instabilidade ambiental por conta das necessidades habitacionais, os agentes estatais, representados neste caso pelo poder público municipal, devem se preocupar, ao menos, com a fragilidade potencial das encostas que sofrem intervenções antrópicas, buscando formas de apropriação não agressivas ao meio natural.

A demanda por estudos voltados à problemática derivada da degradação dos solos em encostas urbanas evidencia a necessidade do diagnóstico e planejamento acerca das ações a serem implementadas em tais ambientes. Com relação a esse aspecto, faz-se de grande relevância a atuação do poder público acompanhando e, eventualmente, interferindo nas ações, tendo como eixo norteador o respeito às características e à dinâmica do ambiente a ser organizado, ou reorganizado, pelas demandas sociais. Dessa forma, a partir de uma ação integrada entre o poder público e a sociedade civil, haverá maiores chances de mitigar prováveis desequilíbrios provocados por ações de ocupação de caráter extensivo e intensivo em um ambiente de equilíbrio tão instável como são as áreas de encostas.

O planejamento do uso do solo urbano representa peça relevante em políticas de ocupação de novas áreas no perímetro urbano, sendo a avaliação quanto às áreas de risco de enchentes, processos erosivos e movimentos de massa uma contribuição significativa ao planejamento urbano.

Estudos realizados em cidades de grande, médio ou pequeno porte em todo Brasil, relativos a processos geomorfológicos, com ênfase para os voçorocamentos ou deslizamentos de terras (AB'SÁBER, 1969; ALHEIROS, 1998; ALMEIDA e GUERRA, 2001; CHRISTOFOLETTI, 1968; GONÇALVES e GUERRA, 2001; MARÇAL e GUERRA, 2001), assim como a formulação de mapeamentos geotécnicos, estão contribuindo de forma valiosa para a compreensão da dinâmica geomorfológica das áreas de encostas, sendo de grande valia para os órgãos públicos municipais visando a estruturação de medidas preventivas, bem como de recuperação de espaços degradados e minimização de prejuízos materiais e sociais.

5. CONCLUSÕES

Apesar da natural susceptibilidade de determinados ambientes de encostas a processos de desestabilização, a ocupação ou mesmo a exploração de recursos naturais em áreas de encostas, vem se constituindo no principal fator modificador e desencadeador da quebra da estabilidade dinâmica das encostas em áreas urbanas. Tal instabilidade nas áreas de encostas acelera e amplia os processos de degradação, levando a problemas de caráter não só ambiental, mas também a graves conseqüências sociais, tendo no substrato rochoso ou nos solos os variados reflexos da alteração provocada pela ação do homem nessas áreas de topografia inclinada, sobre as quais os processos geomorfológicos de degradação da paisagem se dão de forma mais acelerada.

A ação de apropriação dos solos de encostas apresenta consequências danosas ao meio ambiente natural, principalmente pelo uso de técnicas inadequadas e por um desconhecimento da interdependência dos processos ambientais, que respondem pelo equilíbrio do meio físico. Ao desestabilizar o equilíbrio morfodinâmico das áreas de encostas urbanas através da ocupação, faz-se necessário a intervenção do poder público, principalmente o municipal, com vistas a controlar e mesmo monitorar os vários aspectos relativos às formas de ocupação dessas áreas.

A concretização de projetos e pesquisas relativas à minimização de processos de degradação de encostas urbanas, objetiva aplicações e atualizações de técnicas de manejo visando à recuperação e/ou prevenção de áreas afetadas, bem como a necessária capacitação de recursos humanos tanto do poder público como também das comunidades diretamente afetadas pela degradação dos solos nas áreas de encostas.

O planejamento para apropriação de novos espaços, e mesmo a reorganização dos já ocupados, faz-se de grande utilidade para a implementação de formas de ocupação viáveis do ponto de vista da manutenção do equilíbrio ambiental natural sobre o perímetro urbano. Para tanto, a geomorfologia do sítio urbano constitui-se em um dos principais fatores na orientação do processo de ocupação. Desta forma, a grande demanda por espaços nas cidades, e a conseqüente falta de planejamento e organização para novas ocupações por parte do poder público municipal, justifica a premente necessidade por estudos de cunho geomorfológico urbano.

O entendimento das características morfológicas e dos processos morfogenéticos, além de análises acerca da vulnerabilidade das áreas urbanas face aos eventos naturais (disritmias pluviométricas, enchentes, deslizamentos etc.) constitui-se em subsídio à compreensão da dinâmica dos componentes do sistema ambiental físico de um espaço urbano, revestindo-se de grande importância ao delineamento de políticas de ocupação, tendo na compreensão dos processos morfodinâmicos e suas interações com outros fatores influenciadores do equilíbrio dinâmico ambiental, um relevante aspecto para o planejamento do uso do solo urbano.

6. REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. 1969. As voçorocas de Franca. **Revista da Faculdade de Filosofia de Franca**, Franca, v. 1, n. 2, p. 5-27.

ALHEIROS, M.M. 1998. **Riscos de escorregamentos na Região Metropolitana do Recife**. [Doutorado] Curso de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia. 130 p.

ALMEIDA, F.G. de; GUERRA, A.J.T. 2001. Erosão dos solos e impactos ambientais na cidade de Sorriso (Mato Grosso). In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. 2001. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 253-274.

ALMEIDA FILHO, G.S.; RIDENTE JÚNIOR, J.L. 2001. Diagnóstico, prognóstico e controle de erosão: Noções básicas para controle e prevenção de erosão em área urbana e rural. Goiânia. **Apostila de Mini-curso ministrado no VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. 70p.

ARAÚJO, G.H. de S.; ALMEIDA, J.R. de; GUERRA, A.J.T. 2005. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 320 p.

BASILE, R.O.N. de C.; JANSEN, R.C.; COELHO NETTO, A.L. 2002. Formação de rotas preferenciais de percolação da água sob influência de raízes: Experimentos de laboratório. In: **Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia**. v. 1, p. 16. São Luis: Universidade Federal do Maranhão.

BITTAR, O.Y. (Org.). 1995. **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – Instituto de Pesquisa Tecnológica, Divisão de Geologia. 247p.

BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. 2004. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 153-192.

BRYAN, R.B. 2000. Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. **Geomorphology**. v. 32. p. 385-415.

CHRISTOFOLETTI, A. 1968. O fenômeno morfogenético no município de Campinas. **Notícias Geomorfológicas**. v. 8, n. 16, p. 3-97.

CLARK, M.J. 1978. Geomorphology in coastal zone management. **Geography**. n. 63, p. 273-282.

CROFT, A.R.; ADAMS, J.A. 1950. Landslides and sedimentation in the north fork of Ogden river. May 1949. **Research Paper INT-21**. Intermountain Forest and Range Experiment Station, US Forest Service, Ogden, Utah, USA. 4p.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. 1996. Degradação ambiental. In: _____. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 337-374.

DAVIDSON, D.A. 1982. Soils and man in the past. In: **Principles and Applications on Soil Geography**. Longman Group Limited. p. 1-27.

DE PLOEY, J.; POESEN, J. 1985. Aggregate stability, runoff generations and interrill erosion. In: RICHARDS, K.S.; ARNETT, R.R.; ELLIS, S. **Geomorphology and Soils**. p. 99-120.

DOUGLAS, I. 1972. **The environment game**. Aula Inaugural na University of New England. Armidale.

EBISEMIJU, F.S. 1989. The response to headwater stream channels to urbanization in the humid tropics. **Hydrological Processes**. v. 3. p. 237-253.

FARAH, F. 2003. **Habitação e Encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 312p.

FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. do. Movimentos de massa: Uma abordagem geológica-geomorfológica. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. 1996. Degradação ambiental. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 123-194.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A.C. de B. 2004. A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. **Revista de Geografia**. Recife: jul/dez, v. 21, n. 2. p. 36-58.

GONÇALVES, L.F.H.; GUERRA, A.J.T. 2001. Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 189-252.

GOUDIE, A. 1995. **The changing Earth: Rates of geomorphology processes**. Blackwell Publishers, Oxford. England. 302p.

GREENLAND, D.J.; RIMMER, D.; PAYNE, D. 1975. Determination of the structural stability class of English and welsh soils using a water coherence test. **J. Soil Sci.** v. 26, p. 294-302.

GREENWAY, D.R. 1987. Vegetation and slope stability. In: ANDERSON, M.G.; RICHARDS, K.S. (Eds.). **Slope Stability**. John Wiley e Sons Ltd. p. 187-230.

GUERRA, A.J.T. 1994. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 149-209.

_____. 1999. O Início do Processo Erosivo. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 17-55.

_____. 2003. Encostas e a questão ambiental. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.). **A questão ambiental: Diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 191-218.

GUERRA, A.J.T.; GUERRA, A.J.T. 1997. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 652p.

GUERRA, A.J.T.; BOTELHO, R.G.M. 1998. Erosão dos solos. In: **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 181-227.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1991. **Ocupação de Encostas**. Publicações do IPT. N. 1831. 231p.

JIONGXIN, X. 2005. Precipitation-vegetation coupling and its influence on erosion on the Loess Plateau, China. **Catena**, v. 64. p. 103-116.

KEBROM, T. 2001. Natural regeneration of degraded hillslopes in Southern Wells, Ethiopia: A study based on permanent plots. **Applied Geography**. n. 21. p. 275-300.

MARÇAL, M. dos S.; GUERRA, A.J.T. 2001. Processo de urbanização e mudanças na paisagem da cidade de Açailândia (Maranhão). In: **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 275-303.

MORGAN, R.P.C. 1985. Soil degradation and erosion as a result of agricultural practice. In: RICHARDS, K.S.; ARNETT, R.R.; ELLIS, S. **Geomorphology and Soils**. p. 379-395.

SALOMÃO, F.X. de T. 1999. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. da; BOTELHO, R.G.M. (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 229-267.

SELBY, M.J. 1993. **Hillslope, materials and processes**. 2 ed. Oxford: Oxford University Press. 451 p.

SMALL, R. J. e CLARK, M. J. *The slope problem*. In: **Slopes and Weathering**. Cambridge University Press. Cambridge. England. p. 5-13. 1982.

SILVA, A.M. da; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. de. 2004. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos: RiMa. 138p.

TERZAGUI, K. 1960. Mechanisms of landslides. Engineering Geology (Berkey). Geological Society of America, p. 83-123. Reprinted in: BJERRUM, L.; CASAGRANDE, A.; PECK, R.B.; AND SKEMPTON, A. W. 1950. **From Theory to Practice in Soil Mechanics**. 1960. John Wiley, New York, p. 202-245.

THORNES, B. 1980. Procesos erosivos de las corrientes de agua y sus controles espaciales y temporales: un punto de vista teórico. In: Kirkby, M.J.; Morgan, R.P.C. (Eds.). **Erosión de Suelos**. J. Wiley, Ingraterra. p. 165-225.

WISCHMEIER, W.H.; MANNERING, J.V. 1969. Relation of soil properties to its erodibility. **Proceedings of Soil Science Society of America**. v. 33, p. 133-137.