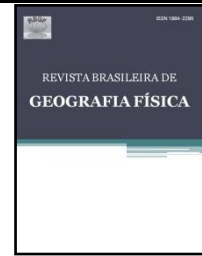




ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Roteiro teórico-metodológico para a pesquisa em geomorfologia estrutural

Marcelo Martins de Moura-Fé

Geógrafo. Doutor em Geografia (PPGG-UFC). Professor do Departamento de Geociências da Universidade Regional do Cariri (URCA). Rua Cel. Antônio Luz, 1161, Campus Pimenta, Crato - CE. CEP 63105-000. Coordenador do Núcleo de Estudos Integrados em Geomorfologia, Geodiversidade e Patrimônio (NIGEP). E-mail: marcelo.mourafe@urca.br

Artigo recebido em 06/01/2018 e aceito em 14/01/2019

RESUMO

Metodologicamente, a pesquisa com ênfase nos aspectos evolutivos do relevo apoia-se em diferentes pressupostos teóricos e metodológicos, fazendo com que não se tenha o estabelecimento de caminho teórico-metodológico pronto, a ser aplicado e seguido. Nesse contexto de indefinição ou imprecisão que, para alguns, pode ser interpretado como um problema, para outros, pode ser visto como um campo fértil de possibilidades e inovações. Neste trabalho, o objetivo principal é o de apresentar uma dessas possibilidades, mais precisamente, um roteiro teórico-metodológico para a pesquisa em geomorfologia estrutural. De maneira geral, esse roteiro tem ênfase na análise morfoestrutural, alicerçada nos princípios morfoestratigráficos e na teoria da etchplanação. Associado, há um contingente metodológico compartimentado em etapas de gabinete, com levantamentos bibliográfico e cartográfico, na realização de levantamentos de campo e na análise integrada de todos os dados na etapa de laboratório. Assim, sob a inspiração teórica de Penck e os postulados modernos da geomorfologia estrutural pode ser desenvolvido o trabalho de compartimentação e análise geomorfológica de qualquer região, etapas fundamentais para a compreensão dos processos evolutivos pretéritos e atuais.

Palavras-Chave: Morfoestrutura, Morfoescultura, Morfoestratigrafia. Etchplanação, Metodologia.

Theoretical-methodological guide for the research in structural geomorphology

ABSTRACT

Methodologically, the research with emphasis on the evolutionary aspects of relief is based on different theoretical and methodological assumptions, so that the theoretical and methodological path is not established, to be applied and followed. In this context of vagueness or imprecision which, for some, can be interpreted as a problem, for others it can be seen as a fertile field of possibilities and innovations. In this work, the main objective is to present one of these possibilities, more precisely, a theoretical-methodological roadmap for research in structural geomorphology. In general, this script has an emphasis on morphostructural analysis, based on morphostratigraphic principles and the theory of etchplanation. Associated, there is a methodological contingent compartmentalized in cabinet steps, with bibliographical and cartographic surveys, in the field surveys and in the integrated analysis of all the data in the laboratory stage. Thus, under the theoretical inspiration of Penck and the modern postulates of structural geomorphology can be developed the work of compartmentalization and geomorphological analysis of any region, fundamental steps for the understanding of past and present evolutionary processes.

Key Words: Morphostructure, Morphosculpture, Morphostratigraphy. Etchplanation, Methodology.

Introdução

Metodologicamente, a pesquisa com ênfase nos aspectos evolutivos do relevo, dada a complexidade do tema, sobretudo em contexto tectônicos complexos e/ou litologias antigas, apoia-se em diferentes pressupostos teóricos e metodológicos (clássicos e/ou atuais) da ciência geomorfológica.

Nesse contexto vale mencionar os trabalhos de: Almeida et al. 2000, Arai 2009, Araujo et al. 2014; Barbosa e Furrier 2012, Barreto e Costa 2014, Carvalho 2003, Castro et al. 2014, Claudino-Sales 2002, Harris e Mix 2002, Maia e Bezerra (2014a; 2014b), Matos (2000; 1992), Mizusaki et al. (2000), Peulvast e Bétard (2015, 2013), Peulvast, Bétard e Magalhães 2011, Peulvast e Claudino-Sales (2004; 2003; 2002), Peulvast, Claudino-Sales, Bétard e Gunnel 2008, Peulvast e Vanney (2001; 2000), Santos et al. 2008, Soares Júnior et al. (2011, 2008), Twidale (2007a; 2007b, 2002), Vidal-Romaní e Twidale 2010.

Este quadro deriva no fato primordial, associado a toda diversidade geomorfológica existente, de que não há um caminho teórico-metodológico pronto, a ser aplicado e seguido. Mas, nesse contexto de indefinição ou imprecisão que, para alguns, pode ser interpretado como um problema, para outros, pode ser visto como um campo amplo e fértil de possibilidades e inovações.

Neste trabalho, o objetivo principal é o de apresentar uma dessas possibilidades, mais precisamente, um roteiro teórico-metodológico para a pesquisa em geomorfologia estrutural. Esse roteiro foi percorrido para o desenvolvimento da tese de doutorado intitulada: “Evolução geomorfológica da Ibiapaba setentrional, Ceará: gênese, modelagem e conservação¹” (Moura-Fé, 2015).

De maneira geral, esse roteiro teve ênfase na análise morfoestrutural, alicerçada por princípios morfoestratigráficos e na teoria da Etchplanação. Tecnicamente, o contingente metodológico se apoiou em etapas de gabinete, com levantamentos bibliográfico e cartográfico, na realização de levantamentos de campo e na análise integrada de todos os dados na etapa de laboratório.

Desenvolvimento

Conceitualmente, entende-se método como a maneira de atingirmos determinada finalidade ou de executar um determinado trabalho, ao passo que técnica pode ser vista como um ou mais processos que viabilizam a aplicação do método (Marques, 2002).

Como se sabe, a metodologia norteia a pesquisa e a instrumentalização, enquanto o conjunto de técnicas operacionais configura-se como o apoio imprescindível para se alcançar os resultados em relação aos objetivos propostos. Para a devida aplicação metodológica é preciso, por um lado, dominar o conteúdo teórico e conceitual e, por outro, ter domínio e habilidade de manuseio do instrumental técnico de apoio.

Na sequência abordaremos a proposta de fundamentação teórica em suas diferentes nuances.

Análise Morfoestrutural

A concepção teórico-metodológica empregada em pesquisas de geomorfologia na antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) e em parte da Europa Oriental tem raiz na produção do conhecimento científico da Alemanha nos séculos XIX e XX, apoiada na cartografia geomorfológica e fundamentada nas ideias de Walther Penck (Abreu, 1983; Ross, 2003).

Conforme Abreu 1983, Walther Penck postulava que a investigação geomorfológica devia apoiar-se em 3 elementos:

- Processos exogenéticos;
- Processos endogenéticos; e
- Os produtos relacionados a ambos.

Assim, o conceito de morfoestrutura fundamenta-se nos postulados de Penck que tratam da relação das forças internas e externas atuantes na gênese do modelado da superfície terrestre (Corrêa et al., 2010).

Considerando as formas de relevo como oriundas do controle estrutural, houve então o desenvolvimento da denominada *geomorfologia estrutural*. Toda uma tipologia foi criada, assinalando as características e os ciclos evolutivos das paisagens formadas em estruturas concordantes (planaltos tabulares, planícies costeiras e bacias sedimentares, por exemplo), dobradas (domos e dobramentos), falhadas ou vulcânicas (Christofolletti, 2000).

¹ Finalista do 4º Prêmio Prof. Aziz Nacib Ab' Saber de Melhor Tese em Geomorfologia do Brasil - 2016, da União da Geomorfologia Brasileira - UGB.
Moura-Fé, M.M.

A quantidade de trabalhos elaborados sob essa perspectiva estrutural desde então é significativa, ao passo que algumas obras francesas tornaram-se clássicas no Brasil, como as de Pierre Birot: *Morphologie Structurale* 1958 e Jean Tricart: *Géomorphologie Structurale* 1968 (Christofolletti, 2000).

Trabalhos publicados na década de 1970 pelos soviéticos apoiaram-se na cartografia geomorfológica e apresentaram as primeiras cartas morfoestruturais, produtos cartográficos que até hoje, em sua essência, ao mesmo tempo em que norteiam as pesquisas, também são representações sínteses do objeto pesquisado.

A denominação de cartas morfoestruturais, ao invés de carta geomorfológica, deve-se ao forte atrelamento desse tipo de representação às estruturas que sustentam o modelado (Ross, 2003). Portanto, no contexto morfoestrutural de análise seus principais elementos são as morfoestruturas e as morfoesculturas, cujos conceitos, estabelecidos a partir de Gerasimov (1946), Gerasimov e Mescherikov 1968 e Mescherjakov 1968, forneceram uma nova direção teórico-metodológica para os estudos de geomorfologia (Ross, 2003).

Conceitualmente, as *morfoestruturas* são de diferentes origens e idades, por exemplo, os cratons, *horts*, as bacias sedimentares e as cadeias de montanhas, as quais não podem ser consideradas como substratos passivos, mas sim, como elementos ativos no processo de desenvolvimento do relevo. As morfoestruturas respondem pelas formas maiores do relevo, tratadas em escala regional (Corrêa et al., 2010; Ross, 2003).

Por sua vez, as *morfoesculturas* correspondem ao modelado ou à tipologia de formas geradas sobre uma ou várias morfoestruturas através da ação exogenética (Ross, 2003), isto é, são formas embutidas nas morfoestruturas e que apresentam maior escala de detalhe (Moura-Fé, 2015).

Metodologicamente, Abreu 1982 estabelece uma sequência de atividades de caráter técnico-operacional para se realizar a análise geomorfológica morfoestrutural de uma determinada área, a saber:

a) Análise das cartas geológicas e tectônicas com compilação dos principais falhamentos;

b) Análise das cartas topográficas objetivando a construção de uma carta de rupturas tectônicas;

c) Elaboração de uma carta dos elementos do relevo com dados morfométricos e morfográficos;

d) Elaboração de uma bateria de perfis topográficos acompanhados das informações geológicas (perfis morfoestruturais);

e) Interpretação de fotografias aéreas, imagens de radar e de satélite para conhecer a morfologia e a gênese dos elementos do relevo;

f) Pesquisa de campo para extrair informações da estrutura superficial da paisagem e executar correções das decisões tomadas em gabinete;

g) Tratamento integrado dos dados para chegar à análise geomorfológica e à carta geomorfológica final.

Desse modo, o entendimento das formas atuais do relevo sob o viés morfoestrutural passa por uma adequada interpretação das influências endogenéticas e exogenéticas atuais e pretéritas e que deixam marcas na superfície do terreno, específicas de cada processo dominante (Marques, 2003; Ross, 2003).

O estudo dos compartimentos morfoestruturais pode (e por vezes, deve) ser conduzido através de diversas escalas temporais e espaciais, abordando aspectos variados da morfogênese (Corrêa et al., 2010), buscando compreender e explicar como elas surgem e evoluem.

Com base nesses pressupostos, em informações disponíveis na literatura científica e em análises realizadas em campo, tem-se as condições para a elaboração de mapas morfoestruturais de áreas delimitadas.

Na geomorfologia estrutural os aspectos cronológicos dos relevos são muito importantes, por exemplo, numa paisagem podem coexistir relevos atuais e outros elaborados no passado sob condições semelhantes ou diferentes das que existem no presente. Outra situação, bastante comum, é a de serem encontradas formas de relevo modeladas sobre substratos geológicos de idades distintas.

Em ambos os casos, a identificação desses aspectos é fundamental para a explicação evolutiva do relevo (Marques, 2003), por isso a necessidade de utilizar a abordagem morfoestratigráfica no apoio das análises.

Abordagem Morfoestratigráfica

A *morfoestratigrafia* pode ser definida como o estudo da sucessão das formas de relevo, ao fornecer uma cronologia relativa, adaptando os

princípios da continuidade (um determinado relevo supostamente deve apresentar a mesma idade em todas as suas partes), de superposição ou de substituição (um dado relevo é mais velho do que as formas de relevo que tendem a obliterá-lo, erodi-lo). Isto é, o conceito subjacente é que as formas de relevo são dependentes do tempo e, portanto, tem uma idade (Peulvast et al., 2009).

Mas, como se alcançar a determinação, mesmo que aproximada, da idade de um relevo? É importante considerar que a "idade" de um dado relevo implica na alteração mínima por processos de denudação desde a sua criação. Em áreas de plataforma, bem como em outros contextos estruturais, as idades mais precisas são obtidas em relevos estruturais originais (Peulvast; Vanney, 2001).

Conforme Peulvast et al. (2009), sob o condicionamento de dinâmicas geológicas específicas, modelados estruturais podem ser formados durante eventos muito curtos (terremotos, erupções vulcânicas ou impacto de meteoritos) ou através de uma sequência de processos mais longos (por exemplo, falhamentos ou dobramentos), mas que podem ser datados através de métodos relativos ou absolutos. Por sua vez, a idade de relevos erosivos não é facilmente definida.

A *priori*, a idade corresponderia ao período em que deixaram de evoluir, no entanto, ela pode variar de uma parte para outra do mesmo relevo (por exemplo, entre as partes proximais e distais de um pedimento) (Peulvast et al., 2009), ou entre porções distantes e conectadas a outros contextos geológico-geomorfológicos, como ocorre com a Ibiapaba ao longo dos seus 380 km de extensão ao longo da fronteira entre o Ceará e o Piauí (Moura-Fé, 2015).

Alguns relevos estruturais podem ser originados por mecanismos de erosão diferencial após a dissecação de uma superfície de aplainamento ou através de exumação de paisagens pretéritas. Assim, sua idade pode ser melhor identificada quando se relacionam a uma geração bem datada de modelados cíclicos ou à uma sequência climática. Portanto, relevos estruturais fósseis ou herdados oferecem a melhor contribuição para a datação de relevos e reconstruções geomorfológicas (Peulvast et al., 2009).

Alguns eventos morfogenéticos que criam novos relevos podem ser facilmente identificados graças à registros estratigráficos que tenham idade e geometria reconhecidos. Superfícies estruturais primárias ou superfícies de acumulação são úteis

também, desde que sejam precisamente datadas (Peulvast et al., 2009).

Modelados podem ter sido deformados sem serem imediatamente erodidos, conforme aponta Peulvast et al. 2009, especialmente se essas deformações corresponderem à falhamentos ou movimentos verticais. Analisar essas deformações e seus efeitos geomorfológicos é mais difícil se os registros estratigráficos forem escassos, como frequentemente ocorre em áreas de embasamento litológico. Nesse caso, outras referências devem ser usadas.

Nesse contexto, superfícies inicialmente planas, especialmente superfícies de aplainamento, são consideradas como as mais convenientes referências na reconstrução local ou regional da história tectônica e geomorfológica, desde que sejam bem identificadas e relacionadas com um antigo e datado nível de base. Quando bem desenvolvidos, os processos de aplainamento têm aproximadamente os mesmos efeitos de obliteração das topografias mais antigas, como os processos de agradação/assoreamento. No entanto, a idade das superfícies de aplainamento é mais difícil de obter, exceto se depósitos discordantes inumarem estas superfícies (Peulvast et al., 2009).

Embora alguns autores entendam que as superfícies de aplainamento possam ser simultaneamente desenvolvidas em diferentes altitudes na mesma região em relação com níveis de base distintos, sistemas escalonados de superfícies preservadas são geralmente considerados como detentores de significado cronológico. Elementos de várias idades e origens, muitas vezes coexistem em topografias aparentemente uniformes (Peulvast; Claudino-Sales, 2005).

Assim, as superfícies de aplainamento são, muitas vezes, diacrônicas, particularmente se elas resultarem do processo de recuo de uma escarpa. Os resíduos e as escarpas que os ligavam podem corresponder a controles litológicos, sem ter necessariamente significado cronológico. Desta forma, algumas superfícies não podem ser datadas, uma vez que estão sendo constantemente reformuladas sob condições de regime acíclico ou degradação lenta (Peulvast et al., 2009).

Em suma, uma etapa fundamental para a recomposição da história geomorfológica de uma dada região, passa pela identificação precisa das feições estruturais, erosivas e de acumulação, bem como pela correlação com as informações litoestratigráficas e seus níveis altimétricos, em síntese, uma abordagem morfoestratigráfica.

Teoria da Etchplanação

O processo de modelagem da paisagem pode ser importante tanto para a gênese das morfoestruturas quanto das morfoesculturas, tipologias geomorfológicas fundamentais para a proposta de análise estrutural, conforme frisado anteriormente.

No centro desse processo, ou melhor seria dizer, dos diversos processos de modelagem, está a capacidade de modificação das formas de relevo embutida dentro do que é a teoria da *etchplanation*, numa tradução livre, etchplanação, imprescindível no nosso entendimento para a análise evolutiva geomorfológica.

A *teoria da etchplanação* 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 (Vitte, 2001).

No modelo desenvolvido por Penck 1953, de acordo com Vitte 2001, muito embora ocorresse a explicitação da relação dialética entre as forças endogenéticas e 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.

Neste contexto, a teoria da etchplanação procura especificar o papel do intemperismo e de como ele afeta os processos erosivos superficiais e o consequente modelamento das regiões tropicais úmidas e sazonais (Vitte, 2001).

Vale informar que 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* (Vitte, 2001).

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, os quais funcionam como passagens para a água e, portanto, como vias de erosão.

A tendência do intemperismo químico a produzir formas arredondadas, a progressão do

intemperismo para rebaixar (*downwards*) superfícies, o contraste do intemperismo entre locais secos e úmidos, a suscetibilidade à erosão diferencial de rochas resistentes e friáveis e os efeitos da intensificação, enfim, são aspectos dinâmicos pertinentes à etchplanação (Twidale, 2002).

No processo de modelagem, de maneira geral, sabe-se que pedogênese e morfogênese atuam simultaneamente (Queiroz Neto, 2011), ao passo que a pedogênese pode ser considerada como um fator intrínseco à morfogênese, modificando as características superficiais da litosfera e influenciando os mecanismos fundamentais de evolução do relevo (Tricárt, 1968).

Sobre essas premissas, a teoria da etchplanação de evolução do relevo (Büdel, 1982) apresenta o papel e a importância dos processos geoquímicos e pedológicos na evolução geomorfológica através das relações intrínsecas entre morfogênese e pedogênese.

Para esse modelo evolutivo, nas regiões tropicais quentes o intemperismo químico age de forma intensa, permitindo o desenvolvimento do manto de intemperismo através da decomposição vertical das rochas sãs e, por conseguinte, causando a perda de massa litosférica em decorrência da saída de elementos do sistema intemperizado em solução na água subterrânea (Átila; Carvalho, 2012).

Na etchplanação, a zona de ocorrência da água subterrânea é uma região onde é iniciada a maioria das formas de relevo, pois a água subsuperficial é o principal meio das reações do intemperismo químico, redistribuindo ou eliminando elementos das vertentes (Karmann, 2003; Queiroz Neto, 2000).

Ao movimento lateral da água na subsuperfície dá-se o nome de escoamento subsuperficial, que afeta diretamente a erodibilidade dos solos, antecedendo ou acelerando processos erosivos superficiais e influenciando no transporte de minerais em solução (Florenzano, 2008; Queiroz Neto, 2000).

Sendo assim, na análise morfodinâmica da paisagem, sob o viés da etchplanação, é imprescindível analisar o processo de pedogênese e sua correlação com a ação da morfogênese, ambos amplamente associados com o quadro hidroclimático, seja atual, seja pretérito.

De maneira geral, a ação geomórfica da água subterrânea no lento processo de escoamento subsuperficial se traduz por vários processos de

modificação da superfície e seus respectivos produtos, os quais são sintetizados no Quadro 1.

Quadro 1 – Escoamento subsuperficial - Processos e produtos

AÇÃO GEOMÓRFICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	
Processo	Produto
Pedogênese (intemperismo químico)	Cobertura pedológica (solos)
Solifluxão	Escorregamento de encostas
Erosão interna, solapamento	Voçorocas
Carstificação (dissolução)	Relevo cárstico, cavernas, aquífero de condutos

Fonte: Karmann, 2003.

Conforme Átila e Carvalho 2012, a principal contribuição dos processos pedogenéticos aos processos de aplainamento das paisagens e modelagem dos relevos na etchplanação reside na preparação de material para a ação dos processos mecânicos que ocorrem na superfície através de um mecanismo de dupla planaço:

- A superfície de intemperismo basal (*leaching surface*), localizada em subsuperfície, onde atua a denudação geoquímica; e
- A superfície exumada por lavagem (*washing surface*), correspondente à superfície do modelado propriamente dita, onde predominam os processos mecânicos de escoamento superficial.

Como frisa Karmann 2003, o movimento da água subterrânea, somado ao da água superficial são os principais agentes geomorfológicos da Terra, fato considerado no modelo evolutivo da etchplanação.

Por exemplo, na região da Ibiapaba setentrional, sob a influência de padrões climáticos diferenciados, os quais podem ser caracterizados em um predomínio semiárido intercalado com períodos de climas mais úmidos, o processo de etchplanação conduziu a modelagem das feições morfoestruturais, essencialmente herdadas do Cretácico, durante o transcorrer do Cenozoico (Bétard; Peulvast, 2011), embutindo feições nessas formas, as morfoesculturas da Ibiapaba e região, resultantes dos processos intempérico-erosivos da

etchplanação e ainda presentes na paisagem (Moura-Fé, 2015).

Por qualquer nome que seja conhecido: etch, duplo aplainamento, subcutânea, ou em duas fases, a teoria da etchplanação traz não só a origem de uma vasta gama de formas de relevo, mas também o papel crucial da água e do intemperismo, a idade de formas de relevo e paisagens, as reconstruções paleogeográficas, a geomorfologia climática e teorias do desenvolvimento da paisagem, configurando-se, assim, num conceito amplamente aceito e como uma ferramenta valiosa na análise e interpretação de paisagens em suas definições espacial e temporal (Twidale, 2002).

Contingente técnico associado

A partir do roteiro teórico apresentado, o qual deve ser estudado, compreendido e dominado, pode-se passar para a aplicação do contingente técnico.

De forma geral, as técnicas são compartimentadas nos estudos geomorfológicos nas etapas de gabinete, campo e laboratório, que, embora específicas, devem estar integradas. Por exemplo, um trabalho de campo planejado no gabinete, ao ser executado traz tarefas para o laboratório que as conclui, levando os resultados ao gabinete. Há toda uma dinâmica de interligação, que muda em função das características de desenvolvimento de cada trabalho (Marques, 2002), mas que precisam ser consideradas.

Etapas de Gabinete

Esta etapa inicialmente se dá com o levantamento de materiais utilizados na pesquisa, mas está obviamente presente em toda a elaboração de um trabalho de pesquisa que trate sobre evolução geomorfológica, com os necessários momentos de revisão e elaboração das questões teóricas e conclusivas do trabalho.

A etapa de levantamento de materiais é classicamente dividida em dois grupos distintos: bibliográfico e cartográfico.

Levantamento Bibliográfico

O levantamento bibliográfico aborda, de forma detalhada, a produção científica associada aos temas de pesquisa propostos. A busca pode ser bem sucedida, por exemplo, por meio do portal de periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), no endereço web: www.periodicos.capes.gov.br/,

com a seleção e *download* de artigos científicos internacionais e nacionais relevantes e atuais.

Tecnicamente, as buscas devem ser feitas embasadas por palavras chave identificadas, passando pela pesquisa do referencial apresentado em artigos utilizados, o que dinamiza a busca direta.

Também podem ser acessados *web sites* de revistas acadêmicas conceituadas, nacionais e estrangeiras, cujos lançamentos de novas edições podem ser informados aos pesquisadores por *e-mail* após cadastro pessoal em cada página. Outro mecanismo simples que facilita esta etapa de visualização e catalogação de materiais. O levantamento bibliográfico pode contar ainda com a contribuição de instituições, pesquisadores e docentes envolvidos na vida acadêmica.

Em suma, o primordial é que toda a realização do levantamento bibliográfico seja concatenada com processos rigorosos de triagem, tratamento, arquivamento e análise dos materiais coletados.

Levantamento Cartográfico

Assim como o levantamento bibliográfico, o levantamento cartográfico pode ter uma importante fonte na *web*, com destaque para as páginas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - <http://www.ibge.gov.br/home/>), do Ministério do Meio Ambiente (MMA - <http://www.mma.gov.br/>) e do Serviço Geológico do Brasil (CPRM - <http://www.cprm.gov.br/>), os quais disponibilizam gratuitamente diversos materiais de qualidade.

O acervo cartográfico deve se constituir em mapas temáticos, imagens de satélite (por exemplo, as imagens disponibilizadas pela Embrapa, pelo *Google Earth*), arquivos *shapes* e imagens de radar, cartas topográficas e imagem SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission* (Missão Topográfica de Radar Transportado), da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), escala 1:250.000 1998.

Quanto mais opções maiores serão as possibilidades de análise da área de estudo. Todavia, é importante a adoção de critérios na utilização dos materiais.

Levantamentos de Campo

Os levantamentos de campo devem ser feitos em dias consecutivos e programados antecipadamente, com percurso, datas e objetivos

pré-determinados, sendo concentrados em segmentos distintos da área de estudo, notadamente se a área de estudo for extensa, visando dar maior celeridade à realização das atividades e reduzir os custos também.

As atividades para suas realizações podem ser divididas em quatro etapas:

- Análise de material bibliográfico, cartográfico e imagens de satélites, priorizando aqueles mais relevantes;
- Produção inicial de mapas para auxílio no campo;
- Trabalhos de campo para a comprovação dos dados produzidos; e
- A correção e adequação do material cartográfico produzido para o contexto da pesquisa. Esta é uma etapa que deve ser feita em laboratório, com resultados retornando às etapas de gabinete e campo.

Assim, deve-se fazer também análises das cartas elaboradas, o que é fundamental para uma melhor definição dos contatos, limites das unidades de relevo mapeadas, detalhes, para a incisão de novas informações, visando, em suma, desenvolver o mapeamento proposto, aperfeiçoar, agregar novas informações e qualificar o material cartográfico.

Além disso, em todas as atividades devem ser feitos registros fotográficos, das características topográficas, morfométricas, morfoestruturais e morfoestratigráficas (quando couber) dos relevos e seus contatos, além da determinação das coordenadas UTM de todos os elementos abordados e estudados ao longo do desenvolvimento do tema de pesquisa.

Atividades em Laboratório

Esta etapa consiste inicialmente em análises detalhadas, tanto de material impresso quanto digital de diversos mapas e cartas, associados com dados recolhidos em campo, posteriormente.

Análises de Imagens do satélite disponíveis no *software Google Earth*, por exemplo, permitem a interpretação sistemática da área em diversas escalas, em modelo 3-D, além de permitir a elaboração de perfis topográficos, os quais também podem ser elaborados por meio de *softwares* específicos, como o *Global Mapper*, posteriormente utilizados para a elaboração de perfis morfoestruturais e morfoesculturais nos *softwares Adobe Photoshop* e *Corel Draw*.

Por fim, todo o mapeamento deve ser elaborado através de *softwares* específicos,

visando dar qualidade e agilidade no tratamento dos dados. *Softwares* de mapeamento gratuitos são uma boa opção.

Vale frisar que todo o mapeamento deve utilizar o novo datum oficial do Brasil, o SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), em sua realização do ano de 2000 - SIRGAS 2000, conforme determinado pela resolução do IBGE nº 1/2005, como novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN).

Ainda em relação à essencial etapa de cartografia, podem e devem ser utilizadas diversas técnicas de geoprocessamento, diferentes usos do sensoriamento remoto e o emprego de SIGs, os quais, conforme Argento 2003, são de apoio fundamental para a elaboração de mapeamentos geomorfológicos, dependendo, obviamente, dos objetivos de cada estudo e dos dados disponíveis.

CONCLUSÃO

Assim, sob a inspiração teórica de Penck e os postulados modernos da geomorfologia estrutural (abordagem morfoestratigráfica e a aplicação da teoria da etchplanação, dentre outros), pode ser desenvolvido o trabalho de compartimentação e análise geomorfológica de qualquer região, etapas fundamentais para a compreensão dos processos evolutivos pretéritos e atuais.

Metodologicamente, essa base conceitual, apoiada por um criterioso e coeso contingente técnico, precisa ser associada com as adequadas escolhas da legenda, das escalas cartográficas e, ainda, a uma eficiente interpretação visual das formas de relevo e de seus respectivos processos geradores, condições que se transformam no alicerce fundamental para a elaboração do mapeamento morfoestrutural.

Esperamos que esse trabalho possa contribuir para estudos sobre geomorfologia estrutural, não como um receituário engessado, pronto, mas sim, como uma fonte de ideias e possibilidades teórico-metodológicas, as quais, sempre vale frisar, são fundamentais para a qualidade científica de um trabalho de pesquisa geomorfológica de cunho evolutivo.

Agradecimentos

Este trabalho representa uma parte da tese de doutorado defendida pelo autor junto ao

Moura-Fé, M.M.

Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (PPGG-UFC), sob orientação do prof. Jean-Pierre Peulvast, com apoio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), através da concessão da bolsa de estudo. A todos quero agradecer.

Referências

- Abreu, A. A., 1983. A Teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. *Revista IG*, São Paulo, 4, 5-23.
- _____, 1982. *Análise Geomorfológica: reflexão e aplicação* (Tese de Livre Docência). São Paulo: FFLCH-USP.
- Adams, G. (ed.), 1975. *Planation Surface. Benchmark Papers in Geology*, 22, Pennsylvania: Dowden, Hutchinson and Ross.
- Almeida, F. F. M.; Brito Neves, B.B. e Carneiro, C. D. R., 2000. The Origin and evolution of the South American platform. *Earth Science Reviews*, 50, 77-111.
- Átila, F. F. e Carvalho, V. L. M., 2012. Morfogênese, pedogênese e etchplanação: análise integrada dos aspectos geoquímicos, mineralógicos e micromorfológicos dos solos de uma topossequência na depressão de Gouveia, Serra do Espinhaço - Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia – UGB*, 13, 223-233.
- Arai, M., 2009. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: um novo modelo a partir de dados micropaleontológicos recentes. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 17, 331-351.
- Araujo, C. E. G.; Rubatto, D.; Hermann, J.; Cordani, U. G.; Caby, R. e Basei, M. A. S., 2014. Ediacaran 2,500-km-long synchronous deep continental subduction in the West Gondwana Orogen. *Nature Communications*, 5:5198.
- Barbosa, M. E. F. e Furrier, M., 2012. Sistemas de diaclases e influência tectônica da borda sudeste da bacia sedimentar do Parnaíba: parque nacional serra da Capivara, Brasil. *Revista do Departamento de Geografia – USP (São Paulo-SP)*, 23, 250-266.
- Barreto, L. L. e Costa, L. R. F., 2014. Evolução geomorfológica e condicionantes morfoestruturais do cânion do rio Poti – Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia – UGB (Porto Alegre-RS)*, 15, 411-424.
- Bétard, F. e Peulvast, J-P., 2011. Evolução morfoestrutural e morfo-pedológica do maciço de Baturité e de seu piemont: do Cretáceo ao

- presente. In: Bastos, F. H. (Org.). Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora.
- Berot, P., 1958. Morphologie structurale. In: *Norois*, n 24, Octobre-Décembre, 409-412.
- Büdel, J., 1982. Climatic Geomorphology. Princeton: Princeton Univ. Press. 443p.
- Carvalho, M. J., 2003. Estruturação do Grupo Serra Grande na região de Santana do Acaraú (CE) e a reativação do lineamento Sobral-Pedro II: integração com dados geofísicos (Dissertação). Natal: UFRN.
- Castro, D. L.; Fuck, R. A.; Phillips, J. D.; Vidotti, R. M.; Bezerra, F. H. R. e Dantas, E. L., 2014. Crustal structure beneath the Paleozoic Parnaíba Basin revealed by airborne gravity and magnetic data, Brazil. *Tectonophysics*, 614, 128-145.
- Claudino-Sales, V., 2002. Les littoraux du Ceará. Evolution géomorphologique de la zone côtière de l'Etat du Ceará, Brésil – du long terme au court terme. Thèse de Doctorat, Université Paris-Sorbonne, 511p.
- Corrêa, A. C. B.; Tavares, B. A. C.; Monteiro, K. A.; Cavalcanti, L. C. S. e Lira, D. R., 2010. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. *Revista do Instituto Geológico*, 31, 35-52.
- Florenzano, T. G., 2008. Introdução à Geomorfologia. In: Florenzano, T. G. (Org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos.
- Gerasimov, I. P., 1946. Essai d'interprétation geomorphologique du schéma general de la structure geologique de l'URSS. *Problèmes de Géographie Physique*, v. 12, Tzd. Vo AN SSSR, Moscou.
- Gerasimov, I. P. e Mescherikov, J. A., 1968. Morphostructure. In *The encyclopedia of geomorphology*. Ed. R.W. Fairbridge, 731-732, New York: Reinhold Book Co.
- Harris, S. E. e Mix, A. C., 2002. Climate and tectonic influences on continental erosion of tropical South America, 0-13. *Geology*, 30, 447-450.
- Karmann, I., 2003. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: Teixeira, W. et al. (Org.). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Maia, R. B. e Bezerra, F. H. R., 2014a. Condicionamento estrutural do relevo no Nordeste setentrional brasileiro. *Revista Mercator – UFC (Fortaleza-CE)*, 13, 127-141.
- _____, 2014b. Tópicos de Geomorfologia Estrutural: Nordeste Brasileiro. Fortaleza: Edições UFC.
- Marques, J. S., 2003. Ciência Geomorfológica. In: Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. (Org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- _____, 2002. Ciência Geomorfológica. In: Cunha, S. B. e Guerra, A. J. T. (Org.). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Matos, R. M. D., 2000. Tectonic evolution of the Equatorial South Atlantic. In: *Atlantic Rifts and Continental Margins. Geophysical Monograph*, American Geophysical Union, 115, 331-354.
- _____, 1992. The Northeast Brazilian Rift System. *Tectonics*, 11, 766-791.
- Mescerjakov, J. P., 1968. Les concepts de morphostructure et de morphosculpture, un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. *Annales de Géographie*, 77 années, 423, 539-552, Paris.
- Mizusaki, A. M. P.; Thomaz-Filho, A.; Milani, E. J. e Césero, P., 2002. Mesozoic and Cenozoic igneous activity and its tectonic control in northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 183-198.
- Moura-Fé, M. M., 2015. Evolução Geomorfológica da Ibiapaba setentrional, Ceará: Gênese, Modelagem e Conservação. Tese de Doutorado apresentado ao PPGG da UFC, Fortaleza-CE, 307 p.
- Peulvast, J-P. e Bétard, F., 2015. Landforms and landscape evolution of the Equatorial margin of Northeast Brazil: an overview. (Springer Earth System Sciences). New York: Springer International Publishing. 186 p.
- _____, 2013. Late cenozoic and presente-day hillslope erosion dynamics in a passive margin context: stability or instability? Case studies in Northeast Brazil. *Geografia Física e Dinamica Quaternaria (ITA)*, 36, 139-149.
- Peulvast, J. P.; Bétard, F. e Lageat, Y., 2009. Long-term landscape evolution and denudation rates in shield and platform areas: a morphostratigraphic approach. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 2, 95-108.
- Peulvast, J-P.; Bétard, F. e Magalhães, A. O., 2011. Scarp morphology and identification of large-scale mass movements in tropical tablelands: the eastern Araripe basin (Ceará,

- Brazil). Géomorphologie: relief, processus, environnement, 33-52.
- Peulvast, J. P. e Claudino Sales, V., 2005. Surfaces d'aplanissement et géodynamique. Géomorphologie: relief, processus, environnement, 249-274.
- _____, 2004. Stepped Surfaces and Paleolandforms in the Northern Brazilian "Nordeste": constraints on models of morphotectonic evolution. *Geomorphology*, 89-122.
- _____, 2003. Carta morfoestrutural do Ceará e áreas adjacentes do Rio Grande do Norte e Paraíba. Nota Explicativa. In: CPRM. Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará. Mapas na escala 1:500.000. Serviço Geológico do Brasil, CD-Rom, 73 p.
- _____, 2002. Aplainamento e Geodinâmica: revisitando um problema clássico em Geomorfologia. *Revista Mercator – UFC (Fortaleza-CE)*, 62-92.
- Peulvast, J. P.; Claudino Sales, V.; Bétard, F. e Gunnel, Y., 2008. Low post-Cenomanian denudation depths across the Brazilian Northeast: Implications for long-term landscape evolution at a transform continental margin. *Global and Planetary Change*, 39-60.
- Peulvast, J. P. e Vanney, J. R., 2000. *Géomorphologie Structurale*, v. 1: Relief et structure. Paris/Orléans: Gordon and Breach et BRGM. 505 p.
- _____, 2001. *Géomorphologie Structurale*. V. 2. Paris: EBGEM, 2001. 480 p.
- Queiroz Neto, J. P., 2011. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. *Revista Brasileira de Geomorfologia – UGB*, 12, 15-24.
- _____, 2000. Geomorfologia e pedologia. *Revista Brasileira de Geomorfologia – UGB*, 1, 59-67.
- Ross, J. L. S., 2003. *Geomorfologia: Ambiente e Planejamento*. 7 ed. (Coleção Repensando a Geografia). São Paulo: Contexto.
- Santos, T. J. S.; Fetter, A. H.; Hackspacher, P. C.; Schmus, W. R. V. e Nogueira Neto, J. A., 2008. Neoproterozoic tectonic and magmatic episodes in the NW sector of Borborema Province, NE Brazil, during assembly of Western Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, 25, 271–284.
- Soares Júnior, A. V.; Costa, J. B. S. e Hasui, Y., 2008. Evolução da Margem Atlântica Equatorial do Brasil: três fases distensivas. *Geociências*, 27, 427-437.
- Soares Júnior, A. V.; Hasui, Y.; Costa, J. B. S. e Machado, F. B., 2011. Evolução do rifteamento e paleogeografia da margem atlântica equatorial do Brasil: triássico ao holoceno. *Geociências*, 30, 669-692.
- Tricárt, J., 1968. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. *Notícia Geomorfológica (Campinas-SP)*, Tradução: A. Christofolletti, 5-18.
- Twidale, C. R., 2007a. Backwearing of slopes - The development of an idea. *Revista C & G.*, 21, 135-146.
- _____, 2007b. Bornhardts and associated fracture patterns. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62, 139-153.
- _____, 2002. The two-stage concept of landform and landscape development involving etching: origin, development and implications of an idea. *Earth-Science Reviews*, 57, 37-74.
- Vidal Romaní, J. R. e Twidale, C.R., 2010. Structural or climatic control in granite landforms? The development of sheet structure, foliation, boudinage, and related features. *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe (Coruña-ESP)*, 35, 189-208.
- Vitte, A. C., 2001. Considerações sobre a teoria da etchplanação e sua aplicação nos estudos das formas de relevo nas regiões tropicais quentes e úmidas. *Revista Terra Livre – AGB (Belo Horizonte-MG)*, 11-24.