



A Escala na Análise Geomorfológica

Heinz Charles Kohler

Curso de Mestrado e Doutorado em Tratamento de Informação Espacial
Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-graduação -PUCMINAS
E-mail:charleskohler@uol.com.br

Artigo convidado reeditado recebido em 16 de agosto de 2002

RESUMO

Analisa o conceito da escala espaço-temporal na análise geomorfológica, em função de uma revisão bibliográfica da década de sessenta aos nossos dias. Destaca a importância de se adaptar a técnica de análise à escala de abordagem. Cita exemplos de trabalhos brasileiros, nas diferentes escalas espaço-temporais. Ressalta a importância da abordagem holística na geografia e em particular na geomorfologia, quando vista dentro de um geossistema integrado e dinâmico. Salienta a importância dos processos geo-bio-químicos, na base dos processos, responsáveis pela mutação dos diferentes cenários paisagísticos globais.

Palavras chaves: geomorfologia, geossistema, escala espaço-temporal, metodologia

ABSTRACT

It analyses concept of time-space scale in geomorphological analysis, based on a revision of the bibliography from the 1960's onwards. It points out the importance of adapting the analysis technique to the scale of approach. It cites examples of Brazilian works, in different time-space scales. It emphasizes the importance of the holistic approach in Geography and particularly in Geomorphology when it is viewed inside an integrated, dynamic geosystem. It calls attention to the importance of geo-bio-chemical processes, responsible for the mutation of different global landscape scenarios.

Keywords: geomorphology, geosystem, time-space scale, methodology.

1. Introdução

Devido à natureza dinâmica dos processos morfogenéticos, que ocasionam perenes mutações nos cenários ambientais, a escala na análise geomorfológica deve ser compreendida e aplicada no campo espaço-temporal, isto é, naquele em que as três dimensões do espaço euclidiano se modificam ao longo do tempo.

Contudo, a representação das feições do relevo terrestre é sempre realizada em planta (projeção horizontal) ou em perfil (projeção vertical), sobre uma folha de papel, que possui apenas duas dimensões. Para representar a forma do relevo, que é tridimensional, recorre-se ao emprego de um conjunto de curvas de nível, que são linhas formadas por pontos (x, y) com uma mesma cota (z). Embora esta forma de representação não seja contínua, pois não há registro no espaço compreendido entre uma isolinha e outra, ela permite a análise geomorfológica, mediante a percepção de uma série de superfícies mais ou menos planares, côncavas ou convexas. Esta percepção tem sido ultimamente muito auxiliada pelo uso, em meio computacional, dos

chamados Modelos Digitais de Terreno MDT, uma vez que técnicas a eles aplicadas permitem uma visualização mais integrada do espaço tridimensional.

Por outro lado, a representação da dinâmica das formas do relevo, isto é, da evolução de uma determinada paisagem ao longo do tempo, exige a utilização de simbologias adequadas, de modo a evidenciar as mudanças ocorridas em um dado intervalo de tempo. A abordagem tetradimensional do relevo terrestre torna a Geomorfologia uma ciência espacial e dinâmica que, justamente por levar em consideração a escala espaço-temporal, acaba por oferecer à sociedade medidas ambientais preventivas de difícil aceitação pelos governantes em geral, precisamente devido ao fato de constituírem projetos de longo prazo de maturação.

Não se pretende aqui tratar do conceito espaço-temporal na concepção filosófica. Neste sentido, existe uma vasta bibliografia, que compreende desde as idéias de Aristóteles, para o qual o tempo era uma quantidade de movimento (Adler, 1992), até o atual e magnífico tratado de

Hawking (1996) sobre a “Breve história do tempo”. O enfoque deste trabalho é restrito à concepção geomorfológica do tempo e do espaço, concepção esta explanada através de exemplos de análises em diferentes escalas e cenários ambientais. Pretende-se, desta forma, trabalhar o conceito teórico-metodológico das escalas espaço-temporais na abordagem geoambiental, isto é, no sentido de que as relações entre o passado e o presente constituem a chave para o futuro.

Visando estimular a consulta e reflexão sobre o tema, apresenta-se aqui um amplo leque bibliográfico que versa sobre idéias amplamente divulgadas na literatura geomorfológica nacional e internacional. Destacam-se os seguintes trabalhos: Ab'Sáber, 2000, 1998 (c/ref. bibliográfica), 1969; Abreu, 1978, 1982, 1983, 1985, 1986; Amorim, 1985, 1988, 1993; Barbosa et alii, 1983; Berry, 1972, 1975; Bertrand, 1968; Christofoletti, 1973, 1977, 1983, 1988; Coltrinari, 1982; Coltrinari & Kohler, 1987; Cruz, 1985; Frazier, 1981; Goudie, 2000; Goodey & Gold, 1986; Kohler, 1979; Kohler & Amorim, 1981; Langran, 1993; Libault, 1971; Marques, 1995; McCann & Ford, 1996; Monteiro, 1984, 1988, 1991, 2000; Motoyama, 1977; Prigogine, 1985; Queiróz Neto & Journaux, 1978a, 1978b, 1978c; Ross, 1992; Silva, 1984; Sothava, 1972, 1977; Tricart, 1977, 1979; Troll, 1950; Xavier da Silva, 1995.

2. Reflexões sobre a escala espaço-temporal em Geomorfologia

Segundo Joly (1977), a Geomorfologia é o ramo da Geografia física que se ocupa com o estudo da gênese, da evolução e das relações espaciais das formas do relevo terrestre.

Partindo do princípio de que um sólido só pode ocupar um determinado espaço, em um único intervalo de tempo, a sucessão deste último imprime a noção de movimento, que é o responsável pela dinâmica evolutiva daquele sólido. Esta noção de movimento, por sua vez, depende diretamente da escala espaço-temporal adotada.

Quanto menor a escala espacial de observação de um fenômeno geomorfológico contínuo (não catastrófico), mais lenta é sua transformação (dinâmica) e a recíproca é verdadeira. Como exemplo, a deriva continental (pequena escala) é medida em milímetros/ano; a evolução de uma voçoroca (grande escala) é avaliada em metros/ano, enquanto que a de um sulco num paredão calcário (lapiás) é aferida na ordem de grandeza de milímetros/minuto. Nota-se ainda que, quanto menor a escala espacial adotada, maior a influência dos processos endógenos (tectônicos e petrogenéticos), que por sua vez se referem a tempos geológicos mais antigos. Neste caso, a recíproca também é verdadeira, pois, quanto maior a escala empregada na observação do fenômeno geomorfológico, maior a influência dos processos exógenos (interação físico-química do substrato rochoso com os agentes climáticos), os quais ocor-

rem em tempos bem mais próximos do atual (Holo-ceno).

O estudo da compartimentação do relevo do Brasil associa-se às grandes unidades geológico-estruturais da Plataforma Continental Sul América-na, sobretudo as elaboradas durante e após a reativação Mesozóica Sul Atlântica (Schobenhau, 1984); já o aprofundamento de um lapiás associa-se ao processo de dissolução que remonta apenas às últimas chuvas.

Thombury (1960), em seus nove conceitos fundamentais da Geomorfologia, estima que poucas feições topográficas terrestres são mais velhas que o Terciário, e a maioria não seria muito mais velha do que o Pleistoceno. Lembra ainda que as feições geomorfológicas são bem mais jovens do que as rochas e estruturas geológicas que as sustentam.

Schumm (1985) classifica os fenômenos geomorfológicos segundo a escala temporal em Mega, Meso, Micro e Não-eventos. Dependendo da escala espacial do fenômeno, estes eventos podem ocorrer durante 10 milhões de anos (Orogênese), 100.000 anos (glaciação continental), 100 anos (evolução de um rio), 10 anos (mudança ou corte de um meandro), 1 ano (evolução de uma voçoroca), 1 dia (escorregamentos, “rilling”). Segundo o mesmo autor, um evento pode, em períodos em que seus efeitos são obliterados, tornar-se um Não-evento. A ruptura de um meandro, por exemplo, que ocasiona uma mudança dramática no padrão de drenagem, torna-se um Não-evento após 100.000 anos, pois, com esta idade, seus efeitos não são mais detectáveis. A dimensão do evento aumenta com o tempo, e o período necessário para o seu desenvolvimento também cresce.

A escala de estudo de um relevo irá determinar as estratégias e técnicas de abordagem da análise geomorfológica. Por exemplo, em pequenas escalas costuma-se utilizar imagens orbitais, que abrangem consideráveis porções do terreno, mas a baixas resoluções espaciais; por outro lado, trabalhando em escalas maiores, faz-se o uso de fotografias aéreas (pequenas áreas, altas resoluções). Desta forma fica claro que a noção de escala é fundamental na cartografia geomorfológica (Demek, 1972; Demek, Embleton e Kugler, 1982; Spoenemann & Lehrmeister, 1985).

Kugler (1982) salienta a importância da escala no mapeamento geomorfológico, e as classifica em função da mudança de conteúdo. Estabelece os limites abaixo das escalas de 1:100.000 (grande escala); 1:500.000 (média escala) e 1:1.000.000 (pequena escala). Enquanto cartas de grande escala permitem mapear pequenos relevos e processos mais atuais, os mapas de pequena escala permitem mapear a base morfoestrutural e variações climatofaciais dos relevos de grandes espaços.

Tabela 1: CLASSIFICAÇÃO DO TAXONÔMICO DOS FATORES GEOMORFOLÓGICOS SEGUNDO CAILLEUX-TRICART, 1956

Ordem de G	Unidade de superfície	Características das Unidades-Exemplos	Unidades Climáticas correspondentes	Mecanismos genéticos com o relevo	Ordem de grandeza de permanência T/
I	10 ⁷	Continentes, Bacias oceânicas (configuração global)	Grandes conjuntos zonais, comandados por fatores astronômicos	Diferenciação da crosta terrestre, SIAL e SIMA	10 ⁹ anos
II	10 ⁶	Grandes conjuntos estruturais (Escudo Escandinavo, Tetis, B. do Congo)	Grandes tipos de clima (interferência de influências geográficas com fatores astronômicos)	Movimento da crosta terrestre como a formação de geosinclinais, influências climáticas sobre a dissecação	10 ⁸ anos
III	10 ⁴	Grandes unidades estruturais (Bacia de Paris, Jura, Maciço Central)	Feições nos tipos de clima, mas sem grande importância para a dissecação regional	Unidades tectônicas tendo ligação com a Paleogeografia. Velocidade de dissecação	10 ⁷ anos
IV	10 ²	Unidades tectônicas elementares: maciços montanhosos, horsts, fossas	Climas regionais de influência geográfica sobretudo nas regiões montanhosas	Influência predominante da tectônica, secundária	
SOLEIRA DE COMPENSAÇÃO OROGRAFICA					
V	10	Acidentes tectônicos	Climas locais influenciados pela disposição do relevo	Predominância da Litologia e Tectostática. Influências estruturais climáticas	10 ⁷ anos 10 ⁶ anos
VI	10 ⁻²	Formas de relevo: crista, terrações, falhas, cones de dejeção etc-deje	Mesoclima diretamente ligado a forma (nichos de clima, por exemplo)	Predominância do fator morfodinâmico influenciado	10 ⁴ anos
VII	10 ⁻⁶	Microformas: lentes de solifluxão, solos, pingos, ravinas	Microclima diretamente ligado a forma (nichos de clima, ex: lapilárias)	Microclima diretamente ligado a forma por autoalimentação (ex: lapilárias)	10 ² anos
VIII	10 ⁻⁸	Feições microscópicas: detalhes de corrosão	Microambiente	Influência da característica da textura da rocha	

O trabalho de Cailleux & Tricart (1956), amplamente divulgado no Departamento de Geografia da USP, na década de 60, representa o marco inicial da utilização de uma escala espaço-temporal para fundamentar as pesquisas geomorfológicas. Os autores cruzam critérios espaciais e temporais, obtendo uma classificação taxonômica das formas do relevo (Tabela 1), baseada num princípio dinâmico e outro dimensional. Fundamentam os princípios que ajudam a sistematizar os conhecimentos geomorfológicos em: 1. A posição de natureza dialética entre forças internas e externas; 2. O princípio da zonalidade, voltado essencialmente à dinâmica externa; 3. A noção de evolução; 4. A ação do homem. Foi um trabalho precoce, uma vez que Tricart, na época, não acreditava na Teoria da Deriva Continental. Apesar das acertadas críticas de Abreu (1986), principalmente quanto à supervalorização da escala em detrimento de sua essência, tratou-se de um marco na sistematização da Geomorfologia.

A escola russa introduz os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura na classificação do relevo terrestre (Mescerjakov, 1968), enquanto que na escola francesa a ótica geossistêmica da paisagem, proposta por Bertrand (1968), retoma os trabalhos pioneiros sobre geossistemas, conforme Soctchawa (1972).

Amorim (1985) salienta que a linha de pesquisa de Bertrand (1968) e de Taillefer (1972) "... retoma um tema tradicional da prática geográfica paisagem, e lhe confere um suporte teórico atual."

Mais adiante, o mesmo autor preconiza "... a abordagem que denominam "global", na qual a ênfase seria colocada não sobre tal ou qual elemento, mas sobre as relações que os unem. Se, em um espaço qualquer, um mesmo sistema de relações existe, poder-se-ão definir tipos de paisagens caracterizadas por sistemas de relações." Desse modo, o encaminhamento metodológico proposto para a nova análise das paisagens poderia ser resumido pelas seguintes demarques:

definição dos conjuntos geográficos, isto é, das unidades isomorfas em função da escala: geotopo, geofácies, geossistema, região natural;

análise da natureza e do significado das descontinuidades que separam esses conjuntos;

estudos de relações dinâmicas dos conjuntos, em particular em função de seu tamanho;

identificação espacial: os mosaicos dos conjuntos e os gradientes naturais.

Ainda, segundo Amorim (1985): "Essa ciência da paisagem se situa, no dizer de seus praticantes, no domínio interdisciplinar da confluência entre a Geografia e a Ecologia". A Tabela 2 exemplifica as Unidades de compartimentação da paisagem segundo George Bertrand. Não é necessário frisar a importância da noção de escala nessa concepção de compartimentação dos relevos terrestres.

Tabela 2: UNIDADES DE COMPARTIMENTAÇÃO DA PAISAGEM SEGUNDO BERTRAND, 1968

Unidades de paisagem	Escala temporoespacial (Cailleux-Tricart)	Exemplo tomado de uma mesma série de paisagens	Relevo (1)	Clima (1)	Unidades elementares	Unidades de ocupação humana
					Botânica	
					Biogeografia	
Zona	GI	Temperada		Zonal		Zona
Domínio	GII	Cambrico	Domínio estrutural	Regional		Domínio Região
Região natural	GIII-IV	Picos da Europa	Região estrutural		Andar série	Local Pays rural ou urbana Quartier
Geossistema	GIV-V	Geossistema Atlântico montanhoso (enclave calcário com <i>Asperula odorata</i> em Terra fusca)	Unidade estrutural	Local		
Geofácies	GVI	Prado de Molinio-arhena Theretea em solo lixiviado hidromórfico com depósitos inico		Microclima	Estatógiogio agrupamento	Exploração curárea parcelada <i>ilot en ville</i>
Geotopo	GVII	Lapi s de dissolução com Lapiás de dissolução com <i>Asperula odorata</i>				Parcela <i>Maison en ville</i>

Para finalizar as reflexões sobre a escala de análise dos fenômenos geomorfológicos, Schumm (1985) resume: "a escala é muito importante na aplicação de uma abordagem analógica - extrapolativa. Quanto mais longo for o espaço de tempo e maior a área, menos precisas serão as previsões ou pós-visões, para o passado ou para o futuro, baseadas sobre as visões do presente".

Podemos, também, facilmente classificar os relevos segundo as unidades de paisagem de Bertrand (Tabela 2), de forma a confirmar a afirmação feita acima (Schumm, 1985).

3. Exemplos da análise geomorfológica em pequena, média e grande escala

A melhor maneira de se representar uma análise geomorfológica é através da cartografia. O mapa constitui a melhor ferramenta do geógrafo. Um mapa geomorfológico, com uma boa resolução cartográfica, é um instrumento de leitura universal, acessível a qualquer profissional, mesmo que não geógrafo. Seus elementos devem estar devidamente georeferenciados no espaço e no tempo, portanto contemplando as quatro dimensões já explicitadas.

Como exemplos brasileiros de representações em pequena escala, deve-se ressaltar o mapa pioneiro de Ab'Sáber (1970), das Áreas Nucleares dos Domínios Morfoclimáticos Brasileiros, sem dúvidas a maior contribuição daquele autor à geomorfologia brasileira. Mais tarde, o mesmo autor (Ab'Sáber, 1977) introduz o conceito de barreiras biogeográficas, definindo a área dos pantanais. Deve-se, ainda, colocar as áreas cársticas neste rol, uma vez que a porção ocupada por estes relevos perfaz quase 10% do território nacional, localizados que são nas bacias dos Rios São Francisco, Paraguai e Ribeira de Iguape, entre outros. Sobre rochas carbonáticas aflorantes nestes locais desenvolvem-se os relevos cársticos que, independentemente de um domínio morfoclimático específico, abriga inclusões de uma mata semi-decíduifólio ou Floresta Mesófila Estacional. Na região de Lagoa Santa MG, esta mata apresenta espécies da caatinga, como as cactáceas, constituindo palimpsestos de um clima pretérito.

Ainda, como exemplos de mapeamentos geomorfológicos em pequena escala, deve-se citar os trabalhos do Projeto RADAMBRASIL (Argento, 1994); o Mapa geomorfológico do Estado da Bahia (1:1.000.000) de Silva (1980); e o Mapa Pedogeoquímico do Estado da Bahia de Nascimento (1986).

Por último, destacam-se, ainda, os trabalhos pioneiros de mapeamentos dos Tipos Morfogenéticos, baseados na intensidade dos processos geoquímicos e geofísicos responsáveis pela elaboração do relevo (Moreira & Camelier, 1977); e da compartimentação dos Tipos de Morfogenese em Minas Gerais (Barbosa, 1978).

Para exemplificar as pesquisas realizadas em grandes a médias escalas, citam-se os trabalhos pioneiros relacionados às cartas do modelado e das

formações superficiais do Vale do Parateí (1:25.000), São Pedro (1:50.000) e de Marília (1:100.000), elaboradas em convênio firmado entre o Laboratório de Pedologia e Sedimentologia do Instituto de Geografia e do Departamento de Geografia da FFLCH da USP e Centre de Géomorphologie du CNRS Caen/França, sob a coordenação de Queiróz Neto e Journaux (Instituto de Geografia, 1978 a, b, c, d); Coltrinari, (1982).

O Instituto de Geociências Aplicadas da Secretaria de Estado de Ciências e Tecnologia do Estado de Minas Gerais - IGA - publicou, em 1981, o primeiro Mapa do Meio Ambiente e sua Dinâmica do Município de Itauna (1:50.000, com encarte de 1:25.000), segundo base metodológica elaborada pelo Prof. A. Journaux, da União Geográfica Inter-nacional (Kohler & Amorim, 1981). Poucos anos depois, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo CETESB, publica a Carta do Meio Ambiente e sua Dinâmica da Baixada Santista/SP, segundo a mesma metodologia (CETESB, 1985). Também reveste-se de importância a Carta Geotécnica dos Morros de Santos e São Vicente, elaborada pelo Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado de São Paulo - IPT, em 1975. Complementando, inúmeras cartas temáticas enfocando a análise ambiental (geoecológica) tem sido elaboradas pela iniciativa privada, infelizmente com divulgação restrita.

Exemplificando os trabalhos realizados essencialmente em grande escala, aponta-se aqueles elaborados segundo a metodologia desenvolvida para o levantamento da estrutura pedológica: (Boulet, 1978; Castro, 1989; Barros, 1985; Ruellan et. al. 1989; Ferreira, 1997; Manfredini & Queiróz Neto, 1993; e Salomão, 1994).

Exemplos da aplicação da análise geomorfológica seqüencial, isto é, progressivamente em pequena, média e grande escalas, podem ser verificados no trabalho de Silva (1999), que empreendeu o estudo da evolução tectônica do sudeste brasileiro, em seus regimes colisional (Pré-cambriano), extensional (Mesozóico) e transcorrente dextral (Pós-Mioceno), para melhor entender a simetria geomórfica observada na disposição dos ornamentos litorâneos holocênicos guanabarrinos.

Esta mesma aplicação pode ser didaticamente ilustrada através das pesquisas de Kohler, (1989); Parizzi, (1993) e Parizzi et. al., (1998), que se originam a partir de uma compartimentação geológica geomorfológica na escala aproximada de 1:500.000, para atingir o nível de detalhe necessário à realização de análises polínicas dos sedimentos lacustres da Lagoa Santa, conforme sistematizado a seguir:

a) compartimentação geomorfológica na escala de 1:500.000 da região de Belo Horizonte Lagoa Santa/MG, situada na região natural da Borda Meridional do Planalto Central Brasileiro

1. Bacia do Rio das Velhas.
 - 1.1. Serra do Curral.
 - 1.2. Depressão de Belo Horizonte.
 - 1.3. Depressão de Vespasiano.
 - 1.4. Planalto de Lagoa Santa
 - 1.4.1. Carste (alto índice de carstificação)
 - 1.4.2. Carste (baixo índice de carstificação)
 - 1.5. Planalto de Neves
 - 1.6. Planalto de Cordisburgo
2. Bacia do Rio Paraopeba
 - 2.1. Divisor de águas.

Neste caso os critérios utilizados para a compartimentação foram eminentemente de caráter geológico-estrutural (Kohler, 1989).

b) compartimentação na escala de 1:50.000 do Relevo Cárstico do Planalto de Lagoa Santa (enclave cárstico no Geossistema do Planalto de Lagoa Santa)

1. Carste alto índice de dissolução.
 - 1.1. Desfiladeiros, abismos, altos paredões (>40 m)
 - 1.2. Cinturão de ouvalas
 - 1.3. Planalto de dolinas
 - 1.4. Poliés
2. Carste baixo índice de dissolução
 - 2.1. Serra dos Ferradores (Superfície Sul Americana - carste encoberto).
 - 2.2. Relevos de Lagoa Santa
 - 2.3. Relevos a oeste do Ribeirão do Jaque.
 - 2.4. Relevos na margem direita do Rio das Velhas
 - 2.5. Relevos ao longo do Ribeirão da Mata.

Nesta escala, os critérios utilizados para a compartimentação foram relacionados diretamente com a geomorfologia cárstica, que trata dos processos exógenos associados à dissolução das rochas, neste caso face às condições climáticas pleisto-cênicas (Parizzi, 1993).

c) carta morfológica na escala de 1:20.000 da bacia de Lagoa Santa (geofácies Lagoa Santa)

1. Sistema lacustre - fluvial
2. Sistema de vertentes
 - 2.1. Formas erosivas
 - 2.2. Tipologia de vertentes.

Os critérios utilizados nesta abordagem foram eminentemente relacionados aos processos erosivo-deposicionais, ocorridos como resposta às variações climáticas holocênicas.

d) a coleta de amostras dos sedimentos de fundo da Lagoa Santa, bem como as respectivas análises, remete o estudo à escalas abaixo de 1:1 (geotopo: matéria orgânica, C 14), conforme ilustrado na coluna biolitoestratigráfica representada na figura 1 (Parizzi, 1993). Baseados nestas análises, e nos estudos geomorfológicos e palinológicos, Parizzi, Kohler e Salgado-Laboriau (1996), estabelecem a gênese da lagoa:

"... os dados revelam a existência, no passado, de um intenso deslizamento de terra ocorrido ao longo da encosta do Morro do Cruzeiro, que teria conduzido grande quantidade de sedimentos de encontro ao Córrego Bebedouro, provocando uma barragem do seu curso e conseqüente inundação da depressão (Figura 2). As evidências desse processo são confirmadas pelas características morfológicas da bacia. A elevada inclinação dessa vertente (899m) e declive (12%) facilitou a desestabilização e o deslizamento do material do topo até a sua base gerando um depósito de mais de 6m de espessura, comprovado pela tradagem, e coincidente com a profundidade da lagoa".

Análises palinológicas (Parizzi, 1993), realizadas ao longo de um testemunho de 2,57m dos sedimentos de fundo da lagoa, revelaram uma idade de aproximadamente 6200 anos A.P. para a origem da lagoa. A predominância do esporo *Lycopodium cernuum*, nos primeiros níveis do testemunho, da base para o topo, ressalta a hipótese da ocorrência do deslizamento de terra no passado, uma vez que esta espécie é conhecida como sendo de regeneração de áreas onde processos desse tipo ocorreram.

Entre cerca de 6.200 a 5.000 anos A.P., o pântano foi substituído pela lagoa perene. Um mo-saico de mata e cerrado cobria a região em volta da lagoa, e o clima era semelhante ao atual, com apenas duas estações, sendo a de seca mais prolongada.

Entre 3.000 e 1.800 anos A.P., o conjunto palinológico indica uma flora rica e diversificada, que mostra diferentes tipos de floresta e que um cerrado arbóreo mais denso crescia na região. O clima era mais úmido que o atual.

A partir de 1.440 anos A.P., a umidade diminuiu e o clima chegou aos valores atuais. Os últimos 20cm do testemunho, abaixo da interface água-sedimento, marcam a passagem da argila orgânica para argila oxidada, misturada ao sedimento lacustre.

Finalmente, os dados obtidos neste geotopo foram extrapolados para escalas médias e menores, permitindo uma avaliação da dinâmica ambiental regional, desde os últimos 6.000 anos até a época da elaboração da Superfície Sul Americana, no Plio-ceno.

4. E agora? Na aurora do ano 2000!

Berry (1975) postula: "... o futurólogo ao projetar imagens do futuro, pode perfeitamente ser influente em produzir aquele futuro, indicando uma cadeia de alternativas que o povo pode se esforçar para conseguir ou evitar; a mudança social mais importante de nosso tempo é a difusão da tomada de consciência de que temos capacidade de lutar e deliberadamente planificar a própria mudança."

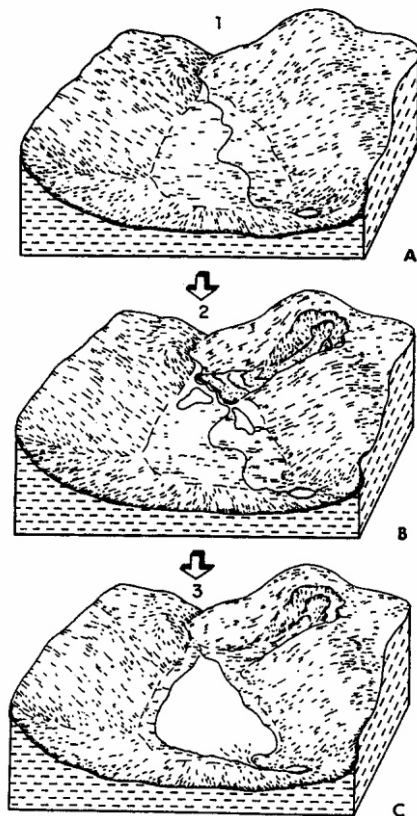


Figura 1. Pairizzi, 1993.

Difícilmente podemos concordar com este postulado, pelo menos no que se refere a planejar mudanças nos processos naturais responsáveis pela dinâmica ambiental, salvo se desejarmos tomar medidas monstruosas e catastróficas para os homens e todos os demais seres vivos, como por exemplo a de fomentar uma explosão nuclear de magnitude tal que venha abalar a estrutura geológica global, ou ainda propor uma alteração artificial das correntes marítimas, ocasionando mudanças na circulação atmosférica terrestre.

As mudanças globais ocasionadas pelo fenômeno El Niño, por exemplo, tiveram suas origens associadas à entrada de grandes massas d'água com alto grau geotérmico, aquecidas pelas atividades ígneas que ocorrem ao longo de falhas normais e transformantes, localizadas na fossa submarina do Pacífico, nas costas do Equador.

Acreditamos que a Geomorfologia deverá ingressar no século XXI como uma ciência num estado de relativa calma (não paradigmático). Não é prevista uma revolução estrutural da Geomorfologia no sentido de Kuhn (1962). Ao contrário de Horgan (1996), autor do controvertido livro *The End of Science*, que concluiu ter acabado a época das grandes descobertas, acreditamos existir muito a ser desvendado no campo da Geomorfologia. Enormes lacunas no levantamento geomorfológico global, principalmente no Brasil, ao lado das pesquisas em grande escala, de cunho interdisciplinar, deverão re-

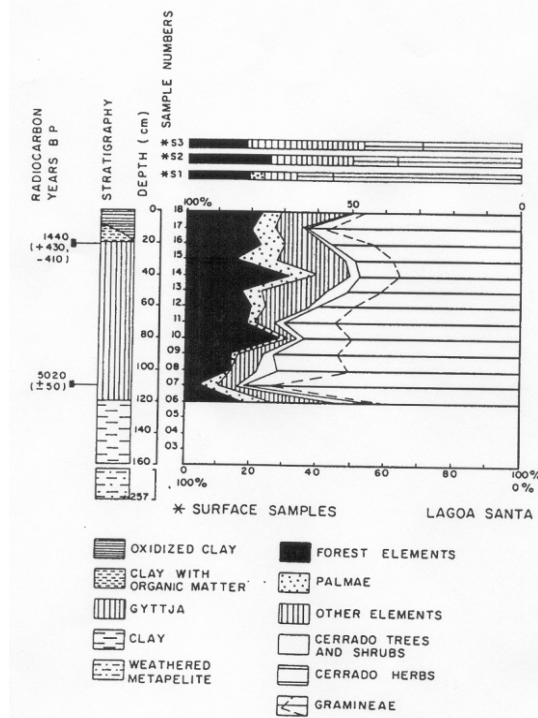


Figura 2. Bertrand, 1968.

direcionar o conhecimento sobre os processos responsáveis pela gênese e dinâmica das paisagens atuais, permitindo uma gestão mais racional do espaço.

Neste sentido, vivenciamos o paradigma que separa a "obsessão das superfícies de aplainamento", vigente no Brasil dos anos 50 (Monteiro, 1991), das modernas teorias geoquímicas que explicam a elaboração destas mesmas superfícies em meio intertropical, por meio do processo de aprofundamento geoquímico (*enfoucement géochimique*, Tardy, 1993). Entretanto, deve ser lembrado que o termo *etching-surface* (superfície de corrosão), portanto de caráter predominantemente químico, data da década de 30 (Wayland, 1933), mas nunca foi utilizado entre nós, nem de maneira empírica, salvo as referências conceituais de Thomas (1994, 1974, 1968) e de Novaes Pinto (1988).

Ressaltamos, então, a importância da pesquisa em grande escala, aliada às novas técnicas da geoquímica, micromorfologia, análise polínica, datações radiométricas e, sobretudo, o tratamento da informação geográfica através da interpretação sequencial das imagens de satélite LandSat ETM 7+ e IKONOS (Halls, 2001), bem como da aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica (Langran, 1993).

A teoria espaço-temporal deverá refinar-se cada vez mais em direção das pequenas escalas, localizadas no passado, através da extrapolação de analogias descobertas em pequenos espaços (grande escala).

A dimensão fractal, introduzida por Mandelbrot (1967, 1975a, 1975b), foi tida por alguns como a descoberta do século, comparável à teoria quântica, teoria geral da relatividade e ao desenvolvimento do modelo da estrutura do DNA (Gao & Xia, 1996), e poderia representar um novo paradigma ou, pelo menos, uma nova orientação para a Geomorfologia.

Segundo Christofolletti & Christofolletti (1995): "A abordagem das fractais possui amplo campo de aplicação nos estudos sobre o formato das ocorrências dos objetos analisados em Geociências, como técnica para se compreender a disposição geo-métrica dessas estruturas espaciais. A fractal é uma representação geométrica na qual um motivo idêntico repete-se constantemente com a diferenciação (aumento ou diminuição) da escala. A configuração geométrica repetitiva fornece-lhe a característica da auto-similaridade, enquanto a conservação da similaridade nas diversas escalas concede-lhe o aspecto da invariância escalar." Gleick (1990), em seu didático livro sobre o caos, esclarece a invariância escalar através do seguinte exemplo: "Uma forma geométrica tem uma escala, um tamanho característico. Para Mandelbrot, a arte que satisfaz não tem escala, no sentido de que contém elementos importantes de todos os tamanhos. Ele contrapõe ao Edifício Seagram a arquitetura do estilo Beaux-Arts, com suas esculturas e gárgulas, suas pedras angulares e jambas, suas janelas decoradas com arabescos, suas cornijas encimadas, de calhas e revestidas de denticulos. Um exemplo do estilo Beaux-Arts como a Opera de Paris não tem escala porque tem todas as escalas. Ao ver o edifício de qualquer distância, o observador encontra detalhes que atraem os olhos. A composição muda quando ele se aproxima, e novos elementos da estrutura entram em função".

A dimensão fractal é um número real que mede o grau da irregularidade de um objeto. Na geometria Euclidiana clássica as dimensões se referem respectivamente a: pontos (0), linhas (1), planos (2), e volumes (3). A dimensão fractal pode ser qualquer número entre 1 e 2 para uma linha e entre 2 e 3 para uma área, dependendo de sua complexidade. A dimensão 2 representa, na geometria fractal, uma linha tão curva e plana que engloba todo um espaço bidimensional. Assim como a dimensão fractal de uma rede de canais está próxima a 2, pois uma rede como um todo engloba um espaço bidimensional (Gao & Ma, 1996).

A geometria fractal pode representar os diferentes graus de rugosidade de um relevo (energia do relevo), através de um indicador quantitativo da complexidade topográfica, mas apresenta sérias limitações quanto aos estudos geomorfológicos relacionados a processos, pois não existe uma proporcionalidade entre a dimensão fractal e aqueles processos pois, na maioria das vezes, o relevo é elaborado por processos policíclicos, isto é, modo-lado por diferentes processos em momentos distintos (Gao

& Ma, 1996).

A teoria fractal, com seus algoritmos, não constituiu um novo paradigma para a Geomorfologia, pelo menos não para os espaços tridimensionais.

Para finalizar, devemos ressaltar ainda que a abordagem holística na Geografia, e em particular na Geomorfologia, sempre existiu, e deverá ser incrementada no futuro, mediante o incremento da análise interdisciplinar. A nova consciência ambiental deverá alcançar os países em desenvolvimento, abrindo o campo de atuação do geógrafo. Este deverá se associar a profissionais como arquitetos, engenheiros (sanitarista e ambiental), geólogos, biólogos e agrônomos, entre outros, tendo como diferencial a base conceitual das escalas espaço-temporais, que deve ser aplicada na análise geo-ecológica das paisagens.

Bibliografia

- Abreu, A.A. (1978). Considerações a respeito de uma epistemologia da geomorfologia. *Boletim Paulista de Geografia*. São Paulo. (55):125-135.
- Abreu, A.A. (1982). Análise Geomorfológica: Reflexão e Aplicação. São Paulo. Dep. Geografia USP.
- Abreu, A.A. (1983). A teoria geomorfológica e sua edificação. *Rev. Instituto Geológico*. São Paulo, (4):5-23.
- Abreu, A.A. (1985). Significado e propriedades do relevo na organização do espaço. *Boletim de Geografia Teórica*. Rio Claro (15):154-162.
- Abreu, A.A. (1986) Considerações a respeito dos fundamentos conceituais das classificações geomorfológicas, utilizadas no Brasil. *Boletim Paulista de Geografia*. São Paulo (23): 49-59.
- Ab'Saber, A. N. (2000). Fundamentos da geomorfologia costeira do Brasil Atlântico inter e subtropical. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 1:27-43.
- Ab'Saber, A. N. (1998). Megageomorfologia do território brasileiro. In: CUNHA & GUERRA (Org.). *Geomorfologia do Brasil Rio de Janeiro*. Bertrand do Brasil. pp 388.
- Ab'Saber, A. N. (1971). A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. In. FERRI, M.G.(Org.) - III Simpósio sobre o cerrado. São Paulo. Ed. Edgard Blücher LTDA.. p.1-14.
- Ab'Saber, A. N. (1977). Os domínios morfoclimáticos da América do Sul. São Paulo. *Geomorfologia*. IGEOG-USP 52:1-21.
- Ab'Saber, A. N. (1969). -Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. *Geomorfologia*.

- São Paulo. Instituto de Geografia USP, (19):1-23.
- Adler, M.J. (1992). The works of Aristotle. Great Books of the Western World. Chicago. Encyclopaedia Britanica . Vol.II pp. 297-302.
- Amorim, O.B. (1985). Reflexões sobre as tendências Teórico-Metodológicas da Geografia. Belo Horizonte. *Publicação Especial*, Dep. de Geografia, IGC-UFGM. (2):1-56.
- Amorim, O.B. (1988). As geografias universais e a passagem do milênio. *Revista Geografia e Ensino*. Belo Horizonte. Departamento de Geografia IGC-UFGM, 3 (9): 18-34.
- Amorim, O.B. (1993). Las mas recientes reflexiones sobre la evolucion del pensamiento. *Geográfico Paisajes Geográficos*. Quito. 13 (27):16-18.
- Argento, M.S.F. (1994). Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. Geomorfologia uma Atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro. Bertrand do Brasil pp.365-391.
- Barbosa, G.V. (1978). A Área Da Lagoa Santa no Estado de Minas Gerais. São Paulo. Colóquio Interdisciplinar Franco-Brasileiro. IGEOG-FFLCH-USP 2:5-19.
- Barbosa, G.V. & Silva, T.C. & Natali Filho, T. & Del'arco, D. M. & Costa, R. C. R. (1983). Evolução da metodologia para mapeamento geomorfológico do projeto RADAM-BRASIL. *Geociências*. São Paulo (2):7-20.
- Barros, O.N.F. (1985). Análise estrutural e cartografia detalhada de solos em Marília, SP: ensaio metodológico. São Paulo, Departamento de Geografia, FFLCH-USP, (dissert. Mestrado), p 146.
- Berry, B.J.L. (1972). Um paradigma para a geografia moderna. *R Bras. Geog.*, Rio Janeiro, 34(3):3-13.
- Berry, B.J.L. (1975). Mudança deliberada nos sistemas espaciais. *Geografia e Planejamento*. São Paulo. Instituto de Geografia USP, (21):1-25.
- Bertrand, G. (1968). Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. - *Rev. Géograph. des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39(3):249-272. Trad. por O. CRUZ in *Caderno de Ciências da Terra*. São Paulo. Instituto de Geografia USP, (13) pp27.
- Boulet, R. (1978). Toposéquence de sols tropicaux en Haute-Volta, Équilibre et déséquilibre pédobioclimatique. Paris. *Mémoire ORSTOM* 85:1-272.
- Cailleux, A. & Tricart, J. (1956). Le problème de la classification des faits géomorphologiques. *Ann. de Géogr.*, 65:162-186.
- Castro, S.S. (1989). Sistemas de transformação pedológica em Marília: B latosólicos e B texturais. São Paulo. Departamento de Geografia FFLCH-USP. (Tese de doutorado) p274.
- Cetesb (1985). Mapa do Meio Ambiente e de sua dinâmica. Baixada Santista. 1:50.000. São Paulo. Secretaria de Obras e do Meio ambiente.
- Christofoletti, A. (1973). Geomorfologia: definição e classificação. *Boletim de Geografia Teórica*. Rio Claro, 3(5):39-45.
- Christofoletti, A. (1977). As tendências atuais da geomorfologia no Brasil. *Notícia Geomorfológica*. Campinas, 17(33):35-91.
- Christofoletti, A. (1983). Mapeamentos geomorfológicos no Brasil. *Geociências*. Rio Claro, São Paulo, (2):1-6.
- Christofoletti, A. (1988). A potencialidade das abordagens sobre sistemas dinâmicos para os estudos geográficos: alerta para uma nova fase. *Geografia*. Rio Claro. 13 (26) 149-151.
- Christofoletti, A. & Christofoletti, A.L.H. (1995). A abordagem fractal em geociências. *Geociências*. São Paulo, 14(1):227-264.
- Coltrinari, L. (1982). Um exemplo de carta geomorfológica de detalhe: a carta do médio vale do Rio Parateí, SP (1:25.000). *Orientação*. São Paulo. (1):55-63.
- Coltrinari, L. & Kohler, H.C. (1987). O Quaternário continental brasileiro: estado da arte e perspectivas. *I Congresso da ABEQUA*. Anais. Porto Alegre, 27-36.
- Cruz, O. (1985). A escala temporal-espacial nos estudos dos processos geomorfológicos. *Geomorfologia*. São Paulo. Instituto de Geografia-USP, (33); 1-6.
- Demek, J. ed. (1972). Manual of detailed geomorphological mapping. Brno.
- Demek, J. & Embleton, C. & Kuglerh. (1982). Geomorphogische Kartierung in mittleren Massstaeben. Gotha. Haack, pp254.
- Frazier, J.W. (1981). Geografia aplicada e pragmatismo. *Geografia e Planejamento*. São Paulo. Instituto de Geografia -USP, (36):1-12.
- Ferreira, R.P.D. (1997). Solos e morfogênese em São Pedro - SP. São Paulo. Departamento de Geografia, FFLCH-USP. (tese de doutorado) p.157.
- Gao, J. & Xia, Z. (1996). Fractal in physical geography. *Progress in Physical Geogra-phy*, 20(2):178-191.
- Gleick, J. (1990). Caos: a criação de uma nova ciência. Rio de Janeiro. Campus, pp 3 10.
- Goodie, A. S. (2000). The integration of physical geography. *Geographica Helvetica*. 3:163-168.
- Goodey, B. & Gold, J. (1986). Geografia do

- comportamento e da percepção. *Publicação Especial*. Belo Horizonte. Departamento de Geografia IGC-UFMG, (3):1-49.
- Halls, P. J. (2001). Spatial information and the environment. London. Taylor & Francis. pp.284.
- Hawking, S. (1996). The illustrated brief history of time. New York. Banttan. pp.248.
- Horgan, J. (1996) The end of science. New York. Addison Wesley, pp.309.
- Instituto de Geografia e Departamento de Geografia - FFLCH-USP (1978a). Carta do modelado e das Formações Superficiais do médio vale do Rio Parateí - SP. 1:25.000. *Sedimentologia e Pedologia* 9:1-35.
- (1978 b). Carta Geomorfológica do vale do Rio do Peixe em Marília SP. 1:100.000. *Sedimentologia e Pedologia* 10:1-22.
- (1978c). Carta de Formações Superficiais do vale do Rio do Peixe em Marília SP. 1:100.000. *Sedimentologia e Pedologia*. 11:1-18.
- (1978d). Carta Geomorfológica de São Pedro SP. *Sedimentologia e Pedologia* 12:1-33.
- Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado de São Paulo (1975). Carta geotécnica dos morros de Santos e São Vicente. Escala aproximada 1:15.000.
- Joly, F. (1977). Point de vue sur la géomorphologie. *Annales de Géographie*. 86(477): 522-541.
- Kohler, H.C. (1979). Região de Igaratá: reflexões sobre metodologia e técnicas aplicadas à análise geomorfológica. São Paulo. Departamento de Geografia, FFLCH-USP (dissertação de mestrado).
- Kohler, H.C. (1989). Geomorfologia cárstica na região de Lagoa Santa-MG. São Paulo. FFLCH USP. Departamento de Geografia. pp. 113 (tese de doutoramento).
- Kohler, H.C. & Amorim, O.B. (coord.) (1981). Carta do meio ambiente e sua dinâmica no Município de Itauna -MG. Belo Horizonte. Instituto de Geociências Aplicadas.
- Kugler, H. (1982). Gegenstand und Arbeitsrichtungen. In: (DEMEK, J. & EMBLETON, C. & KUGLER eds.-1982 Geomorphologische Kartierung en mittleren Massstaeben. Gotha, Haak.) 12-41.
- Kuhn, T. S. (1975). A estrutura das revoluções científicas. São Paulo. Perspectiva.
- Langran, G. (1993). Time in Geographic Information System. London. Taylor & Francis. Pp189.
- Libault, A. (1971). Os quatro níveis da pesquisa geográfica. *Métodos em Questão*. São Paulo. Instituto de Geografia -USP, (1): 1-14.
- McCann & Ford, D. (1996). Geomorphology sans frontières. New York. John Wiley & Sons. pp. 245.
- Mandelbrot, B. (1967). How long is the coastline of Britain? Statistical self-similarity and fractal dimension. *Science*. 56: 636-638.
- Mandelbrot, B. (1977 a). The fractal geometry of nature. New York. Freeman.
- Mandelbrot, B. (1977 b). Fractals: form, change and dimension. San Francisco. Freeman.
- Manfredini, S. & Queiroz Neto, J. P. de (1993). Comportamento hídrico de sistema de transformação lateral B latossólico/B textural em Marília SP. 24º Congresso Bras Ci. Solo Goiânia, Resumos, 1:91-92.
- Marques, J.S. (1994). Ciência geomorfológica. (In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 1994):23-50.
- Mescerjakov, J.P. (1968). Les concepts de morphostructure et de morphosculpture: *Ann. de Géogr.* 423:539-552.
- Monteiro. C.A.F. (2000). Geossistemas: a história de uma procura. São Paulo. Contexto.
- Monteiro, C.A.F. (1991). Clima e excepcionalismo. Florianópolis. Ed. da UFSC, pp.241.
- Monteiro. C.A.F. (1988). Travessia da crise (ten-dências atuais da Geografia). *Revista Bras. de Geografia*. IBGE, 50:127-150
- Monteiro, C.A.F. (1984). Geografia e ambiente. *Orientação*. São Paulo, (5): 19-27.
- Moreira, A.A.N. & Camelier, C. (1977). Relevo in Geografia do Brasil, Região Sudeste, Rio de Janeiro. IBGE.
- Motoyama, S. (1977). Sobre o modelo lógico do desenvolvimento científico. *Métodos em Questão*. São Paulo. Instituto de Geografia -USP, (15):1-47..
- Nascimento, S.A.M. (1986). Mapa Pedogeológico do Estado da Bahia. 1:1.000.000. Secretaria das Minas e Energia. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais.
- Novaes Pinto, M. (1988). Aplainamento nos trópicos -uma revisão conceitual. *Geografia*. Rio Claro, 13(26):119-129.
- Parizzi, M.G. (1993). A gênese e a dinâmica da Lagoa Santa, com base em estudos palinológicos, geomorfológicos e geológicos de sua bacia. Belo Horizonte. Departamento de Geologia, IGC-UFMG. pp 60.
- Parizzi, M.G. & Kohler, H.C. & Salgado-Laboriau, M.L. (1996). A história

- evolutiva da Lagoas Santa -MG, reveladas através de análises geomorfológicas e palinológicas. *Anais XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia*. SBG. Vol. 1:486-488.
- Parizzi, M.G. & Salgado-Laboriau, M.L. & Kohler, H.C. (1998). Genesis and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. *The Holocene* 8(3):311-321.
- Queiroz Neto, J.P. & Journaux, A. (coord.) (1978a). Memorial explicativo da carta geomorfológica do vale do Rio do Peixe em Marília -SP. *Sedimentologia e Pedologia*. São Paulo. Instituto de Geografia -USP, (10):1-22.
- Queiroz Neto, J.P. & Journaux, A. (1978 b). Memorial explicativo da carta geomorfológica de São Pedro-SP. *Sedimentologia e Pedologia*. São Paulo. Instituto de Geografia -USP, (12):1-33.
- Queiroz Neto, J.P. & Journaux, A. (1978 c). Memorial explicativo da carta do modelado e das formações superficiais do médio vale do Rio Parateí -SP. *Sedimentologia e Pedologia*. São Paulo. Instituto de Geografia -USP, (9):1-35.
- Ross, J.L.S. (1992). O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista Departamento de Geografia*. São Paulo. FFLCU-USP, (6).
- Ruellan, A. & Dosso, M. & Fritsch, E. (1989). L'analyse structurale de la couverture pédologique. *Scienc* 27(4):319-334.
- Salomão, F.X.T. (1994). Processos erosivos lineares em Bauru, SP: regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. São Paulo Dep. de Geografia, FFLCH-USP. (tese doutorado) p. 104.
- Schobenhaus, C. (1984). Geologia do Brasil. DNPM, pp501.
- Schumm, S. A. (1985). Explanation and extrapolation in Geomorphology: seven reasons for deologic uncertainty. *Transactions. Japanese Geomorphological Union* 6(1):1-18.
- Silva, T.C. (1984). Bibliografia em geomorfologia. CTG, Sociedade Brasileira de Geologia. Rio de Janeiro, 110p.
- Silva, T.C. (Coord.) (1980). Mapa Geomorfológico do Estado da Bahia. 1:1.000.000, CEPLAB, Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia.
- Silva, J. C. C. da. (1999). Contribuições aos estudos da geodinâmica ambiental do segmento leste do Pórtico Guanabara, Niterói, RJ. Belo Horizonte. PUCMINAS. (dissertação de mestrado). 140p.
- Soctchava, V. B. (1972). Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. *Biogeografia*. São Paulo. Instituto de Geografia -USP. São Paulo, (14)1-24.
- Soctchava, V.B. (1977). O estudo de geossistemas. *Métodos em Questão*. Instituto de Geografia USP. São Paulo, (16):1-52.
- Spoenemann, J. & Lehrmeier, F. (1985) Geomorphologische Kartierung in der Bundesrepublik Deutschland: Normung und Weiterentwicklung. *Erdkunde*. 43(2):77-86.
- Thomas, M.F. (1994). Geomorphology in the tropics. New York. John Wiley & Sons. pp 460.
- Thomas, M.F. (1974). Tropical Geomorphology. London. Macmillan.
- Thomas, M. F. (1968). Etchplain. In FAIRBRIDGE, R. W. *Encyclopaedia of Geomorphology*, New York. Reinhold. Pp.331-333.