

RESENHAS

GEOMORFOLOGIA ESTRUTURAL - TERRA, CORPOS PLANETÁRIOS SÓLIDOS

Prof.^a Dr.^a Vanda de Claudino Sales

Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará - email: vcs@ufc.br

Resenha do livro *Géomorphologie Structurale (Terre, corps planétaires solides)*, de autoria de Jean-Pierre PEULVAST (e-mail: peulvast@geol.u-psud.fr) e Jean-René VANNEY (e-mail: j.r.vanney@sorbonne.paris4.fr), professores da UFR de Géographie da Universidade Paris-Sorbonne. O livro foi publicado em dois volumes (volume 1: Relief et structure, 2001, 505 p.; volume 2: Relief et géodynamique, 2002, 510 p.) pela CPI (Contemporary Publishing International), através da Gordon et Bresh Science Publisher (Paris) e Éditions BRGM (Orléans), França.

A renovação da Geomorfologia: introdução

Fruto de numerosos anos de pesquisas realizadas em ambientes os mais diversos - das regiões polares aos espaços equatoriais, dos assoalhos oceânicos a algumas das maiores cadeias de montanha do globo, passando, graças à análise de rico acervo de imagens de satélite, por superfícies planetárias exóticas - o livro produzido por Jean-Pierre Peulvast e Jean-René Vanney apresenta a disciplina *Geomorfologia* de forma absolutamente inovadora, em compasso com a profunda renovação pela qual vêm passando as Ciências da Terra depois dos anos 1960-1970. A obra, estruturada em dois volumes de dimensões equivalentes, publicados na França respectivamente em março de 2001 e outubro de 2002, apresenta abundante iconografia (mais de 440 figuras, fotografias, imagens digitais, cartas, perfis, blocos diagramas), bastante representativa de todas as regiões e problemáticas analisadas.

Para começar, a publicação oferece uma importante reflexão sobre a *Geomorfologia Estrutural*, ramo da Geomorfologia consagrada à análise das relações estabelecidas entre o relevo da superfície da Terra (e hoje, dos demais planetas) e as estruturas geológicas. A Geomorfologia Estrutural trata portanto das formas de relevo cuja existência, aspecto ou geometria dependem diretamente, ou principalmente, das condições geológicas. Tais formas podem traduzir a ação dos processos que organizam e estruturam a ossatura dos relevos (essencialmente as dinâmicas internas: tectônica, vulcanismo, isostasia), bem como a influência passiva na topografia de caracteres estáticos da estrutura (litologia e disposição dos materiais). Nessa perspectiva, a proposta do trabalho é limitada à análise das relações de dependência estabelecidas entre formas, estruturas e geodinâmica, estando excluindo o estudo específico dos processos da morfogênese e as manifestações que não sejam especificamente associadas à dinâmica interna da Terra. No entanto, poucos são os relevos que escapam do exame atento dessa Geomorfologia Estrutural plural e renovada.

A abordagem dos fatos nos dois volumes da publicação denuncia que a Geomorfologia Estrutural tem por ambição não apenas a descrição estática dos relevos, mas também o entendimento e explicação do conjunto de inter-relações estabelecidas nas dinâmicas internas, edifícios estruturais e dinâmicas externas, colocando assim como instrumento fundamental para a compreensão das paisagens e dos fatos topográficos. Nessa perspectiva, ela comporta uma importante dimensão geográfica. Por permitir a identificação e a interpretação de dispositivos de idades variadas, testemunhos da organização inicial das estruturas e de sua esculturação pela erosão, ela comporta também uma importante dimensão histórica - assim apresentada, ela passa a ocupar um lugar particular, original, no seio das Ciências da Terra, das Ciências do Ambiente e das “Ciências Geográficas”.

Depois dos anos 1970, a Geomorfologia vem causando profundo interesse às disciplinas afins, em resposta à renovação de suas bases conceituais, metodológicas e técnicas. Essa renovação, fruto do

aprofundamento das pesquisas nos seus campos temáticos próprios (Geomorfologia Tectônica, estudo do controle litológico do relevo nos embasamentos ou karsts, identificação de paleoformas mais ou menos bem conservadas, introdução do conceito de evolução acíclica, aperfeiçoamento dos modelos de aplainamentos) é também o resultado do desenvolvimento dos conceitos da Tectônica de Placas e da morfologia planetária comparada, e também do aprimoramento das técnicas do sensoriamento remoto, dos métodos de quantificação (da erosão, de deformações, de datação absoluta) e de “modelização” analógica e digital. Comportando uma visão global dos fatos geomorfológicos, a abordagem da Geomorfologia e da Geomorfologia Estrutural em particular tornou-se mais do que nunca interdisciplinar, implicando o uso de linguagem e conceitos comuns à Geologia, Geofísica, Geografia Física Global, Oceanografia, Planetologia..... : tudo isso é objeto de estudo desse livro.

Auscultando um campo científico planetário: a pluralidade das abordagens

Os dois volumes do *Géomorphologie Structurale: Terre, corps planétaires solides* auscultam um campo científico que não é mais afeito apenas às terras emersas nem ao planeta Terra. Com o intuito de guiar leitores de formação científica diversificada, a obra visa antes a complementar e explicitar a linguagem própria e os mistérios da disciplina do que expor em detalhe os numerosos métodos e especialidades que permitem a compreensão do relevo. Tal objetivo é obtido através do estudo, em escalas diversas, dos tipos de relações estabelecidas entre relevos e estruturas, bem como da compreensão da configuração e origem das formas que constituem a ossatura das paisagens, sobre a Terra assim como sobre o cosmo, ofertado à sociedade com o advento da era espacial. Trata-se pois de uma concepção absolutamente inovadora na literatura geomorfológica mundial.

A estruturação da obra não privilegia a análise dos agentes e processos da morfodinâmica (tema da Geomorfologia Dinâmica) ou das formações superficiais e solos que constituem a superfície em diversos ambientes (temas da Geologia do Quaternário, Sedimentologia, Pedologia) - essas disciplinas são no entanto evocadas na medida em que auxiliam a compreensão da expressão da estrutura (por exemplo, a influência da litologia sobre o relevo). Da mesma forma, a Geomorfologia Climática não faz parte dos temas principais da obra, mas é sempre mencionada quando permite avaliar diferentes respostas da trama estrutural a modalidades atuais ou passadas de erosão. Na medida em que o objeto de estudo acha-se associado ao conjunto das superfícies planetárias solidas, o resultado é uma rica, até mesmo complexa, Geografia dos tipos de relevos: a obra considera as relações entre formas e estruturas como dependentes dos tipos de dinâmicas externas e dos tipos de dinâmicas internas, fazendo assim também apelo aos elementos de uma dinâmica externa muito diversificada, freqüentemente, até então, mal conhecida.

Tal riqueza não impede a definição de um eixo conceitual de referência, tendo os autores delimitado os campos temático e geográfico da obra de forma cristalina: ela cobre toda a superfície terrestre, compreendendo os assoalhos oceânicos (70% de sua superfície) - pela primeira vez na história da ciência estudada em continuidade com os relevos emersos - e a superfície de todos os corpos planetários possuidores de uma crosta sólida sobre a qual formas de relevo podem ou puderam evoluir e ser preservadas. Nesse escopo encontram-se também os planetas rochosos telúricos (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte), a Lua, os asteroídes (incluindo aqueles com diâmetro apenas superior a 1 km), os pequenos satélites de Marte (Phobos, Deimos) e os satélites dos planetas externos (mais de 70 reconhecidos atualmente), inclusive os que apresentam crosta e mantos de gelo, puro ou associado com silicatos, envolvendo núcleos rochosos mais ou menos maciços. Todos esses corpos comparáveis. Trata-se portanto de analisar os tipos de formas, que são tanto mais genéricas quanto mais simples, e de compreender os fatores responsáveis pela diversidade das combinações. Nessa perspectiva, as superfícies dos principais planetas, complexas, solicitaram muita atenção, embora a Terra tenha sido, como é claro, a maior fornecedora de referências.

A publicação inspira-se em parte na classificação proposta por P. Birot (1958) na sua *Morphologie Structurale*: ela inicialmente aborda as formas estruturais individuais e as unidades orográficas de pequeno formato (de alguns quilômetros de largura ou menos até algumas dezenas de quilômetros), que correspondem aos diferentes tipos de estruturas estáticas cujos exemplos abundam nas diferentes unidades geográficas mundiais. Na sequência, vêm os relevos de ordem de grandeza superior, que são também menos freqüentes. Por fim, as unidades de escala continental (como os Alpes ou os Andes) que, pelo fato de representarem indivíduos únicos, mereceram uma “biografia pessoal”. A organização da obra em dois volumes autônomos e complementares reflete bem essas distinções:

Relevo e estrutura: primeiro volume

O primeiro volume, intitulado *Relief et structure*, trata do controle estrutural do relevo e das bases conceituais e metodológicas utilizadas. Cada tipo de ambiente e escalas consideradas exigiram níveis de análise e meios de investigação diferentes. Isto explica a revisão dos fatores responsáveis pela renovação da Geomorfologia Estrutural (primeira parte: capítulos 1 e 2), associada tanto a conceitos, instrumentos e tipos de abordagens operacionais em escala planetária (sensoriamento remoto, implicação da tectônica de placas, etc.) quanto aos meios de investigação utilizáveis em campo e em laboratório, em escalas macroscópicas e microscópicas (por exemplo, o estudo das formas de erosão diferencial ou ainda os problemas de datação de formas). O plano do conjunto da obra foi concebido de forma a permitir uma progressão na compreensão, do elementar ao mais complexo, de pequenas formas às superfícies planetárias, bem como um acesso direto a níveis superiores de análise.

A segunda parte (capítulo 3 e 4) trata das formas estruturais elementares, “primitivas”, que resultam das dinâmicas que afetam as estruturas (impactos, construções sedimentares, vulcanismo, tectônica). Esta parte é aquela na qual a Geomorfologia Estrutural é a mais diretamente aplicável à leitura das paisagens e das estruturas, visto que nenhum intermediário se acha interposto às morfoestruturas e geodinâmicas.

A terceira parte (capítulos 5, 6, 7 e 8) é consagrada ao papel da erosão, lá onde ela existe valorizando certos elementos estruturais particulares nos volumes de relevos e morfoestruturas. Após uma breve apresentação dos fenômenos erosivos e da noção de erosão diferencial, os autores apresentam uma descrição das famílias de formas e modelados característicos dos grandes tipos litológicos (figura 1).



Figura 1 - Foto da capa do primeiro volume do livro *Géomorphologie Structurale: Terre, corps planétaires solides*, de autoria de J.P. Peulvast e J.R. Vanney, 2001. Caneluras extremamente bem desenvolvidas nos sianitos de Agulhas Negras (Rio de Janeiro). Análogas aos lapiás formados por dissolução em calcários, esses caneluras paralelas ou pouco ramificadas seguem a direção de maior declividade do escoamento em lençol, mas podem também confluir em função do escoamento concentrado de acordo com os desníveis da superfície rochosa e da magnitude das precipitações, que ostentam médias anuais elevadas (foto J.P. Peulvast).

Essa análise é complementada pela apresentação das formas estruturais “derivadas” e pela explicitação das complexas relações estabelecidas entre escoamentos lineares, estrutura e organização do relevo.

Relevo e geodinâmica: segundo volume

O segundo volume trata dos fatores e modalidades da organização do relevo em escalas regionais e globais, em relação com a estrutura e as dinâmicas planetárias (ou “megageomorfologia”). Correspondem essencialmente a unidades de 10^4 a 10^6 km² de área cujas formas correspondentes evoluem durante longos períodos, de ordem de 10^6 a 10^8 anos, refletindo assim vicissitudes de histórias geológicas e morfológicas mais ou menos agitadas, inclusive nos mundos inertes onde elas podem ter subsistido ao final de períodos de grande atividade.

As dinâmicas externas exercem também nesse tocante um papel importante, pois explicam, pelo menos em parte, a presença de contrastes notáveis em um mesmo edifício estrutural (resultantes por exemplo da esculturação de contatos litológicos). Assegurando as transferências de matéria entre os volumes em relevo e os volumes deprimidos, elas interferem nas dinâmicas internas através de respostas isostáticas e de mecanismos de retroação condicionados por fatores climáticos, estabelecendo assim laços fundamentais entre as unidades de grandes dimensões. Nessa perspectiva, as dinâmicas internas e os impactos (dinâmicas cósmicas) aparecem como os principais motores da diferenciação morfológica (capítulo I).

Na abordagem apresentada pelos autores, percebe-se de forma cristalina que as superfícies analisadas, sejam de corpos inertes ou de planetas ativos, submetidos ou não à ação de agentes atmosféricos, resultam sempre de balanços variados entre ações antagônicas ou complementares - em meios agressivos (por exemplo, superfícies expostas a atmosferas), a análise de certos saldos implica a avaliação das respectivas dinâmicas internas e externas. O estudo das relações entre relevo e estrutura geológica é também portador de reflexões acerca da natureza, evolução e duração de irregularidades topográficas em escalas diversas, presentes nas superfícies planetárias através de todo o sistema solar: a natureza e a distribuição dos grandes dispositivos morfoestruturais, que constituem sem dúvida a expressão mais evidente das dinâmicas e das histórias próprias de cada corpo planetário (mesmo quando ocorrem formas semelhantes em corpos com características bem diferentes) são explicitadas através dessa “megageomorfologia”. Tal abordagem reflete também a variedade de balanços entre ações externas e ações internas em escala planetária.

Uma das questões essenciais da “megageomorfologia”, explicitada na obra, é a extensão das formas endógenas e das formas exógenas ou até exóticas, como as resultantes dos impactos. Os autores escolheram estabelecer uma classificação em função dos tipos de dinâmicas internas às quais respondem as diferentes superfícies. Nessa perspectiva, a distinção mais importante é aquela estabelecida entre zonas com movimentos relativos de placas tectônicas – domínio de ocorrência especificamente terrestre (capítulo II) - e domínios intraplacas por outro lado (capítulo III). Essa distinção é bem mais apropriada do que as clássicas até então utilizadas, baseadas em tipologias de fenômenos geológicos que inclusive podem estar representados tanto em um domínio como em outro, como no caso de bacias sedimentares.

A análise das oposições e dos contatos – por exemplo, os “piemonts” - entre unidades de grandes dimensões, maciços montanhosos, platôs, fossas, bacias e regiões planas, nas suas relações com as dinâmicas externas, complementa o quadro dos modos de diferenciação do relevo em escalas regionais (capítulo IV). Acompanhada da análise de dispositivos hidrográficos que podem reforçar os contrastes, sublinhar os contatos ou, ao contrário, estabelecer os laços fundamentais entre as grandes unidades, tal análise evidencia nuances complementares em controles estruturais condicionados por contextos geodinâmicos, ambientes externos e evolução.

Repousando na distinção clássica entre as formas estruturais primitivas e os dispositivos que implicam formas estruturais derivadas, a tipologia morfoestrutural dos diferentes corpos planetários sólidos é enriquecida pela consideração dos tipos de evolução e dos traços dessa evolução que ficam

impressos nas paisagens. A personalidade morfológica de cada domínio, senão de cada corpo planetário, é definida à luz de todos os fatores condicionadores de sua história, quer ela seja ligada às características internas (ausência ou presença de atividade geológica, e em particular de dinâmica do tipo tectônica de placas) ou ao seu ambiente exterior. A revisão desses fatores (capítulo V) evidencia, também aqui, a originalidade da Terra, mundo vivo em relação aos outros corpos, bem como a originalidade da publicação em tela.

A ousadia do “estrutural” na era ambiental: considerações finais

A necessidade de uma obra semelhante e a contribuição que ela aporta à evolução do conhecimento têm expressão variada. Inicialmente, havia uma demanda reprimida pela atualização do referencial necessário à prática da Geomorfologia Estrutural, sobretudo após a “explosão” de dados relativos aos assoalhos oceânicos e a outros corpos planetários - seu estabelecimento, na segunda e na terceira parte da obra (volume I), é acompanhada da apresentação de numerosas aquisições recentes no domínio da Geomorfologia e Geologia. Uma das novidades é a importância dada às formas e aos fenômenos resultantes dos impactos, essencialmente associada à análise, inédita no campo da disciplina, de numerosas superfícies extraterrestres fósseis.

Por outro lado, o conhecimento de certas formas estruturais, primitivas ou derivadas (formas do vulcanismo terrestre e não terrestre, formas particulares dos fundos oceânicos e de certas superfícies planetárias...) passou por enriquecimento tipológico e analítico, na perspectiva da compreensão genética do relevo. Esses progressos têm implicação em tudo o que diz respeito às relações entre tectônica e morfogênese, assim como assume importância para a compreensão de certas morfologias litodependentes (como aquelas desenvolvidas em rochas silicatadas). Eles associam-se à utilização da abordagem multiescalar e ao uso da noção de balanço – balanço entre as dinâmicas externas e internas sobretudo – sem o que restaria apenas um esquematismo excessivo, capaz de impossibilitar a utilização do relevo como chave da leitura das estruturas e das paisagens. Essa mesma noção de balanço caracteriza o estudo dos grandes dispositivos morfológicos em escala planetária, o que permite apreciar o efeito das transferências superficiais de matéria na organização dos relevos. Da mesma forma, a análise dos dispositivos próprios às bordas de placas litosféricas e aos domínios intraplacas (ou desprovidos de tectônica de placas), ressalta a profunda originalidade da Terra em relação aos outros corpos planetários. Entre os fatores responsáveis por tal originalidade, a vida, que realiza o papel de medidor e mediador fundamental das relações estabelecidas entre relevo e condições geológicas.

Uma parte desse conhecimento científico pode parecer extremamente acadêmico, se considerarmos que o conhecimento e a compreensão do relevo servem antes de tudo para definir a teia de fundo das paisagens ou para decodificar morfoestruturas. Mas os aportes da Geomorfologia Estrutural, indissociáveis daqueles da Geomorfologia Histórica, ultrapassam de longe o que poderia ser considerado como um simples estado da arte ou como apenas mais um instrumento teórico entre tantos outros. Inúmeros exemplos explorados nos dois volumes do livro demonstram de forma cabal que a Geomorfologia Estrutural constitui um potente instrumento de investigação do passado, tanto geomorfológico quanto geológico. Ela permite também precisar fatores (cronologia, estilo de deformação, estimativa dos movimentos verticais em função da erosão...) que têm que ser considerados na elaboração de toda “modelização” geofísica dos movimentos tectônicos; pois os dispositivos morfoestruturais, eles mesmos resultantes de uma certa história processual, são fatores que controlam largamente a repartição e os efeitos morfogenéticos. Que se trate de formas maiores ou da configuração de formas estruturais elementares, a Geomorfologia Estrutural contribui para o desvendamento desses processos nas mesmas condições que o uso da análise das rochas, da tectônica ou da evolução das condições bioclimáticas.

Tal característica adquire maior importância quando consideramos que a paisagem pode conservar importantes heranças e marcos históricos, testemunhos de condições morfogenéticas pretéritas. Assim é que a análise de paleopaisagens e formações superficiais correspondentes pode constituir um dado precioso para o estudo de jazidas minerais. Ela associa-se também à Estratigrafia para referenciar os

marcos que permitem calibrar outros métodos de datação como a termocronologia, ou quantificar processos de longa duração (deformações, erosão) sobre bases mais tangíveis do que a simples extrapolação de medidas efetuadas no período atual: o conhecimento das evoluções a longo prazo ganham assim em precisão e em confiabilidade, na medida em que o efetivo conhecimento dos meios e de suas dinâmicas passa necessariamente pelo conhecimento das gêneses das suas formas, em todas as escalas, inclusive nos casos em que as durações de tempo associadas são longas.

O desenvolvimento das técnicas de mensuração, sensoriamento remoto e tratamento digital de dados anuncia melhorias no conhecimento das topografias e das estruturas, tanto quanto da visualização das relações e sua restituição tridimensional. Nesse perspectiva, a constituição de bases de dados 3D oferece imensas perspectivas. Em adição, por motivos econômicos e ambientais (destino de dejetos radioativos, monitoramento de áreas sísmicas, prospeção mineral), esse desenvolvimento exige uma análise sistemática de estruturas, até então mal conhecidas, em particular a partir de dados geomorfológicos. As missões oceanográficas e planetárias em curso ou programadas comportam problemas comparáveis em matéria de pesquisa fundamental. Em todos os casos, o corpo de conhecimento que coloca em marcha a Geomorfologia Estrutural ocupa uma posição central na exploração de seus resultados. Para além dos elementos necessários à reconstituição do passado geológico, a Geomorfologia Estrutural (e Histórica) expõe um contexto fora do qual fica difícil compreender a totalidade dos fenômenos que afetam o meio ambiente. Estejam em questão as avaliações de riscos naturais (movimentos de massa, efeitos da configuração das bacias hidrográficas, etc.) ou os problemas de gestão ambiental, a consideração dos dados genéticos e evolutivos da paisagem faz-se sempre necessária, e também aqui, mais uma vez, a Geomorfologia empresta o seu importante acervo de conhecimento, hoje disponível em níveis já bastante elaborados, como muito bem o demonstra a publicação em tela.

Todos esses fatos e elementos acham-se competetentemente analisados ao longo das mais de mil páginas que compõem a obra em discussão: os autores não pouparam esforços para propiciar aos leitores e estudiosos das Ciências da Terra a mais ampla, atualizada e original abordagem até então publicada acerca da dinâmica da superfície da Terra, soberanamente esboçada em termos de importância, aplicação e utilidade. Único fato a lamentar: essa *Géomorphologie Structurale: Terre, corps planétaires solides* ainda não se encontra disponível em Português. Mas enquanto a obra não é publicada no País, para os que têm a pretensão de ir além da atual fase de mera reprodução de diagnósticos ambientais pouco originais, para os que almejam uma verdadeira ampliação do conhecimento, para os que apostam no desenvolvimento das ciências e da sociedade, o desafio de ultrapassar a barreira da língua compensa magistralmente o esforço.