

# **O Significado da Dimensão Temporal Para a Análise Geomorfológica: Contribuições a Partir das Teorias do Ciclo de Erosão e do Equilíbrio Dinâmico**

William Zanete Bertolini

Programa de Pós-graduação em Geografia – IGC/UFMG

Bolsista CNPq

[geozaneti@hotmail.com](mailto:geozaneti@hotmail.com)

## **Abstract**

There are some concepts and ideas which are keys for a better understanding of the modeled land, its transformations and evolution. The concept of time in geomorphology is one of these key ideas. Time is a parameter guiding the analysis of geomorphic systems as it allows to situate (on a relative or absolute way) and to correlate the different events and processes responsible for shaping the foundations of the physical landscape. Different approaches of time can be verified throughout the history of geomorphology. Understand them mean considering about the changes for which the land surface undergone and might still undergo. This paper aims to compare the ways for which the conception of time is present in the theories of the Cycle of Erosion Davis (1899) and the Dynamic Equilibrium of John T. Hack (1960). The different approaches of time by these theories are supported by the cyclical and non-cyclical explanatory models of the relief evolution.

Keywords: Epistemology of geomorphology – Time – Cycle of erosion – Dynamic equilibrium

## **Resumo**

Existem alguns conceitos e noções que são chaves para uma melhor compreensão do modelado terrestre, de suas transformações e da sua evolução. A noção de tempo em geomorfologia é uma dessas idéias-chave. O tempo é um parâmetro norteador da análise dos sistemas geomórficos na medida em que permite situar (de forma relativa ou absoluta) e correlacionar os diferentes eventos e processos responsáveis pela esculturação das bases físicas da paisagem. Diferentes abordagens do tempo podem ser verificadas ao longo da história da geomorfologia. Entendê-las significa ponderar acerca das transformações pelas quais a superfície terrestre passou e ainda poderá passar. Este trabalho tem como objetivo comparar as formas pelas quais a concepção de tempo está presente nas teorias do Ciclo de Erosão de Davis (1899) e do Equilíbrio Dinâmico de John T. Hack (1960). As abordagens diferenciadas do tempo por essas teorias amparam-se nos modelos explicativos cíclico e acíclico da evolução do relevo.

Palavras-chave: Epistemologia da geomorfologia – Tempo – Ciclo de erosão – Equilíbrio dinâmico

## **1. Introdução**

Falar em análise geomorfológica a partir da perspectiva temporal, como é o propósito deste artigo, significa discutir e refletir também sobre os meios teóricos e práticos empregados na construção deste conhecimento e, conseqüentemente, acerca da própria edificação da geomorfologia como campo do conhecimento científico. Significa discutir em que medida a noção de tempo ajuda a compreender a evolução e o papel do modelado terrestre na complexa teia socioambiental. O estudo dos princípios teóricos da geomorfologia

torna-se importante não só como instrumento para a compreensão e explicação da diversidade física das paisagens terrestres, mas também sobre como as teorias geomorfológicas consideram e se relacionam com o chamado tempo profundo e a escala do tempo geológico.

Embora tenha como base as propriedades tangíveis e mensuráveis da superfície terrestre, o conhecimento geomorfológico tem necessariamente de ultrapassar os limites do estritamente visual e empiricamente processual. Isto porque o estudo do relevo demanda a elaboração de conceitos e teorias que dêem conta de uma análise não circunscrita aos limites da visão e do tempo humanos. Nesse sentido, Christofolletti (1989, p.15) afirma que as concepções teóricas são fundamentais para as temáticas científicas, constituindo referenciais para a formulação de problemas, planejamento das pesquisas e interpretação dos dados.

Nos estudos geomorfológicos, a noção de tempo encontra-se perpassada sob diferentes escalas e abordagens. Conceitos como os de magnitude, frequência, equilíbrio e gradação estão centrados nessa noção e são fundamentais para a descrição dos mecanismos e das taxas de operação dos processos geomórficos (Thornes & Brunnsden, 1977). Lidar com esses conceitos representa um desafio à sistematização e compreensão de como os sistemas geomórficos se transformam. Considerando que as paisagens não são produtos estritamente oriundos dos processos contemporâneos mas trazem em si uma carga de efeitos residuais de períodos primitivos (Thornes & Brunnsden, 1977, p. 19), torna-se fundamental compreender a evolução da morfologia da paisagem de acordo com o tempo de atuação dos agentes e processos de sua morfogênese.

Embora a ciência contemporânea venha desenvolvendo técnicas apuradas e relativamente bem confiáveis de mensuração do tempo relacionado à atuação de certos processos geomorfogenéticos, o fator tempo ainda é considerado como um aspecto complicador na ordenação de eventos geológicos/geomorfológicos e nas reconstituições paleogeográficas. Comentando a respeito das dificuldades na análise geomorfológica, Pierre Birot citado por Baulig (1957, p.119) considera o fator tempo sob dois aspectos dificultadores: o primeiro se refere às mudanças na escala temporal e o segundo é relativo ao atraso dos efeitos em relação às suas causas.

Se por um lado parece inegável o fato de que as formas do relevo se transformam ao longo do tempo e, é claro, também do espaço, essas mudanças ganham contornos e interpretações diferenciadas na medida em que, dependendo do intervalo de tempo

considerado, os agentes e fenômenos considerados na análise são diferentes. A esse respeito Priestley (2006, p. 464) justifica que:

A importância dos diferentes processos modificadores da paisagem varia como uma função do intervalo de tempo no qual se observa a mudança na paisagem. Por exemplo, variações no clima foram um fator muito importante na evolução da paisagem durante os últimos 100 mil anos, mas representam apenas um fator minoritário em escalas de tempo de 100 milhões de anos. Nesses longos intervalos de tempo geológico, a história de soerguimento tectônico é provavelmente muito mais importante.

Schumm e Lichty (1973, p.44) afirmam que, dependendo do intervalo de tempo considerado e também da grandeza espacial envolvida na análise de um certo sistema geomórfico, ocorrem distinções entre as relações de causa e efeito que descrevem esse sistema. Isto porque, como já havia sido apontado por James Hutton (1726 – 1797) em sua *Teoria da Terra*, o tempo não é uma entidade independente de fato, mas, apenas um modo de descrever a duração dos eventos (JONES, 1997).

A fim de balizar e orientar as reflexões e análises aqui expressas definiu-se como objetivo mostrar como a concepção de tempo encontra-se impressa de forma distinta em duas teorias geomorfológicas. Para tanto, procedeu-se à comparação entre a noção de tempo presente em duas linhas de pensamento diferentes: uma pertencente à teoria de Davis (1899) e a outra pertencente à teoria do Equilíbrio Dinâmico trabalhada por Hack na década de 1960. Não se trata de uma comparação a fim de identificar ou avaliar os aspectos considerados e desconsiderados em cada uma. Mas, antes, de mostrar de que maneira essas duas concepções e as explicações acerca do modelado daí decorrentes se distinguem em função de como consideram o tempo em suas análises.

## **2. O tempo na concepção do Ciclo de Erosão**

A teoria do Ciclo Geográfico, conhecida também pelos termos de Ciclo de Erosão ou Ciclo Geomórfico, foi proposta como uma sistematização das fases evolutivas a longo termo do relevo por William Morris Davis em 1899. Anteriormente a essa época o relevo era explicado puramente pelos processos, sem colocá-los numa seqüência temporal lógica que permitisse a interpretação evolutiva das formas. Giusti (2004, p.247) afirma que a grande novidade da teoria do Ciclo Geográfico de Davis é colocar o problema da inserção do tempo nas formas.

A dimensão temporal nessa teoria aparece como um delineador tão evidente e esquemático que é difícil não encará-la como um dos próprios agentes morfogenéticos que atuam sobre o sistema geomórfico. Davis atribuiu ao tempo uma importância crucial na explicação da evolução do modelado, sendo o relevo uma função do tempo, juntamente com a estrutura e o processo. Discorrendo a respeito da interação entre esses três fatores Davis confere importância fundamental ao tempo como um elemento essencial para a análise geomorfológica.

O processo não pode, contudo, completar seu trabalho instantaneamente, e o total das mudanças a partir da forma inicial é, portanto, uma função do tempo. Dessa forma o tempo completa o trio de controles geográficos, e é, dos três, o de aplicação mais freqüente e o de maior valor prático na descrição geográfica (DAVIS, 1899, p.9-10).

Nessa concepção, em que o tempo aparece como fator morfogenético, cada uma das fases pelas quais passa o relevo é marcada por certas características referentes a um determinado estágio do trabalho erosivo, sobretudo aquele relacionado à erosão fluvial na paisagem.

As fases de juventude, maturidade e senilidade são utilizadas por Davis como metáfora orgânica à sucessão das mudanças decorrentes do trabalho da erosão na transformação e evolução do relevo. Considerando as características relativas à morfologia dos fundos de vale, ao desenvolvimento de meandramentos fluviais e à estabilidade das vertentes, é possível identificar o estágio de evolução de uma determinada paisagem associando-a a essas formas características.

A fase de juventude inicia-se a partir de um rápido soerguimento tectônico responsável pelo aumento do desnível entre a superfície continental sobrelevada e o nível de base oceânico. A partir de então, os leitos fluviais, procurando estabelecer um novo perfil de equilíbrio, começam a entalhar os vales adjacentes produzindo o desgaste erosivo remontante (do nível de base oceânico em direção ao interior das terras emersas), capturas fluviais e o rebaixamento vertical das vertentes. Nessa primeira fase evidencia-se o trabalho de incisão linear dos canais, o alargamento das bacias de drenagem e a instabilidade das vertentes em função do aumento da declividade. Entretanto, como bem lembra Christofolletti (1973, p.6-7), a amplitude das formas do relevo depende da diferença entre o nível de base e a superfície soerguida. Se o desnível é grande surgem aspectos de uma morfologia escarpada. Se o

desnível é pouco pronunciado surgem vales menos profundos e as irregularidades dos declives são menos acentuadas.

A fase de maturidade do relevo é caracterizada pela diminuição da velocidade de entalhamento dos canais e pelo alargamento e suavização dos principais vales fluviais. Ao atingir o perfil de equilíbrio, os rios tendem a um padrão meandrante. O rebaixamento vertical (esculturação) do relevo se dá sobretudo em função de um carreamento menos acelerado de sedimentos até os sopés das vertentes e planícies fluviais e não mais por movimentos de massa rápidos como acontecia quando as declividades condicionavam esse tipo de processo na fase juvenil. Entretanto, o relevo, nesta fase, continua acidentado nas áreas onde o desnível inicial era muito elevado, e os interflúvios são compostos por cristas e morros em diversos níveis altimétricos. Os vales principais, alargados e de perfil suavizado, apresentam uma cobertura quase contínua de aluviões (CHRISTOFOLETTI, 1973, p.7).

A fase de senilidade é representada por uma superfície bastante desgastada e aplanada denominada por Davis de peneplano ou peneplanície. Por vezes destacam-se isoladamente nesta paisagem formas residuais determinadas pela resistência litológica oferecida aos processos de desgaste ao longo do tempo. Davis denominou essas formas de *monadnocks*. Nesse estágio, os principais rios apresentam uma reduzida capacidade de transporte, atingido o ápice do padrão de meandramento.

Considerando a proposta evolutiva de Davis, é necessário supor um grande intervalo de tempo estável tectonicamente para que todos esses estágios se desenrolem. A concepção de Davis é cíclica no sentido de que um período de rejuvenescimento do relevo (um novo ciclo) se inicia quando há um novo pulso tectônico. Embora Davis não ignorasse a ação erosiva durante o processo de soerguimento (BAULIG, 1950), ao considerar um ciclo evolutivo por completo maior ênfase era dada à separação temporal entre esses dois processos. Primeiramente ocorria um soerguimento rápido e então, a partir do seu fim, iniciava-se um longo trabalho de erosão. Para este modelo, a idade da paisagem era o determinante primário da forma (PRIESTLEY, 2006, p.465).

### **3. O tempo na concepção do Equilíbrio Dinâmico**

John Hack elaborou a idéia de que a erosão compete com o soerguimento. Ele acreditava que, quando as taxas de soerguimento e de erosão mantêm-se por um período de tempo longo, a evolução da paisagem atinge um balanço ou equilíbrio dinâmico

(PRIESTLEY, 2006, p.465). Esta teoria supõe que em um sistema erosivo todos os elementos da topografia estão mutuamente ajustados de modo que eles se modificam na mesma proporção (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.168).

Em contrapartida à concepção cíclica de Davis, os pressupostos de Hack a respeito da evolução do relevo consideram o tempo como um fator independente no conjunto das inter-relações entre os agentes morfogenéticos. Dentro de sua perspectiva de Equilíbrio Dinâmico, pela qual considera que as formas e os processos encontram-se em estado de ajustamento de forças, as formas do relevo não tendem necessariamente a se transformarem dentro de um certo período de tempo. Elas permanecem as mesmas em função de um equilíbrio concomitante de forças opostas – o soerguimento tectônico e as taxas de erosão.

Entretanto, isto não significa que o modelado permaneça sempre o mesmo. A teoria do Equilíbrio Dinâmico demonstra que os aspectos das formas não são estáticos ou imutáveis, mas que são mantidos pelo fluxo de matéria e energia (CHRISTOFOLETTI, 1989, p.19). Modificações na paisagem morfológica se dão quando a interferência de uma ou mais variáveis do sistema ultrapassa o limiar de um determinado estado de equilíbrio ocasionando o reajustamento de forças e o estabelecimento de um novo equilíbrio. Segundo Hack (1975) citado por Peulvast & Sales (2002), o regime de Equilíbrio Dinâmico é acompanhado da liberação de formas estruturais nas quais as altitudes ajustam-se em função das relações entre litologia e erosão.

É importante salientar que a teoria do Equilíbrio Dinâmico não descarta a existência de superfícies aplainadas. A existência dessas superfícies pode continuar sendo instrumento valioso para a compreensão geral do modelado terrestre, mas retira dessa morfologia o significado de ser a etapa final do ciclo erosivo (CHRISTOFOLETTI, 1989, p.19-20).

#### **4. Considerações finais**

A concepção de tempo presente nas teorias do Ciclo de Erosão e do Equilíbrio Dinâmico demonstra diferentes maneiras de compreender a evolução do modelado. Isto se deve à consideração, por parte dos autores, de intervalos de tempo distintos. O significado das concepções temporais aí existentes conduz à proposição de uma noção cíclica e de uma acíclica para as linhas de pensamento de Davis e de Hack respectivamente. A concepção cíclica de Davis pode ser assim considerada pelo fato de se tratar de um ciclo ideal de erosão,

cuja prerrogativa se dá em função do tempo demandado pelos processos erosivos capazes de aplanar uma superfície continental. Hack, admitindo a improbabilidade de um período de calmaria tão longo a ponto de permitir o aplanamento do relevo continental supunha uma complexidade maior para que os processos erosivos atingissem um aplanamento em escala continental.

A noção de tempo perpassa tanto a abordagem cíclica de Davis quanto a acíclica de Hack. Na primeira essa noção se refere ao tempo total demandado pelo trabalho de erosão para realizar o aplanamento de uma superfície soerguida e submetida à estabilidade tectônica. Por outro lado, na concepção de Hack o tempo entremeia-se à concepção sistêmica em que os fluxos de matéria e energia responsáveis pelo soerguimento tectônico e pela erosão se contrabalançam. Enquanto na teoria de Davis, é enfatizada a distinção temporal entre, primeiramente, um pulso tectônico rápido e depois um longo período de estabilidade durante o qual atuam os processos erosivos de rebaixamento do relevo, a teoria de Hack, por sua vez, aborda o tempo sob uma perspectiva estável; a partir de um intervalo de tempo uniforme em que o balanço de forças modeladoras do sistema geomórfico é o fator fundamental da análise evolutiva. Nessa teoria, o fator tempo pode ser excluído da análise geomorfológica durante o estudo das puras relações empíricas entre as variáveis do sistema. Entretanto, isto não quer dizer que Hack não reconheça a importância do tempo na evolução do sistema. É claro que, com a passagem do tempo, a energia erosiva se altera refletindo mudanças nas formas do relevo e vice-versa (SCHUMM e LICHTY, 1973, p.46). Em ambas concepções de evolução das paisagens continentais, as noções de tempo não são opostas entre si. Como observou Pazzaglia (2003), o conceito de Equilíbrio Dinâmico de Hack pode ser usado para descrever o mesmo tipo de paisagem considerada por Davis em seu modelo, embora sem mencionar ciclos de erosão e peneplanos.

Pode-se dizer que as noções de cíclico e acíclico aplicadas às teorias do Ciclo de Erosão e do Equilíbrio Dinâmico dizem respeito à forma como oscila temporalmente a relação entre erosão/soerguimento, e, dependendo do ponto de vista adotado, a paisagem é um estágio no Ciclo de Erosão ou o aspecto de equilíbrio dinâmico das forças operativas (SCHUMM e LICHTY, 1973, p.59).

## **5. Referências Bibliográficas**

Baulig, Henri. (1950) *Essais de Géomorphologie*. Publications de la Faculté des Lettres de l'Université de Strasbourg.

\_\_\_\_\_. (1957) Les méthodes de la géomorphologie d'après M. Pierre Birot (premier article). *Annales de Géographie*, n° 354 – LXVI<sup>e</sup> année.

Christofolletti, Antonio. (1973) As teorias geomorfológicas. *Notícia Geomorfológica*. Campinas, 13 (25): 3-42.

\_\_\_\_\_. (1980) *Geomorfologia*. Edgard Blucher, 188 p.

\_\_\_\_\_. (1989) O desenvolvimento teórico-analítico em geomorfologia: do Ciclo de Erosão aos sistemas dissipativos. *Geografia*. Rio Claro, v.14 (28): 15-30.

Davis, William Morris. (1899) *The Geographical Cycle*. Tradução de Ligia, L. Novello; Nelson G. Pedroso e Luiza Salto. Seleção de Textos, n° 19, AGB São Paulo, 1991.

Giusti, Christian. (2004) Geologues et géographes français face à la théorie davisienne (1896-1909): retour sur l'intrusion de la géomorphologie dans la géographie. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, n° 3, p.241-254.

Jones, Jean. (1997) James Hutton. *Cadernos IG/Unicamp*, vol. 7, n°1/2, p.115-144. Originalmente publicado em Daiches, David; Jones, Peter; Jones, Jean (ed). *A hotbed of genius: the Scottish Enlightenment*. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1986. Tradução, apresentação e notas suplementares por Pedro Wagner Gonçalves.

Pazzaglia, Frank J. (2003) Landscape evolution models. In: Gillespie, A. R., Porter, S. C., and Atwater, B. F., eds., *The Quaternary Period in the United States*: Amsterdam, Elsevier, p. 247-274. Disponível online em: [www.schoolar.google.com.br](http://www.schoolar.google.com.br) Acesso em 13 de maio de 2008.

Peulvast, Jean Pierre.; Sales, Vanda C. (2002) Aplainamento e geodinâmica: revisitando um problema clássico em geomorfologia. *Mercator Revista de Geografia da UFC*, ano 1, n° 1.

Priestley, J. B. (2006) As paisagens: interação da tectônica e do clima. In: *Para entender a Terra*. PRESS, Frank [et al] (org); trad. Rualdo Menegat [et al]; Bookman, Porto Alegre, 4<sup>a</sup> ed: 449-467

Schumm, S. A.; Lichty, R. W. (1973) Tempo, espaço e causalidade em geomorfologia. *Notícia Geomorfológica*. Tradução de Roberto Leonivaldo de Aguiar; Campinas, 13(25): 43-62.

Thornes, J. B.; Brunsden, D. (1977) *Geomorphology & Time*. Methuen & Co Ltd. Cambridge 208 p.