

# A GEOMORFOLOGIA FRENTE AOS PROBLEMAS AMBIENTAIS

Ana Luiza Coelho Netto  
Deptº de Geografia - IGEO/UFRJ

## OBJETIVO, ABORDAGEM E CONTROLES-OPERACIONAIS EM GEOMORFOLOGIA

A Geomorfologia é um campo específico do conhecimento que integra o conjunto das chamadas ciências ambientais e no qual objetiva-se conhecer, explicar e prever a geração das formas do relevo da superfície terrestre e sua evolução no tempo. Para alcançar esta meta torna-se fundamental direcionar investigações científicas que conduzam à explicação causal dos processos que governam as transformações do relevo em diferentes escalas espaço-temporais.

Os estudos geomorfológicos incluem, além da própria identificação a descrição morfológica do relevo, duas formas principais de abordagem: histórica e funcional. Procura-se responder, no primeiro caso, às indagações sobre onde e quando aconteceram certos eventos erosivos e deposicionais que modificaram o relevo e, no segundo, busca-se a explicação mecânica das transformações do relevo ou seja, como transcorre a evolução sobre um determinado lugar e num certo período de tempo. A reconstituição da história geomorfológica é fundamentada na estratigrafia dos depósitos sedimentares e conduz à identificação do padrão evolutivo no espaço e no tempo. O estudo funcional por sua vez, focaliza as relações entre materiais, estruturas e processos, visando o reconhecimento e a explicação dos mecanismos e variáveis que afetam a produção (intemperismo das rochas), o transporte (erosão) e a deposição (acumulação) de sedimentos. Estes processos, por sua vez, são desencadeados em resposta a aplicação de forças naturais derivadas, principalmente, de fenômenos geotectônicos e/ou climáticos, além da própria força gravitacional.

As abordagens histórica e funcional não são excludentes, ao contrário, são suplementares. A integração destas, propicia um melhor equacionamento da natureza e intensidade dos processos transformadores do relevo, possibilitando a ponderação quanto à relevância de certos fatores ou variáveis envolvidos na transformação da superfície terrestre. Dentre os controles operacionais destacam-se as condições geotectônicas e climáticas que vigoram sobre determinado lugar, sendo amplamente reconhecidas como fatores limitantes do trabalho geomorfológico ("boundary conditions"). Significa que mudanças no comportamento destes fatores, numa certa ordem de grandeza, serão refletidas na evolução geomorfológica de um lugar, catalizando efeitos sobre a natureza e/ou intensidade dos processos geomorfológicos. A propagação de seus efeitos pode estender-se além dos limites espaciais e/ou temporais das mudanças externas que atingem um determinado domínio geomorfológico.

Além dos controles operacionais acima citados, outros tantos interagem na regulação dos mecanismos e da magnitude do trabalho realizado pelos processos geomorfológicos, incluindo-se o substrato geológico (lito-estruturas), o relevo e o sistema de drenagem pretérito, o solo, a cobertura vegetal ou o uso antrópico do solo, os quais não são uniformes no espaço e/ou no tempo, respeitando-se, naturalmente, suas respectivas escalas específicas de transformação. Assim, sob determinadas condições ambientais prevalece a interação de um certo conjunto de variáveis bióticas, abióticas e/ou antrópicas, capazes de acionar mecanismos dominantes e secundários, com taxas de trabalho variando numa certa faixa de

valores, durante um certo período de tempo, até que ocorram mudanças significativas internas ou externas ao sistema geomorfológico em operação. Tais mudanças podem acarretar, por sua vez, alterações sensíveis na evolução do relevo, podendo intervir não apenas na magnitude do trabalho até então realizado por um certo elenco de mecanismos mas, catalizando inversões na hierarquização do trabalho que estes mecanismos desenvolvem ou mesmo acionando novos mecanismos.

Na investigação científica em Geomorfologia deve-se, em última análise, gerar um núcleo de conhecimentos básicos ou teóricos que possibilitem o estabelecimento de previsões sobre as futuras direções e magnitudes das transformações do relevo, através do equacionamento matemático em base física. Esta visão moderna amplia, sem dá vida alguma, o espectro de aplicações do conhecimento geomorfológico, possibilitando a extrapolação das estimativas em diferentes escalas espaço-temporais. Permite ainda prever o que aconteceria sobre uma certa extensão do relevo afetado em um ou mais de seus elementos, bióticos ou abióticos, por mudanças resultantes de fenômenos naturais ou antropogênicos, em escalas local, regional ou planetária. Nesta direção estão embutidos os eventos que modificam a configuração da superfície terrestre os quais podem, ao mesmo tempo, catalizar problemas de ordem social e econômica, fundindo-se claramente a problemática ambiental e os problemas geomorfológicos propriamente ditos.

## MUDANÇAS E PROBLEMAS AMBIENTAIS: UM DESAFIO AOS ESPECIALISTAS

Como já é do conhecimento geral, hoje enfrentamos problemas ambientais que se propagam em diferentes escalas, podendo ocorrer em espaços localizados ou abrangendo áreas maiores, de extensão regional ou mesmo planetária. Como exemplo de um problema que se propaga em escala global, podemos destacar as atuais mudanças climáticas decorrentes do chamado Efeito Estufa, o qual vem promovendo elevações na temperatura média global. As alterações consequentes no comportamento dos demais elementos climáticos não são ainda previsíveis em certas escalas espaço-temporais, particularmente nos níveis regional e local. Nos dias atuais, entretanto, já se observa, dentre os problemas derivados do Efeito Estufa propriamente dito, uma elevação do nível do mar pelo derretimento das superfícies congeladas das altas latitudes, o que deverá promover, em futuro próximo, inundações catastróficas nas terras baixas de certas zonas costeiras. Sabe-se que a natureza do Efeito Estufa associa-se à injeção de altas taxas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, provenientes, em grande parte, da queima de combustíveis fósseis por atividades industriais de países mais industrializados, além de outras fontes menores ligadas à ação humana (queimadas) ou, em menores proporções, a fenômenos naturais (atividade biológica e vulcanismo). Embora o problema seja conhecido em suas causas e em alguns de seus possíveis efeitos, pelo menos na escala global, ainda não há meios de concretizar sua resolução, dada a interdependência do mesmo com uma ampla rede de interesses econômicos e políticos que transcendem e governam as próprias forças da Natureza.

Numa escala de referência mais próxima do nosso cotidiano, podemos destacar um outro conjunto de problemas ambientais. Na cidade do Rio de Janeiro, por exemplo, torna-se cada vez mais frequente as ocorrências de desmoronamentos e/ou deslizamentos nas encostas. Tal fato decorre, em parte, da expansão desordenada da cidade em direção aos terrenos íngremes das porções mais elevadas da zona montanhosa, promovendo, em ritmo acelerado, a substituição da vegetação florestal por feições urbanas (estradas, ruas, edificações etc.).

Estas modificações conduzem também ao aumento dos excedentes de precipitação nas encostas, propiciando a erosão por diferentes mecanismos e, conseqüentemente, gerando maiores contribuições de escoamento superficial e de sedimentos para os canais fluviais, principalmente durante as chuvas mais intensas. Dada a incapacidade de drenagem destes fluxos crescentes, quer seja por canais naturais ou artificiais, tornam-se também cada vez mais frequentes as inundações nas porções inferiores dos vales e baixadas adjacentes. Estes eventos assumem dimensões catastróficas durante as chuvas extremas, principalmente nas áreas habitadas por populações mais pobres, em virtude tanto da carência de infra-estrutura urbana adequada como da precariedade das construções aí localizadas.

Independente da escala e da diversidade de problemas ambientais com os quais nos deparamos hoje, seja através de nossa própria vivência, ou seja através de diagnósticos e estudos científicos, revela-se, cada vez mais, a necessidade de ações urgentes para impedir ou mesmo desacelerar suas ocorrências. Enfrentar e reverter a situação presente significa rever as formas de organização e de estruturação do meio ambiente construído e gerenciado pelas forças humanas, sob o risco da Vida tornar-se insustentável, caso não possamos controlar as diversas situações problemáticas atuais, como mostram os exemplos acima citados. Embora os chamados problemas ambientais sejam usualmente enfatizados na ótica do meio físico (abiótico e biótico), sabe-se que os mesmos não podem ser dissociados de uma conjuntura mais ampla na qual associam-se ainda outros problemas de natureza estritamente social e econômica. Numa visão mais ampla portanto, os problemas atuais do meio ambiente devem ser vistos como decorrentes de decisões pretéritas conduzidas por agentes políticos os quais, por sua vez, distribuem-se nas diversas esferas de Poder, tanto ao nível local como até mesmo ao nível internacional.

Assim sendo, tanto as etapas de decisão como de execução das transformações do meio ambiente deveriam ser precedidas de análises diagnósticas e prognósticas das mudanças pretendidas frente ao meio ambiente (lato senso) a ser afetado. Tais análises permitiriam além de nortear uma política preservacionista e/ou preventiva, definir formas racionais de intervenção, de modo a controlar os possíveis efeitos negativos da ação antrópica. Assim, no balanço dos custos e benefícios destas ações, não deveriam ser computados exclusivamente os valores econômicos mas, principalmente, os valores ambientais em seu sentido mais amplo, o que implica numa ponderação entre valores de natureza física e sócio-econômica do ambiente, até onde os efeitos possam ser propagados. A complexidade inerente aos diversos problemas ambientais com os quais nos deparamos na atualidade, revela-se como um grande desafio aos pesquisadores e planejadores, os quais reconhecem a defasagem entre a necessidade de soluções rápidas e o estado da arte dos conhecimentos afins aos problemas questionados. Sabemos entretanto que a busca de novos conhecimentos ainda se faz necessária não apenas em campos específicos do conhecimento científico e tecnológico mas, principalmente, nas interfaces desses campos através das quais podem ser reconhecidas e compreendidas as ligações funcionais que regulam o comportamento dos complexos ambientais. Deparamo-nos, portanto, com um desafio maior, o qual se traduz pela necessidade de integrarmos os conhecimentos provenientes de campos específicos, não sendo suficiente apenas a simples justaposição ou superposição de conhecimentos específicos. Torna-se necessário, sem dúvida alguma, superarmos antigas barreiras de linguagem construídas no processo de verticalização do conhecimento científico e tecnológico, e que foi responsável pelo desdobramento das diversas especialidades.

## A GEOMORFOLOGIA FRENTE AOS PROBLEMAS AMBIENTAIS

Ao centrarmos a discussão no campo de conhecimento específico da Geomorfologia, nossa atenção volta-se para a discussão do seu papel frente aos problemas ambientais, particularmente de natureza física. Na medida em que as transformações ambientais resultantes de processos naturais (p.ex., mudanças climáticas) ou antropogênicos (p.ex., mudanças de uso do solo) interferem na evolução do relevo, pode-se dizer que os problemas ambientais gerados pela intervenção humana se sobreõem às questões de natureza geomorfológica, ou seja, na dinâmica evolutiva do relevo da superfície terrestre.

Como ilustração da posição acima referenciada, podemos identificar uma questão fundamentalmente geomorfológica embutida num caso recentemente discutido por ecologistas. Este diz respeito à possível extinção de certas espécies de tartarugas (originárias no Cretáceo), que se reproduzem nas margens do Rio Trombetas, em resposta à barragem do rio para construção de mais uma usina hidrelétrica na Amazônia. Numa leitura geomorfológica do problema, trata-se apenas de uma intervenção que eleva o nível de base do rio, de forma que, é montante, as taxas de sedimentação tenderão a aumentar, podendo alterar subitamente o ambiente reprodutor das tartarugas. Entretanto, a literatura específica, ainda controversa, é insuficiente para fornecer condições de previsão matemática da propagação dos efeitos é montante ou jusante desta alteração local. Isto dificulta, portanto, uma avaliação real do destino das tartarugas do Trombetas e, muito mais, das populações ribeirinhas, da floresta e da fauna em geral. Outros exemplos poderiam ser apontados uma vez que, ao nos referenciarmos ao espaço terrestre produzido e gerenciado pelas forças humanas, estamos tratando de um espaço de interesse geomorfológico, que também pode ser alvo de estudo de muitos outros especialistas.

Considerando a complexidade inerente aos diferentes ecossistemas que se desenvolvem na superfície terrestre, deve-se buscar resolver as questões ambientais sob o foco geomorfológico associado à perspectiva geocológica. Segundo a proposta clássica da escola alemã, o estudo geocológico é direcionado para a classificação e cartografiação de domínios, baseada na integração dos diversos fatores que compõem o meio ambiente. Numa visão mais abrangente, a equipe do Laboratório de Geo- Hidroecologia (GEOHECO) - pesquisas integradas em Geomorfologia, Hidrologia e Geocologia - do Departamento de Geografia (IGEO/UFRJ), vem adotando a abordagem funcional nos estudos geocológicos. Objetiva-se a obtenção de informações básicas para melhor fundamentar a análise integrativa que orienta a classificação e cartografiação de domínios geocológicos. Procura-se levar em conta a necessidade de uma melhor compreensão dos processos que regulam a interação dos vários fatores ambientais. Assim enfatizamos as pesquisas na interface dos campos do conhecimento afins, abordando as questões geomorfológicas de interesse, tais como: Climatologia, Geologia, Pedologia, Biologia, Hidrologia e Geografia. Os estudos procuram identificar e explicar as relações entre os diversos elementos em interação nos ecossistemas florestal, urbano ou agro-pastoril. Em última análise, as investigações convergem para a previsão da natureza e magnitude dos processos transformadores do relevo, nas regiões úmidas, combinando-se investigações em diferentes escalas espaço-temporais.

Considerando que os sistemas ambientais são organizados numa ampla variação de escalas de espaço e tempo, O'Neill (1988) ressalta a importância do uso da Teoria de Hierarquização, para que os processos, operando em escalas independentes, possam ser aplicados além do nível hierárquico em que são investigados. Isto porque a um certo nível hierárquico, o sistema tem o seu comportamento limitado por um nível superior e regulado por outros componentes, hierarquicamente inferiores, que respondem pelos mecanismos operacionais.

Assim, fica implícito que a explicação mecânica do sistema é a consequência lógica do comportamento e interações das entidades que compõem o nível inferior, vistas como variáveis-controle do sistema de interesse. Focalizando-se o sistema numa outra escala espaço-temporal, altera-se a explicação mecânica, dificultando as extrapolações dos modelos além do referencial de espaço e tempo em que foi gerado, ou seja, de níveis inferiores para os níveis superiores e vice-versa.

Schumm e Lichty (1965) discutiram as questões sobre tempo, espaço e causalidade em Geomorfologia, mostrando uma alteração nas relações de dependência e independência entre as variáveis que regulam os sistemas geomorfológicos, em função da escala de tempo e espaço consideradas. Tais circunstâncias aplicam-se às questões ambientais no seu espectro de problemas locais, regionais e globais, já mencionados anteriormente. Levando-se em conta a Teoria de Hierarquização, sugere-se que os problemas geomorfológicos ou ambientais possam ser resolvidos através da explicação mecânica dos sistemas, em diferentes escalas independentes porém combinadas, integrando a anlise histórica e funcional do sistema de interesse. Somente a combinação de escalas permitir a extrapolação do conhecimento, além da base empírica em que foi gerado. Este aspecto é fundamental à previsão e controle dos problemas ambientais que se colocam nas diferentes escalas espaço-temporais. Trata-se, sem dúvida alguma, de mais um grande desafio que atinge não apenas aos geomorfólogos mas a todos os pesquisadores ambientalistas.

#### LITERATURA CITADA

- O'NEILL, R.V. - Hierarchy Theory and Global Change, Chapter, in: Scales and Global Change, Ed. by T. Rosswall, R.C. Woodmansee & P.G. Risser, 1988 Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Publ. by John Wiley & Sons Ltd.
- SCHUMM, S.A. & LICHTY, R.W. - Time, space and causality in Geomorphology, 1965, Am. J. Sci. 263: 110-119.

