

O estudo dos processos em geomorfologia

No âmbito da geomorfologia, a dinâmica dos processos representa o ponto de partida para a investigação das variações, no tempo, das formas do modelado. As variações dessas formas do modelado representam respostas à variações espaciais e temporais nos processos, e à variações espaciais nos materiais e nas formas sobre as quais atuam tais processos (Thornes, 1979).

A importância do estudo dos processos em geomorfologia é enfatizada por George (1972) quando, analisando a abordagem Davisiana da evolução linear das formas de relevo, afirma que "devido às variações climáticas sobrevindas num mesmo local no decurso de períodos relativamente curtos, considerando-se a escala dos ritmos e das realizações morfogênicas, a explicação do relevo de uma determinada região deveria levar em conta a sucessão de sistemas diferentes, a interferência de suas sequelas, assim como a recorrência de (atividades) tectônicas recentes".

Foi possível repertoriar diversas formas específicas de cada um dos sistemas: descamação dos granitos, recuo das vertentes paralelamente a si mesmas em zona quente e úmida, fendas em ângulo e todas as formas de crioturbação em região fria, pedimentos e **glacis** das regiões áridas. Observou-se ao mesmo tempo que os processos físico-químicos responsáveis por essas

* Fragmento da Dissertação de mestrado de Coimbra(1990)

**Docente do Depto de Geociências/Uel

Mestre em Geografia Física/USP.

formas principais e indicativas vinham acompanhados de mecanismos de ataque, de fragmentação, de transporte, de micromodelagem e de triagem dos materiais específicos transportados de cada uma das formas de "condicionamento" do processo .

O termo "processo" é usado por Thornes (1979) para definir "ações ou eventos dinâmicos causados por agentes como o vento, chuvas, ondas, mares, rios e soluções aquosas no solo". Zonneveld (1975), destaca que as ações dos climas atuais são condicionadas por ações de climas passados. Nos sistemas naturais, quando as forças excedem as resistências, ocorrem mudanças como a deformação de um corpo, mudanças na sua posição ou alteração da estrutura química. As mudanças na forma da superfície terrestre indicam atuação desses processos, porém, a ausência de mudança não caracteriza ausência de processos atuando (Carson & Kirkby, 1972).

O estudo das formas de condicionamento de processos geomorfológicos, apresenta dentre seus mais importantes aspectos a permanente necessidade de quantificação em trabalhos de campo que são muito dificultados pela existência de processos com duração e intensidade diversas (Wolman & Miller, 1974; Hart, 1986). Esses processos aparecem, em geral, combinados na natureza e nem sempre é possível separá-los para uma análise. Há também a dificuldade de se estabelecer ligações entre processo e forma já que a forma pode influenciar o processo e este, por sua vez, influenciar a forma. É no estudo da relação entre forma e processo que Embleton & Thornes (1979) identificam o principal objetivo da geomorfologia de processos, apesar de diversos estudos da atualidade terem chegado à errônea conclusão de que a geomorfologia de processos é a própria geomorfologia (Hart, 1986). Processo é mais que simplesmente erosão. Seu campo inclui alterações químicas e processos biológicos, transporte, deposição e processos tectônicos.

Christofolletti (1968), relaciona os processos morfogenéticos pluviais à processos geomorfológicos de escala espacial métrica ou decamétrica, constituindo exemplos das formas dimensionais que compoem a sétima grandeza da classificação taxonômica de fatos geomorfológicos de Cailleux & Tricart (1956).

Os processos de morfogênese pluvial em áreas tropicais, dependem da atuação prévia dos processos intempéricos geradores das formações superficiais, mas mesmo estas, dependem fundamentalmente, da presença de água.

Os processos de morfogênese pluvial devem levar em consideração as características químicas das águas de infiltração e de escoamento, além de "aspectos mecânicos da ação pluvial, onde uma série de acontecimentos intervêm simultaneamente, ou quase ao mesmo tempo: efeito mecânico na superfície do solo, excesso de água face à absorção pelo solo, escoamento e carreamento de partículas. Essas fases, representativas do ataque superficial dos solos pela água e o transporte de partículas separadas umas das outras, correspondem a dois processos morfogenéticos: a ação mecânica das gotas de chuva e o escoamento pluvial. A presença de água, encharcando as formações superficiais, propicia o surgimento de movimentos de massa, que ora são imperceptíveis como moroso deslocamento gravitacional das formações superficiais, ora flagrantes, como os desmoronamentos e deslizamentos bruscos. Por outro lado, as partículas das formações superficiais possuem movimento independente, provocado pela ação da gravidade, e sofrem um deslocamento para jusante. Complementando, o material das vertentes é trabalhado, também, pelo vento e por seres vivos, capazes de promover transporte e seleção nos solos. Por movimentos de descontinuidade variável, o material arrancado das vertentes é levado até os rios" (Christofolletti, 1968).

Processos geomorfológicos em vertentes da faixa tropical atlântica brasileira.

Grande parte dos estudos que se preocupam com a dinâmica dos processos geomorfológicos de áreas tropicais úmidas, são resultado de adaptações e extrapolações dos conhecimentos acerca desses processos em áreas temperadas, semi-áridas (Carson & Kirkby, 1972) e quando muito, tropicais úmidas africanas.

Procuramos no presente estudo encontrar na bibliografia, referências a processos morfogenéticos em vertentes da faixa tropical atlântica brasileira, dando ênfase àqueles preocupados com processos de morfogênese pluvial em áreas tropicais úmidas, ou alternativamente a estudos que de alguma maneira contribuíram para a evolução dos conhecimentos desses processos, mesmo que referentes a outros tipos climáticos.

A afirmação de que sob condições de floresta tropical úmida, o processo morfogenético mais significativo de esculturação é o transporte de materiais em solução, deixa a desejar por basear-se no senso comum e não em informações experimentais.

A floresta tropical pluvial e seus solos estariam, aparentemente, protegidos com a simples manutenção do equilíbrio dinâmico fornecido pelas árvores de muitas folhas, que amortecem o impacto direto das gotas de chuva. Estas amortecidas, novamente se precipitam a partir do dossel, encontrando no solo uma camada de folhas caídas que protegem o solo, e facilitam os processos de decomposição da serrapilheira e lenta infiltração. A serrapilheira é permanentemente transformada em elementos minerais, pelos milhares de microrganismos, sobreviventes da incidência direta dos raios solares, graças ao microclima especial existente sob a floresta. Os sais carreados pela lenta infiltração, permitem que as árvores gerem novas folhas, realimentando um ciclo caracterizador das múltiplas relações de

dependência e de trocas de energia e matéria que compõem um sistema natural equilibrado, e permitem supor que a simples retirada da vegetação, tenderia a expor os solos à incidência direta dos raios solares e ao impacto direto das gotas de chuva (Douglas, 1969), provocando a aceleração de processos erosivos antes insignificantes.

Analisando a relação entre vegetação e processos geomorfológicos, Young (1972) reafirma o papel desempenhado pelas raízes das árvores crescendo no interior de planos de juntas, desencadeando processos de intemperismo físico. Além disso, a vegetação protege a superfície do solo dos efeitos erosivos do impacto direto das gotas de chuva e da lavagem superficial; ancora e retém as formações superficiais nas vertentes através da ação aglutinadora de suas raízes; melhora a estrutura do solo adicionando-lhe matéria orgânica; e contribui com considerável volume de ácido orgânico para os processos de intemperismo químico.

Por outro lado o escoamento superficial na vertente pode, segundo Tricart (1968), ser "entravado pela cobertura vegetal, pela rugosidade de uma superfície pedregosa ou coberta de detritos vegetais. O escoamento difuso (decorrente) forma filetes que se dividem em quantidade proporcional aos obstáculos", reduzindo a capacidade morfogenética do escoamento. Na floresta tropical úmida, que Tricart (1959) chama de floresta higrófila, as características do escoamento entravado, impedem uma ação direta das águas do escoamento sobre os solos, o mesmo não acontecendo em áreas onde a camada de serrapilheira é delgada ou desaparece. Nesses locais surge a floresta semi-higrófila a qual Ruellan (1953) se refere e que permitiu o estabelecimento de relações entre as ações morfogenéticas das serras do litoral brasileiro com estudos realizados por Rougerie (1956) na Costa do Marfim. Esse entravamento e redução de competência morfogenética do escoamento pluvial é comprovado experimentalmente, quando Pedroso

(1985) compara o volume de materiais carregados em segmentos de vertentes onde predominam tufo de "capim barba de bode" (gramínea - *Aristida pallens* Cav.), com segmentos onde predominam "gramíneas baixas e contínuas que funcionam como um filtro, impedindo ou dificultando a retirada e transporte dos materiais".

Cruz (1982), realizando estudo com o uso de calhas Gerlach, sobre o trabalho morfogenético do escoamento superficial e seus materiais sólidos e em suspensão carregados nas vertentes da serra do Mar, no Parque Estadual de Caraguatatuba, já havia concluído que a presença de vegetação herbácea associada a camada de serrapilheira "é essencial para a redução do escoamento pluvial, dos materiais carregados em suspensão e dos materiais sólidos transportados, demonstrando que o adelgaçamento da camada de serrapilheira leva ao aumento da eficiência do transporte".

A eficiência morfogenética do escoamento pluvial superficial, é comparada por Cruz (1974) à eficiência dos movimentos coletivos, quando esta afirma que "a observação dos processos geomorfogênicos atuais leva ao estudo e compreensão da dinâmica da paisagem. Assim, nada melhor que o acompanhamento, no tempo, de determinados fenômenos para se conhecer os processos e conseqüentemente, entender a evolução fisiológica no espaço. A Serra do Mar, como exemplo de escarpa tropical em plena evolução, apresenta um sistema de declives, de festonamento com escoamento torrencial pluvial, fluvial e lençol subsuperficial muito bem desenvolvido (talvez mais poderoso na sua ação subréptica que a própria água superficial). Isto evidencia a necessidade de enfatizar os estudos de problemas geomorfológicos em escarpas costeiras de áreas intertropicais".

Nessa mesma linha de análise, Pedroso (1985), ao estudar processos de retirada e deposição de materiais em vertentes das colinas terciárias do Vale do Paraíba, próximo a São José dos Campos-SP, concluiu,

a partir da comparação de análises granulométricas de materiais coletados em parcelas amostrais abertas e dos horizontes superficiais da área de instalação da parcela, que "não existe relação direta entre as características granulométricas dos materiais superficiais, sujeitos aos efeitos das precipitações, e aqueles pertencentes ao horizonte superficial encontrado em trada-gens, nos quais predominam materiais argilosos. Face a esta constatação, pode-se pensar que o coluvionamento atual na vertente retrabalha materiais não necessariamente pertencentes ao horizonte superficial ou que, no passado, uma cobertura vegetal mais densa pode ter sido responsável pela retenção de materiais arenosos no perfil, enquanto os materiais argilosos eram transportados".

Com relação ao tipo da cobertura vegetal Little (1940, in Chorley, 1971) afirma que "a erosão em uma vertente de litologia homogênea e cobertura vegetal como similaridade de tipo e densidade, será mais rápida de acordo com o poder erosivo do escoamento superficial. Este processo erosivo de intensidade variada ocasionará, com o decorrer do tempo, o surgimento de um perfil de vertente mais estável que então oferecerá resistência uniforme à erosão".

Essa resistência está relacionada segundo Gilbert (1880) "as principais condições que determinam a intensidade da erosão, a saber: a quantidade de água escoada, a vegetação, a litologia e a declividade, sendo somente a última reciprocamente determinada pela intensidade da erosão. As declividades originam-se no soerguimento, ou deslocamento, da crosta terrestre, pelo qual as montanhas e continentes são formados, mas recebem sua distribuição em detalhe de acordo com as leis da erosão. Em algum lugar, por razão de alguma mudança em determinada condição, os agentes erosivos podem ter localmente poder excepcional, e este poder é constantemente reduzido pela reação da intensidade da erosão acima da declividade".

Por outro lado, o comprometimento do sistema preservado pela floresta tropical úmida e seus solos, poderia encontrar-se na própria permanência da vegetação que tenderia, com a penetração de suas múltiplas raízes, a facilitar a infiltração das águas pluviais, acelerando assim os processos de movimentação coletiva dos materiais (Cruz, 1974; De Ploey & Cruz, 1979). Cruz (1982), reforça a importância dos movimentos coletivos quando, referindo-se a Wolman & Miller (1974), compara-os em magnitude, ao trabalho realizado pelo "gigante".

Do mesmo modo, Ramalho & Hausen (1975), julgam serem os movimentos de massa os processos de erosão de vertentes mais significativos que ocorrem na Serra do Mar, devido, principalmente, a constituição granítico-migmatítica das rochas, profundamente alteradas quando sob clima tropical úmido.

Ao estudar os escorregamentos ocorridos em Santos no mês de março de 1956, Pichler (1957) estabeleceu uma "correlação entre precipitações intensas no mês de março para a Serra do Mar, e a ocorrência de escorregamentos", chamando a atenção, principalmente, para a grande concentração dessas precipitações, com a ocorrência de 250 mm de chuvas em um período de 10 horas, na noite de 24 de março daquele ano. Essa relação entre chuvas intensas e ocorrência de movimentos coletivos na serra do Mar já havia sido objeto de estudo por Sternberg (1948), em cujo exemplo Pichler se baseou para responsabilizar as chuvas intensas e as práticas de uso das terras que não levam em consideração características naturais potencialmente destruidoras.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- CAILLEUX, A. ; TRICART, J. Le probleme de la classification des faits géomorphologiques. *Ann. de Geogr.* , v.349, nº 65, pp.162-186, 1956.
- CARSON, M.A. ; KIRKBY, M.J. *Hillslope form and process* . Oxford: Oxford University Press, 1972, 475p.
- CHORLEY, R.J. A geomorfologia e a teoria dos sistemas gerais. *Not. Geomorf.* v.11, nº 21, pp.03-22, 1971.
- CHRISTOFOLETTI, A. O fenômeno morfogenético no Município de Campinas. *Not. Geomorf.*, v.8, nº 16, pp.01-97, 1968.
- COIMBRA, J.S. *Morfogênese pluvial em vertentes do maciço litorâneo da Juréia, Iguape/SP*. São Paulo: Departamento de Geografia/USP, 1990, 211p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 1990.
- CRUZ, O. *A Serra do Mar e o Litoral na área de Caraguatatuba: contribuição à geomorfologia tropical litorânea*. São Paulo: IGEOG/USP, 1974. (Teses e Monografias, 11).
- CRUZ, O. *Estudos dos processos geomorfológicos do escoamento pluvial na área de Caraguatatuba-SP*. São Paulo: Departamento de Geografia/USP, 1982, 151p. Tese (Livre Docência em Geografia Física) - Depto de Geografia FFLCH/USP, 1982.
- DE PLOEY, J. ; CRUZ, O. Landslides in the Serra do Mar - Brazil. *Catena*, v.6, nº 2, pp.111-122, 1979.
- DOUGLAS, I. The efficiency of humid tropical denudation systems. *Trans. and Pap. of the Inst. of British Geogr.*, v.46, pp.01-16, 1969.
- EMBLETON, C. ; THORNES, J.B. (Ed.) *Process in Geomorphology*. London: Edward Arnold, 1979, 436p.
- GEORGE, P. *Os métodos da Geografia*. São Paulo: DIFEL, 1972.
- GILBERT, G.K. Report on the geology of the Henry Mountains - U.S. Geograph. Geol. Survey Roche Mountain Region, pp.109-118 (land sculpture), 1880.
- HART, M.G. *Geomorphology - pure and applied*. London : George Allen & Unwin Ltd, 1986.

- LITTLE, J.M. **Erosional topography and erosion.** San Francisco: A. Carlisle and Co., 1940, 104p.
- PEDROSO, N.G. **Ensaio de avaliação do transporte de materiais de vertentes na Região de São José dos Campos - SP.** São Paulo: Departamento de Geografia/USP, 1985. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia/USP, 1985.
- PICHLER, E. Aspectos geológicos dos escorregamentos de Santos. **Bol. Soc. Bras. de Geol.**, v.6, nº 2, pp. 69-77, 1957.
- RAMALHO, R. ; HAUSEN, J.E.P. Projeto Sudelpa - Relatório final: Geomorfologia. São Paulo: Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais, v. XII, 1975, 105p.
- ROUGERIE, G. Etudes des modes d'erosion et du faconnement des versants en Cote D'Invoire Equatoriale. In : **Premier Rapport de la Comm. par l'etude des versants.** pp. 136-141, 1956.
- RUELLAN, F. O papel das enchurradas no modelado do relevo brasileiro. **Bol. Paul. de Geogr.**, v.13, pp. 05-18 e V.14, pp. 03-25, 1953.
- STERNBERG, H.O'R. Enchentes e movimentos coletivos do solo no Vale do Paraíba em dezembro de 1948: influência da exploração destrutiva das terras. **Rev. Bras. de Geogr.**, v.11, nº 2, pp.223-261.
- THORNES, J.B. Processes and interrelationships rates and changes. In: EMBLETON, C. & THORNES, J.B. (eds.) - **Process in Geomorphology**, London: Edward Arnold, v.12, pp.378-387, 1979.
- TRICART, J. Divisão morfoclimática do Brasil Atlântico Central. **Bol. Paul. de Geogr.**, v. 31, pp. 03-44, 1959.
- TRICART, J. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. **Not. Geomorf.**, v. 8, nº 15, pp.05-18, 1968.
- WOLMAN, M.G. ; MILLER, J.P. Magnitude e frequência das forças nos processos geomorfológicos. **Not. Geomorf.**, v.14, nº 27/28, pp.03-43, 1974.
- YOUNG, A. **Slopes.** Edinburg: Oliver & Boyd, 1972, 288p.
- ZONNEVELD, J.I.S. Some problems of tropical geomorphology. **Z. Geomorph.**, v.19, nº 4, pp.377-392, 1975.