

GEOMORFOLOGIA DE ÁREAS SEMI-ÁRIDAS: UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DOS SERTÕES NORDESTINOS

Simone Cardoso Ribeiro¹

Mônica dos Santos Marçal²

Antonio Carlos de Barros Correa³

RESUMO

O presente artigo faz uma revisão do conhecimento produzido sobre as formas de relevo das regiões semi-áridas e seus processos correlatos (formadores e mantenedores da esculturação mórfica), traçando uma evolução histórica da ciência geomorfológica, através de suas origens e linhas epistemológicas. São enfatizados os processos exógenos na elaboração das superfícies geomórficas, dando especial atenção àqueles que produziram os relevos dos sertões nordestinos do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Geomorfologia; Semi-árido; Nordeste brasileiro

ABSTRACT

This article reviews the knowledge produced on the relief forms of semi-arid regions and its related processes (formers and maintainers of sculpturing morphic), marking a historical evolution of geomorphological science, through its origins and epistemological view. Lay emphasis on the exogenous processes in the development of geomorphic surfaces, with special attention to those that produced the reliefs of the hinterlands of northeastern Brazil.

KEY-WORDS: Geomorphology; semi-arid; Northeast Brazil

1. INTRODUÇÃO

Na geomorfologia das regiões semi-áridas, a influência climática é primordial, uma vez que os processos esculturadores que produzem as feições distintas destas áreas estão direta e indiretamente relacionados ao seu déficit hídrico. Tanto intemperismo como processos erosivos são condicionados pela umidade e pela cobertura vegetal (esta dependente também da umidade).

¹ Doutoranda em Geografia – PPGG/UFRJ; Bolsista de doutoramento UFRJ/CNPq; Docente do Departamento de Geociências - Universidade Regional do Cariri –URCA. Crato (CE), Brasil. E-mail: simonecristeibeiro@oi.com.br

² Docente do Depto. Geografia e do Programa de Pós Graduação em Geografia/UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil. E-mail: monicamarcal@gmail.com (orientadora)

³ Docente do Depto de Ciências Geográficas e do Programa de Pós Graduação em Geografia/UFPE, Recife (PE), Brasil. Email: debiase2001@terra.com.br (co-orientador)

Desta forma, para compreendermos a geomorfologia do semi-árido, necessário se faz uma compreensão básica prévia desta linha de pensamento da geomorfologia, a qual evoluiu de uma das linhagens epistemológicas desta ciência, a escola alemã, mas que na atualidade faz parte de praticamente todos os trabalhos geomorfológicos modernos, uma vez que não se entende mais a evolução do relevo como algo distanciado do complexo integrado da natureza.

2. A CIÊNCIA GEOMORFOLÓGICA

A Geomorfologia é etimologicamente compreendida como o estudo da Terra, onde *geo* significa terra, *morphos* se aproxima da idéia de forma e *logos*, estudo. Contudo, esta é uma ciência geológico-geográfica que tem como preocupação central estudar o relevo terrestre, sua estrutura, origem, história do seu desenvolvimento e dinâmica atual, além de tentar compreendê-lo em diferentes escalas temporais e espaciais, a fim de melhor orientar o uso do solo pelas sociedades, uma vez que a superfície do relevo se comporta como o *locus* onde a população se fixa e desenvolve suas atividades.

A Geomorfologia nasce como ciência a partir dos estudos geológicos da crosta terrestre em meados do século XIII com tendência naturalista, voltados aos interesses do sistema de produção e com base no princípio do utilitarismo.

Hart (1986) ressalta que a origem da Geomorfologia é obscura, e que na era pré-davisiana não havia uma ciência chamada Geomorfologia, mas sim o desenvolvimento de idéias na Geologia e nas Ciências Naturais que podem ser reconhecidas como pensamentos geomorfológicos iniciais.

No final do século XIX, baseado nos estudos de Gilbert (1877) e Powell (1875), Willian Morris Davis (1899) dá início a uma sistematização da ciência geomorfológica, fundamentada no conceito de ciclo (Ciclo Geográfico) e no evolucionismo, com grande influência do darwinismo (TINKLER, 1985; CASSETI, 2001; FLORENZANO, 2008).

Tendo como principais teóricos Ferdinand von Richthofen (1883) e Albrecht Penck (1894), outra linha de pensamento geomorfológico porém, defendia uma concepção integrada dos elementos que compõem a superfície terrestre, se contrapondo às idéias davisianas, excessivamente impregnadas de finalismo (CASSETI, 2001). Vemos assim, que a evolução do pensamento geomorfológico não se origina de uma única base conceitual, mas de pelo menos dois sistemas de pensamento divergentes em suas idéias basilares.

Têm-se, segundo Abreu (2003), duas linhagens epistemológicas, que o autor prefere chamar de “filogênese de propostas conceituais”, ou de “linhas mestras de evolução” do conhecimento geomorfológico: uma de raízes norte-americanas (mas que incorpora a maior parte da produção em língua inglesa e francesa até a II Guerra Mundial) e pode ser identificada como *escola anglo-americana*, e outra de raízes germânicas (incorporando também parte da produção em russo e polonês), identificada como *escola alemã*.

Escola anglo-americana

A linhagem epistemológica anglo-americana fundamenta-se praticamente, até a Segunda Guerra mundial, nos paradigmas propostos por Davis (em 1899) e centrado na idéia de ciclicidade do relevo – para ele o relevo é definido em função da trilogia estrutura geológica, processos atuantes e tempo.

De acordo com a teoria do Ciclo Geográfico, no início do ciclo há um rápido soerguimento das superfícies aplainadas provocado pelas forças internas, elevando-as significativamente em relação ao nível do mar. Este desnivelamento provocaria aumento dos processos erosivos pelas águas correntes, dissecando e rebaixando o relevo até formar uma nova superfície aplainada (peneplano). A partir daí um novo ciclo teria início com um novo soerguimento, e novamente ocorreriam as fases de juventude, maturidade e senilidade (DAVIS, 1991).

Porém, apesar de Gilbert em 1877 já apresentar uma perspectiva climática para a compreensão dos processos morfoesculturadores, a geomorfologia davisiana praticamente não se articulava com outros elementos da natureza, como a climatologia e a biogeografia, o que, junto com a estabilidade tectônica durante os estágios de evolução descritos neste modelo, gerou inúmeras críticas a esta teoria, em especial de autores ligados a linha epistemológica alemã, com visão integradora.

Durante a Segunda Guerra Mundial a influência do pensamento científico alemão se amplia nos Estados Unidos, e Lester King (1955) e Pugh (1955) utilizam livremente os princípios adotados por W. Penck em seus trabalhos sobre aplainamento e recuo paralelo das vertentes em ambiente semi-árido. Em seus trabalhos, os referidos autores admitem períodos rápidos e intermitentes de soerguimento crustal, separados por longos períodos de estabilidade tectônica; predomínio da denudação, concomitante com o soerguimento, e empregando o conceito de recuo das vertentes (proposto por Penck), desenvolveram a *teoria da pediplanação*, processo originário de superfícies aplainadas esculpidas em ambientes semi-

áridos, os *pediplanos*, cujas formas residuais são denominadas *inselbergs* (TINKLER, 1985; CASSETI, 2001; FLORENZANO, 2008).

Também na França, Cholley (em 1950), partindo de análise cronológica, distancia-se do procedimento positivista davisiano, inclusive introduzindo conceitos como “dialética das forças” em sistema aberto. Desta forma, aos poucos, os autores da linhagem norte-americana assumem uma atitude mais crítica, contribuindo para a elaboração de outros paradigmas, propondo fatos objetivos (em oposição ao posicionamento subjetivo de Davis) estudados sob a ótica da quantificação, valorizando as relações processuais que aquele havia desconsiderado (CASSETI, 2001).

A partir da década de 1940 até a de 1960, a Geomorfologia ganha uma postura teórica, utilizando cada vez mais a quantificação, a teoria dos sistemas e fluxos e o uso da cibernética. Nesta época, a análise espacial e o estudo das bacias de drenagem são valorizados, principalmente nos trabalhos de Strahler (1954); Horton (1933 *in* THORNES, 1984) estabelece as leis básicas no estudo de bacias de drenagem, baseadas em propriedades matemáticas e emerge, ainda, a *teoria do equilíbrio dinâmico* de Hack (1960), de enfoque acíclico, considerando o relevo como um sistema aberto, com constante troca de energia e matéria com os demais sistemas terrestres. Para Hack (1960, *in* FLORENZANO, 2008, p. 26), o relevo é “*produto da resistência litológica (e estrutura geológica) e do potencial das forças de denudação*”, admitindo as oscilações climáticas.

Escola alemã

Em oposição às idéias de Davis, a moderna geomorfologia centro-européia de expressão alemã tem como referencial inicial Ferdinand von Richthofen (1883) que mantém a pretensão humboldtiana de globalidade (harmonia natural), e que teve como predecessores autores naturalistas, optando por uma perspectiva empírico-naturalista.

A linhagem epistemológica alemã defende a concepção integrada dos elementos que compõem a superfície terrestre, valoriza o estudo dos processos, desenvolvendo o conceito de *depósitos correlativos* e apresenta proposições que valorizam o clima como um elemento responsável por uma morfogênese diferencial em função do balanço das forças em ação (PENCK, 1972, edição em língua inglesa do original alemão de 1924). Direciona seus trabalhos mais para a observação dos fenômenos e a articulação com a Petrografia, Química do solo, Hidrologia, Climatologia e Biogeografia e utiliza a cartografia como instrumento para as pesquisas.

Esta linhagem de pensamento teve em Albrech Penck (em 1894) e Walther Penck (em 1924), autores fundamentais em sua consolidação e encaminhamento evolutivo. Albrech Penck, apesar de compartilhar de algumas noções básicas da teoria davisiana, como a do aplainamento, deu ênfase à herança naturalista de Humboldt, valorizando a observação e análise dos fenômenos, e sistematizando teorias e formas de relevo a partir de um tratamento genético das formas.

Destaque também na escola alemã cabe aos trabalhos de Sigfried Passarge (1913) que propôs novos conceitos, como “fisiologia da paisagem”, baseado na idéia de organismo, e de Carl Troll (1932), com sua geoecologia, ambos introduzindo as idéias ecológicas nos trabalhos geográficos. Desta visão integradora dos fenômenos evoluíram as propostas conceituais voltadas para os estudos da paisagem – já trabalhada por Passarge, como a ordenação ambiental do território, em grande parte apoiada na teoria sistêmica de Bertalanffy.

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, os estudos geomorfológicos da escola alemã foram beneficiados com o apoio que os regimes socialistas deram à pesquisa, principalmente o mapeamento geomorfológico e das paisagens, com a utilização das fotografias aéreas, ganhando papel cada vez mais importante no planejamento regional.

Como salienta Abreu (2003), este novo caráter dos estudos geomorfológicos *“acaba refletindo na própria classificação formal da disciplina que se torna nitidamente mais geográfica e voltada para a sociedade como um todo, superando as artificiais dicotomias ainda bastante arraigadas na linhagem conceitual de língua inglesa”* (Abreu, 2003, p. 60).

Cabe destacar ainda, a escola francesa de geomorfologia, que gerou trabalhos de grande influência na Geografia e na Geomorfologia brasileiras. Até a Segunda Guerra Mundial, esteve bastante conectada com a escola anglo-americana, mas ganhou autonomia e se influenciou com as idéias integrativas da escola alemã. Teve como expoentes Emmanuel de Martonne e Jean Tricart, voltados sobremaneira para o aspecto climático da geomorfologia.

Da escola francesa surgiram trabalhos que até hoje servem de base metodológica aos estudos da geomorfologia aplicada. Estes estudos identificam o solo como fator intrínseco da morfodinâmica, a partir da relação pedogênese/morfogênese. O principal ícone desta teoria foi Jean Tricart (1977), que introduziu o conceito de ecodinâmica. Segundo o autor, a unidade ecodinâmica se caracteriza por uma dinâmica específica do ambiente e tem repercussões imperativas sobre as biocenoses.

As idéias mais importantes desta escola e seus autores estão focalizados no tópico sobre Geomorfologia climática, a seguir.

3. A GEOMORFOLOGIA CLIMÁTICA

Durante toda sua evolução, a Geomorfologia apresentou pesquisadores que reconheciam a influência climática nos processos modeladores do relevo – até o próprio Davis, em menor escala, com suas idéias sobre os ciclos normal (temperado), árido (1905) e glacial (1906).

Segundo Christofolletti (1980) o termo “geomorfologia climática” foi empregado pela primeira vez, provavelmente por Emanuel de Martonne em 1913. Esta vertente do pensamento geomorfológico se coaduna especialmente com a linhagem epistemológica alemã, voltada para uma visão mais integrada dos elementos da natureza como agentes morfogênicos.

De Martonne, influenciado pelas idéias davisianas, mas adicionando forte componente climático à compreensão da evolução do relevo, ofereceu uma visão abertamente morfológica, e como exemplo das diversidades morfológicas decorrentes da influência climática, utiliza as formas de erosão fluvial em diferentes fácies topográficas, sendo estes os precursores das zonas morfoclimáticas propostas anos mais tarde por diversos autores (DE MARTONNE, 1991)

A partir do Düsseldorf Naturforschrtag, realizado em 1926, ganham força os estudos de geomorfologia climática, principalmente devido ao esforço de Passarge em incorporar as condicionantes climáticas no estudo das formas de relevo.

Passarge (1931) fez uma explanação geral sobre a morfogênese terrestre, baseado em idéias de continuidade de processos – erosão, deposição, orogênese. O autor trata das ações endógenas que criam relevo e das forças exógenas, que destroem o relevo criado, mostrando a visão integrativa que iria subsidiar toda a escola alemã e influenciar de forma decisiva os estudos de geomorfologia climática. Na obra “*Geomorfología*”, com edição em espanhol de 1931, o autor descreve as grandes zonas de paisagem a partir das forças externas atuantes – climatológicas – reunindo características semelhantes em grupos geográfico-morfológicos, onde “*a gênese das formas de relevo depende de determinadas forças climáticas destruidoras e de outra vegetais, protetoras*”.

A primeira tentativa de sistematização destes trabalhos de geomorfologia climática, assim como estruturação e conceituação desta perspectiva, coube a Jules Büdel em 1948, André Cholley em 1950 e L.C. Peltier em 1950. Pierre Birot também contribuiu significativamente, em especial com a obra “*Lê cycle d'érosion sous lês différents climats*” (1968).

Porém, a maior contribuição para a sistematização da geomorfologia climática veio de Jean Tricart e André Cailleux. Na década de 1950, estes autores publicam *Traité de Geomorphologie*, onde reconhecem a existência de vários sistemas morfoclimáticos, os quais sofriam oscilações no decorrer do tempo geológico, podendo uma mesma área sofrer influências de vários deles.

Na *Introduction to climatic geomorphology* (1972, do original francês de 1965), Tricart e Cailleux afirmam que a influência do clima no relevo é fundamental e é manifestada nas mais diversas e interrelacionadas formas. Segundo eles, o clima determina de forma direta a distribuição de certos processos como o intemperismo e a intensidade dos agentes geomórficos (vento, erosão por salpicamento, fluxo dos cursos d'água, dentre outros). Mas sua ação é principalmente indireta, através de sua influência na vegetação e na atividade dos animais e micro-organismos. As ações dos organismos são todas importantes na esculturação da superfície da Terra, pois eles desintegram rochas, ajudam na pedogênese, adicionam matéria orgânica no solo e liberam dióxido de carbono e ácidos que reagem com o material mineral.

Conforme salientam os autores (1972, p.117),

“a visão de mundo de Davis não era de um naturalista: ele excluiu um fator essencial – a vida. A vegetação e o desenvolvimento dos solos não tem lugar na “erosão normal” como ele a concebeu, e a única “anomalia” que ele admitiu foi aquela de regiões desoladas do mundo: as glaciais e os desertos de areia. Ele falhou em ver a característica essencial de nossa Terra: a avassaladora força dos organismos em plena expansão desde o mais remoto passado geológico conhecido”.

Assim, segundo os autores, é importante abandonar o conceito excessivamente teórico e anti-natural da “erosão normal”, devendo ser substituída por dois princípios básicos:

1 – os processos de formação do relevo, que reflete a interação de forças que na evolução geológica operam na superfície da Terra, são dependentes das forças tectônicas, climáticas e do desenvolvimento dos organismos.

2 – a cobertura vegetal desempenha um papel geomórfico fundamental porque determina a modificação superficial da litosfera pelos processos de formação do solo (pedogênese). Através destes processos a cobertura vegetal influencia o intemperismo

químico. Inversamente, a proteção vegetal, junto com os solos, é oposta ao desenvolvimento da erosão mecânica.

Assim, o trabalho de Tricart e Cailleux supracitado traz idéias fundamentais da moderna geomorfologia. De acordo com eles, todas as formas elementares do relevo resultam do antagonismo ou do equilíbrio entre o desgaste das rochas por um processo particular e a resistência da rocha a este processo. Na maioria dos casos a rocha é fragmentada ao mesmo tempo em que é decomposta pela combinação dos agentes físicos, químicos e biológicos, e o sedimento migra pela ação de vários processos, como dissolução, solifluxão, escoamento superficial (*runoff*) ou rastejamento (*creep*). O referente papel desses processos não varia apenas de acordo com o clima ou com a litologia, mas também pela combinação dos dois.

Como afirma Ab´Saber (1969a, p.4), “ (...) *custou muito para se compreender que as bases rochosas da paisagem respondem apenas por uma certa ossatura topográfica, e que na realidade são os processos morfoclimáticos sucessivos que realmente modelam e criam feições próprias do relevo*”.

Tricart (1977), dando continuidade aos estudos geomorfológicos de visão integradora, preconiza uma análise morfodinâmica baseada no estudo do sistema morfogenético que, segundo ele, é função das condições climáticas; no estudo dos processos atuais, caracterizando os tipos, a densidade e a distribuição; nas influências antrópicas e os graus de degradação decorrentes. Segundo essa metodologia, o solo aparece como referencial para a caracterização temporal das condições de estabilidade, o que demonstra que a morfogênese freqüentemente se exerce através do solo e não diretamente sobre a rocha. E na estabilidade deste solo, papel primordial tem a cobertura vegetal.

Estes aspectos teóricos são de importância impar na compreensão da dinâmica e evolução do relevo das regiões semi-áridas, uma vez que estas áreas não contam com espessos capeamentos de solo nem de vegetação.

4. EVOLUÇÃO DO RELEVO EM CLIMA SEMI-ÁRIDO – TEORIAS, PROCESSOS E FORMAS

Por definição, em um clima seco a evapotranspiração potencial do solo e da vegetação excede a precipitação média anual. Estes climas abrangem vários graus de intensidade desde o sub-úmido, semi-árido e árido ou desértico. O semi-árido caracteriza-se por apresentar totais

pluviométricos que não ultrapassam a isoietta 800mm (NIMER, 1989) e pela existência de longos e persistentes períodos de estiagem, ainda de difícil previsibilidade absoluta.

Apesar de bem menos focalizadas que as áreas temperadas úmidas, as regiões semi-áridas tem tido importantes pesquisas desenvolvidas e sua morfogênese foi teorizada por diferentes autores, de escolas díspares, em tempos diferentes, mas todos contribuíram com idéias para se chegar ao que hoje se compreende por pediplanação, seu processo específico de evolução morfológica.

Como um conceito em Geomorfologia, o ciclo revelou-se popular mais ou menos imediatamente. Durante os 50 anos seguintes a sua apresentação, o conceito foi aplicado em vários campos da Geomorfologia não apenas no ciclo de erosão de Davis.

Lester King, em trabalhos na África na década de 1950, formulou um ciclo inteiramente novo para paisagens áridas, semi-áridas e de savana. Enquanto Davis afirmava que o relevo evoluía de cima para baixo (*down-wearing*), Penck acreditava no recuo paralelo das vertentes (*back-wearing*). King, em sua teoria da pediplanação, restabeleceu o conceito de estabilidade tectônica de Davis, mas admitindo o ajustamento por compensação isostática, e utilizou o conceito de recuo paralelo das vertentes, de Penck, como forma de evolução morfológica (TINKLER, 1985).

King viu seu ciclo como uma alternativa genuína ao ciclo de Davis de erosão normal e, como tal, sustentou que pediplanação era um processo básico de evolução das formas de relevo operando em tudo, menos sob condições glaciais. As duas são frequentemente discutidas como teorias competentes para todos os fins, como King anunciava. Entretanto, desde que na moderna geomorfologia a idéia integral de ciclos de tão grande abrangência tem caído em desuso, o ciclo de King é considerado na mesma luz do de Davis.

Alguns trabalhos de King, porém, têm relevância ainda hoje, relacionados com os ciclos ou não. Há duas razões para isso. Primeiro, sua idéia que encostas exibem recuo paralelo é uma interpretação totalmente diferente da evolução da encosta de Davis. Segundo, ele produziu perfeitamente teorias plausíveis, apesar de alguns problemas, para as duas formas de relevo que mais caracterizam as áreas secas - o *inselberg* e o pedimento.

De acordo com Tricart e Cailleux (1972), sistemas morfogênicos com predominância de processos físicos corresponde a regiões com uma cobertura vegetal esparsa e descontínua: regiões frias ou áridas em baixas ou altas elevações. A influência do clima na evolução do relevo é diretamente sentida. Os solos são geralmente finos e se formam muito lentamente; seu efeito protetor é muito limitado, e a originalidade dos ambientes distintivos que eles criam é bruta devido aos processos bioquímicos, mais acentuados nas áreas menos secas.

Por causa desta influência direta do clima estes sistemas morfoclimáticos são caracterizados pela predominância de processos mecânicos sobre os químicos e, mais ainda, sobre os processos bioquímicos.

A morfodinâmica das áreas semi-áridas tem como componentes principais a desagregação mecânica das rochas e o escoamento superficial. A eles vêm-se associar os processos bioquímicos, de importância secundária na elaboração do modelado.

Segundo vários autores - Birot, 1968; Ab`Saber, 1969b, 1969c e 1974; Christofolletti, 1977 e 1980; Penteadó, 1983; Howard, e Mitchell, 1985. – a evolução do relevo sob ação de clima semi-árido se dá de forma bastante específica. Nestas áreas tem-se uma morfologia caracterizada por dois elementos principais, duas formas contrastantes e relacionadas: um plano suavemente inclinado cujo declive varia em função dos processos atuantes e da litologia, e uma vertente íngreme que corresponde à zona elevada.

Os processos de intemperismo químico e bioquímico que atuam nos climas úmidos também ocorrem nas áreas semi-áridas, mas a velocidade de intemperização aí é muito baixa. As chuvas esporádicas e o orvalho noturno fornecem a umidade para estes processos.

O intemperismo mecânico é predominante, pois falta água e ácidos (advindos dos organismos) para reações químicas mais rápidas. A desagregação mecânica das rochas tem início com a intensidade da insolação e as conseqüentes variações diurnas e noturnas de temperatura sobre os afloramentos rochosos. Dependendo da natureza das rochas e de suas estruturas e texturas, os afloramentos rochosos meteorizados fornecem proporções variadas de detritos.

Não existe rastejamento do solo, e deslizamento de rochas e detritos é comum, por isso não ocorrem formas convexas. O perfil típico das encostas nas zonas secas é constituído de escarpas e tálus que se elevam acima de uma vertente côncava de lavagem.

Os processos morfogenéticos atuantes no semi-árido dependem do rigor do clima e, conseqüentemente, das diversidades das formações da cobertura vegetal e da proteção que elas exercem sobre os solos e afloramentos rochosos e, naturalmente, das características estruturais e litológicas dos afloramentos.

Estudos têm demonstrado que uma das características das chuvas nestas áreas é a alta intensidade, ou seja, uma alta taxa de descarga pluvial em um curto lapso de tempo. Esse tipo de precipitação influi diretamente na morfogênese do relevo, sendo a alteração pela erosão proporcional ao grau de proteção do solo propiciado pelas diferentes classes de vegetação e seu adensamento, gerando formas de relevo marcadas pela presença de superfícies aplainadas associadas à *inselbergs*, relevos residuais rochosos.

Pediaplano é o nome dado a uma região aplainada em clima árido ou semi-árido caracterizada por se originar da coalescência de pedimentos, litossolos e/ou extensos afloramentos. Desenvolve-se por processo erosivo com recuo paralelo das encostas, típico deste tipo climático, com expansão de áreas planas do “pé-de-monte” (*piedmont* ou *bajadas*) que apresentam tênue capeamento de material fragmentário na frente de leques aluvionares. Quando arrasada a região montanhosa, o pediaplano amplia-se até sobraem somente raros testemunhos – *inselbergs* – das zonas mais elevadas na superfície de aplainamento.

Feições principais do pediaplano, os pedimentos são vastos planos suavemente inclinados, cortando rochas de natureza diferente ou homogênea. O declive cresce para montante em forma de concavidade ou em ruptura brusca (*knick*), passando para uma vertente vertical ou de forte inclinação convexa. Esta superfície apresenta-se como uma superfície de transporte, uma vez que sobre ela geralmente aparece uma cobertura detrítica colúvio-aluvional muito delgada.

O processo morfogênico que dá origem aos pediplanos é chamado pediplanação. Nesse processo, a desagregação mecânica e o escoamento concentrado seriam os grandes responsáveis pelo recuo das vertentes, cujos detritos, a partir da base em evolução, se estenderiam em direção aos níveis de base, provocando o entulhamento dos mesmos (com elevação do nível de base local), formando uma bacia intermontana.

Nessas bacias acumulam-se espessuras de centenas de metros de aluviões, sendo chamado de *bolson*. A superfície da bacia consiste em leques aluviais coalescentes e é conhecida como *bajada*, proporcionando o mascaramento de toda irregularidade topográfica. Na parte mais baixa da *bajada* pode se originar um lago após chuva pesada (lago de *playa*).

O recuo das vertentes é feito por erosão regressiva e é realizado através de processos de intemperismo físico-químico provocando o fraturamento da rocha na face rochosa das escarpas e especialmente na base (setor mais úmido). O material desagregado é evacuado por processos de transporte e as vertentes íngremes recuam, paralelamente.

Esta cobertura dos pedimentos acompanha em geral paralelamente, a superfície topográfica rochosa inferior havendo, por vezes, o preenchimento das irregularidades no assoalho. Os detritos componentes desta cobertura resultam da desagregação dos frontões e escarpas mantidas por erosão diferencial, mobilizada pelo escoamento difuso, lençol de água e vento.

Os relevos residuais deste processo de pediplanação, conhecidos como *inselbergs*, apresentam vertentes abruptas e silhueta de domo ou de castelo, que se desgastam rapidamente por processos de intemperismo físico-químico (com predominância do primeiro),

sendo as formas residuais derivadas de erosão diferencial, pois são constituídas por material mais resistente ao intemperismo que aquele que o circunda. Assim, o *inselberg* é uma forma escultural, mas que reflete influências da estrutura e da litologia.

O escoamento de água gerado pelas chuvas de alta intensidade associadas à rugosidade das encostas e dos canais de drenagem, resulta em um fluxo turbulento que, segundo Christofolletti (1976), é caracterizado por uma variedade de movimentos caóticos e heterogêneos com correntes dissonantes ao fluxo principal. Estas enxurradas, além de transportarem o material não consolidado ou as partículas de solo desagregadas pelo impacto das chuvas, também agem como força de erosão pelo caminho no qual passam.

Assim, a corrente erode e alarga as margens dos cursos d'água, depositando e removendo o material, estabelecendo um equilíbrio sempre provisório; a carga de leito, grosseira, constitui o pavimento detrítico que impede o cavamento no sentido vertical, incrementando a energia para que haja a erosão lateral, típica destas regiões.

Este processo produz canais fluviais com seções transversais retangulares, com margens quase verticais e leitos fluviais amplos. As margens são indeterminadas e o leito é pavimentado por detritos. Se esses canais descem de vertentes abruptas, perdem a velocidade na base e depositam leques aluviais de detritos de perfis côncavos, típicos de encostas de lavagem.

Em resumo, as formas mais encontradas nas regiões semi-áridas são vastos aplainamentos, cobertos por detritos rochosos angulosos, com suaves inclinações ascendentes em direção a relevos residuais íngremes, e canais fluviais de fundo chato e cascalhento e com laterais semi-verticais, que na maior parte do ano se apresentam secos ou com escasso fluxo de água.

5. A GEOMORFOLOGIA DO SEMI-ÁRIDO NO BRASIL

No Brasil a verificação das formas da evolução do relevo no Nordeste brasileiro, segundo Ab'Saber (1969b), começou com Crandall em 1910, com estudos nos compartimentos da Borborema e do Pediplano Sertanejo.

Atualmente, a dinâmica geomorfológica semi-árida vem ganhando maior destaque nos trabalhos científicos brasileiros devido ao aumento de importância que os estudos ambientais vêm alcançando na sociedade. Muitos destes estudos são produzidos dentro da academia e estão relacionados às pós-graduações de Geografia e Geologia, (RIBEIRO, 2005; SOUZA e

OLIVEIRA, 2006; SOUZA, 2006; SILVA et al, 2007; VASCONCELOS et al, 2007; CORREA et al, 2008). Apesar de focarem aspectos específicos da dinâmica do relevo, tais trabalhos contribuem de forma ímpar para a compreensão desta como um todo.

De acordo com Mabessone (1978, p. 5), nos sertões semi-áridos do Nordeste brasileiro, *“o elemento mais conspícuo dentro das formas do relevo é a extensão enorme das áreas planas ou quase planas”*. Segundo o autor, estas áreas planas se estendem da costa para o interior, com elevação de cotas altimétricas, passando de áreas sedimentares (“superfícies dos tabuleiros”) gradativamente para o cristalino, onde se apresenta mais dissecada, com topos predominantemente arredondados (“superfície sertaneja”). Sobre esta superfície plana do cristalino, são encontrados relevos positivos (montanhas isoladas, serras e chapadas), geralmente originadas em rochas mais resistentes ou de resíduos de um relevo anterior.

Inseridas no aplainamento geral da região (“superfície sertaneja”), Mabessone (1978) também destaca as “depressões periféricas”, área marginais aos relevos positivos, um pouco mais rebaixadas devido à concentração dos processos geomórficos destrutivos nessas áreas baixas, no sopé das escarpas altas.

Sobre o aplainamento da região, Mabessone e Castro (1975), baseados principalmente na obra de King (1956) sobre o Brasil oriental, distinguem quatro fases:

1 – aplainamento geral da região, no Jurássico Inferior, antes da reativação Wealdeniana, considerável como discordância regional, a Superfície Gondwana;

2 – aplainamento desenvolvido entre o Albiano e Oligoceno, durante um levantamento epirogênico lento, chamado de Superfície Sulamericana, em dois níveis: Cariris Velhos e Borborema, com abaulamento e deposição de sedimentos correlativos;

3 – dissecção da Superfície Sulamericana e elaboração da superfície geral da região, exumense grandes áreas da superfície Gondwana, no Pleistoceno Inferior, chamada de Superfície Sertaneja no interior e Superfície dos Tabuleiros na costa;

4 – encaixamento de um novo ciclo, polifásico, Ciclo Paraguaçu, nesta superfície mais jovem, com duas fases de pedimentos e terraços.

Segundo Demangeot (1983), estes aplainamentos cíclicos geraram um embutimento de relevos, que junto com a justaposição de sistemas de erosão diferentes produziram a originalidade do relevo nordestino. Ressalta, porém, que as pediplanícies nordestinas podem apresentar escalonamento a altitudes diferentes, sem que tenham que necessariamente ter idades diferentes. Isto ocorre, segundo o autor, porque estas pediplanícies estão bem desenvolvidas, sobretudo, onde as formas de relevo, côncavas, permitem a reunião das águas superficiais, ou seja, em áreas de bacias próximas a elevações, que favorecem a pediplanação

não somente pela topografia, mas também pelas modificações climáticas que provocam (barreiras que condicionam diferenciações nítidas de precipitação).

Tricart (1983) em um relatório sobre a morfodinâmica do sertão nordestino, feito sobre uma viagem de estudos a serviço da UNESCO, apresenta as “primeiras impressões” (palavras do autor) adquiridas. Segundo o autor, a Zona do Sertão apresenta uma importante componente mecânica na dinâmica geomorfológica, representada por dois tipos de erosão: uma *esfoliação peculiar*, que extrai lascas de alguns milímetros de espessura, produzindo as areias que as águas das enxurradas espalham em declive em torno das elevações, e uma *esfoliação métrica*, que desenvolve fendas mais ou menos paralelas à superfície do solo das elevações e com uma profundidade significativa para formas blocos que caem no sopé destas elevações. O autor identificou também a componente mecânica nas ações de escoamento, uma vez que a vegetação – caatinga – favorece a ação das águas correntes.

Diante destas observações, o autor esquematizou três zonas morfodinâmicas: uma *zona de enxurrada quase total e imediata*, composta pelas colinas cristalinas onde a rocha nua é considerável, e onde são produzidas caneluras decorrente da ação de corrosão química das águas; uma *zona de enxurradas difusas*, onde as águas escorrem em lençóis sem chegar a se concentrarem, devido ao obstáculo da vegetação, produzindo longos declives (estas águas arrastam somente as partículas mais finas – argilas, siltes e areias finas -, lavando a superfície e sendo responsável pelas superfícies cascalhentas – restos de material muito pesados para serem transportados); e a *zona de concentração das enxurradas*, a jusante dos grandes declives, caracterizada pela incisão dos vales com drenagem temporária que reúnem as águas provenientes das extremidades dos declives – estes vales conservam níveis de base local relativamente baixos que favorecem a dissecação da extremidade dos declives por erosão regressiva.

Ressalte-se que, nas regiões areníticas as unidades morfodinâmicas desenvolvem-se de forma um pouco diferente – as elevações sedimentares apresentam-se sempre com uma forma tabular, constituídas de camas permeáveis, o que produz uma certa infiltração e diminui a importância das enxurradas na evolução do relevo.

Ab’Saber (1969b; 1969c) correlacionando relevo com o clima, enfoca o quebra-cabeça da evolução da paisagem do semi-árido, demonstrando que as zonas fitogeográficas são um identificador dessas flutuações climáticas. Considera que as variações climáticas no Nordeste brasileiro estão de acordo com as flutuações pertinentes ao período geológico denominado de Quaternário, ou seja, o último milhão de anos da história da Terra. Porém, em observações mais pontuais, após elucidar a dinâmica da paisagem semi-árida brasileira, considera a alta

morfogênese dessa área como um resultado potencializado pelo uso intensivo do solo, demonstrando que além de conceber um modelo para explicar tais formas, é necessário que os estudos estejam mais particularizados observando o contexto social envolvido, considerando este então como sendo o principal foco degradador da paisagem no semi-árido nordestino, diferenciando da ação da natureza em seu processo sem a intervenção externa, isto é, antrópica, tende para a busca do equilíbrio entre consumo e produção de energia.

Ab'Saber (1969b, 1969c e 1974) salienta que no semi-árido brasileiro, a redução dos afloramentos rochosos e o recuo das encostas pelos processos de desagregação mecânica é generalizado, porém com diferenciações locais em função dos componentes dos sistemas morfogenéticos atuantes, particularmente da força do escoamento superficial no transporte dos detritos liberados, intensificado nas depressões sertanejas mais secas, de chuvas mais concentradas, onde os solos são rasos e as formações vegetais da caatinga mais abertas. Nas depressões mais abrigadas, as caatingas arbóreas possuem cobertura de gramíneas, que freiam o escoamento e retardam a exportação de grandes quantidades de detritos, que normalmente seriam transportados para os cursos d'água.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos considerar que as áreas semi-áridas, a partir das características morfoesculturadoras aqui apresentadas, quais sejam, alto poder erosivo das chuvas, solos pouco coesos e com pouca espessura, e baixa proteção da cobertura vegetal esparsa, apresentam um equilíbrio extremamente frágil diante da dinâmica ambiental. Quando a vegetação natural é retirada, os processos morfogenéticos deflagrados pelos elementos do clima – em especial a erosão – tendem a se acelerar.

Associado ao fato do Nordeste brasileiro ser a área semi-árida mais habitada do mundo e que estas populações se aglomeram cada vez mais nos núcleos urbanos devido às dificuldades de se manterem no meio rural, a compreensão dos mecanismos que agem na dinâmica geomorfológica destas regiões é de suma importância para o seu ordenamento territorial.

7. BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA

AB'SABER, A.N. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. **Geomorfologia**. n. 43, 1974.

- AB'SABER, A.N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**. n. 18, 1969a.
- AB'SABER, A. N. Gênese das vertentes pendentes em inselbergs do nordeste brasileiro. **Geomorfologia**. n.14, 1969b. p. 6-8.
- AB'SABER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do nordeste brasileiro. **Geomorfologia**. n.19, 1969c. p.1-38.
- ABREU, A. A. A teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. **Rev. Brás. de Geomorfologia**, v. 4, n. 2, 2003. p. 51-67.
- BIROT, P. **The cycle of erosion in different climates**. Londres: B.T. Batsford Ltd, 1968. 144p.
- CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Ed.UFG, 2001. 137p.
- CHRISTOFOLETTI, A. A dinâmica do escoamento fluvial. **Bol. Geogr.**, v.34, n.249, 1976. p 58-71.
- CHRISTOFOLETTI, A. A mecânica do transporte fluvial. **Geomorfologia**, n.51. São Paulo, 1977. p 1-41.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.
- CORREA. A. C. B.; SILVA. D. G. e MELO, J. S. Utilização dos depósitos de encostas dos brejos pernambucanos como marcadores paleoclimáticos do quaternário tardio no semi-árido nordestino. **Mercator** - Revista de Geografia da UFC, v. 07, n. 14, 2008. p. 99-125.
- DAVIS, W. M. O ciclo geográfico. In: **Seleção de textos**. São Paulo: AGB-São Paulo, n. 19, 1991. p. 9-27.
- DEMANGEOT, J. Geomorfologia regional brasileira – ensaio sobre o relevo do Nordeste brasileiro. Rosado, V. (sel. e org.). **Sétimo livro das secas**. Mossoró/RN: Escola Superior de Agricultura de Mossoró/Fundação Guimarães Duque, 1983. p. 37-52. (Coleção Mossoroense, v. 210)
- DE MARTONNE, E. O clima – fator do relevo. In: **Seleção de textos**. São Paulo: AGB-São Paulo, n. 19, 1991. p. 33-47.
- FIBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro: SERGRAF – IBGE, 1977. v. 2 : Região Nordeste.
- FLORENZANO, T.G. Introdução à geomorfologia. In: FLORENZANO, T.G. (org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 11-30.
- HART, M.G. **Geomorphology, pure and applied**. Londres: George Allen & Unwin, 1986.
- HOWARD, J.A.; MITCHELL, C.W. **Phytogeomorphology**. New York: John Wiley, 1985.

MABESSONE, J. M. e CASTRO, C. Desenvolvimento geomorfológico do Nordeste brasileiro. **Bol. do Núcleo Nordeste da Soc. Bras. de Geol.** Recife: SBG, 1975. p. 5-35.

MABESSONE, J. M. Panorama geomorfológico do Nordeste brasileiro. **Geomorfologia**, n. 56, 1978. p.1-16.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

PASSARGE, S. **Geomorfologia**, Barcelona: Labor, 1931.

PENCK, W. **Morphological analysis of land forms: a contribution to physical geology**. Nova York: Hafner Publishing Company, 1972.

Penteado, M.M. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1983.

SILVA, F. L. M.; C., A. C. B. Relações entre geossistemas e usos da terra em microbacia hidrográfica semi-árida; o caso do riacho Gravatá, Pesqueira - PE. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 24, 2007. p. 174-191.

SOUZA, M. J. N. ; OLIVEIRA, V. P. V., Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do Nordeste brasileiro. **Mercator**, v. 09, 2006, p. 85-102.

SOUZA, M. J. N., Contexto Geoambiental do Semi-Árido do Ceará: Problemas e perspectivas. In: SOBRINHO, J. Falcão; FALCÃO, Cleire. L. da Costa. (Org.). **Semi-Árido: Diversidades, fragilidades e potencialidades**. Sobral: Sobral Gráfica, 2006. p. 14-33.

VASCONCELOS, T. L.; SOUZA, S. F.; DUARTE, C. C.; MELIANI, P. F.; ARAÚJO, M. S. B.; CORREA, A. C. B. Estudo morfodinâmico em área do semi-árido do Nordeste brasileiro: um mapeamento geomorfológico em micro-escala. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 24, 2007, p. 34-48.

TINKLER, K.J. **A short history of geomorphology**. Londres: Croom Helm, 1985.

TRICART, J e CAILLEUX, A. **Introduction to climatic geomorphology**. Londres: Longman group limited, 1972.

TRICART, J. As zonas morfoclimáticas do Nordeste brasileiro. Rosado, V. (sel. e org.) **Sétimo livro das secas**. Mossoró/RN: Escola Superior de Agricultura de Mossoró/Fundação Guimarães Duque, 1983. p. 53-63.(Coleção Mossoroense, v. 210)

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1977.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

COOKE, R.U. e DOORNKAMP, J.C. **Geomorphology in environmental management – a new introduction**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 1990.

GREGORY, K.J. **A natureza da geografia física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

GUERRA, A.J.T. e MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

MATSUMOTO, E. As formas de relevo e alguns problemas geomórficos na parte oriental do Nordeste brasileiro. **Geomorfologia**, n. 44, 1974.

PINTO, M. N. Aplainamento nos trópicos – uma revisão conceitual. **Geografia**. Rio Claro/SP: Associação de Geografia Teórica, v. 13, n. 26, 1988. p. 119-129.

SHALL, R.J. **The study of landforms: a textbook of geomorphology**. 2.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

SHARMA, M.L. **Geomorphology of semi-arid region – a case study of Gambhir River Basin – Rajasthan/ India**. Johdpur, India: Scientific Publishers, 1986.