

# Geologia como uma ciência histórica da natureza<sup>1</sup>

M.S. Potapova 1968<sup>2</sup>

*A idéia da criação da Terra teve um grande impulso pela geognose, isto é, a ciência que apresenta a origem da Terra, o estabelecimento da Terra, como um dado processo, como auto-criação.*

*Karl Marx (1, p. 631)*

A geologia como ciência teórica está sem dúvida passando por uma de suas crises de crescimento. Isto é visto, em particular, nas contribuições contraditórias sobre seu objeto, conteúdo e método. Ouvem-se proposições de que a noção de geologia como uma ciência que trata da história da Terra há muito tornou-se antiquada, que a Geofísica, a Geoquímica e outras são as únicas ciências teóricas da Terra.

A crise da geologia como ciência pode ser explicada em parte pelos tremendos problemas práticos para os quais ultimamente os geólogos têm dirigido sua atenção e que têm resolvido e continuam a resolver com brilho, notadamente a produção de mapas geológicos e tectônicos para serem usados como base para previsão de ocorrência mineral, e a descoberta de grandes depósitos de ferro, óleo e gás, diamante e outros.

Seria provavelmente correto dizer que a causa real desta situação crítica é a inadequação da teoria geral da ciência geológica, que se origina de uma tendência, datada de vinte anos atrás aproximadamente, de classificar as ciências, não de acordo com seu objeto, mas de acordo com seus métodos de investigação. Essa tendência encontrou expressão organizacional na separação da Geofísica, Geoquímica e Paleontologia da Geologia, e respectivas transferências aos departamentos de Física, Química e Biologia da Academia de Ciências da URSS. Não é necessário dizer que a Geologia foi desarmada, como resultado dessas medidas, fato que o acadêmico N. S. Shatsky tem repetidamente notado. Dificilmente pode causar surpresa, portanto, que a parte desempenhada pela Geofísica ou Geoquímica no estudo da Terra tenha sido tão exagerada pois, na verdade, as conquistas da física e da química, que trouxeram a humanidade ao limiar da exploração prática do espaço exterior e da síntese da matéria viva, são realmente notáveis. Já estas conquistas dificilmente afetam a geologia, o que, por sua vez, testemunha a falta de trabalho teórico neste campo.

São inconvincentes os argumentos acerca do papel de liderança da Geofísica e/ou da Geoquímica na síntese teórica do conhecimento de entidade natural tão complexa como a Terra.

Vejamos quais são os traços específicos da geologia como ciência e suas relações com outras ciências naturais.

Primeiro, algumas observações relativas à terminologia. Para caracterizar uma ciência, falamos de seu objeto e metodologia, querendo dizer o método de pesquisa mais geral específico a ela. O objeto de qualquer ciência compreende certos fenômenos do mundo material. Ele é inesgotável como a própria ciência. O conceito “objeto de uma ciência” deve ser distinto do conceito “objeto de investigação”. A confusão entre os dois conceitos freqüentemente leva a mal-entendidos. Assim, ouve-se freqüentemente que o objeto da geologia é a crosta terrestre.

\* Este documento deve ser referido como segue:

Geologia como uma ciência histórica da natureza. *Terræ Didáctica*, 3(1):86-90. <<http://www.ige.unicamp.br/terraeducativa/>>

<sup>1</sup> Potapova M.S. 1968. Geology as a historical science of nature. In: *The Interaction of Sciences in the study of the Earth*. Trad. V. Talmy. Moscou: Progress. p. 117-126.

<sup>2</sup> Tradução por Conrado Paschoale a partir da versão inglesa (original russo de 1963); revisão por Carlos Alberto Lobão Silveira Cunha; desenhos e correções por Celso Dal Ré Carneiro, 2001.

Na verdade, entretanto, a crosta e sua superfície não são mais do que os principais e imediatos objetos de investigação geológica: quanto ao objeto da geologia, pode ser definido como o processo histórico-geológico. A tarefa da geologia é estudar a história da Terra como um todo e suas várias esferas, camadas ou estratos e o núcleo. Por mais notáveis que sejam as propriedades da crosta terrestre (elas garantem uma discussão separada), a crosta não é mais do que uma das camadas da Terra e seria metodologicamente bastante errado, como veremos mais adiante, e de fato impossível considerá-la em separado dos outros estratos e do núcleo, e em separado do processo histórico geral de evolução de nosso planeta.

Seria igualmente errado clamar que a Geofísica ou a Geoquímica são ciências que tratam da história da Terra, embora ambas tratem da história das várias esferas, do núcleo e do planeta como um todo. Elas o fazem, todavia, desde um aspecto específico do desenvolvimento do estado físico ou químico da matéria e dos processos físicos e químicos na história da Terra.

Obviamente, no estudo de um sistema natural integrado tal como a Terra, deveria haver uma ciência que sintetizasse conhecimentos sobre todas as formas de movimento da matéria que tomam parte na evolução do sistema. Essa ciência é a geologia, tomada no seu sentido mais amplo como a mais geral e ampla ciência do planeta.

Antes de se proceder a consubstanciar a compreensão da geologia como uma ciência histórica da natureza, uma ciência preocupada com a evolução do planeta Terra, é necessário estender-se rapidamente sobre certos pontos estabelecidos adiante por B. M. Kedrov em seu texto incluído no presente volume (2). Kedrov sustenta a idéia da existência de uma forma geológica de movimento da matéria que ele evidentemente considera necessária no sentido de estabelecer a independência da geologia como uma ciência da Terra. Kedrov reconhece a natureza sintética da forma geológica de movimento, mas exclui delas as formas biológica e social, que se manifestam nas esferas geológicas reconhecidas – a biosfera e noosfera – estudadas em detalhe por V. I. Vernardsky (3, 4 e outros trabalhos). Deverá ser enfatizado, todavia, que o isolamento da forma biológica da geologia é possível somente como abstração, na medida em que todas as formas de movimento da matéria conhecidas por nós na Terra estão estreitamente inter-relacionadas, integradas, e uma forma de movimento geológico deve, obviamente, incluir todas, da primeira à última.

Isto é evidente a partir de uma consideração cuidadosa das características da geologia como ciência. A geologia investiga todos os processos naturais em

suas inter-relações históricas. Processos geológicos contemporâneos não são mais do que um elemento no infinitamente longo processo da evolução: por isso, o principal método, amplamente aceito, da geologia atual, é o princípio do uniformitarismo, que de fato é a forma geológica do método histórico-comparativo. A geologia é a única das ciências naturais que estuda os processos naturais numa forma refletida, “fixada” (ossificada = *ossified* no original), conforme registrado nas estruturas geológicas; estuda, ainda, a composição, estrutura e textura das rochas locais, representadas por minerais e restos fossilíferos de organismos vegetais e animais, o homem e suas ferramentas.\*

A geologia não se originou como uma ciência por meio de estudos detalhados de forças elementares individuais naturais; somente na última centena de anos a geologia voltou-se para a investigação de processos geológicos contemporâneos, e mesmo assim, eles são estudados em algum detalhe principalmente por ciências técnicas e naturais que são distantes da geologia. Eis um exemplo: em 1954, estudando as rochas vermelhas devonianas de Karatau, no noroeste de Tien-Shan, fui capaz de estabelecer sua origem aluvial (rio) e proluvial (ravinas) (5). Entretanto, para estabelecer velocidades das correntes que transportam os detritos tive que consultar hidrólogos e especialistas em transporte de vias fluviais continentais e uma literatura relevante que não tinha nada em comum com a geologia. Se tais processos geológicos bem conhecidos como a transferência de detritos por correntes de fluxo são estudadas em detalhe, não por geólogos, mas por especialistas em outros campos, pode alguém supor que o único e complexo mundo de organismos vivos seja investigado pelas ciências biológicas e não pela paleontologia ou geologia? Mesmo assim, ninguém poderia negar que é graças à geologia e paleontologia que o mundo orgânico contemporâneo apresenta-se à nossa frente como um estágio definido na evolução da natureza viva.

Os processos geológicos são como se fossem descobertos duas vezes. Primeiro estes são processos naturais bem conhecidos, bastante familiares a especialistas nos mais diversos ramos da ciência e tecnologia. Somente após o homem ter aprendido a distingui-los nas suas formas “fixadas”- nas estruturas geológicas, composição estrutura e textura de rochas locais - foram eles reconhecidos como geológicos, embora geralmente tenham permanecido dentro do domínio das respec-

\* Nota de tradução. O termo “ossificado” não tem sentido em português. A versão inglesa refere-se a produtos de processos que possuem existência e permanência no tempo. Em virtude disso, adotou-se o termo “forma fixada” para expressar essa duração no tempo geológico.

tivas ciências naturais ou tecnológicas.

Desta forma, todos os processos naturais contemporâneos, ocorrendo no domínio do planeta Terra, são em certo sentido geológicos. São estudados normalmente por diferentes ciências, mas a geologia procura por traços de tais processos em estado fixado, de modo a conseguir uma compreensão de como se desenvolveram historicamente.

A habilidade de estudar fenômenos no seu desenvolvimento histórico é um traço notável da geologia que é, em ampla extensão, determinada pelas características específicas de seu objeto, da crosta e superfície da Terra. Aqui podemos observar entidades que retiveram as características iniciais de sua composição e estrutura por milhões, centenas e milhares de milhões de anos. Como exemplo, há os esporos de plantas terrestres descobertos primeiramente por S. N. Naumova (6, 7) em argilas cambrianas ao redor de Leningrado (mais de 500 milhões de anos de idade) e sua mais recente descoberta de esporos fósseis de época proterozóica (aproximadamente 2 bilhões de anos de idade) (S. N. Naumova informou à autora sobre sua descoberta em comunicação pessoal) Os mais velhos minerais conhecidos têm aproximadamente 3 500 000 000 de anos.\*

A crosta terrestre, onde processos da natureza inorgânica desenvolvem-se comparativamente devagar e a vida desenvolve-se rapidamente, é o domínio da biosfera e noosfera.

Relevante às idéias estabelecidas anteriormente, a figura 1 apresenta um diagrama esquemático das relações das ciências geológicas, para a qual a crosta é uma fonte de conhecimento histórico sobre a natureza. O diagrama é baseado no conceito da crosta terrestre como um domínio de processos naturais irregulares e comparativamente de longa duração, no qual certo número de circunstâncias e especialmente o curso relativamente não-violento dos processos físico-químicos inorgânicos proporcionam as condições para impressão e preservação em forma "fixada" (refletida) de fenômenos que ocorreram no passado geológico; portanto, a história da evolução do planeta está impressa de maneira codificada, refletida, nas peculiaridades da estrutura e composição da crosta. O estudo da crosta fornece dados diretos e indiretos que jogam luz sobre a história dos processos naturais contemporâneos. Assim, no presente, sabemos a muito custo algo sobre o estado, estrutura e composição do manto e núcleo da Terra. No futuro, pela aplicação de métodos geofísicos, obteremos sem dúvida uma grande quantidade de informações

sobre eles, mas (esses dados) se referirão ao presente estado e, até que aprendamos a ver traços de sua evolução em formações geológicas comuns, provavelmente estaremos construindo apenas teorias mais ou menos autênticas concernentes à sua história.

O mesmo raciocínio pode ser aplicado às outras camadas da Terra e à sua superfície, e a diversos fenômenos naturais de duração comparativamente longa. Para ilustrar o que foi dito, deve-se apenas lembrar a observação de Darwin sobre a incompletude da crônica geológica; deve-se lembrar os modernos avanços em paleogeografia, o estudo de paleomagnetismo etc.

Finalmente, os dados sísmicos mais recentes indicam que a Terra está se expandindo. Mas apesar da acuidade dos cálculos e construções estatísticas, a expansão da Terra permanecerá puramente hipotética até o tempo em que acharmos a prova necessária na sua história, que pode ser lida com o auxílio dos métodos de análise histórico-geológicos.\*

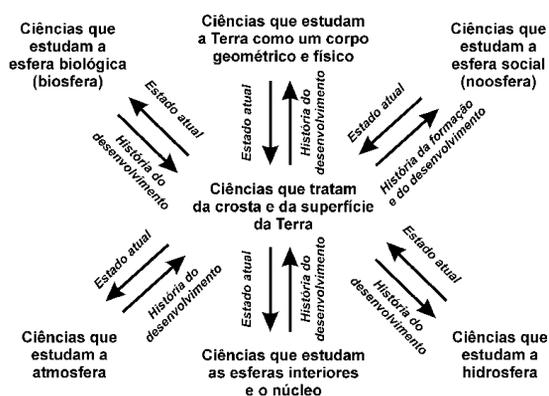


Figura 1 -Relações gerais entre as ciências

A figura 1 apresenta grandes grupos de ciências que tratam de vários aspectos da evolução de nosso planeta. As considerações estabelecidas antes, relativas à importância epistemológica da crosta terrestre no estudo da evolução de nosso planeta como um todo, bem como de suas várias partes, estão expressas no diagrama de modo a revelar a relação das ciências que tratam da crosta terrestre como uma fonte de informações sobre a evolução da Terra e como as ciências que tratam de partes ou aspectos individuais do planeta. Estudando a relação das entidades que caem sob seu escrutínio, estas últimas retiram informações a partir do registro geológico existente na crosta terrestre; isto é mostrado na figura 1 pelas setas dirigidas para fora do centro. Por outro lado, as ciências que tratam da crosta

\* Nota de tradução. O texto original é de 1963. Hoje há conhecimento de minerais de meteorito de 4 545 000 000 de anos.

\* Nota de tradução. A descoberta da expansão do fundo oceânico estimulou a hipótese de expansão do volume da Terra no Fanerozóico. A hipótese tornou-se largamente pesquisada na década de 1960 e perdeu importância na década de 1970.

terrestre empregam dados de todas as outras ciências que estudam várias regiões e propriedades do planeta, com o propósito duplo de conseguir um melhor entendimento dos fenômenos contemporâneos e de aperfeiçoar métodos de elucidação (decifração) da história geológica impressa na crosta (setas dirigidas para o centro). É visão da autora que as descritas inter-relações das ciências que tratam da crosta terrestre com outras ciências que estudam o planeta são um pré-requisito essencial para a aplicação do princípio uniformitarista.

A classificação das ciências geológicas oferece um amplo e independente campo de pesquisa. No presente texto a classificação geral das ciências geológicas da autora é introduzida somente na medida em que é relevante à compreensão do objeto da geologia.

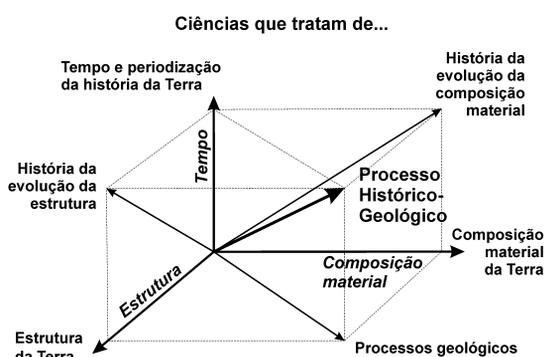


Figura 2 - Classificação das Ciências Geológicas

A figura 2 apresenta a classificação mais geral das ciências geológicas. O assunto da geologia – o processo histórico-geológico, representado pela seta resultante no diagrama – é geometricamente resolvido em grandes domínios, planos e linhas em espaço tridimensional. A longo dos eixos de coordenadas estão representadas as tendências principais, os principais aspectos na exploração de nosso planeta: investigações sobre sua composição material (eixo dos X), sua estrutura (eixo dos Y), e seu tempo (eixo dos Z). Em conformidade, grandes grupos de ciências concentram-se ao redor de cada eixo: ciências que tratam da composição material, da estrutura e do tempo e periodização da história da Terra. Os eixos coordenados são unidos por superfícies que, para simplificação, são apresentadas no diagrama como planos. As setas resultantes nesses planos denotam os assuntos de grupos igualmente amplos de ciências que tratam da história e evolução da composição material da Terra (XOZ), do desenvolvimento da estrutura da Terra (YOZ) e dos processos geológicos (XOY). Como pode ser visto no diagrama, os processos geológicos manifestam-se como trocas inter-relacionadas em composição material e estrutu-

ra; o estudo geral dos processos geológicos (geologia dinâmica) considera esses processos independentes de relações temporais.

A geologia apresenta-se como uma ciência que trata da história e evolução da Terra e seu assunto é o processo histórico-geológico (a seta resultante no centro do diagrama).

Um ponto de interesse é a superfície “processos em escala de tempo geológico” na qual a seta resultante do processo histórico-geológico está localizada e que no diagrama está simplificada para representar um plano. Nesta representação gráfica, a seta resultante (o processo histórico-geológico) representa naturalmente a interseção de três superfícies (1) processos em escala de tempo geológico; (2) história da estrutura e evolução da composição material; (3) composição material - evolução estrutural, cada uma das quais expressa esquematicamente as inter-relações entre os fenômenos sob consideração. Para evitar tornar o diagrama sobrecarregado com excessivo detalhe, somente a primeira dessas inter-relações focais está representada. A superfície expressa, em termos de representação gráfica, a conclusão feita pela geologia, de que o curso dos processos geológicos muda com o tempo e que o próprio tempo geológico muda no curso do desenvolvimento dos processos geológicos<sup>3</sup>. O diagrama oferece uma ilustração gráfica para o grupo tão importante de ciências, e tão característico da geologia, que tratam do tempo e da periodização na história da Terra.

Sem entrar em considerações mais detalhadas sobre o esquema geral, deveria ser enfatizado que o objeto da pesquisa geológica – o processo histórico-geológico – é visto como um processo de interação entre a composição material e a estrutura, ambas as quais mudam no tempo geológico e espaço. Esta interação é responsável pelo o processo geológico integrado, que em troca muda e contribui para o curso cambiante do tempo geológico e evolução do espaço geológico. A abordagem geral delineada dirige a mente em direção a investigações históricas mais detalhadas sobre as inter-relações dos fenômenos naturais. Dessa forma, por exemplo, considerando a matéria viva como uma derivada do processo histórico-geológico, isto é, um produto da evolução da matéria e estrutura da Terra evoluindo em um espaço-tempo geológico, poder-se-ia justificar o postulado de que pode haver uma relação definida entre a complexa estrutura torcida da molécula contemporânea das proteínas vivas e a história do campo magnético terrestre. Pesquisa sobre a origem e evolução da vida pareceria ser favoravelmente

<sup>3</sup>Relativo às diferentes formas de tempo que correspondem a diferentes tipos de matéria em movimento, veja 8

suplementada por investigações ao longo dessas linhas. Deveria ser notado que o princípio no qual a classificação esboçada está baseada – delineamento de aspectos do estudo da composição, estrutura e tempo de uma entidade – pode possivelmente demonstrar-se frutífero em outras ciências além da geologia.

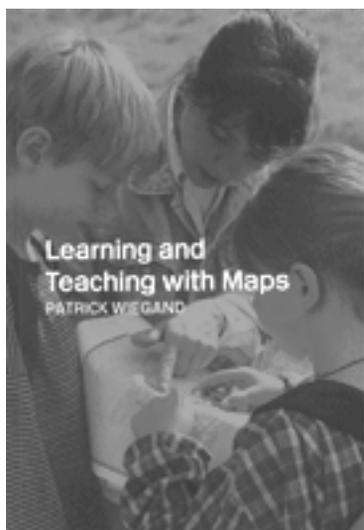
Como é evidente do discurso precedente, o processo de cognição da Terra pela geologia é visto como uma seqüência dos seguintes estágios que se repetem em níveis cada vez mais altos: (1) descoberta e estudo dos processos naturais contemporâneos por várias ciências naturais e tecnológicas; (2) descoberta de traços de processos similares no passado geológico; (3) estudo das condições, tempo, lugar e leis de desenvolvimento dos processos naturais com base na síntese existente das ciências que tratam da história da Terra e o suplemento de conhecimento do processo

histórico-geológico com base nos dados recém-obtidos; (4) predição do futuro curso de desenvolvimento dos processos geológicos com base na análise dos dados disponíveis e sua relação com o desenvolvimento geral do processo histórico-geológico.

### Referências bibliográficas

1. К. Маркс. Подготовительные работы для «Святого семейства». В кн.: К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. III, 1930.
2. В. М. Кедров. "The Geological Form of Motion in Relation to Other Forms". See present volume, pp. 127-47.
3. В. И. Вернадский. Биосфера, I—II. Избранные сочинения, т. 5, М., Изд-во АН СССР, 1960, стр. 5—102.
4. В. И. Вернадский. Несколько слов о ноосфере. «Усп. соврем. биол.», 1944, т. 18, вып. 2, стр. 113—120.
5. М. С. Потанова. Тялькубацкая сита Каратау. «Отчет казахстанской экспедиции». Фонды Московского геолого-разведочного ин-та им. С. Орджоникидзе, 1953.
6. Н. С. Шатский. О назомедении спор наземных растений в древнейших кембрийских отложениях и значении этого открытия для геологии. В кн.: «Общее собрание АН СССР 10—13 июня 1947 г.». М.—Л., Изд-во АН СССР, 1948, стр. 82—90.
7. С. Н. Наумова. Споры нижнего кембрия. «Изв. АН СССР, серия геол.», 1949, № 4, стр. 49—56.
8. Ю. А. Урманцов, Ю. П. Трусов. О свойствах времени. «Вопросы философии», 1961, № 5, стр. 58—70.

### RESENHA



WIEGAND, Patrick. *Learning and Teaching with maps*. London: Routledge, 2006.

O livro *Learning and teaching with maps*, de autoria do professor Patrick Wiegand, pesquisador da didática da geografia e cartografia na Faculdade de Educação da Universidade de Leeds, na Inglaterra, faz uma extensa revisão bibliográfica de estudos e publicações em língua inglesa relacionados ao ensino e à aprendizagem de mapas no contexto escolar; temática de relevância para professores e pesquisadores do ensino de geografia, geociências e pedagogia.

Com duas partes bem delimitadas, o livro apresenta em seu primeiro bloco os fundamentos teóricos e metodológicos de como os escolares aprendem a linguagem cartográfica, e, em um segundo bloco, metodologias de ensino para a aprendizagem da cartografia na escola. Em ambas as partes, o autor traz uma série de referências bibliográficas de pesquisas do mundo de cultura anglo-saxônica, que a nosso entender foram pouco exploradas por pesquisadores brasileiros.

O primeiro bloco é composto por sete capítulos, sendo o primeiro dedicado a destacar a importância dos mapas no mundo contemporâneo e o aumento de sua divulgação na internet e nos meios de comunicação. O segundo capítulo apresenta o conceito de “revolução cartográfica” para destacar as mudanças que sofreram, ao longo do tempo, a construção e a concepção de mapas; por fim, essa revolução

\* Este documento deve ser referido como segue:

Oliveira A.R. 2008. *Learning and teaching with maps*. Resenha de livro. Terræ Didática, 3(1):90-91. <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>