

Geomorfologia Estrutural

**Hélio Mário de Araújo
Ana Claudia da Silva Andrade**



**São Cristóvão/SE
2011**

Geomorfologia Estrutural

Elaboração de Conteúdo
Hélio Mário de Araújo
Ana Claudia da Silva Andrade

Projeto Gráfico e Capa
Hermeson Alves de Menezes

Diagramação
Nycolas Menezes Melo

Imagem
Hélio Mário de Araújo
Ana Claudia da Silva Andrade

Copyright © 2011, Universidade Federal de Sergipe / CESAD.
Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização por escrito da UFS.

FICHA CATALOGRÁFICA PRODUZIDA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

A663g Geomorfologia estrutural / Hélio Mário de Araújo, Ana Claudia da Silva Andrade. – São Cristóvão : Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2011.

1. Geomorfologia. 2. Rochas. 3. Relevos. 4. . I. Título

CDU 551.4

Presidente da República
Dilma Vana Rousseff

Chefe de Gabinete
Ednalva Freire Caetano

Ministro da Educação
Fernando Haddad

Coordenador Geral da UAB/UFS
Diretor do CESAD
Antônio Ponciano Bezerra

Secretário de Educação a Distância
Carlos Eduardo Bielschowsky

Vice-coordenador da UAB/UFS
Vice-diretor do CESAD
Fábio Alves dos Santos

Reitor
Josué Modesto dos Passos Subrinho

Vice-Reitor
Angelo Roberto Antonioli

Diretoria Pedagógica
Clotildes Farias de Sousa (Diretora)

Núcleo de Serviços Gráficos e Audiovisuais
Giselda Barros

Diretoria Administrativa e Financeira
Edélzio Alves Costa Júnior (Diretor)
Sylvia Helena de Almeida Soares
Valter Siqueira Alves

Núcleo de Tecnologia da Informação
João Eduardo Batista de Deus Anselmo
Marcel da Conceição Souza
Raimundo Araujo de Almeida Júnior

Coordenação de Cursos
Djalma Andrade (Coordenadora)

Assessoria de Comunicação
Edvar Freire Caetano
Guilherme Borba Gouy

Núcleo de Formação Continuada
Rosemeire Marcedo Costa (Coordenadora)

Núcleo de Avaliação
Hérica dos Santos Matos (Coordenadora)
Carlos Alberto Vasconcelos

Coordenadores de Curso
Denis Menezes (Letras Português)
Eduardo Farias (Administração)
Haroldo Dorea (Química)
Hassan Sherafat (Matemática)
Hélio Mario Araújo (Geografia)
Lourival Santana (História)
Marcelo Macedo (Física)
Silmara Pantaleão (Ciências Biológicas)

Coordenadores de Tutoria
Edvan dos Santos Sousa (Física)
Raquel Rosário Matos (Matemática)
Ayslan Jorge Santos da Araujo (Administração)
Carolina Nunes Goe (História)
Rafael de Jesus Santana (Química)
Gleise Campos Pinto (Geografia)
Trícia C. P. de Sant'ana (Ciências Biológicas)
Vanessa Santos Góes (Letras Português)
Lívia Carvalho Santos (Presencial)

NÚCLEO DE MATERIAL DIDÁTICO

Hermeson Menezes (Coordenador)
Marcio Roberto de Oliveira Mendonça

Neverton Correia da Silva
Nycolas Menezes Melo

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
Cidade Universitária Prof. "José Aloísio de Campos"
Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze
CEP 49100-000 - São Cristóvão - SE
Fone(79) 2105 - 6600 - Fax(79) 2105- 6474

Sumário

AULA 1	
A Geomorfologia no contexto das geociências	07
AULA 2	
Sistemas em Geomorfologia.....	17
AULA 3	
Propriedades geomorfológicas das rochas.. ..	31
AULA 4	
Vertentes	37
AULA 5	
Processos fundamentais da erosão.....	45
AULA 6	
Movimentos de massa.....	55
AULA 7	
Relevos derivados em estruturas das bacias sedimentares	65
AULA 8	
Morfologias estruturais em áreas de deformação tectônica.....	77
AULA 9	
Morfologia cárstica.....	91
AULA 10	
Inselbergs.....	105

A GEOMORFOLOGIA NO CONTEXTO DAS GEOCIÊNCIAS

META

Compreender o processo de construção da Geomorfologia enquanto área de conhecimento.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

Compreender a Geomorfologia no contexto das ciências da terra, enfatizando a sua gênese, conceituação, métodos, sistematização e principais teorias norteadoras ao seu desenvolvimento.

PRÉ-REQUISITO

Conhecimentos básicos adquiridos nas disciplinas Geografia e Filosofia e História do Pensamento Geográfico.

INTRODUÇÃO

A superfície da Terra não é plana nem uniforme em toda a sua extensão. Ao contrário, apresenta elevações e depressões de diferentes formas que constituem seu relevo. O relevo terrestre é um dos componentes do quadro natural e resulta do antagonismo que existe entre os agentes internos e externos. Os agentes internos por sua vez desnivelam a superfície do terreno, e os agentes externos nivelam as irregularidades do terreno, sob as diversas condições climáticas.

Nessa perspectiva, no conhecimento geomorfológico está implícita a idéia de que o modelado terrestre evolui como resultado da influência de processos morfogenéticos, pois a análise das formas e dos processos fornece conhecimento sobre os aspectos e a dinâmica da topografia atual.

BASES CONCEITUAIS E OBJETO DE ESTUDO DA GEOMORFOLOGIA

A Geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo, sua origem, composição (materiais) e os processos que neles atuam. Etimologicamente significa “o estudo da forma da terra” (Geo = Terra; morphos = forma; logos = estudo). Embora a geomorfologia apresente esse significado, “estudar a forma da Terra” constitui objetivo primordial da Geodésia. Além dessa ciência, a Topografia se encarrega de fornecer uma imagem topográfica da superfície do planeta, buscando mensurar as formas do terreno. Assim, enquanto a Geodésia e a Topografia possuem um caráter descritivo, a Geomorfologia, além da descrição das formas de relevo, preocupa-se também com a questão genética dessas formas. Para Penteado (1978) esse duplo objetivo da geomorfologia refere-se ao aspecto estático (anatomia) e dinâmico (fisiologia) da paisagem. Esses dois aspectos (descritivo e genético) são interligados e um exige dados do outro.

Observa-se, portanto, que o estudo das formas do relevo (objeto da geomorfologia) não se restringe apenas a esta ciência. O seu diferencial entre os demais ramos do conhecimento está na singularidade com que propõe e desenvolve a análise do relevo, definida a partir da obra de James Hutton (1727 - 1797), o qual deu as bases sobre as quais a geomorfologia seria construída.

Para a análise das formas de relevo a Geomorfologia busca nas disciplinas afins (Geologia, Petrografia, Sedimentologia, Pedologia, Climatologia, Hidrologia, etc) um conhecimento básico de algumas delas. Situa-se na interseção da geologia com a geografia (Figura 1.1)

“... por seu objeto (conhecimento da superfície de contato entre fenômenos de natureza diferente) associados a (...) litosfera, hidrosfera, atmosfera e a biosfera (...) por isso pertencendo a categoria de ciência-ponte” (PENTEADO, 1978, p. 6).

Como bem enfatizam Jatobá e Lins (2008) a análise genética do relevo pressupõe uma descrição do modelado e uma consideração dos complexos físicos e físicos-biológicos que individualizam as paisagens geomorfológicas. Na categoria dos complexos físicos estão, por exemplo, as condições climáticas atuais e pretéritas, os corpos rochosos, a hidrografia, entre outros. Os complexos físico-biológicos envolvem as interações entre os fatores físicos e os biológicos, em especial as formações vegetais.

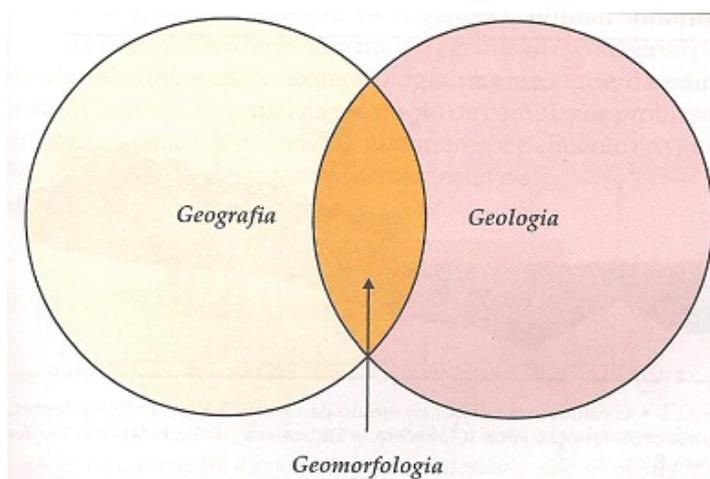
AULA 01

Figura 1.1 - A interseção da Geomorfologia com a Geografia e Geologia.
Fonte: Jatobá e Lins, 2008.

EVOLUÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO GEOMORFOLÓGICO

Inicialmente o conhecimento geomorfológico era disperso. As explicações sobre as formas da superfície terrestre durante a antiguidade eram apresentadas em forma de fábulas, construídas em torno de conceitos religiosos. Na idade média, quando a igreja dirigia a cultura e o ensino, o dogma da criação do mundo e da vida passou a dominar o pensamento especulativo. Desta maneira, dois aspectos marcaram as primeiras preocupações de descrição e de explicação das paisagens; o reconhecimento da capacidade modeladora de certos agentes subaéreos e a submissão a uma cosmogonia teológica, ao dogma da criação do mundo em seis dias. No decorrer dos séculos XVI e XVII, apareceram observações isoladas, mas foi no século XVIII que se tornaram mais numerosas e mais simples.

A Geomorfologia como ciência, começa a ser sistematizada em fins do século XVIII, tendo como um dos seus fundadores James Hutton (1727 - 1797) reconhecido como o primeiro defensor da capacidade modeladora dos

rios. As suas teorias baseavam na observação rigorosa dos fenômenos naturais e na sua generalização, dele surgindo à primeira tentativa científica, de uma história natural da Terra. Deduzindo a partir das causas atuais, fundamentou a teoria do “actualismo” com a máxima “o presente é a chave do passado”.

Ao chegar-se ao início do século XIX, havia três correntes do pensamento a propósito da esculturação do relevo terrestre, sendo elas; a dos fluvialistas, a dos estruturalistas e a dos diluvionistas, sendo que as duas últimas defendiam princípios de caráter catastróficos. A partir daí percebe-se que os conceitos fundamentais da Geomorfologia estavam consolidados embora expressivos de maneira diversa.

Enquanto na Europa a Revolução Industrial implicava em prospecções minerais e mudança de pensamento científico, a conquista do oeste americano também trazia contribuições importantes ao desenvolvimento da Geomorfologia. Assim, duas linhas epistemológicas foram definidas: uma de natureza anglo-americana, onde se evidenciou a aproximação das relações da Inglaterra e França com os Estados Unidos e outra de raízes germânicas, que posteriormente incorporou a produção publicada em russo e polônês.

A linha epistemológica alemã tem Von Richthofen (1886) como seu referencial inicial. Este tinha como predecessores autores naturalistas, que por sua vez tinham Goethe como ponto de referência permanente (que empregou pela primeira vez a expressão morfologia como sinônimo de Geomorfologia). Von Richthofen também se individualiza pela perspectiva empírico-naturalista (guia de observação).

A linha epistemológica anglo-americana fundamenta-se praticamente até a segunda guerra mundial, nos paradigmas propostos por William Morris Davis (1889), através do ciclo geográfico (Figura 1.2). Sua contribuição pessoal consistiu em integrar, sistematizar e definir a seqüência normal dos acontecimentos num ciclo ideal, e procurou uma terminologia para uma classificação genética das formas de relevo terrestre, como apoio para sua descrição. Para o relevo se define em função da estrutura geológica, dos processos operantes e do tempo.

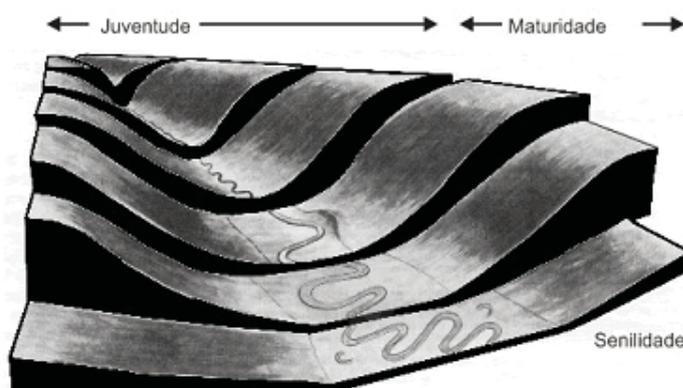


Figura 1.2 – Ciclo ideal com um relevo moderado.
Fonte: Rice, 1992, In Cassetti, 1990.

O ciclo iniciava-se com rápido soerguimento, pela ação das forças internas, de superfícies aplainadas que se elevariam criando desnivelamento em relação ao nível do mar. A ação da água corrente, a erosão normal, atuando sobre o relevo inicial, produziria sua dissecação e, conseqüentemente, a redução de sua topografia, até criar uma nova superfície aplainada (peneplano). Novo soerguimento daria lugar a um novo ciclo erosivo. Do instante inicial ao final, formas típicas seriam modeladas, caracterizando sucessivos momentos evolutivos, como na vida orgânica, passando o relevo pelas fases de juventude, maturidade e senilidade (MARQUES, 1994).

Salienta Marques (1994) que o modelo teórico concebido por William Morris Davis trazia em seu bojo alguns pontos que originaram críticas; entre eles, destacam-se: o fato de o modelo ser concebido para áreas de clima temperado; a necessidade de um rápido soerguimento do relevo, seguido por um período muito longo de estabilidade tectônica; a colocação das condições de equilíbrio, como resultado a ser obtido no final do ciclo.

Cabe menção ao fato de que a teoria de Davis deu grande impulso ao desenvolvimento de uma Geomorfologia estrutural. Até metade do século XX essa teoria manteve-se como forte referência para os estudos geomorfológicos. Todavia, o reconhecimento da existência e as implicações das glaciações quaternárias, e um melhor entendimento sobre o papel de diferentes climas no modelado do relevo fizeram surgir, nessa época, novas concepções, reforçando a importância de uma Geomorfologia climática.

O recuo paralelo das vertentes, os sistemas morfoclimáticos, a formação de pediplanos, os testemunhos de paleoclimas e a importância dos níveis de base locais são exemplos de novas questões que se incorporaram aos estudos geomorfológicos com a perspectiva climática. Admitiu-se com esses conteúdos maior variabilidade no desenvolvimento do modelado terrestre, porém, o arcabouço maior das idéias de Davis, incluindo suas fases evolutivas, continuou em linhas gerais, sendo mantido (MARQUES, 1994).

O limiar da segunda metade do século XX trouxe outras perspectivas para a Geomorfologia, sobretudo com o desenvolvimento científico e tecnológico. Novas concepções passaram a ser formuladas ao serem absorvidos pelos estudos do relevo conceitos oriundos da Teoria Geral dos Sistemas. As noções de sistema aberto (importação e exportação de matéria e energia) e de equilíbrio (um ajustamento contínuo entre comportamento do processo e as formas resultantes) visto em diferentes paisagens a fazer parte da fundamentação de uma nova teoria (o equilíbrio dinâmico). Nessa teoria, segundo Grove Karl Gilbert, o resultado do trabalho dos processos não é necessariamente o equilíbrio ao final de sua atuação, como postulava William Morris Davis. A aplicação conceitual do equilíbrio dinâmico nos estudos morfoclimáticos não levaria, necessariamente, também a uma homogeneidade de formas quando o relevo é submetido ao mesmo clima. As formas passam a representar o resultado contínuo de um ajuste entre o comportamento balanceado dos processos e o nível de resistência oferecido

pelo material que está sendo trabalhado. As formas deixam de ser algo estático para serem também dinâmicas em suas tendências a um melhor ajuste em sintonia com o modo de atração dos processos. Disso resulta que a atuação de um processo pode levar ao aparecimento de diferentes formas.

A inserção de noções pertinentes a conceitos probabilísticos remeteram as concepções geomorfológicas a outro patamar teórico (a teoria probalística de evolução de modelo).

Luna Bergere Leopold e Walter Basil Langbein, em 1962, foram os primeiros a utilizar essa concepção na abordagem evolutiva das paisagens como um todo, empregando analogias simples com a termodinâmica.

A paisagem geomorfológica e sua evolução dependem de diversos fatores, representados em diferentes escalas de espaço e tempo. Desse modo, a existência de vários fatores, influenciando a realização de um ou mais processos, tenderia a gerar uma multiplicidade de resultados, sendo alguns mais previsíveis do que outros, quando, por exemplo, fosse detectada a presença de um elemento de controle.

Há, portanto, um sentido inerente ao conceito de incerteza embutido nas relações de ajuste entre processos e formas. Ao observar o comportamento das variáveis envolvidas nessas relações, quando vistas individualmente, é possível prever, de modo mais determinista, o resultado da ação de cada uma. O mesmo não ocorre ao tentar definir resultados com o comportamento conjunto das variáveis. A aleatoriedade diminui a precisão de previsões.

Outro aspecto a considerar refere-se ao conceito de entropia que diz respeito à energia contida em um sistema. Na concepção probalística, a distribuição da energia no sistema é vista de modo mais importante de que a existência maior ou menor dessa energia. Desses conceitos deriva a idéia de que cada momento da evolução deve ser visto como resultado mais provável. Segundo Marques (1994) apesar de os trabalhos pioneiros nessa concepção, desenvolvidos na década de 1960, terem sido seguidos por inúmeros outros até hoje, não se pode dizer que atualmente os geomorfólogos estejam todos envolvidos nessa direção.

Apesar da convergência internacional do conhecimento, as duas tendências consideradas apresentam-se razoavelmente diferenciadas, mesmo com a incorporação gradativa da postura alemã à americana evidenciada a partir do simpósio de Chicago.

No Brasil, a mais séria contribuição à teoria geomorfológica parte de Ab' Saber (1969), que salvo melhor juízo dar tônica nos postulados de raízes germânicas.

Recentemente autores franceses e soviéticos (Bertrand, 1968; Tricart, 1977 e Sotchava, 1972) têm procurado desenvolver estudos integrados da paisagem, sob a ótica dos geossistemas, o que valoriza o desenvolvimento da Geomorfologia alemã, pois com o progressivo amadurecimento do estudo da paisagem e dos estudos geoecológicos, originados e desenvolvidos a

partir da sistematização da Geomorfologia alemã, tem sido possível articular a natureza à sociedade. Conforme Schimithii-sen (1970) se queremos compreender a ação do homem, não devemos separar a sociedade do meio ambiente que o rodeia. Atualmente, a Geomorfologia, desempenha um importante papel na resolução de problemas ambientais complexos relacionados à ação humana, especialmente nos centros urbanos que apresentam vertentes instáveis, em alguns casos, densamente ocupados pela população que sofre os efeitos negativos dos movimentos coletivos do regolito.

MÉTODOS E TÉCNICAS

A geomorfologia na explicação e interpretação das formas do relevo auxilia-se de técnicas cartográficas e estatísticas e como documentos de base, mapas de dados dos sensores remotos. Outra técnica auxiliar ainda muito importante é a fotointerpretação bastante utilizada no levantamento e reconhecimento dos fatos e base para elaboração de mapas geomorfológicos.

Dentre os métodos mais usados destacam-se:

- a) Abordagem Teórica de um problema – significa a análise dos fatores envolvidos na solução de um problema. Tais fatores podem ser medidos no campo e trabalhados em fórmulas matemáticas. Neste caso, observações de campo são feitas para testar os resultados teóricos.
- b) Observação no campo – as observações podem ser feitas de vários modos e para atender a várias finalidades de trabalho, tais como: a) para testar resultados de trabalho teóricos; b) para fazer observações qualitativas (muito embora a moderna Geomorfologia requeira maior precisão nas informações baseadas em observações e levantamentos de campo); c) observações com medições utilizando-se instrumentais apropriados.
- c) Experimentos – podem ser levados a efeito no campo ou no laboratório (escala reduzida).
- d) Empírico quantitativo – esse método é auxiliar da observação. As relações empíricas podem ser de grande valor mas constituem, um meio e não um fim. Um campo em que esse método tem sido dominante é no de leis morfométricas para as bacias de drenagem (HORTON, 1945) e vertentes.

CONCLUSÃO

Conforme visto, a Geomorfologia é o ramo do conhecimento científico que se preocupa em estudar as diferentes formas de relevo existente na superfície terrestre e os processos que neles atuam ao longo do tempo geológico. Dependendo de suas características o relevo favorece ou dificulta a ocupação dos ambientes terrestres pelo homem. De um lado, ele pode ser obstáculo (barreira) ao uso da terra (rural e urbano) e dificultar, além de encarecer, a construção de grandes obras de engenharia (estradas, aeroportos, hidrelétricas, etc.). Por outro lado, o relevo e os rios podem servir de limites (fronteiras) políticos entre municípios, estados e países, e ter um grande valor cênico para a exploração do turismo, e estratégico para fins militares em situações de guerra. Portanto, a análise do relevo é importante não só para a própria Geomorfologia, mas também para as outras ciências da terra, que estudam os componentes da superfície terrestre (rochas, solos, vegetação e água) bem como na definição da fragilidade/vulnerabilidade do meio ambiente e no estabelecimento de legislação para a sua ocupação e proteção.



RESUMO

No processo de construção da Geomorfologia enquanto área de conhecimento foram inúmeras as formas de conceber a interpretação do relevo. Como campo específico de conhecimento a Geomorfologia se define tanto pelo seu objeto, quanto pela sua construção teórico – metodológica. Assim, na estruturação desse campo, inicialmente a Geomorfologia apresentou uma forte conexão com a Geologia, muito embora a sua história expresse uma estreita vinculação com a Geografia.

Genericamente a Geomorfologia de cunho geológico privilegiou a configuração especial na sua relação com a disposição interna das rochas, enfatizando a classificação com base na estrutura geológica. A Geomorfologia de cunho geográfico privilegiou os estudos morfogenéticos (a busca da gênese das formas). A interface entre a Geomorfologia e Geografia reflete métodos e uso de conceitos.

ATIVIDADES

1. Como explicar as frases?
 - a) “Na sua ordenação da natureza a destruição levava à construção”
 - b) “O campo de estudo geomorfológico é, pois, uma superfície de contacto”
 - c) “A moderna Geomorfologia não aceita mais descrições qualitativas”

2. Apresente um exemplo em que fique clara a diferença de ponto de vista entre o Geólogo e o Geomorfólogo
3. O que levou a Geomorfologia a utilizar o método quantitativo e análise teórica?
4. Em que implica o aspecto estático e dinâmico no estudo dos fenômenos geomorfológicos?
5. Qual a diferença entre:
 - a) Aspecto estrutural e escultural do relevo
 - b) Método e técnicas

6. Por que a geomorfologia pertence a categoria de ciência-ponte?
7. Cite:
 - a) Os principais métodos e técnicas utilizados pela Geomorfologia nas investigações científicas.
 - b) As disciplinas afins à Geomorfologia.
 - c) Os ramos em que se subdividem a geomorfologia.



COMENTÁRIO SOBRE OS COMENTÁRIOS

As questões do roteiro de atividade devem ser respondidas com base no capítulo 1 (a natureza da Geomorfologia) do livro: *Fundamentos de Geomorfologia*, cuja referência completa consta no item bibliografia.

PRÓXIMA AULA

Na aula 2, iremos fazer uma abordagem sobre os sistemas em Geomorfologia na visão de diferentes autores, sem perder de vista as bases conceituais fundamentais para o estudo de sua composição.



REFERÊNCIAS

- CHISTOFOLETTI, Antônio. Epistemologia da Geomorfologia. **Rev. Notícia Geomorfológica**. Campinas, V. 11, nº 22, 1971. P. 73-75.
- FLOREZANO, Tereza Galloti. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais** (org.)... São Paulo; oficina de textos, 2008.
- JATOBÁ, Lucivânio e LINS, Rachel Caldas. **Introdução à geomorfologia**. Recife: Ed. Bagaço, 5ª Ed., 2008.
- MARQUES, Jorge Soares. Ciência geomorfológica. In **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. (orgs. GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. da) Rio de Janeiro: Ed. Bertand Brasil, 1994. P. 23-45.
- PENTEADO, Margarida Maria. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.
- SUERTEGARAY, Durce Maria Antunes. **Geografia Física e Geomorfologia: Uma (re) leitura**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2002.
- VITTE, Antônio Carlos e GUERRA, A. J. T. os fundamentos da Geomorfologia e a sua influência no desenvolvimento das ciências da terra. In: **Reflexões sobre a Geografia Física do Brasil**. (orgs. VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. T.). Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2004. 23-48.