

# O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica<sup>1\*</sup>

Robert Frodeman

Departamento de Ciências Geológicas e  
Departamento de Filosofia — Universidade do  
Colorado, Boulder, Colorado 80301

<sup>1</sup>Tradução livre feita por Lúcia M. Fantinel e Estevan V. D. Santos do original em inglês *Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science* publicado em *Geological Society of America Bulletin*, 107(8):960-968, 1995.

\*Este artigo deve ser referido como segue:

Frodeman R. 2010. O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica. *Terræ Didática*, 6(2):105-119 <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>

## ABSTRACT

The standard account of the reasoning process within geology views it as lacking a distinctive methodology of its own. Rather, geology is described as a derivative science, relying on the logical techniques exemplified by physics. I argue that this account is inadequate and skews our understanding of both geology and the scientific process in general. Far from simply taking up and applying the logical techniques of physics, geological reasoning has developed its own distinctive set of logical procedures. I begin with a review of contemporary philosophy of science as it relates to geology. I then discuss the two distinctive features of geological reasoning, which are its nature as (1) an interpretive and (2) a historical science. I conclude that geological reasoning offers us the best model of the type of reasoning necessary for confronting the type of problems we are likely to face in the 21st century.

## RESUMO

O padrão pelo qual se avalia o processo de raciocínio da geologia entende que lhe falta uma metodologia própria e distintiva. Pelo contrário, a geologia é descrita como ciência derivada, baseada em técnicas lógicas, tal como exemplificado pela física. Defendo que esta avaliação é insuficiente e distorce nossa compreensão tanto da geologia como do processo científico em geral. Longe de simplesmente assumir e aplicar as técnicas lógicas da física, o raciocínio geológico desenvolveu seu próprio conjunto distinto de procedimentos lógicos. Eu começo com uma revisão da filosofia da ciência contemporânea no que se refere à geologia. Passo, então, a discutir as duas características distintivas do raciocínio geológico, que são sua natureza: (1) de ciência interpretativa e (2) de ciência histórica. Concluo que o raciocínio geológico nos oferece o melhor modelo do tipo de raciocínio necessário para enfrentar os tipos de problemas que deverão emergir no século 21.

## Preâmbulo

Este texto é uma tradução livre do artigo de Robert Frodeman *Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science*. Visa facilitar a discussão do tema referente à geologia como ciência, para diversas disciplinas, tal como é o caso, no IG-Uncamp, de *Práticas de Campo no Ensino de Ciências Naturais e Temas Atuais em Geociências*, do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra. As notas do Autor, contidas na versão original, constam como notas de rodapé.

Frodeman rejeita a ideia de geologia como ciência derivada, que apenas aplica as leis e as técnicas da física e química. Para ele, analisar a geologia sob a perspectiva da física desfoca nossa compreensão do raciocínio geológico pois a ciência geológica está apenas parcialmente atrelada ao modelo clássico de raciocínio científico. Caracterizando a base do raciocínio geológico nas técnicas da hermenêutica e das ciências históricas, o autor recupera o caráter interpretativo e histórico da geologia.

O artigo inicia com uma breve revisão das tendências contemporâneas da filosofia da ciência referenciando-se às escolas analítica e continental, base para o entendimento de suas considerações sobre a natureza da argumentação geológica. Nas duas seções seguintes o autor caracteriza os aspectos distintivos da argumentação geológica: a natureza hermenêutica e histórica desta ciência. Frodeman conclui que a geologia oferece um modelo melhor do que o da física para entender a natureza do raciocínio nas ciências e para enfrentar os problemas que se configuram para o século XXI.

## Introdução

A filosofia contemporânea não tem reconhecido a geologia como um terreno fértil para a reflexão; a filosofia da geologia não é considerada como o é a filosofia da física ou da biologia. Com exceção da revolução da Tectônica de Placas, a geologia tem sido ignorada pelas duas principais tendências da filosofia contemporânea — a filosofia analítica e a continental. Ambas têm considerado desnecessária a análise dessa ciência para o entendimento da ciência natural.<sup>1</sup>

1 Considerações filosóficas da revolução da Tectônica de Placas podem ser encontradas em Giere (1988). Típicas conclusões de filósofos sobre o *status* da geologia são as de Nelson Goodman (1967, p.99) (“Concluindo, o Princípio do Uniformitarismo dissolve-se no princípio da simplicidade que não é peculiar à geologia, mas está em todas as ciências e também no cotidiano da vida”) e Richard A. Watson (1969, p.488) (“Geologia é uma

Para exemplificar a negligência da filosofia para com a geologia, nada melhor do que a espantosa falta de atenção para com o conceito de tempo geológico. A descoberta da “profundidade” (“*deep*”) do tempo geológico se iguala, em importância, à revolução copernicana em nossa concepção de espaço<sup>2</sup>, sendo esta última muito mais amplamente conhecida. Mas, apesar da eminência do conceito de tempo dentro da filosofia contemporânea (especialmente na filosofia continental), os filósofos têm ignorado o papel decisivo de Hutton e Werner na reformulação de nossa noção de tempo.<sup>3</sup>

A negligência pode ser explicada pela concepção de geologia como uma ciência derivada<sup>4</sup>. A fundamentação geológica tem sido considerada como constituída de alguns princípios pouco exatos (lei de superposição de estratos, por exemplo) que norteiam o uso de princípios matemáticos e a aplicação de leis químicas e físicas aos fenômenos geológicos. Além disso, considerava-se que a geologia teria vários problemas que dificultam o conhecimento, tais como: a incompletude dos dados relacionada às lacunas e à pouca resolução do registro estratigráfico; a ausência de controle experimental, possível nas ciências experimentais que têm ampla base laboratorial; e a grande extensão do tempo necessário para que ocorram os processos geológicos, extensão tão ampla que torna a observação direta difícil ou impossível de se realizar.

Tais fatos têm feito a geologia parecer menos do que uma candidata a considerações filosóficas. De fato, tradicionalmente a filosofia da ciência tem considerado a física (sobretudo a mecânica clássica) como a ciência paradigmática. A física foi a primeira ciência a se estabelecer sobre uma base firme, exemplificando a verdadeira natureza da ciência como conhecimento certo, preciso e previsível do mundo.

ciência como outras ciências, por exemplo física e química”). Embora não preocupado com a questão do *status* da geologia como ciência, Stone de John Salli (1994) é uma exceção recente à negligência geral da geologia dentro da filosofia.

2 Para avaliar a Revolução Copernicana em nossa concepção de espaço, cf. Koyre (1957) e Kuhn (1957). O termo “*deep time*” para extensões geológicas do tempo foi cunhado por John McPhee (cf. McPhee 1981).

3 Tempo tem sido a questão central da filosofia continental desde Hegel, por volta de 1806. Uma medida disso é a importância de *Being and Time* de Heidegger (1927, 1962), o mais influente trabalho para a filosofia continental do século XX. Mas, apesar da proeminência das aproximações do historicismo à epistemologia na filosofia continental contemporânea, na minha opinião, não tem sido dada atenção ao conceito de tempo geológico. A compreensão das implicações cultural e filosófica da revolução no tempo geológico é mais típica da história das ideias do que da filosofia (cf. Gillispie 1959; Toulmin e Goodfield 1965; Goldman 1982).

4 Em adição aos autores citados na Nota 1, cf. Schumm (1991) (“Há uma concordância geral de que a geologia é uma ciência derivada”) e Bucher (1941).

Desde o século XVII, todas as ciências (e filosofias) têm sido avaliadas a partir deste modelo.<sup>5</sup>

A Física também satisfaz a demanda pelo conhecimento científico como analiticamente derivado. Esta crença, com origem em Descartes, estabelece que os objetos e os processos são entendidos a partir de suas partes ou componentes mais simples.<sup>6</sup> Uma ciência “sintética” como a geologia era considerada a partir de seus constituintes da física e da química. Importante também era a crença de que a ciência constitui matéria unificada e diferenciada a partir de uma metodologia aplicável universalmente.

Muito das reflexões sobre a natureza do raciocínio geológico tem vindo de dentro da própria comunidade geológica. Apesar de limitados em quantidade e frequentemente negligenciados, há importante conjunto de trabalhos começando com os ensaios que datam da era clássica da geologia (p.ex. Gilbert 1886, Chamberlin 1890), quando a ligação entre ciência natural e filosofia era muito mais explícita na mente dos cientistas. Os trabalhos recentes nesta área variam de reflexões sobre a metodologia sobrejacente a um campo particular da geologia (Anderton 1985, por ex.), às considerações gerais sobre o raciocínio geológico (Albritton 1963; Schumm 1991, Ager 1993). Em um campo próprio, há os trabalhos de Stephen Jay Gould que frequentemente cobrem a lacuna entre a geologia e a humanidade, sendo Gould, provavelmente, o único geólogo amplamente conhecido fora de seu campo de conhecimento específico<sup>7</sup>. Finalmente,

há dois textos que se dedicam explicitamente à tarefa de oferecer o panorama geral da filosofia da geologia: Kitts (1977) e Von Engelhardt e Zimmerman (1988).

Esse trabalho tem trazido significativas contribuições para nosso entendimento da geologia e da ciência em geral. Entretanto, grande parte dele é caracterizado por duas componentes: (1) compartilha da ideia de geologia como ciência derivada; (2) por razões históricas e culturais, que discutirei a seguir, os geólogos inclinados à filosofia têm se referenciado, para descrever sua ciência, somente a uma das tradições da filosofia contemporânea — a Filosofia Analítica.

Penso que a visão de geologia delineada acima é incorreta. Meu interesse como filósofo é o de questionar o pressuposto de que a geologia é meramente física aplicada e imprecisa. Considero que os desafios e dificuldades inerentes ao raciocínio geológico têm instigado os geólogos a desenvolverem uma variedade de fundamentações que são similares a algumas daquelas descritas e usadas na filosofia continental.

Minha opinião é que a fundamentação geológica consiste de uma combinação de procedimentos lógicos. Alguns desses procedimentos lógicos são comuns às ciências experimentais, enquanto outros são mais típicos das humanidades em geral e da filosofia continental em particular. Tal combinação de técnicas não é totalmente própria da geologia; na minha opinião, a combinação está presente em muitos tipos de raciocínio, científicos ou não. Mas acredito que esta combinação é especialmente característica do raciocínio geológico. Se isto estiver correto, desloca-se a “sensação de inferioridade” que parece afetar a geologia no que concerne ao *status* da geologia quando comparada às “ciências duras”.

O restante deste ensaio discute e desenvolve essas assertivas. Início com uma breve revisão da filosofia da ciência no século XX. A revisão fornece a base necessária para o entendimento da discussão sobre a natureza do raciocínio geológico, das concepções-padrão às ideias por mim postuladas. Nas duas seções seguintes são descritas as duas características mais distintivas do raciocínio geológico: sua natureza enquanto ciência hermenêutica (i.e. interpretativa) e ciência histórica. Concluo que o raciocínio geológico de fato personifica uma metodologia distinta no âmbito das ciências e oferece um modelo global melhor do que o da física

5 Minha contribuição aqui é um detalhe em uma história que é obviamente complexa. Alguém pode responder que hoje, quando a filosofia da ciência considera a física como a ciência paradigmática, é a física *qua* teoria da relatividade e mecânica quântica, melhor do que a mecânica clássica, que estão sendo consideradas. Meu argumento reside na distinção entre o estado do conhecimento dentro de um determinado campo e a representação deste campo fora do domínio dos especialistas. Possivelmente a coisa mais marcante da nova física é o quão pouco impacto tem causado em nossa visão epistemológica de cultura, seja na comunidade intelectual seja no público como um todo. Física *qua* mecânica clássica ainda nos provê com nosso modelo básico para o entendimento da natureza do conhecimento. Considere, por um momento, como a física introdutória é ensinada nas escolas americanas de hoje. Em minha própria instituição (Universidade do Colorado), a física introdutória inicia com muitas semanas de mecânica clássica. Mecânica quântica não é ensinada antes do terceiro semestre de física, depois que uma grande maioria de estudantes já encerrou seus ensinamentos de física. Então, enquanto os físicos se empenham para integrar a física quântica a todos os cenários da realidade, o ensino continua a ser o de que a mecânica clássica ainda fornece o modelo para o entendimento da natureza da ciência, e talvez do conhecimento em geral.

6 Para a formulação clássica dessa assertiva, cf. *Rules for the direction of the mind* de Descartes (1964; escrito em 1627, primeira publicação em 1701).

7 Gould (1987, 1989) é especialmente relevante para os pontos que serão abordados. Cf. Gould (1989, p. 277-291) para a argumentação que se assemelha ao que segue.

para entender a natureza do raciocínio nas ciências e na vida cotidiana.<sup>8</sup>

Este ensaio é sintético e contém ideias de diferentes autores e tradições. Sua meta global é política, na medida em que espero que gere discussões entre os intelectuais, os quais têm muito a dizer uns aos outros, embora frequentemente se mantenham alienados. Para muito do que segue não reivindico originalidade. Mais propriamente, minha assertiva é de que a forma como os geólogos (e os cientistas em geral) raciocinam é de grande importância e isso não tem recebido a atenção que merece.

## A filosofia da ciência no século XX

Um proeminente geólogo descreveu a relação entre a geologia e a filosofia da seguinte forma: “... os geocientistas não consideram muito interessantes as discussões filosóficas de seu campo. Na verdade, tratam a filosofia da ciência com um *exasperado desprezo*.” (Schumm 1991, p. 5). É todavia verdadeiro que a autocompreensão nas ciências, incluindo a geologia, deriva em parte daquilo que os filósofos têm dito sobre a própria ciência. Esta descrição — o entendimento da ciência sobre a própria ciência — é agora significativamente diferente do conceito de ciência recentemente desenvolvido na filosofia da ciência, tanto na abordagem Analítica como na Continental. Muitos cientistas, ocupados com seu próprio trabalho, estão apenas vagamente conscientes do fato de que a filosofia da ciência está em agitação desde meados dos anos 1970. Apesar das mudanças estarem longe de se completarem, o início de um novo consenso já é perceptível.<sup>9</sup>

8 Minha especialidade é a bioestratigrafia (estou completando o *Masters* em geologia). Alguém com outra especialidade (geoquímica, por exemplo) pode colocar mais ênfase nos aspectos causais do raciocínio geológico. Penso, contudo, que é possível colocar essas diferenças de lado para reconhecer, como aspecto central do raciocínio geológico, (1) seus componentes histórico e interpretativo e (2) como esses componentes se ligam no inquestionável elemento causal da geologia.

9 O que segue resume uma história complexa e controversa. A complexidade deriva, em parte, do fato de estarmos considerando, simultaneamente, as discussões dentro da comunidade de filósofos da ciência e os impactos dessas discussões na comunidade científica. Para outras considerações veja Hacking (1983), Rajchman and West (1985), Rorty (1979), Giere (1988), Rouse (1987) and Kitchner (1993). Deve ser destacado também que a nova visão de ciência que eu sustento em termos de filosofia continental, pode também, com algumas modificações, ser feita em termos da recente filosofia analítica da ciência. Muitos dos últimos (Kitchner 1993, por exemplo) estão cientes da natureza hermenêutica da ciência. Assim, minha avaliação da filosofia analítica da ciência torna-se inadequada. Considero contudo, que além desse novo desenvolvimento não ter causado grande impacto no entendimento da comunidade científica sobre a natureza do método científico, considero que a filosofia continental tem mais recursos conceituais para descrever a natureza da geologia e das ciências em geral.

Para apreciar a natureza deste novo consenso e o que ele significa para o nosso entendimento da ciência geológica, devemos primeiro rever o *status quo* ao qual ele responde. Durante o século XX, a filosofia ocidental consistiu de duas principais escolas de pensamento: a Analítica e a Continental. A diferença fundamental entre estas duas abordagens derivou de suas atitudes com relação à natureza e ao escopo do conhecimento científico. Em seu aspecto mais básico, as asserções originais da Filosofia Analítica (1940) podem ser reduzidas a duas: (1) todo o conhecimento disponível aos seres humanos é exclusivamente derivado do método empregado pela ciência; (2) o próprio método científico consiste de um procedimento identificável de lógica indutiva e dedutiva nitidamente distinta de outros tipos de pensamento (isto é, outras técnicas filosóficas ou literárias como a metafísica tradicional, a fenomenologia ou a crítica literária).

Os primeiros filósofos analíticos como Russell (1914), Carnap (1937) e Reichenbach (1928, 1958) desenvolveram uma poderosa caracterização do método científico. Suas conclusões podem ser resumidas nas três seguintes asserções. Primeira: o método científico é **objetivo**. Isto significa que a descoberta da verdade científica pode e deve ser separada de quaisquer comprometimentos pessoais, ético-políticos ou metafísicos. Esta é a base da celebrada distinção fato/interpretação, que assegura que os fatos descobertos pelo cientista são bem distintos de quaisquer valores que o cientista possa ter. Valores pessoais ou culturais não devem participar do processo de raciocínio científico. Uma questão estreitamente relacionada era a insistência com que se devia distinguir a “lógica da descoberta” da “lógica da explicação”. Identificar os processos sociais ou psicológicos particulares, responsáveis pelos *insights* do cientista, constituía tarefa do cientista social. O filósofo da ciência estava interessado somente nos procedimentos lógicos que justificavam uma asserção científica.

Segunda: o método científico é **empírico**. A ciência se constrói sobre uma rigorosa distinção entre observações (as quais eram novamente entendidas, pelo menos idealmente, como factuais e inequívocas) e a teoria. Os fatos em si eram entendidos como não-dependentes da teoria; considerava-se a observação como uma questão de “olhar bem”. A distinção entre as afirmações que descrevem e as afirmações que avaliam não era considerada problemática.

Terceira: o método científico constitui um

**monismo epistemológico.** A ciência consistiria de um simples e identificável conjunto de procedimentos lógicos aplicáveis a todos os campos de estudo. Esta redução de todo o conhecimento a um tipo de conhecimento se processava em dois passos, resumidos pelos termos “cientificismo” e “reducionismo”. O primeiro é a crença de que o método científico nos fornece o único caminho confiável para conhecer. O segundo é a asserção posterior de que é possível reduzir todas as ciências a uma única ciência, a física.

É importante notar que o programa de pesquisa original da Filosofia Analítica, conhecido como Positivismo Lógico, foi desafiado dentro da própria Filosofia Analítica já no princípio dos anos 50. Autores como Quine (1953), Goodman (1951) e Popper (1953) levantaram questões fundamentais com relação a muitos dos pontos mencionados acima. Mas para nossos propósitos, o ponto crucial é este: tais debates permaneceram “em casa”, no sentido de que a orientação básica da Filosofia Analítica continuou intacta até meados dos anos 1970. Assim, enquanto o verdadeiro *status* do conhecimento científico se tornava mais problemático, a suposição geral de que a ciência (isto é, a física) constitui o modelo para o conhecimento não era seriamente questionada. De modo semelhante, o grau de objetividade do conhecimento científico pode ter sido pouco nítido, mas ainda se pensava na ciência como sendo essencialmente livre de valor em comparação com as questões éticas e políticas. Finalmente, mesmo com o abandono gradativo da crença positivista na estrita redutibilidade de todo o conhecimento à Física, a crença na existência de um único método uniforme para todas as ciências foi geralmente mantido.<sup>10</sup>

Assim — e isto merece ênfase — enquanto na “vanguarda” da filosofia analítica tais suposições eram questionadas em algum grau, dentro da comunidade filosófica e da comunidade científica, a sabedoria percebida mantinha uma orientação fundamentalmente positivista. Nosso ponto básico com relação à natureza da ciência veio a ser questionado somente com a Revolução Kuhniana.<sup>11</sup>

As asserções da Filosofia Continental (a outra principal escola da filosofia contemporânea) com

<sup>10</sup> Feyerabend foi uma importante exceção à crença na unidade do método científico. Cf. Feyerabend (1965).

<sup>11</sup> Essa orientação positivista continua importante dentro da filosofia analítica da ciência até hoje. Trabalhos recentes nos campos da ciência cognitiva, inteligência artificial e epistemologia evolutiva ainda compartilham esses pressupostos gerais. Cf. Giere (1988), Kornblith (1985), Churchland (1986) e Thagard (1992).

relação à ciência podem também ser resumidas em dois pontos: (1) onde quer que a ciência nos ofereça uma ferramenta poderosa para descoberta da verdade, a ciência não é o único nem necessariamente o melhor caminho disponível aos seres humanos para conhecer a realidade; e (2) a existência de “o” método científico (entendido como acima descrito) é um mito. A ciência não possui a prioridade na descoberta da verdade nem a unidade e a coesão de um método identificável ou ainda aquele distanciamento dos compromissos éticos, epistemológicos e metafísicos reivindicado pela filosofia analítica. Assim, a orientação básica da filosofia continental (desde Hegel, *circa* 1806) vem de sua tentativa em definir o escopo e os limites do conhecimento científico, bem como identificar outras formas disponíveis para se descobrir a verdade. A história de 200 anos da Filosofia Continental pode ser vista como uma série de tentativas de inventar ou definir outras formas de conhecimento (dialética, fenomenologia, hermenêutica, existencialismo, p.ex.).

Inicialmente, a Filosofia Analítica e a Filosofia Continental se engajaram em um debate comum sobre a natureza do conhecimento, mas em meados do século XX aconteceu uma divisão informal de trabalho. A Filosofia Analítica concentrou-se nas complexidades da filosofia da ciência, compreendendo a filosofia como sendo subordinada à ciência, codificando e tornando explícita a lógica científica que os cientistas já praticavam, e enfraquecendo assim as reivindicações de outras formas pseudo-científicas e não-científicas de conhecimento. Da sua parte, a Filosofia Continental cedeu à Filosofia Analítica a maior parte da análise da ciência. Seu maior interesse não era a metodologia científica em si, mas identificar o que a ciência deixou de fora do conhecimento e da experiência em sua abordagem “unidimensional” (Marcuse 1964). A Filosofia Continental concentrou sua atenção naqueles tipos de experiência não acessíveis ao método científico: arte, cultura, subjetividade e a força do irracional em nossas vidas. A Filosofia Continental insistiu em que estas áreas não seriam verdadeiramente compreensíveis por meio do método científico.

Assim, em primeira aproximação, é correto dizer que a Filosofia Analítica tornou-se aquela parte da filosofia preocupada com o mundo natural, enquanto que a Filosofia Continental se ocupava das questões relativas à nossa vida pessoal e cultural. Um dos resultados dessa divisão foi que a Filosofia Continental (com sua atitude pluralista



quanto à questão de como chegamos a conhecer) não se valeu de suas ferramentas conceituais para descrever a natureza do raciocínio nas várias ciências, principalmente as naturais. Outra consequência foi a de que aquilo que a maioria dos cientistas vinha a conhecer como filosofia era a tradição e as suposições da Filosofia Analítica, particularmente à guisa do Positivismo Lógico.

A divisão na filosofia começou a mudar somente durante os últimos poucos anos. A causa mais importante de seu colapso foi a influência de Thomas Kuhn (1970)<sup>12</sup>. Treinado como físico antes de se voltar para a história e a filosofia da ciência, Kuhn balançou as bases da filosofia analítica da ciência. Kuhn solapou cada uma das suposições descritas acima, argumentando de forma persuasiva que a história da ciência não é simplesmente a história do progresso inequívoco. De fato, as revoluções conceituais na ciência frequentemente resultam do abandono de um conjunto de questões ou suposições em favor de um outro. Kuhn argumentou que frequentemente não existe termo de comparação entre diferentes aspectos de um dado conjunto de fenômenos. Cada aspecto pode ser irreduzível a qualquer outro, sendo que as diferenças na descrição são o resultado dos diferentes tipos de perguntas feitas, critérios usados e objetivos da pesquisa. Esta asserção pressupõe que o conhecimento não seja livre de valores, não podendo assim ser separado dos interesses humanos. O que agora é chamado verdade científica pode depender muito mais de nossas necessidades e desejos do que de qualquer conjunto inequívoco ou objetivo de critérios.<sup>13</sup>

Valores epistemológicos e pragmáticos podem estar em competição, por exemplo. Se nossos critérios para o entendimento envolvem um controle preditivo, podemos decidir tolerar as inconsistências teóricas. Se, por outro lado, nosso objetivo primeiro é a consistência racional, podemos deixar de lado a questão da predição ou do controle pragmático. Decisões políticas de importância evidente

também podem afetar o que parece ser um processo “objetivo”: se a crise de energia é definida como um problema de oferta (“precisamos de mais petróleo”), encontraremos um conjunto de fatos e uma gama de possíveis soluções diferentes do que o que teríamos se o mesmo fosse definido como um problema de procura (“precisamos economizar”). Kuhn então tornou possível imaginar uma pluralidade de aproximações científicas a um dado problema, cada qual com sua força ou virtude particular.

A ironia é que enquanto Kuhn dismantelava o corpo principal de suposições da Filosofia Analítica, levantando questões em uma perspectiva mais típica da Filosofia Continental, ele foi inserido tradicionalmente (embora nem sempre de forma confortável) dentro da estrutura da filosofia analítica. Inversamente, a própria Filosofia Continental (com poucas exceções) ainda não examinou o conhecimento científico com as ferramentas à sua disposição<sup>14</sup>. Meu projeto aqui é usar a abordagem e os conceitos da tradição Continental para descrever o que é relevante na teoria e prática da geologia.

## A geologia como uma ciência hermenêutica

As duas características distintivas de raciocínio nas ciências da Terra que eu discutirei nas seções seguintes são a natureza da geologia como uma ciência **hermenêutica** (interpretativa) e como uma ciência **histórica**.

O termo *hermenêutica* significa teoria da interpretação; a hermenêutica é a arte ou ciência de interpretar textos. Um texto (significando tipicamente um trabalho literário) é um sistema de símbolos cujo significado não é aparente, devendo ser decifrado, o que acontece por meio da atribuição de diferentes tipos ou graus de significância aos vários elementos que o compõem. O *status* deste significado decifrado tem sido fonte de alguma disputa; no século XIX, afirmou-se que, quando apropriadamente aplicada a um texto, a técnica hermenêutica resultava em conhecimento tido como objetivo do ponto de vista das ciências naturais. No século XX, entretanto, a hermenêutica considerou que decifrar significados sempre envolve o intercâmbio sutil entre aquilo que está “objetivamente” no texto e aquilo que o leitor leva até ele em termos de pré-suposições e expectativas. Com efeito, a her-

<sup>14</sup> Exceções a essa negligência geral da filosofia da ciência pela filosofia continental incluem o trabalho de Heelan (1983), Kockelmans e Kiesel (1970) e Rouse (1987).

<sup>12</sup> Enquanto o trabalho de Kuhn era a coisa mais importante para as mudanças que discutirei, ele é, em certo grau, uma figura simbólica representativa de amplo movimento dentro da filosofia da ciência. Outros autores importantes são Toulmin e Goodfield (1965), Hanson (1959) e Feyerabend (1965, 1977).

<sup>13</sup> Essa é uma interpretação “forte” do trabalho de Kuhn (1962). Kuhn tinha vacilado sobre o grau em que os resultados da ciência são influenciados pelos valores sociais. Em seu último ensaio (cf. Kuhn 1977) ele havia retrocedido em algumas afirmações feitas em *A estrutura das revoluções científicas*. Isso não impediu que outros seguissem o primeiro e mais radical Kuhn. Rouse (1987) se refere a isso como sendo dois Kuhn: um mais radical e o outro mais convencional em sua atitude em relação a essas questões.

menêutica rejeita a asserção de que os fatos sempre podem ser independentes da teoria.<sup>15</sup>

A hermenêutica teve origem no princípio do século XIX como forma de tentar conciliar as afirmativas contraditórias da Bíblia por meio de uma interpretação sistemática de suas várias asserções. No princípio do século XX a hermenêutica foi aplicada a documentos históricos (legais, inclusive) para ajudar a decifrar o significado original pretendido pelo autor. A hermenêutica foi (e ainda é) usada quando um teólogo argumenta sobre quais partes da Bíblia devem ser lidas literalmente e quais metaforicamente, e que peso dar a cada uma. De modo semelhante, o acadêmico de literatura atua hermenêuticamente quando afirma que os comentários de um narrador devem ser percebidos séria e não ironicamente, assim como o faz o psicólogo quando interpreta uma falha de linguagem como sendo significativa ou não.

No século XX, entretanto, a hermenêutica deixou de ser estritamente uma metodologia das *Geisteswissenschaften* (isto é, das humanidades; literalmente as “ciências espirituais”) para se tornar uma análise mais geral do conhecimento. Filósofos hermenêuticos como Heidegger (1927, 1962) argumentaram que todo o entendimento humano (incluindo as ciências naturais, apesar delas não serem sua principal preocupação) é fundamentalmente interpretativo. Não somente os livros, mas o mundo inteiro é como um texto a ser lido; não se pode encontrar, em qualquer área, dados ou informações completamente objetivos. A forma como **percebemos** o objeto é sempre modelada (embora não determinada completamente) pelo modo como **concebemos e agimos sobre** o objeto com o conjunto de ferramentas, conceitos, expectativas e valores que trazemos até o mesmo.

Quando aplicamos esta questão à geologia, torna-se claro que o entendimento geológico é mais bem compreendido como um processo hermenêutico. O geólogo atribui diferentes valores aos vários aspectos do afloramento, julgando quais características ou padrões da rocha são significativos e quais não o são. Examinar um afloramento não é simplesmente uma questão de “dar uma boa olhada”. O geólogo extrai das pistas do passado eventos e processos, de maneira análoga àquela em que o médico interpreta os sinais de uma doença ou em que o investigador constrói um caso circunstancial contra um acusado.

Muitos de nós somos familiarizados com o 15 Para uma introdução sobre hermenêutica veja Bleicher (1980). Gadamer (1975) oferece um tratamento mais sofisticado.

aspecto hermenêutico do entendimento, a variação de nossa consciência de um objeto quando nos aproximamos dele com um conjunto de novos conceitos e expectativas. Isto normalmente acontece a estudantes quando são introduzidos pela primeira vez a um assunto. Na faculdade, matriculei-me em um curso introdutório à história da arte. Sem instrução prévia sobre arte, mas armado de preconceitos, abordei o curso com uma atitude cética. Toda aula começava com as luzes apagadas, com a professora mostrando um *slide* de uma famosa obra de arte. Ela então nos dava alguns minutos para que a considerássemos à nossa maneira. Tipicamente, principalmente no início do semestre, eu nada via de significativo no *slide* e não podia entender porque aquela era considerada uma grande obra de arte. Embora se tornasse banal que, após alguns minutos de preleção durante os quais a professora introduzia um conjunto de conceitos para “ler” a obra de arte, a peça sofria a mais surpreendente transformação. Auxiliado por estes conceitos, eu agora via a peça como se fosse pela primeira vez. Como a história da arte, com a qual partilha um componente fortemente visual, a geologia é uma ciência especialmente hermenêutica: um afloramento normalmente nada diz ao não-iniciado, até que o geólogo introduza conceitos para “ver” a rocha.<sup>16</sup>

Esta mudança, da crença de que os dados são objetivamente “fornecidos” ao observador científico à visão de que todo o conhecimento humano é fundamentalmente hermenêutico — de que nossas percepções são sempre estruturadas em algum grau por nossas concepções — tem muitas implicações para o nosso entendimento tanto da natureza do conhecimento científico como da relação entre a ciência e a sociedade numa escala mais ampla. Em suma, isto torna a questão dos interesses humanos — pessoais, ético-políticos e metafísicos — mais intrínsecos que externos ao trabalho da ciência. As suposições teóricas que o cientista traz ao seu trabalho (o que é realmente significativo e que tipo de trabalho vale a pena fazer) estruturam, em um grau ou outro, tudo aquilo que é examinado, visto, registrado e relatado.

A hermenêutica contemporânea considera que este amálgama de percepção e conceitos é fundamental ao entendimento humano. Todo o mundo é um texto; todo o entendimento é, nas palavras de Merleau-Ponty (1960; contido em Johnson 1993),

16 Sobre a natureza visual da ciência, veja Martin J.S. Rudwick (1976b).

uma combinação de “olho e mente”. O grau exato de “objetividade” (para usar uma palavra que já não nos serve muito bem) em nossas considerações sobre o mundo está aberto à argumentação; mas a crença no cientista como observador puramente objetivo não é mais viável. Mas isto não implica (exceto na maior parte da bibliografia radical) que todas as nossas avaliações do mundo, científicas ou não, sejam inteiramente subjetivas. As verdades da ciência, como a maioria das coisas, caem em algum lugar no meio.

A hermenêutica filosófica não pretende oferecer uma metodologia rigorosa, análoga à forma como a filosofia analítica entendeu operar o método científico. O papel da hermenêutica não é desenvolver um conjunto de regras para uma interpretação adequada, mas esclarecer as condições gerais sob as quais ocorre a compreensão. Há, entretanto, três conceitos hermenêuticos básicos que vale a pena delinear, por desempenharem papel fundamental em qualquer processo hermenêutico, incluindo o raciocínio geológico: (1) o círculo hermenêutico, (2) as pré-estruturas de entendimento e (3) a natureza histórica do conhecimento.<sup>17</sup>

O conceito básico da hermenêutica é conhecido como **círculo hermenêutico**. Heidegger (1927, 1962) argumentou que a compreensão é fundamentalmente circular; quando tentamos compreender algo, o significado de suas partes é entendido a partir de sua relação com o todo, enquanto nossa concepção do todo é construída a partir de um entendimento de suas partes. Então, por exemplo, o significado de uma frase é concebido em termos de todo um texto e vice-versa. Mais especificamente, nossa compreensão de um afloramento é baseada no entendimento das camadas individuais, que por sua vez fazem sentido em termos de sua relação com todo o afloramento. Este processo de raciocínio de vai-e-vem opera em todos os níveis; um todo em um dado nível de análise torna-se parte de outro todo. Assim, nosso entendimento de uma região baseia-se em nossa interpretação dos afloramentos individuais daquela região e vice-versa; e nossa interpretação de uma camada individual dentro de afloramento baseia-se em nossa compreensão dos sedimentos e estruturas que a compõem e vice-versa. Em nível ainda mais elevado, nossa compreensão global do limite Cenomomiano-Turoniano é determinada por meio de intrincada ponderação dos vários tipos de

17 O argumento que segue baseia-se na tradição da filosofia hermenêutica, sendo a mais importante fonte Heidegger (1927, 1962).

evidência (litologia, macro e micropaleontologia, geoquímica etc). Esta interpretação global é então usada para avaliar o *status* das peças individuais de evidência.

Tal raciocínio circular é frequentemente visto como vício, uma falácia lógica a ser evitada a todo o custo. Mas Heidegger argumentou que este tipo de circularidade não somente é inevitável, mas na verdade, se adequadamente utilizado, torna-se o próprio meio pelo qual o entendimento se processa e avança. O entendimento começa quando desenvolvemos uma primeira concepção do significado global do objeto. Sem esta concepção inicial não teríamos critério para dar sentido ao objeto. A interpretação provisória é posta em questão quando atentamos para detalhes no objeto (ou texto) que não coadunam com nossa concepção global. Isto nos força a rever nossa interpretação do todo, bem como nossa interpretação dos outros particulares. A compreensão se aprofunda neste padrão circular à medida que revemos nossa concepção do todo pelo novo significado sugerido pelas partes, e nosso entendimento destas pelo nosso novo entendimento do todo.

Uma consequência do círculo hermenêutico é a de que ele descarta a asserção de que é possível abordar-se um objeto de modo neutro, aberto a todas as possibilidades. Na prática, sempre chegamos ao nosso objeto de estudo com uma série de pré-julgamentos: uma ideia do que seja o problema, que tipo de informação estamos procurando e o que contará como resposta. O que evita que tais pré-julgamentos escorreguem para o dogmatismo ou o preconceito — isto é, o que ainda permite distinguir a ciência da ideologia — é o fato de que eles não são “cegos”. Continuamos abertos à correção, permitindo que o texto ou objeto nos instrua e sugira novos significados e aproximações.

Isso nos leva ao segundo ponto relevante para o raciocínio geológico. Heidegger identificou três tipos de pré-julgamentos ou “**pré-estruturas**” que nos trazem a cada situação. A primeira delas são as nossas pré-concepções, as ideias e teorias nas quais confiamos quando pensamos sobre um objeto. Os conceitos não são ferramentas neutras, embora nos permitam enfocar um objeto de forma particular, abrindo certas possibilidades enquanto fechamos outras. Assim, por exemplo, ao se abordar a Cordilheira Ocidental com conceitos como *complexos ofiolíticos* e *terrenos acresionários* o que se vê no campo será influenciado por estas pré-concepções.



Elas incluem nossa definição inicial do objeto a ser investigado, assim como os critérios usados para identificar quais fatos são significativos e quais não o são.

A segunda é a nossa previsão, nossa ideia do presumido alvo de nossa pesquisa e nosso sentimento daquilo que contará como resposta. Heidegger argumenta que sem algum vago senso (e, com a mente aberta, espera-se) de que tipo de resposta estamos procurando, não a reconheceremos quando a encontrarmos. Novamente, isto implica que os valores do cientista — aquilo que ele espera achar ou alcançar — são mais intrínsecos que extrínsecos ao empreendimento científico.

A terceira é que sempre nos aproximamos do objeto de estudo com uma série de práticas que já possuímos ou utilizamos, as quais Heidegger chamou “*fore-having*”. Estas são o conjunto de implementos, talentos e instituições adquiridos culturalmente que nos levam até o objeto de estudo. Na geologia de campo, os implementos incluem o martelo de geólogo, o HCl a 0,10 %, uma fita métrica, uma lupa, o *Jacob’s staff*, lápis e papel e uma bússola Brunton. No laboratório, há outro conjunto de instrumentos: bandejas, serras de rocha, computadores, ácidos, microscópio óptico e microscópio eletrônico.

Da mesma forma que nossas pré-concepções, a natureza destes instrumentos modela o tipo de informação coletada; sem um microscópio óptico não poderíamos estudar a natureza do nanoplâncton; sem um espectrômetro de massa a geoquímica isotópica seria impossível. Com outro conjunto de instrumentos, dados diversos daqueles seriam coletados e nos dariam um (possivelmente bastante) diferente senso do objeto. O conceito de “*fore-having*” também inclui os vários talentos que o geólogo aprende no campo ou no laboratório: montar mapas, medir atitudes (direção e mergulho), preparar amostras, limpar e preservar espécimes e até mesmo manejar apropriadamente um martelo para quebrar uma rocha sem destruir os fósseis. Além destes, incluem-se aqui as técnicas matemáticas e estatísticas usadas em pesquisa.

Não menos cruciais, entretanto, e frequentemente desprezadas, são as estruturas sociais e políticas da ciência: os professores, os vários estudantes de graduação, grupos de pesquisa, associações profissionais e outros. A ciência é uma atividade mental e também social, dependente da existência de uma comunidade acadêmica. O trabalho da ciência

se processa pela troca de ideias com os colegas, sociedades e periódicos profissionais que definem os tópicos “quentes” e as linhas favorecidas de pesquisa, e até os estudantes de graduação que ajudam a administrar laboratórios e coletar amostras.<sup>18</sup>

O terceiro conceito básico da hermenêutica, aplicável à geologia e certamente a todas as ciências, é a natureza histórica do conhecimento humano. Aqui a asserção (distinta da argumentação da seção seguinte) é a de que os pré-julgamentos particulares com os quais começamos têm efeito duradouro. Frequentemente se diz que, não importam as suposições ou alvos iniciais, o método científico eventualmente nos levará à mesma compreensão final da realidade objetiva. A hermenêutica contra-argumenta: nossas suposições e alvos iniciais resultam na descoberta de certos fatos e não de outros, que por sua vez nos levam a novas linhas de pesquisa e sequências de fatos. Qualquer cientista pode citar áreas de importância potencial que não são pesquisadas devido à falta de tempo e recursos ou mesmo à falta de compromisso suficiente de parte da comunidade científica. Como tais decisões se multiplicam ao longo das décadas, o corpo do conhecimento científico vem a apresentar um forte componente histórico.

As asserções de Heidegger em relação à ciência, especialmente a geologia, podem ser sintetizadas em duas teses: (1) ele rejeita a visão de que os dados sejam obtidos de modo puro e que as teorias sejam construções totalmente objetivas. Na verdade, entende-se que a ciência envolve vários tipos de valores que não somente são inevitáveis, mas também necessários e produtivos à descoberta da verdade. (2) a ciência não é apenas algo que alguém **pensa**; é também algo que alguém **faz**. A ciência é atividade social e histórica, estruturada em grau significativo pelos talentos e equipamentos do cientista, assim como pelas estruturas institucionais do campo científico e pela cultura em geral.

## A geologia como uma ciência histórica

Hull (1976) identificou quatro ciências históricas: a cosmologia, a geologia, a paleontologia e a história humana. Uma ciência histórica é definida

<sup>18</sup> Para considerar adequadamente esse tópico é necessário outro trabalho. Desde o trabalho de Latour e Woolgar, *Laboratory life: The social construction of scientific fact* (1981) tem havido um grande número de trabalhos sobre as influências sociais e políticas na investigação científica. Fontes importantes nessa área incluem Pickering (1992), Trawick (1988) e Knorr Cetina (1981).

pelo papel que a explicação histórica desempenha em seu trabalho. Enquanto a explicação dentro das ciências históricas se vale de muitas das ferramentas comuns a todas as ciências (o modelo dedutivo-nomológico de explicação, definido abaixo), na explicação histórica permanece uma diferença fundamental e distintiva. Esta diferença, no que se relaciona à geologia, pode ser caracterizada em termos de três pontos: o papel limitado ou a relevância dos experimentos de laboratório, resultando na dependência da geologia a outros tipos de raciocínio; o problema dos tipos naturais (i.e. a questão de definir o objeto de estudo dentro da geologia histórica); e a natureza da geologia como uma ciência narrativa.

As ciências experimentais (como a física e a química), cujo trabalho é baseado na experimentação laboratorial, são essencialmente não-históricas: as particularidades de espaço e tempo não desempenham papel significativo no processo de raciocínio. O trabalho acontece no laboratório, um espaço ideal onde as condições podem ser controladas. As exigências da verdade nestas disciplinas pressupõem que outros pesquisadores podem recriar as condições idênticas do experimento inicial dentro de seu próprio laboratório. Assim, para que uma afirmativa seja considerada científica, um cientista em Oslo deverá ser capaz de reproduzir resultados idênticos àqueles do experimentador original em Seattle. Neste sentido, tempo e história não têm lugar nas ciências experimentais.<sup>19</sup>

De fato, em outro sentido, tempo e história são partes inseparáveis de qualquer ciência; uma reação química leva tempo para se completar e cada reação é histórica pois tem suas feições e caráter próprios, não importa o quão insignificantes possam ser, o que a distingue de todas as outras reações. Mas nosso interesse em reações químicas não é narrar as condições históricas específicas que afetam uma dada reação, mas abstrair uma verdade geral ou ideal sobre uma dada classe de reações químicas. Até mesmo as substâncias usadas são idealizadas, pois os reagentes usados pelo químico foram testados em sua própria pureza. Uma reação química particular torna-se então um mero exemplo de uma lei ou princípio geral.

Contrariamente, nas ciências históricas, as circunstâncias causais específicas que envolvem a entidade individual (que levaram a ela e quais as suas consequências) são a principal preocupação. Cf. Collins e Pinch (1993) sobre as dificuldades extraordinárias para reproduzir experimentos.

do pesquisador<sup>20</sup>. Na geologia, o objetivo principal não é identificar leis gerais, mas relatar os eventos particulares que ocorreram em dada localização (no afloramento, na região ou em todo o planeta). Isto significa que as hipóteses não são testáveis do modo como o são nas ciências experimentais. Apesar de o geólogo ser capaz de reproduzir em laboratório as condições de um outro experimento (estudando a natureza da deformação por meio de experimentos com *play-doh*, por exemplo), a relação destes experimentos com as particularidades da história da Terra (o cinturão de cavalgamento de Idaho-Wyoming, por exemplo) permanece incerta.

Aqui o ponto crucial é que as ciências históricas se distinguem por um conjunto diferente de critérios para **aquilo que conta como explicação**. Emprestando e adaptando um exemplo de Hull (1976), quando perguntamos porque alguém morreu não nos satisfazemos com a mera referência à lei da natureza de que todos os seres morrem, embora seja verdade; estamos nos referindo a um conjunto de circunstâncias particulares relativas a tal ocorrência. De modo semelhante, em geologia estamos mais interessados nos “indivíduos” históricos (este afloramento, o *Western Interior Seaway*, o período de vida de uma espécie) e sua história específica de vida. É possível identificar em geologia leis gerais que tenham poder de explicação — a Lei de Walther, por exemplo — mas o peso de nosso interesse está em outra parte. O papel central desempenhado pela questão daquilo que conta como explicação novamente se realça — e este é um dos principais pontos deste ensaio — a impossibilidade de separar o conhecimento dos interesses humanos.<sup>21</sup>

Deparando-se com as dificuldades de modelar o passado geológico em face dos problemas de escala temporal e espacial e dada a singularidade e complexidade dos eventos geológicos, o geólogo se volta para outros tipos de explicação, como o raciocínio por analogia, o método das hipóteses e a indução eliminatória. Uma análise cuidadosa dos pontos fortes e fracos destas e outras técnicas de argumentação é assunto de outro artigo<sup>22</sup>. Aqui limitei-me

20 Não pretendo negar o fato de que há outro aspecto da pesquisa geológica que enfoca leis e processos (i.e. a geologia física). Porém, meu enfoque é no aspecto distintivo da geologia quando comparada com outras ciências, ou seja, a perspectiva e interesses da geologia histórica.

21 O estabelecimento clássico desse ponto é feito na obra de Habermas (1971) *Knowledge and human interests*.

22 O primeiro capítulo da obra de Rachel Laudan (1987) *From mineralogy to geology* discute registros do século XIX de uma série de procedimentos lógicos usados pelos cientistas (procedimentos que são ainda constantemente usados hoje em dia). Stanley Schumm (1991) oferece uma discussão sucinta dos aspectos distintivos do raciocínio geológico em *To interpret*

a uma discussão sobre o papel dos argumentos a partir da analogia no raciocínio geológico.

Argumentos por analogia desempenham papel crucial nas ciências históricas; a suposição pela analogia entre o passado e o presente é o que torna possível tratar tais assuntos como ciência, isto é, acessíveis à explicação racional. Da mesma forma que as asserções sobre a história humana devem assumir que o que podemos associar daquilo que sabemos das motivações humanas hoje faça sentido em termos de ações passadas, o raciocínio na história geológica é construído sobre a suposição de que “o presente é a chave do passado” — que os processos geológicos atuais operam de modo semelhante àqueles do passado.

Dentro da geologia, tem-se dado reconhecimento explícito à suposição pela analogia entre o passado e o presente por meio do princípio do uniformitarismo. Recentes discussões de uniformidade (Rudwick 1976a, Berggren e Van Couvering 1984, Gould 1987) descreveram o caminho confuso de que este princípio às vezes se valeu. Seguindo Rudwick, Gould argumenta que os geólogos algumas vezes fundiram quatro tipos de uniformidade. Os dois primeiros, ou seja, as reivindicações metodológicas da uniformidade de lei e processo, nada mais são que a versão geológica das suposições gêmeas da ciência de que a natureza é governada por um comportamento regido por leis, e que não deveríamos inventar causas novas ou desconhecidas até que tenhamos exaurido as que já temos. Os outros dois, a uniformidade de taxa de variação (gradualismo) e de estado (i.e. que a Terra esteja em um estado estável, sem períodos de clima significativamente mais quente, um nível mais alto do mar, ou mais atividade vulcânica) dão substância e atualidade a asserções sobre a história da Terra que foram amplamente rejeitadas pela comunidade geológica.

O efeito global da consideração de Gould é deflacionário; o uniformitarismo se torna mais um princípio de senso comum assimilando asserções peculiarmente não-geológicas. Ao separar o uniformitarismo metodológico do substantivo, Gould esvazia o princípio de qualquer significado especificamente geológico, chegando portanto a uma posição idêntica à de Nelson Goodman (1967), que conclui que “... o Princípio da Uniformidade dissolve-se num princípio de simplicidade que não

*the Earth: Ten ways to be wrong.* Schumm agrupa suas dez formas em três categorias: problemas de escala e lugar, de causa e processos e de sistema resposta.

é peculiar à geologia mas permeia toda a ciência”. Novamente a natureza do raciocínio geológico não é diferente em princípio de qualquer outra ciência.

Mas esta redução do uniformitarismo ao princípio de simplicidade deixa muita coisa por explicar. O problema é que o presente é uma janela muito pequena para o passado, para prover o geólogo com um conjunto completo de analogias. Isto é verdadeiro em dois sentidos. Primeiro, ao rejeitar as asserções da uniformidade de estado, a comunidade geológica está reconhecendo que alguns dos ambientes deposicionais do passado (mares epirogênicos, inundações de Bretz, por exemplo) não mais existem; raramente, porém, pode-se estabelecer uma analogia rigorosa a partir de um ambiente contemporâneo inexistente. Segundo, existem contra-analogias inquestionáveis entre nossa experiência humana de tempo e as expansões do tempo geológico. Dessa forma, a uniformidade nunca pode nos dizer como ajustar as condições modernas a rochas que foram alteradas por diagênese ou outros fatores dependentes do tempo. Viajando pela costa da Carolina, podemos ver tatus escavando o solo e a trilha que deixam atrás de si, mas nenhum processo que possamos observar hoje nos dirá como suas tocas se parecerão daqui a 100 milhões de anos. Naturalmente, podemos tentar modelar as diferenças no laboratório ou no computador, mas no fim das contas isto apenas recapitula nosso problema, pois não podemos nos certificar dos parâmetros que estabelecemos nem processar nosso modelo para quantidades geológicas de espaço e tempo<sup>23</sup>.

Já os físicos podem, se quiserem, retestar a constante gravitacional ao começo de cada dia; os historiadores da cultura humana têm exemplos modernos de revolução ou histeria coletiva para examinar, em comparação aos registros do passado. Mas a geologia (assim como as outras ciências históricas da paleontologia e da cosmologia) é histórica em um sentido mais profundo; dada a complexidade dos eventos geológicos, nossa falta de experiência de todos os ambientes geológicos e das dimensões de tempo geológico, além de nosso interesse na singularidade de cada evento, os geólogos simplesmente não podem projetar o presente sobre o passado. É claro que o geólogo não está inteiramente desarmado; a extrapolação, desde taxas

<sup>23</sup> Derek V. Ager (1993, p.81) em *The nature of the stratigraphical record* pergunta “É o presente uma chave longa o suficiente para penetrar a profunda fechadura do passado?”

atuais de erosão até argumentações com relação ao tempo que uma cadeia montanhosa leva para ser nivelada, nos provê com uma certa percepção das coisas. Este resultado via analogia é então comparado aos resultados de outras linhas de raciocínio, como o método das hipóteses, onde se “raciocina para trás” a partir da existência de uma feição até uma explicação hipotética consistente com as evidências disponíveis. Mas é este senso de coerência global de uma teoria que define o raciocínio geológico, muito mais que uma simples correspondência entre presente e passado.

Há um segundo aspecto das ciências históricas que merece menção. As entidades históricas apresentam um único desafio como objeto de estudo (White 1963, Hull 1976, 1981). A questão é decepcionantemente simples: como se define o objeto de estudo? Em outras ciências, os objetos de estudo aparecem como “entidades naturais”. O núcleo de um átomo consiste de nêutrons e prótons e a distinção entre eles parece estar escrita na própria estrutura do átomo. Mas as entidades históricas não se apresentam plenamente formadas nem permanecem imutáveis quando de sua destruição. O pesquisador nas ciências históricas se depara com a identificação de um conjunto de características que definem uma entidade individual e também com o decidir-se acerca de que grau de variação poderá ocorrer antes que tenhamos uma nova entidade ao invés de uma simples modificação da antiga. Assim, ao considerarmos o *Plateau* do Colorado como uma entidade histórica somos desafiados a definir sua natureza e extensão e em que ponto do passado ele se tornou um “indivíduo” identificável e discretizado. De forma semelhante, o paleontólogo deverá decidir quando um fóssil de uma linhagem em evolução constitui uma nova espécie.

White (1963) e Hull (1976) argumentam que é o conceito de um assunto central que permite a construção de uma explicação histórica. Um assunto central é a identidade organizacional que vincula fatos e incidentes díspares. Na história humana, uma ampla variedade de entidades pode funcionar como princípio de organização: indivíduos ou grupos sociais, entidades corporativas (companhias, nações), ou até mesmo ideias (a ideia de progresso). Na geologia existe uma gama semelhante de indivíduos históricos: a orogenia Laramide, o mar Cretáceo Ocidental Interior, o Calcário Bridge Creek e a espécie *Mytiloides mytiloides* são exemplos de temas centrais.

Os temas centrais proporcionam a coerência necessária para que uma narrativa inteligível possa ser construída a partir de um conjunto de objetos ou eventos aparentemente desconexos. Mas como tais assuntos não são tipos naturais, podem ser definidos de maneiras diferentes. Isto significa que os geólogos podem vir a definir diferentes objetos de estudo e assim desenvolver diferentes interpretações daquilo que primeiramente terá parecido ser um assunto de investigação não-problemático. Um simples exemplo são as diferentes interpretações que podem resultar da divisão de uma seção estratigráfica em diversas unidades, de acordo com diferentes critérios como características físicas, por exemplo (folhelho, arenito etc), ou em termos de relações geneticamente associadas (sequências transgressivo-regressivas etc).

Finalmente, as ciências históricas distinguem-se pelo decisivo papel da narrativa lógica em suas explicações. A narrativa lógica é um tipo de entendimento em que os detalhes fazem sentido em termos da estrutura global de uma descrição. Diferentemente das ciências experimentais, nas quais as predições são efetuadas combinando-se leis gerais com uma descrição das condições iniciais (modelo dedutivo-nomológico), as ciências históricas não centram-se no processo de realizar predições. As narrativas históricas não explicam um evento reduzindo-o a uma generalização, mas integrando-o em um todo organizado. Assim um afloramento não “faz sentido” até que contribua para e seja um componente de uma história global.<sup>24</sup>

A narrativa é frequentemente desprezada como forma vaga e literária de conhecimento à qual falta rigor lógico e o embasamento de evidências, sustentáculo apropriado às “ciências duras”.<sup>25</sup> Mas isto clama pela questão sobre se a narrativa tem lógica ou rigor por si só e se a própria explicação científica é dependente da narrativa lógica. Os filósofos continentais têm argumentado que estes dois tipos de saber são integralmente relacionados entre si e se complementam. Em *Tempo e Narrativa*, Paul Ricoeur (1985; ver também Ricoeur 1987) defende que a narrativa é a nossa forma mais básica de dar sentido à experiência. A explicação científica baseia-se na narrativa em um sentido que, ao contar uma estória, criamos um contexto que define e dá sig-

24 Gould (1989, p. 280-291) também argumenta pela natureza narrativa da geologia e das ciências históricas em geral.

25 Há uma literatura ampla e variada sobre a questão das ciências narrativas e históricas. Cf. Carr (1986) para um excelente sumário e muitas referências.

nificado à nossa pesquisa e aos dados. Dessa forma, o exame do *Greenland Ice Sheet Project* explica-se e justifica-se por nossa preocupação com a mudança global do clima, e o estudo dos folhelhos pretos é fundamentado por causa da grande “estória” que trazem em si (sua relevância para a exploração de hidrocarbonetos, por exemplo). Em geologia histórica, o raciocínio científico é colocado dentro do contexto da narrativa de uma localidade ou região da Terra (ou de todo o planeta). É característico de sua disciplina que os geólogos contem uma estória que conceda à sua pesquisa maior significado e contexto — um talento que todos os cientistas deverão dominar em uma época na qual a ciência enfrenta uma luta pelo próprio embasamento.

## Conclusão e discussão

Nestas considerações sobre o raciocínio geológico, argumentei que enquanto a geologia depende em parte do método clássico dedutivo-nomológico das ciências experimentais, ela também se distingue por um conjunto definido de procedimentos lógicos. Perceber a geologia sob a perspectiva da física desfoca nossa compreensão do raciocínio geológico, pois a ciência geológica está apenas parcialmente ligada ao modelo clássico de raciocínio científico. Mas ao invés de ver a geologia como uma ciência derivada ou menos importante, argumentei que o raciocínio geológico proporciona um forte modelo de outro tipo de raciocínio científico baseado nas técnicas da hermenêutica e das ciências históricas. A geologia é um exemplo proeminente de ciência sintética, combinando uma série de técnicas lógicas na solução de seus problemas. O geólogo exemplifica o *bricoleur* de Levi-Strauss (1966), o pensador cuja caixa de ferramentas intelectuais contém vários instrumentos que são selecionados de acordo com o trabalho do momento.

Há duas importantes consequências destas asserções. Primeira: o raciocínio científico em geral e o raciocínio geológico em particular são operações complexas. É evidente que um maior grau de autoconsciência sobre a natureza do processo de raciocínio pode ajudar o cientista em seu trabalho. Segunda: o objetivo deste ensaio não é apenas identificar os diferentes procedimentos lógicos que atuam nas ciências, mas também apontar o caminho para uma noção de raciocínio mais relevante e vibrante dentro das ciências e cultura em geral.

O raciocínio científico é muito frequentemente

caricaturado como um método de livro de receitas que nos provê com respostas infalíveis. Esta falsa representação prejudica tanto a ciência como a cultura, quando o inevitável desapontamento se estabelece. O processo de raciocínio científico tipificado pela geologia oferece uma abordagem de raciocínio mais aplicável às incertezas e complexidades de nossas vidas. Raramente estamos de posse de todos os dados que gostaríamos para tomar uma decisão, e nem sempre está claro que eles sejam objetivos e não estejam distorcidos. Somos forçados a preencher as lacunas em nosso conhecimento com interpretações e suposições que esperamos que sejam posteriormente confirmadas. Dessa forma, os métodos de uma ciência hermenêutica e histórica espelham melhor as complexidades que enfrentamos como seres históricos.

É provável que este tipo de raciocínio se tornará mais crucial no próximo século. Muitas das questões atuais (aquecimento global, vários tipos de riscos, disponibilidade de recursos naturais) são, por sua própria natureza, científicas e éticas, sendo que o aspecto científico do problema é profundamente influenciado pela interpretação e pela incerteza. A montanha Yucca pode simbolizar o tipo de problemas que enfrentaremos à medida que nos perguntarmos como avaliar cientificamente a viabilidade deste local proposto para o depósito permanente de lixo nuclear, enquanto incluímos em nossa tomada de decisões os direitos das gerações futuras a um ambiente seguro.<sup>26</sup> Num mundo incerto, onde constantemente somos obrigados a comparar coisas incomensuráveis (necessidades do presente *versus* obrigações com relação ao futuro; fatores quantitativos e qualitativos), a geologia nos proporciona um modelo de raciocínio (e, acredito, melhor) outro que o oferecido pelo modelo científico tradicional.

## Referências bibliográficas

- Ager D.V. 1993. *The nature of the stratigraphical record*. New York, Wiley and Sons, 151p.
- Albritton C.C. editor. 1963. *The fabric of geology*. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 372p.
- Anderton R. 1985. Clastic facies models and facies analysis. In: Brenchley P.J. and Williams B.J.P. eds. 1985. *Sedimentology : recent developments and applied aspects*. Oxford, United Kingdom, Blackwell Scientific Publications. p. 31-47.
- Berggren W.A. & Van Couvering J.A. eds. 1984.

<sup>26</sup> Para posterior discussão desse ponto, veja Frodeman e Turner (1995).



- Catastrophes and Earth history*. Princeton, New Jersey, Princeton Univ. Press. 464p.
- Bleicher J. 1980. *Contemporary hermeneutics*. Massachusetts, Poutledge and Kegan Paul. 288p.
- Bucher W. H. 1941. *The nature of geological inquiry and the training required for it*. New York, A.I.M.E. Technical Publication 1377, 6p.
- Carnap R. 1937. *The logical syntax of language*. London, United Kingdom. Routledge and Kegan Paul. 252p.
- Carr D. 1986. *Time, narrative and history*. Bloomington, Indiana University Press. 189p.
- Chamberlin T.C. 1890. The method of multiple working hypotheses. *Science*, **15**:92-96.
- Churchland P.S. 1986. *Neurophilosophy*. Cambridge, Massachusetts, MIT Press. 546p.
- Collins H. & Pinch T. 1993. *The golem: What everyone should know about science*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press. 163p.
- Degens E.T. & Stoffers P. 1976. Stratified waters as a key to the past. *Nature*, **263**:22-26.
- Descartes R. 1964. *Philosophical essays*. Lafleur, L.J. trans. New York, Macmillan. 236p.
- Feyerabend P. 1965. Problems of empiricism. In: Colodny R. ed. 1965. *Beyond the edge of certainty*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall. 287p.
- Feyerabend P. 1977. *Against method : Outline of an anarchistic theory of knowledge*. London, United Kingdom, New Left Books. 279p.
- Gadamer H.-G. 1975. *Truth and method*. New York, Continuum. 551p.
- Giere, R.N. 1988. Explaining science: A cognitive approach. Chicago, Illinois, Univ. Of Chicago Press. 321p.
- Gilbert G.K. 1886. The inculcation of scientific method by example. *American Journal of Science*, 3<sup>rd</sup> ser., **31**:284-299.
- Gillispie C.C. 1959. *Genesis and geology*. New York, Harper. 306p.
- Goldman S.L. 1982. Modern science and western culture: The issue of time. *History of European Ideas*, **3**(4):371-401.
- Goodman N. 1951. *The structure of appearance*. Indianapolis, Indiana, Bobbs-Merrill. 315p.
- Goodman N. 1967. Uniformity and simplicity. In: Albritton C.C.Jr., Hubbert M.K., Wilson L.G., Newell N.D., Goodman N. eds. 1967. *Uniformity and simplicity : A symposium on the principle of the uniformity of nature*. New York, Geological Society of America Special Paper 89, p. 93-99.
- Gould S.J. 1987. *Time's arrow, time's cycle : Myth and metaphor in the discovery of geologic time*. Cambridge, Massachusetts, Harvard Univ. Press. 222p.
- Gould S.J. 1989. *Wonderful life : The Burgess Shale and the nature of history*. New York, Norton. 347p.
- Habermas, J. 1971. *Knowledge and human interests*. Boston, Beacon Press. 356p.
- Hacking I. 1983. *Representing and intervening*. Cambridge, United Kingdom, Cambridge Univ. Press. 287p.
- Heelan P. 1983. Natural science as a hermeneutic of instrumentation. *Philosophy of Science*, **50**:181-204.
- Heidegger M. 1927. *Sein und zeit*. Tübingen, Germany, Neomarius Verlag. 488p.
- Heidegger M. 1962. *Being and time*. Macquarrie L., & Robinson E., trans. New York, Harper and Row. 589p.
- Herrick C. & Jamieson D. The social construction of acid rain: Some implications for science/policy assessment. *Global Environmental Change*, **5**:101-112.
- Hull D.L. 1976. Central subjects and historical narratives. *History and Theory*, **14**:253-74.
- Hull D.L. 1981. Historical narratives and integrating explanations. In: L.Wayne Summer, John G. Slater, Fred Wilson. eds. 1981. *Pragmatism and purpose*. Toronto, Ontario, University of Toronto Press. 352p.
- Johnson G.A. ed. 1993. *The Merleau-Ponty aesthetics resder*. Chicago, Northwestern Univ. Press. 421p.
- Kitcher P. 1993. *The advancement of science*. New York, Oxford Univ. Press. 421p.
- Kitts D.B. 1977. *The structure of geology*. Dallas, Texas, SMU Press. 180p.
- Knorr Cetina K. 1981. *The manufacture of knowledge*. Oxford, United Kingdom, and New York, Pergamon. 189p.
- Kocklemans J. & Kisiel T. 1970. *Phenomenology and the natural sciences*. Evanston, Illinois, Northwestern Univ. Press. 520p.
- Kornblith H. ed. 1985. *Naturalizing epistemology*. Cambridge, Massachusetts, MIT Press. 478p.
- Koyre A. 1957. *From the closed world to the infinite universe*. Baltimore, Maryland, Johns Hopkins Univ. Press. 313p.
- Kuhn T.S. 1957. *The copernican revolution : Planetary astronomy in the development of western thought*. Cambridge, Massachusetts, Harvard Univ. Press. 297p.
- Kuhn T.S. 1970. *The structure of scientific revolutions*. Cambridge, Massachusetts, Harvard Univ. Press. 210p.
- Kuhn T.S. 1977. *The essential tension : Selected studies in scientific thought and change*. Chicago, Illinois, Univ. of Chicago Press. 366p.
- Latour B. & Woolgar, S. 1979. *Laboratory life*. Beverly Hills, California, Sage Publ. 272p.
- Laudan R. 1987. *From mineralogy to geology*. Chicago, Illinois, Univ. of Chicago Press. 278p.

- Levi-Strauss C. 1966. *The savage mind*. Chicago, Illinois, Univ. of Chicago Press. 290p.
- Marcuse H. 1964. *One-dimensional man*. Boston, Massachusetts, Free Press. 260p.
- McPhee J. 1981. *Basin and range*. New York, Farrar, Straus, Giroux. 215p.
- Pickering A. ed. 1992. *Science as practice and culture*. Chicago, Illinois, Univ. of Chicago Press. 474p.
- Popper K. 1953. *The logic of scientific discovery*. New York, Harper and Row. 474p.
- Quine W.V.O. 1953. *From a logical point of view*. Cambridge, Massachusetts, Harvard Univ. Press. 184p.
- Rajchman J. & West C. 1985. *Post-analytic philosophy*. New York, Columbia Univ. Press. 275p.
- Reichenbach H. 1928. *Philosophie der Raum- und Zeit-Lehre*. Berlin, Vohweg.
- Reichenbach H. 1958. *The philosophy of space and time*. Reichenbach, M. & Freund, trans. New York, Dover. 295p.
- Ricoeur P. 1985. *Time and narrative*, McLaughlin, K., and Pellauer, D., trans. Chicago, Illinois, Univ. of Chicago Press. 207p.
- Ricoeur P. 1987. On interpretation. In: Baynes K., Bohman J., McCarthy T. eds. 1987. *After philosophy : End or transformation?* Cambridge, Massachusetts, MIT Press. p. 357-380.
- Rorty R. 1979. *Philosophy and the mirror of nature*. Princeton, New Jersey, Princeton Univ. Press. 401p.

## SEÇÃO LIVRE

# Subductar jamais!

**Claudio de Morisson Valeriano**

*Depto. de Geologia Regional e Geotectônica,  
Faculdade de Geologia, UERJ*

Este é um pequeno manifesto em prol da beleza da nossa querida língua portuguesa. Querida sim, mas nem sempre íntima. Chamamos atenção para um neologismo crescentemente empregado na literatura geológica brasileira referente à **subducção**, fenômeno geodinâmico em que uma placa litosférica afunda à velocidade de centímetros por ano, rumo ao interior terrestre sob outra placa que permanece à superfície. Ou melhor, **subdução**, conforme a Reforma Ortográfica da Língua Portuguesa em vigor desde 1º de janeiro de 2009.

Como a **subdução** é um processo fundamentalmente ligado à formação da crosta terrestre, da hidrosfera, da atmosfera e da própria vida, o termo aparece com grande frequência na nossa literatura

científica. Entretanto, a grafia mais usual tem sido o infinitivo **subductar** e o particípio passado **subductado**, em decorrência do aportuguesamento do vocábulo inglês “to subduct” (e “subducted”).

Ora, tal importação direta é desnecessária, pois o radical “duct” vem diretamente do latim, mãe da língua portuguesa, e aparece em vários similares de uso corrente trazendo a noção de fluxo (por um duto, por exemplo, mas não necessariamente). Apenas trocando o prefixo “sub” por outro, podemos por exemplo conduzir, aduzir, traduzir ou até mesmo seduzir. Portanto, nada mais natural conjugar o verbo **subduzir** da mesma forma.

Companheiros, subdução sim! “*Pero sin jamás*” subduzirmos perante armadilhas linguísticas!

Maio de 2010