

# Considerações sobre a teoria da *etchplanação* e sua aplicação nos estudos das formas de relevo nas regiões tropicais quentes e úmidas

Antonio Carlos Vitte

Departamento de Geografia, Instituto de Geociências – UNICAMP  
Correio eletrônico: vitte@uol.com.br

## Resumo

O artigo apresenta a teoria da *etchplanação* como um referencial teórico e metodológico para os estudos das formas de relevo nas regiões tropicais quentes e úmidas, destacando o papel do intemperismo químico e dos sistemas de transformação da cobertura pedológica. A originalidade da teoria da *etchplanação* é que ela considera os processos geoquímicos e pedogenéticos como sendo os principais mecanismos da morfogênese e do aplainamento das formas de relevo. Neste trabalho serão discutidos a gênese da teoria da *etchplanação*; o regime cratônico e a *etchplanação* nas regiões tropicais; o intemperismo químico como mecanismo básico do aplainamento das formas de relevo; uma agenda de pesquisa na teoria da *etchplanação*.

## Palavras-chave

Teoria geomorfológica – regiões tropicais quentes e úmidas – *etchplanação* – intemperismo químico – sistemas de transformação da cobertura pedológica – bacia de drenagem.

Terra Livre	São Paulo	n. 16	p. 11-24	1º semestre/2001
-------------	-----------	-------	----------	------------------

## Introdução

Este trabalho tem o objetivo de apresentar de forma ampla a teoria da etchplanação. Tal teoria procura destacar o papel do intemperismo e sua associação com a estrutura, a litoestrutura e as variações climáticas no desenvolvimento das formas de relevo, particularmente nas regiões tropicais quentes e úmidas.

Nas últimas décadas, os estudos de geomorfologia aprofundaram os conhecimentos sobre as relações entre os processos e as formas, em pequenas escalas e em curto espaço de tempo. No entanto, foram produzidos poucos trabalhos sobre as relações entre a gênese, a escala e como se processa a funcionalidade do relevo em longos períodos de tempo (Summerfield, 1991).

Os estudiosos precursores na sistematização dos conhecimentos sobre o modelado da superfície terrestre metodologicamente procuravam isolar os fatores que determinavam a dinâmica e a evolução do relevo. Neste contexto, foram desenvolvidos os principais modelos sobre a evolução geomorfológica das paisagens, que têm em Davis (1899), Penck (1953), King (1962), Hack (1960, 1979, 1982) trabalhos de referência. Estes modelos procuraram qualificar os fatores tidos como interferentes no desenvolvimento do relevo. Foi o caso do *ciclo geográfico da erosão*, no qual Davis (1899) apoiou-se na teoria da evolução e na termodinâmica como aspectos fundamentais na definição dos estágios do relevo e na constituição da peneplanície. Penck (1953), por sua vez, chamou a atenção para o processo de soerguimento crustal e sua relação com as taxas de incisão da drenagem e conseqüente evolução do *primärrumpf*.

No modelo do *equilíbrio dinâmico* (Hack 1960, 1979, 1982), surgido como uma reação ao evolucionismo e à noção de ciclo desenvolvida por Davis, Hack recupera a contribuição de Gilbert de ajuste entre a força e a resistência, em que as paisagens passariam por longos períodos de denudação, mantida por um ajuste entre o controle litológico e os processos superficiais.

Mas experiências empíricas associadas à instrumentalização revelaram algumas dificuldades de implementação dos modelos ou mesmo alertaram sobre a não-inclusão e a não-especificação de outros fatores que também interferem no desenvolvimento do relevo. É o caso do intemperismo químico nas regiões tropicais quentes e úmidas, no qual o ciclo davisiano não foi considerado, pois o *normal* se desenvolvia em regime morfoclimático temperado úmido e sobre litologia uniforme.

No modelo desenvolvido por Penck (1953), muito embora ocorresse a explicitação da relação dialética entre as forças endogenéticas e as exogenéticas na constituição das formas de relevo, ainda havia uma forte ligação com o processo de soerguimento crustal e com o papel da dissecação fluvial, sem, entretanto, especificar o papel da litologia e do intemperismo na dinâmica dos canais fluviais e das vertentes.

No modelo do equilíbrio dinâmico, considerou-se o abaixamento uniforme da paisagem, mas desconsideraram-se as influências da estrutura, da alterabilidade das litologias e

das mudanças climáticas que ao longo do tempo interferem na denudação diferencial de uma mesma paisagem ou bacia hidrográfica.

Neste contexto de problemas não solucionados por esses modelos que podem ser considerados pioneiros, a teoria da *etchplanação* vem procurando especificar o papel do intemperismo como sendo um dos fatores que interferem na dinâmica e nas propriedades morfológicas desenvolvidas em ambiente tropical quente e úmido ou mesmo sazonal. As considerações sobre a dinâmica do sistema de intemperismo e as propriedades de seu perfil, particularmente nas margens cratônicas passivas, colocam a necessidade de se conhecer como os sistemas biogeoquímicos interferem na denudação e como afetam os processos erosivos superficiais e o conseqüente modelamento das regiões tropicais úmidas e sazonais (Thomas, 1974, 1994, 1994a).

### A teoria da *etchplanação* nas regiões tropicais quentes e úmidas

As primeiras observações sobre o intemperismo químico e a sua importância para a morfogênese nas regiões tropicais quentes e úmidas devem-se aos trabalhos de Branner em 1886, no Brasil, e Falconer em 1911, na Nigéria (Thomas, 1994). Estes autores atestaram o papel funcional do manto e do *front* de intemperismo nos processos de denudação e formação das paisagens.

O conceito *etch* foi desenvolvido por Willis (1936, apud Adams, 1975) como o resultado da interação entre a corrosão fluvial e a decomposição da rocha na produção do relevo. Este conceito foi aplicado para contrastar com a peneplanação, muito embora o autor considerasse que um peneplano poderia dar origem a uma superfície de *etching*. Willis considerou o intemperismo da rocha um agente de planação, independente da altitude (1936, apud Thomas, 1989, p. 131).

Coube à Wayland (1933) a aplicação do conceito de *etchplain* quando trabalhou em Uganda. Para o autor, as peneplanícies em Uganda seriam formadas pela alternância entre as alterações geoquímicas das rochas e a erosão superficial. O processo de *etchplain* seria marcado por uma paisagem profundamente alterada, que posteriormente sofreria a ação de um ciclo erosivo com o saprolito<sup>1</sup> sendo exposto, formando uma planície rochosa. O saprolito apresentaria topografia irregular, estando sujeito a novo ciclo de alteração e de erosão, de maneira que as suas irregularidades seriam paulatinamente expostas à superfície, criando *inselbergs* na paisagem (Ollier, 1975, p. 209).

Mas a teoria da *etchplanação* foi revolucionada a partir dos trabalhos de Büdel (1957, 1963, 1982). Com o conceito de *einebnungsflächen*, ou seja, de *dupla superfície de aplainamento*, Büdel consolidou o papel do intemperismo na análise geomorfológica (Thomas, 1989, 1994). Na sua concepção existe uma “integração dialética” entre a alteração

1. Saprolito, genericamente, pode ser definido como o produto do intemperismo. Ver Thomas (1994).

geoquímica das rochas e a erosão superficial (Büdel, 1982), sendo que os processos de lixiviação e lessivagem promovem a disjunção nas ligações ferro-argila, instabilizando os horizontes superficiais, preparando-os para o processo erosivo nas encostas.

Quanto ao desenvolvimento dos *etchplains*, Büdel (1957, 1963) considerou que eles ocorreriam apenas nos trópicos sazonais situados em áreas tectonicamente estáveis. Posteriormente, Büdel (1982) admitiu a existência dos *etchplains* nos trópicos úmidos, onde além da alteração das rochas participariam também as variações climáticas. Assim, para a ocorrência de *etchplains* nos trópicos úmidos são necessárias quatro circunstâncias: 1) a existência de latossolos; 2) o perfil do solo deve ser homogêneo, indicando que ele possui evolução dinâmica; 3) uma transição delgada entre a rocha e o material alterado, particularmente nas rochas fraturadas na qual o intemperismo é intenso; 4) a zona de decomposição rochosa deve ser profunda e generalizada, situada entre 100 e 150 m de espessura.

A formação do relevo, ocorre, então, a partir da interação entre a superfície topográfica e subsuperficial existente no contato entre a rocha e a zona de alteração, que, para Büdel (1957, p. 91), é paralela à superfície. Tal fato foi designado por Berry & Ruxton (1957) como *superfície basal de intemperismo*.

Ollier (1969) observou que o aprofundamento da alteração é mais irregular que propriamente paralela à superfície, de maneira que o saprolito pode ser profundamente alterado em zonas, sendo que em algumas delas a alteração não é substancial, fato que levou Mabbut (1966) a alterar o termo para *front* de alteração.

Esquemáticamente, segundo Büdel (1982), a formação do relevo inicia-se com o abaixamento gradual da superfície, determinado pela velocidade de aprofundamento da alteração e pelas características topográficas do *front* de alteração. Estas características são provocadas pela existência de falhas, de fraturas e de seu arranjo, sendo que o *front* de alteração pode apresentar corcovas. Quando ocorre a predominância de juntas, as corcovas são desprendidas e formam blocos rochosos que se distribuem sobre o *front* de alteração.

Os horizontes superficiais, por sua vez, ficam predispostos à erosão mecânica, em função das influências sazonais da atmosfera, da ação biológica da fauna endopedônica e dos ácidos orgânicos que promovem a aluição do fundo matricial, por meio da quebra nas ligações ferro-argila, promovendo gradativamente a liberação dos finos e solutos. Concomitantemente, o lençol freático é enriquecido com cátions e íons, que passam a circular no topo do *front de alteração*, viabilizando a destruição da rocha.

Nas zonas em que a alteração é profunda ou em que ocorra latossolo, surgem depressões cujo aprofundamento é dependente da intensidade do intemperismo e da ação do lençol freático. O lençol freático, se confinado em falhas, fraturas ou mesmo em função da diferença de alterabilidade das rochas, condiciona a velocidade de alteração, ao mesmo tempo em que isola zonas com graus diferentes de alteração (Büdel, 1982; Twidale & Laget, 1994). As depressões têm a função de receber e canalizar o escoamento superficial e subsuperficial, canalizando a água de infiltração para o *front* de alteração, mantendo a recarga na estação seca.

Para Büdel (1982), a concomitância entre o progressivo aprofundamento diferencial do *front* de alteração associado à erosão superficial promove o isolamento de alguns setores do *front* de alteração que, paulatinamente, vão sendo alçados à superfície, originando os *inselbergs*.

Mas os trabalhos de Büdel (1957, 1962) suscitaram críticas. Entre elas, ressalta-se que Büdel considerava apenas o substrato homogêneo para o desenvolvimento da *dupla superfície de aplainamento* e apresentava um caráter monogenético para explicar as variações morfológicas (Demangeot, 1978).

Avançando na construção da teoria, Bremmer (1977) introduziu o termo *intemperismo divergente*, para explicar as variações morfológicas em um *ecthplain*. No intemperismo divergente as características estruturais e geoquímicas das rochas determinam o grau de intensidade do intemperismo químico, viabilizando a ação morfogenética por meio dos processos fluviais e dos movimentos de massa. Como resultado há o abaixamento do relevo em rochas pouco competentes, enquanto nas resistentes desenvolvem-se *inselbergs* (Twidale, 1981; Kroonenberg & Melitz, 1983).

Os trabalhos de Büdel (1957, 1982) tiveram a positividade de dinamizar os estudos das regiões tropicais, demonstrando a importância dos condicionantes estruturais e climáticos no processo de intemperismo, bem como deste na diferenciação morfológica das paisagens. Provavelmente, em função da escala de análise, não foi especificado o papel dos processos geoquímicos e pedogeoquímicos na dinâmica morfológica das paisagens.

Foi a partir dos trabalhos de Georges Millot (1980, 1983) e sua equipe que se passou a trabalhar com o conceito de *planação climática*, no qual o intemperismo e a pedogênese são fatores muito ativos, intermediando o embasamento e a erosão superficial. O intemperismo seria o responsável pela desagregação. Com sua ocorrência haveria transformação isovolumétrica da rocha, mas sem afetar as características e propriedades do relevo. A pedogênese, por sua vez, por meio dos mecanismos de dissolução, hidrólise e lixiviação, promoveria a transformação dos produtos da alteração, sendo o motor dos fenômenos de aplainamento em zonas de desequilíbrio pedobioclimático, com a separação entre o plasma e o esqueleto no interior da cobertura pedológica, preparando os horizontes superficiais para a ação da erosão superficial (Boulet et alii, 1977).

Assim, a *planação climática* em regime tropical sazonal ocorreria a partir da discordância entre o *front* de alteração e o sistema pedológico. O *front* de alteração marcaria a discordância entre o saprolito e a rocha, e a sua característica marcante é a transformação isovolumétrica. O sistema pedológico apresenta vários *fronts* (Chauvel & Lucas, 1992; Nahon, 1991) cuja propriedade é promover a discordância entre a matriz argilosa e o esqueleto, preparando os materiais para o aplainamento.

Ao contrário do conceito de *dupla superfície de planação* de Büdel, o conceito de *planação climática* de Georges Millot e equipe procurou especificar o papel da cobertura pedológica nos processos de aplainamento. No entanto, não integrou suficientemente as

informações pedogeoquímicas com as estruturais e paleoclimáticas, particularmente no momento de interpretar a evolução e a funcionalidade do relevo ao longo dos tempos.

### Regime cratônico e a *etchplanação* nas regiões tropicais

Uma condição fundamental para a ocorrência da *etchplanação* é a existência de regime cratônico passivo, uma vez que é necessário estabilidade para a ocorrência e o aprofundamento do *front* de intemperismo, com as conseqüentes transformações mineralógicas e estruturais no interior do perfil de intemperismo (Twidale, 1981; Battiau-Queney, 1996).

Há um regime cratônico quando uma plataforma ou crosta continental estável com um núcleo de idade arqueana é palco de flutuações climáticas, isostáticas, glacioeustáticas, glaciais e de reativação de lineamentos (Fairbridge & Finkl, 1980). São consideradas margens cratônicas passivas aquelas que se apresentam estabilizadas nos últimos 100 milhões de anos (Ollier, 1985). Já as margens cratônicas ativas são aquelas que ocorrem em bordas de placas tectônicas, o que inviabiliza a ocorrência da *etchplanação*.

Segundo Thomas (1995, p. 4), existem seis fatores tectônicos que controlam a evolução das margens passivas: 1) levantamento controlado pelos *hot spots*; 2) levantamento isostático, devido à denudação; 3) subsidência termal; 4) subsidência isostática devido ao acúmulo de sedimentos em áreas litorâneas; 5) rotação da margem continental, devido ao item 4, e 6) regressão de áreas escarpadas.

Para Fairbridge & Finkl (1980, p. 82), as margens de regime cratônico passivo caracterizam-se pela alternância de fases biostáticas, envolvendo  $10^9$  anos com fases resistáticas de  $10^{5-7}$  anos. A fase biostática é uma fase estável, em que o intemperismo químico promove o abaixamento do relevo, criando a *etchplanação*. A fase resistática é instável, geradora de estresse no sistema ecológico da paisagem, criando a *pediplanação*. Assim, as fases de *etchplanação* e *pediplanação* constituiriam o ciclo de evolução poligênica do modelado, fazendo parte da dinâmica das margens cratônicas passivas.

Em uma margem cratônica passiva, seja ela falhada (como no leste do Brasil), arqueada ou dômica, a estabilidade estrutural e a biostasia constituem-se nos principais veículos que viabilizam o aprofundamento e a diferenciação do perfil de intemperismo, conduzindo, assim, ao processo de *etchplanação*. Segundo Thomas (1994a, p. 292), as principais evidências do abaixamento das paisagens, são as seguintes: 1) acúmulo de ferro, níquel e outros minerais pesados no perfil de intemperismo; 2) acúmulo de seixos nos interflúvios e nas altas vertentes; 3) abaixamento não-abrasivo do fundo dos vales fluviais por *etching* e perda de finos e solutos pela drenagem; 4) ferrólise das argilas em ambiente hidromórfico com formação de areias brancas e 5) dissolução da rocha e formação do *karst* em terreno cristalino.

## O intemperismo químico como mecanismo da *etchplanação*

O intemperismo é uma resposta das propriedades físicas, químicas e mineralógicas da rocha às condições ambientais existentes na superfície. O intemperismo resulta da interação entre a litosfera e a atmosfera, a hidrosfera e a biosfera (Summerfield, 1991; Thomas, 1994).

O intemperismo químico constitui-se no processo pelo qual os agentes atmosféricos, hidrosféricos e biosféricos, agindo e reagindo com os minerais constituintes das rochas, produzem novas fases mineralógicas, relativamente mais estáveis. O processo se realiza por meio de trocas químicas, com a remoção dos componentes mais solúveis dos minerais e adição de hidroxilas, dióxido de carbono e oxigênio (Thomas, 1994). A alteração ocorre em função do desequilíbrio termodinâmico entre as características dos minerais primários e as condições ambientais (Melfi & Pedro, 1977).

Segundo Tardy (1969), os fatores que controlam o intemperismo são: a precipitação média, a quantidade de CO<sup>2</sup> dissolvido na água de percolação na rocha, o tempo de residência da água em contato com os minerais e a temperatura ambiente do intemperismo.

Na região tropical quente e úmida, o intemperismo atinge todos os minerais primários simultaneamente e constitui um manto de grande espessura que apresenta dois níveis correspondentes à camada superficial e ao perfil de intemperismo: o solum e o saprolito.

Outro fato marcante na região tropical é que a neoformação é o processo dominante na constituição dos minerais secundários. Nas regiões de climas frio, temperado ou árido, a indisponibilidade ou de umidade ou de temperaturas elevadas acarreta a ausência do saprolito. Nessas regiões o intemperismo é diferencial e pouco significativo, atingindo os minerais mais vulneráveis, sendo que os minerais secundários são herdados ou transformados. Esses minerais secundários são resultantes de uma discreta evolução cristaloquímica em fase sólida. É basicamente por esses motivos que nesses climas ocorre apenas a formação do solum.

Na região tropical, a hidrólise é o principal mecanismo do intemperismo químico das rochas. Este mecanismo pode apresentar-se com graus diferenciados, em função das condições termodinâmicas do meio (Melfi & Pedro, 1977, p.275). Assim, a hidrólise pode ser total ou parcial. No caso da hidrólise total, os plagioclásios liberam Si, Al, Na e K que aparecem no meio de alteração na forma de hidróxidos. Na hidrólise parcial ocorre a sialitização e também a monossialitização ou a bissialitização.

Assim, o principal produto do intemperismo é o saprolito (Ollier, 1979). O saprolito pode ser dividido em duas camadas: isoalterita e aloterita (Boulangé, 1984). O principal aspecto relacionado à isoalterita é que ela apresenta as características morfológicas, químicas e mineralógicas herdadas da rocha, com transformação isovolumétrica. Nesta camada ocorrem transferências de soluções e reações geoquímicas que atuam no *front* de

alteração, gerando dois tipos específicos de argilominerais que expressam a natureza da rocha: os argiloplasmas e os cristaloplasmas (Nahon, 1991, p. 208).

Na aloterita, por sua proximidade com a superfície do terreno, as características morfológicas são determinadas por pedoturbação, com transformações estruturais e definição dos horizontes pedológicos. As feições de sustentação das estruturas primárias da rocha são destruídas e acontecem remobilizações químicas. A aloterita apresenta alta porosidade, é pouco consolidada, havendo concentrações compostas de caulinita e óxiidróxidos de ferro e alumínio (Ambrosi & Nahon, 1996). Nesta camada, o argiloplasma transforma-se em pedoplasma devido à lixiviação.

A aloterita, parte mais superficial do saprolito, por estar sujeita a variações ambientais sofre contínua transformação qualitativa e quantitativa, originando o solo (Büdel, 1982; Chauvel & Lucas, 1992; Battiau-Queney, 1996). A formação e a evolução do solo ocorrem sob o efeito de fatores bioclimáticos, que intervêm na alterita, provocando redistribuição, reestruturação e organização dos horizontes. Nas situações mais freqüentemente observadas, tais horizontes se sucedem verticalmente em diversas seqüências de organizações elementares (Boulet et al., 1984).

Com a ação do intemperismo o solo se torna mais espesso e novas condições físico-químicas são impostas ao perfil. O intemperismo e o processo de autigênese, quando interagem com o solo inicial, resultam em um outro solo, com composição e estrutura diferentes. Esta transformação produz os horizontes, que refletem o ambiente pedológico (Nahon, 1991; Chauvel & Lucas, 1992).

Com o avanço dos *fronts* pedogenéticos sobre o saprolito e a conseqüente transformação deste em solo, ocorre a perda de volume do material original, que segundo Chauvel et al. (1983) e Millot (1980, 1983) estaria ao redor de 70%. Segundo Nahon (1987), esta redução ocorre em função do colapso da estrutura ferro-argila, com a lixiviação dos oxiiidróxidos de ferro e alumínio do horizonte superficial, permanecendo apenas o esqueleto residual representado pelo quartzo, conduzindo assim a um aplainamento da paisagem.

Uma cobertura pedológica pode apresentar-se em situação de equilíbrio ou desequilíbrio. Há equilíbrio quando as condições climáticas e tectônicas não provocam instabilidades ou quando as coberturas pedológicas são suficientemente jovens. Neste caso, o desenvolvimento da pedogênese é vertical. Porém, quando ocorrem mudanças climáticas, tectônicas ou hidrodinâmicas a cobertura pedológica entra em desequilíbrio, formando um sistema de transformação. As estruturas pedológicas tornam-se instáveis e transformam-se para dar nascimento a novas estruturas, em equilíbrio com as novas condições pedobioclimáticas (Boulet et al., 1982, 1993).

Na região de Manaus (AM), por exemplo, Lucas (1989) e Chauvel & Lucas (1992) observaram que nos planaltos aplainados o latossolo apresenta uma diferenciação vertical, que favorece a precipitação de oxiiidróxidos nos horizontes subjacentes. Nas superfícies intermediárias a drenagem passa de vertical para lateral. Tal fato favorece a migração da matéria orgânica na forma de MOR, ocorrendo a destruição da caulinita e dos oxiiidró-

xidos de ferro e alumínio, que por sua vez reprecipitam-se em diferentes profundidades em um horizonte Bh ou Bfe, com acumulação relativa de quartzo e formação do podzol nos horizontes superficiais.

Na medida em que o *front* de podzolização avança em direção ao planalto, intensifica-se a erosão nas cabeceiras de drenagem. As vertentes, que eram curtas e íngremes, com o avanço do *front* de transformação passam a ser mais extensas, suaves e com diminuição da altitude relativa. Chauvel & Lucas (1992) interpretam esta situação como indicativa de um abaixamento da paisagem por redução do saprolito em profundidade e por transformação do latossolo em podzol.

Assim, o intemperismo e a pedogênese são fatores muito ativos e intermediários entre o embasamento e a erosão superficial. O papel do intemperismo é de desagregação, com transformação isovolumétrica da rocha, sem afetar as características e as propriedades do relevo. A pedogênese, por sua vez, ocorre por meio dos mecanismos de dissolução, hidrólise e lixiviação que são muito intensos próximos à superfície e promovem a transformação dos produtos do intemperismo. A pedogênese é, então, o motor dos fenômenos de aplainamento em zonas de desequilíbrio pedobioclimático, por meio da separação entre o plasma e o esqueleto no interior da cobertura pedológica, preparando os horizontes superficiais para a ação da erosão superficial e o conseqüente aplainamento do relevo (Millot, 1983).

### Uma agenda de pesquisa na teoria da *etchplanação*

Uma das propriedades da teoria da *etchplanação* é a de especificar e qualificar o papel do intemperismo na morfogênese, chamando a atenção para as interconexões entre as geoesferas que compõem o modelado nas regiões tropicais.

No entanto, nos estudos morfogenéticos a serem desenvolvidos nas regiões tropicais quentes e úmidas, alguns novos princípios devem ser incorporados na teoria da *etchplanação* (Vitte, 1998). É o caso dos *sistemas de transformação*, nos quais o processo de autotransformação da cobertura pedológica acarreta transformações na morfogênese, contribuindo assim para uma re-qualificação dos espaços naturais e da própria paisagem. A teoria da *etchplanação*, associada ao princípio dos *sistemas de transformação*, procura romper com uma explicação mecanicista do relevo, incorporando efetivamente a dialética penckiana como motriz da construção morfológica da crosta e de suas diferenciações espaciais.

De maneira geral, alguns pontos devem ser considerados no desenvolvimento de futuros trabalhos com a teoria da *etchplanação*. Caberia aprofundar o papel da tectônica, do nível de base e da dinâmica fluvial na *etchplanação* (Vitte, 1998), uma vez que nas regiões tropicais quentes e úmidas a erosão fluvial é dependente da posição geomorfológica do canal, como *kinick points*, rápidos, afunilamentos, meandramentos e variações litológicas. Caberia também associar estes elementos à tectônica e às características cli-

máticas, sob uma ótica regional e de domínio do Quaternário (Louis, 1964; Crickmay, 1975), isto porque em escala regional, sob as condições climáticas atuais, as características do sistema fluvial determinam o tempo de armazenamento dos sedimentos nas planícies e terraços. A análise desses sedimentos também deve ser incorporada à teoria etchplanação, não somente como controladores mas também como elementos de formação (Vitte, 1998).

Quanto à tectônica, deve-se destacar a recente, chamada neotectônica, como mais um mecanismo que intensifica a ação do sistema fluvial (Jain, 1980; Howard, 1967; Leopold et al., 1964). Sob condições de subsidência, o sistema fluvial tem condições de formar amplas planícies aluviais com um tempo de recorrência maior para que ocorra a regressão da cabeceira de drenagem, enquanto em condições de soerguimento a regressão das cabeceiras é mais intensa, promovendo, inclusive, maior remobilização do regolito (Veldkamp e Dyke, 1994).

Em conclusão, procurou-se, ao reconstituir a teoria da etchplanação, mostrar o papel do intemperismo químico na constituição da morfogênese e na diferenciação das paisagens, particularmente nas regiões tropicais quentes e úmidas.

## Bibliografia

- ADAMS, G. (ed.) *Planation Surface*. Benchmark Papers in Geology. Vol. 22, Pennsylvania: Dowden, Hutchinson and Ross, 1975.
- AMBROSI, J. P., NAHON, D. Petrological and Geochemical Differentiation of Lateritic Ion Crust Profiles. *Chem. Geol.*, NY, 57, p. 371-93, 1996.
- BATTIAU-QUENEY, Y. Constraints from Deep-Crustal Structure on Long-term Landform Development of the British Isles and Eastern United States. *Geomorphology*, London, 2, p. 53-70, 1996.
- BERRY, L. & Rouxton, B. The Evolution of Hong-Kong Harbeur Basin. *Zeits. Fur Geomorph.*, Berlim, 4, p. 97-115, 1957.
- BREMER, H. Flubarbut, Flachein-und stufenbildung in den Feuchen Tropen. *Zeits. Fur Geomorph.*, Berlim, NF, Supl. 14, sept., p. 21-38, 1971.
- \_\_\_\_\_. Ayres Rock ein Beispiel fur Kimagenetische Morphologie. *Zeits. Fur Geomorph.*, Berlim, NF, 9, p. 249-84, 1977.
- BOULANGE, B. Les Formations Bauxitiques Lat'ritiques de Distribution et L'Évolution du Modelé. *Trav. Et Doc. ORSTOM*, Paris, 175, 367, p. 1984.
- BOULET, R. et alii. Géochime de la Surface et Formes du Relief. I- Desequilibre Pedobioclimatique dans le Couvertures Pedologiques de L'Afrique Tropicale de L'Ouest et son Role dans L'aplamissenant des Reliefs. *Sc. Gel. Bull.*, Strasbourg, 30 (4), p. 235-243, 1977.
- BOULET, R. et alii Les Systemes de Transformation en Pedologie. *Cah. ORSTOM, Sér. Pedol.*, Paris, p. 167-179, 1983/1984.

- BOULET, R. et alii Analyse Structurale de la Couverture Pedologique et Experimentation Agronomique em Guyane Française. *Cah. ORSTOM, Sér. Pedologie*, Paris, XXI (1), p. 21-31, 1984.
- BÜDEL, J. Die "Doppelten Einebnungsflächen" in den Feuchten Tropen. *Zeits. Fur Geomorph.*, Berlim, 1 (2), p. 201-228, 1957.
- \_\_\_\_\_. Klima Genetische Geomorphologie. *Geographi Rundschau*, Berlim, 15 (7), p. 269-285, 1963.
- \_\_\_\_\_. *Climatic Geomorphology*. Princeton: Princeton Univ. Press. 443, p. 1982.
- CHAUVEL, A & LUCAS, Y. Soil Formation in Tropically Weathered Terrains. In: GOVETT, C. J. S. (ed.) *Handbook of Exploration Geochemistry*. New York: Elsevier, p. 57-77, 1992.
- \_\_\_\_\_. Et alii. Aluminium and Iron Oxi-Hydroxide Segregation in Nodule of Latossols Developed on Tertiary Sediments (Barreiras Group), near Manaus (Amazon Basin) Brazil. In: MELFI, J. A., CARVALHO, A. (eds.) *Laterisation Processes*. São Paulo: IG-USP, p. 505-526, 1983.
- CRICKMAY, C.H. The Hypothesis of Unequal Activity. In: MELHORN, W. N., FLEMAL, R. C. (eds.) *Theories of Landform Evolution*. New York: John Wiley & Sons, p. 103-109, 1975.
- DAVIS, William M. The Geographical Cycle. *Geographical Journal*, 14, p. 481-504, 1899.
- DEMANGEOT, J. Recherches Geomorphologique en Inde du Sud. *Zeit. Fur Geomorph.*, NF, 19, p. 229-279, 1978.
- FAIRBRIDGE, R.W. & FINKL, C.W. Anatomic Erosional Unconformities and Peneplains. *Journal Geology*, 88, p. 69-89, 1980.
- HACK, J. T. Interpretation of Erosional Topography in Humid Temperate Regions. *American Journal Science*, 258A, p. 80-97, 1960.
- \_\_\_\_\_. Dynamic Equilibrium and Landscape Evolution. In: MELHORN, W. C., FLEMAL, R. C. (eds.) *Theories of Landform Development*, New York: George Allen and Unwin, p. 87-102, 1975.
- \_\_\_\_\_. Physiographic Divisions and Differential Uplift in the Piedmont and Blue Ridge. *US Geological Survey Professional Paper*, 1265, 49 p., 1982.
- HOWARD, A D. Drainage Analysis in Geology Interpretation: A Sumation. *Bull. Am. Ass. of Pretroleum Geologist.*, vol. 51, p. 2245-59.
- JAIN, V. E. *Geotectônica Global*. Moscou: Ed. Mir, 350 p., 1980.
- KING, L. *The Morphology of the Earth*. Edinbrough: Oliver & Boyd, 1962.
- KROONENBERG, S. B. & MELITZ, P. J. Summit Levels Bedrock Control and the Etchplain Concept n the Basement of Suriname. *Geol. Mijn.*, 62, p. 389-399, 1983.
- LEOPOLD, L. B. et alii. *Fluvial Processes in Geomorphology*. San Francisco: Freeman & Company, 203 p., 1964.
- LOUIS, H. Über Rumpffächen und Talbildung in den Wechselfeuchten Tropen, Besonders nach Studien in Tanganjika. *Zeits. Fur Geomorph.*, 8, p. 43-70, 1964.
- LUCAS, Y. *Systemes Pedologiques en Amazonie Brasilienne. Equilibres, Desequilibres et Transformations*. Univ. Poitiers, 153 p., 1989. (Tese de Doutorado).

- MABBUT, J. A. The Weathered Landsurface of Central Australia. *Zeits. Fur Geomorph.*, NF, 9, p. 82-114, 1965.
- MELFI, J. A & PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte 1 – Tipos de evolução pedogeoquímica. *Rev. Bras. Geociên.* (4), p. 271-286, 1977.
- MCFARLENE, M. J., TWIDALE, C. R. Karstic Features Associated Crust Tropical Weathering Profiles. *Zeits. Fur Geomorph.*, 64, p. 73-95, 1987.
- MILLOT, G. Les Grands Aplanissements des Soches Continentaux dans les Pays Subtropicaux, Tropicaux et Desertique. *Mém. ORSTOM, Soc. Geol. France*, 10, p. 295-305, 1980.
- \_\_\_\_\_. Planation of Continents by Intertropical Weathering and Pedogenetic Processes. In: MELFI, J. A., CARVALHO, A. (eds.) *Laterisation Processes*. São Paulo: IG-USP, p. 53-63, 1983.
- MORAES, A C. R. *Geografia, capitalismo e meio ambiente*. São Paulo: FFLCH-USP, 2000 (Tese de Livre-Docência).
- NAHON, D.B. *Introduction to the Petrology of Soils and Chemical Weathering*. New York: John Wiley & Sons, 313 p., 1991.
- OLLIER, C. Some Features of Granite Weathering in Australia. *Zeits. Fur Geomorph.*, vol. 3, p. 285-204, 1969.
- \_\_\_\_\_. *Weathering*. New York: Longman, 304 p., 1979.
- \_\_\_\_\_. Morphotectonics of Passive Continental Margin: Introduction. *Zeits. Fur Geomorph.*, Sup., 54, p.1-9, 1985.
- PENCK, W. *The Morphological Analysis*, New York: John Wiley & Sons, 1953.
- ROSS, J. L.S. O relevo brasileiro, as superfícies de aplainamento e os níveis morfológicos. *Revista Departamento de Geografia-USP*, 6, FFLCH-USP, p. 17-31, 1991.
- SUMMERFIELD, M. A. *Global Geomorphology*, New York: John Wiley & Sons, 245 p., 1991.
- TARDY, Y. Géochimie des Altérations. Étude des Arenes et des Eaux de Quelques Massifs Cristallines d'Europe e d'Afrique. *Mém. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine*, 31, 199 p., 1969.
- THOMAS, Michel F. *Tropical Geomorphology: A Study of Weathering on Landforms Development in Warm Climates*. New York: John Wiley & Sons, 313 p., 1974.
- \_\_\_\_\_, THORP, M. B. Environmental Change and Episodic Etchplanation in the Humid Tropics: The Koidu Etchplain. In: DOUGLAS, I., SPENCER, T. (eds.) *Environmental Change and Tropical Geomorphology*, London: George Allen e Unwin, p. 239-267, 1985.
- \_\_\_\_\_, SUMMERFIELD, M. A Long Term Landform Development: Key Themes na Research Problems. In: GARDNER, V. (org.) *International Geomorphology*, Part II, New York: John Wiley & Sons, p. 935-956, 1986.
- \_\_\_\_\_. The Role of Etch Processes in Landform Development. I Etching Concepts and their Applications. *Zeits. Fur Geomorph.*, NF, 33 (2), p. 129-142, 1989.
- \_\_\_\_\_. *Geomorphology in Tropics: A Study of Weathering and Denudation in Low Latitudes*. New York: John Wiley & Sons, 443 p, 1994.

- \_\_\_\_\_. Ages and Geomorphic Relationships of Saprolite Mantles. IN: ROBINSON, D. A., WILLIAMS, R. B. G. (eds.) *Rock Weathering and Landform Evolution*. New York: John Wiley & Sons, p. 287-302, 1994a.
- \_\_\_\_\_. Models for Landform Development on Passive Margins. Some Implications for Relief Development in Glaciated Areas. *Gemorphology*, 12, p. 3-15, 1995.
- TWIDALE, C. R. Pediments, Peneplains and Ultiplains. *Rev. Geomorph. Dynam.*, 32, p. 1-35, 1981.
- \_\_\_\_\_. LAGEAT, Y. Climatic Geomorphology: A Critique. *Progress Physical Geography*, 18, p. 319-34, 1994.
- \_\_\_\_\_. VIDAL-ROMANI, J.R. On the Multistage Development of Etch Forms. *Geomorphology*, 11, p. 107-124, 1994.
- VELDKAMP, A., VAN DYKE, J. J. Modelling of Potential Effects of Long-Term Fluvial Dynamics on Possible Geological Storage Facilities of Nuclear Waste in the Netherlands. *Geol. Mijn.*, 72, p. 237-49, 1994.
- VEILLON, L. *Sols Ferrallitiques et Podzols en Guyane Septentrionale*. Univ. Paris VI, 180 p., 1991. (Tese de Doutorado).
- VITTE, A C. *Etchplanação em Juquiá (SP): Relações entre o intemperismo químico e as mudanças climáticas no desenvolvimento das formas de relevo em margem cratônica passiva*. São Paulo: FFLCH-USP, 1998, 276 p. (Tese, Doutorado em Geografia Física).

#### RESUMEN

El artículo presenta la teoría de la *etchplanation* como un referencial teórico- metodológico para los estudios de las formas del relieve en las regiones tropicales cálidas y húmedas, destacando el papel del intemperismo químico y de los sistemas de transformaciones del manto pedológico. La originalidad de la teoría de la *etchplanation* es la consideración de los procesos geoquímicos y pedogenéticos como los principales mecanismos de la morfogenesis y del aplanamiento de las formas del relieve. En este trabajo se discute la génesis de la teoría de la *etchplanation*; el régimen cratónico y la *etchplanação* en las regiones tropicales; el intemperismo químico como mecanismo básico del aplanamiento de las formas del relieve y ha propuesto una agenda de pesquisa en la teoría de la *etchplanation*.

#### PALABRAS-CLAVE

Teoría geomorfológica – Regiones tropicales cálidas y húmedas – Etchplanação – Intemperismo químico – Sistemas de transformación del manto pedológico – Cuenca de drenaje.

#### ABSTRACT

This paper examines the *etchplanation* theory, a recent approach in geomorphology. This theory is appropriated to study landforms in tropical warm regions and it considers the chemical weathering and the transformation's systems in the pedological processes and levelling landforms. This paper discusses the genesis of the *etchplanation* theory; the cratonic regim and the *etchplanation* in tropical warm regions; the chemical weathering as a basic mechanism of levelling of landforms and it makes a proposition of na agenda of research in *etchplation* theory.

#### KEY WORDS

Geomorphological Theory – Tropical Warm Regions – Etchplanation – Chemical Weathering – Transformation's Systems of the Pedological Covering.

Recebido para publicação em 5 de junho de 2001.

