

VIII ENPEC

Campinas, SP – 05 a 09 de Dezembro de 2011
01667-00001 – 08/12 - 11:00_13:00 CB14

Tempo Geológico nas perspectivas histórica, epistemológica e sócio-cultural: resultados de uma pesquisa transnacional

1. Nelio Marco Vincenzo Bizzo
Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo
bizzo@usp.br

2. Jeferson Botelho de Oliveira
Universidade Nove de Julho
jboevol@gmail.com

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de pesquisa a partir de uma abordagem dual. A História da Ciência forneceu elementos que demonstram que a concepção de tempo profundo foi um passo muito importante na direção da elaboração de uma perspectiva evolutiva. De outro lado, procuramos evidenciar as concepções de tempo geológico elaboradas por jovens estudantes que vivem em regiões de jazigos fossilíferos, inclusive alguns considerados críticos em termos históricos, em especial na região do Vêneto na Itália. Um debate extremamente inovador na virada do século XVIII estabeleceu as bases das teorias modernas da evolução.

Cinco localidades foram escolhidas, três no Brasil e duas na Itália, onde 39 estudantes (idade média=11 anos) foram entrevistados. Neste artigo apresentamos os resultados das entrevistas, ao lado de uma releitura do desenvolvimento histórico da concepção de tempo geológico levando em consideração contribuições de autores raramente citados na bibliografia educacional.

Palavras-chave: Tempo geológico, evolução biológica, ensino de evolução

Abstract

This article brings results of a dual research approach about learning-teaching evolution. History of Science has showed that the conception of deep time was a very important step towards the elaboration of an evolutionary perspective. On the other hand, we aimed at eliciting conceptions of geological time elaborated by young students who live in areas with fossil deposits, including some with direct contact with evidence which was considered crucial in historical grounds, specially from Veneto region in Italy. A groundbreaking debate at the turn of 18th century established the basis for modern theories of evolution. Five localities were chosen, three in Brazil and two in Italy, where 39 students (mean age=11 y.o.) were interviewed. In this paper we present interviews' results, as well as a historical reappraisal of the development of the concept of geological time, taking into account contributions of authors who are rarely mentioned in the educational bibliography.

Keywords: geological time, biological evolution, teaching-learning evolution.

Introdução

A compreensão do processo evolutivo é considerado uma base essencial para o entendimento da biologia como ciência. Stern (2004) chega a afirmar que o entendimento das idéias centrais sobre evolução biológica é parte essencial do entendimento da própria ciência e reconhece que há necessidade de aprofundar pesquisas na área. De fato, diversas pesquisas realizadas desde a década de 1980 têm demonstrado que estudantes de diversos níveis têm precário domínio dos conceitos centrais da teoria evolutiva, o que constituiria um obstáculo muito difícil, no sentido de atingir níveis mais elevados de domínio da ciência (SEPÚLVEDA e E-HANI, 2004)

Diversos estudos investigaram variáveis ligadas ao desenvolvimento cognitivo do aluno, às habilidades profissionais dos professores, aos materiais didáticos e ao sistema de crenças dos alunos (para uma revisão v. HOKAYEM e BOUJAOUDE, 2007, e OLIVEIRA, 2009,). Desses estudos emerge um quadro no qual é evidente a complexidade do problema do ensino de evolução, pois ele não pode ser reduzido a questões instrucionais, curriculares, cognitivas ou psicológicas. A questão exige lidar com o problema em diferentes níveis reconhecendo sua irreduzível complexidade.

A presente pesquisa partiu desse pressuposto a partir de um programa de pesquisas com elementos históricos, epistemológicos e sócio-culturais. Inicialmente, buscou-se esclarecer os passos do desenvolvimento original da teoria, nas elaborações originais de Charles Darwin, utilizando fontes primárias de informação, como os manuscritos do “Origem das Espécies”, registros pessoais, cartas etc. A conclusão dessas pesquisas apontava para o desenvolvimento do conceito de tempo geológico, como tempo profundo no sentido moderno, que Darwin teria consolidado pelo menos a partir de abril de 1835, quando encontrou o bosque petrificado de Villavicencio (BIZZO & BIZZO, 2006), bem antes, portanto, da data da leitura de Malthus ou da elaboração inicial da seleção natural ou da pangênese (que em sua autobiografia ele datou

como sendo de 1838). Assim, houve uma precedência de mais de vinte anos até a publicação de *Origem das Espécies*, em 1859, onde ele ensaiou uma primeira estimativa de geocronologia absoluta para o Cretáceo, expôs uma cifra três vezes mais elevada do que o que se admite hoje em dia.

As conhecidas reações contra o livro de Darwin se concentraram, nas resenhas críticas publicadas nas primeiras semanas após o livro ter chegado às livrarias, em alguns aspectos centrais, sendo esta estimativa de tempo profundo uma delas. O choque provocado na opinião pública foi tão grande que Darwin se viu obrigado a retirar a estimativa na edição seguinte do *Origem das Espécies*, mas continuou a operar com um horizonte de tempo muito dilatado, inclusive lamentando que outros evolucionistas (como Alfred Wallace) admitissem rever essa extensão (BURCHFIELD, 1974).

Uma das questões de nosso programa de pesquisa passou justamente a se referir à possibilidade de desenvolvimento do conceito de tempo geológico na mente dos estudantes, uma questão que passou a ser discutida na literatura especializada (DODICK, 2007). A partir de uma aproximação metodológica de base sócio-cultural, localizamos nos jazigos fossilíferos locais com potencial para realizar pesquisas em dois níveis. O primeiro deles seria levantar o conceito de tempo profundo que estudantes do local possuem, verificando em que medida a grande quantidade de evidências paleontológicas influi nas formulações originais dos estudantes. O segundo seria a pesquisa histórica, no sentido de recuperar as elaborações de pensadores do passado sobre os principais jazigos fossilíferos. Neste trabalho apresentamos o resultado das pesquisas sobre os modelos dos estudantes residentes em seis diferentes localidades, no Brasil e na Itália.

Metodologia de pesquisa

A pesquisa abarca entidades ontológicas (como os estudantes) e epistemológicas (como as teorias evolutivas), a partir de um conjunto de métodos de diversas áreas, como a sociologia, a história, a filosofia e a psicologia cognitiva, procurando ir além da superfície dos fenômenos educacionais, em uma aproximação sócio-cultural (ROGOFF, 2008). Programas de pesquisa com esse perfil complexo são mais frequentes do que se imagina e constituem o que alguns autores chamam de "bricolagem" (BERRY, 2006). O termo designa formas de construção de objetos nas quais predomina a conveniência, seja de materiais, seja de processos. A expressão foi originalmente tomada de Claude Lévi-Strauss, que definia assim a maneira pela qual uma sociedade constrói a linguagem e seus mitos. As pessoas não testam formas de se referir a objetos e fenômenos para definir qual será a palavra a ser utilizada de maneira ampla e compartilhada; não há ensaios com lotes padrão e testes de *recall*.

A bricolagem como programa de pesquisa incorpora elementos aleatórios (no sentido de não-amostrais estatisticamente), espontaneidade, auto-organização, condições "longe-do-equilíbrio", mecanismos de retroalimentação, princípios de caos e complexidade (BERRY, 2006, p.89). Elementos básicos dessa aproximação de pesquisa incluem a problematização, contextualização, situação e descentração (BERRY, 2006, p.102-108). Um programa de pesquisa que se vale dos aportes da bricolagem ainda necessita de um substrato específico, que configure limites e possibilidades, no sentido de expectativas. Nossa abordagem geral pode ser definida dentro de um campo que tem sido denominado Estudos Culturais Críticos (STEINBERG, 2006). Nessa abordagem, procura-se por aportes de diversos campos, que possam ajudar a compreender a impregnação original de significado presente na emissão da comunicação, em sua época, bem como as maneiras pelas quais a mensagem é recebida e

compartilhada, em novo processo de atribuição de significado. Nos dois momentos, a imersão na atmosfera cultural do contexto é muito importante, mas com clara percepção de que as características mais evidentes podem ter importância muito menor do que sua aparência sugeriria.

Uma primeira etapa foi à localização de jazigos fossilíferos nos quais fosse possível travar contato mais aprofundado com a população local, em diversos sentidos. A visita ao local incluiria contatos com as fontes de informação disponíveis, em especial os referidos à vocação paleontológica. Um amplo leque de evidências seria relevante nesse processo, desde produções culturais até livros e materiais escolares. O processo envolveria ainda a realização de entrevistas com estudantes do local, que ainda não tivessem iniciado o estudo formal de zoologia e botânica e demonstrassem conhecimento pessoal sobre as evidências paleontológicas disponíveis. As entrevistas buscariam apresentar alguma das evidências locais e permitir que os estudantes falassem livremente sobre elas. O entrevistador tinha a função de dirigir a conversação no sentido de levar os estudantes a falarem do passado do local e do tempo transcorrido entre o tempo em que aqueles seres que deixaram marcas petrificadas viviam e os dias atuais.

As entrevistas foram gravadas e transcritas, sendo as análises realizadas sobre o texto em português transcrito. No caso das entrevistas realizadas na Itália, foi feita uma tradução e transcrição a fim de permitir uma análise comparativa com as demais, realizadas no Brasil. No entanto, reconhecendo as dificuldades inerentes à tradução, foi elaborado um instrumento de pesquisa no qual o próprio estudante representava suas ideias na forma de uma frisa do tempo, em seguida ao reconhecimento de imagens fotográficas dos fósseis locais.

Em um primeiro momento, dada a importância histórica do bosque petrificado de Villavicencio, na Argentina, aquele foi o local inicialmente escolhido para a primeira viagem de campo. A literatura especializada dizia que o bosque teria sido destruído para a construção de uma estrada de rodagem. No entanto, após avaliação de cartas e relatos de viagem, confrontados com mapas atuais, e consultas a especialistas, ficou claro que o local não coincidia com nenhuma estrada atual. Após consideração das dificuldades com diferentes culturas, foi possível verificar *in loco* que o jazigo fossilífero ainda existe, ainda que mal conservado, mas está em meio a uma região desértica e despovoada. Os próprios habitantes, seja de Villavicencio, seja de Uspallata, localidades próximas, desconhecem o local ou, se o conhecem, acreditam que já tenha desaparecido.

Em seguida, foram identificados dois potenciais jazigos, de extraordinária importância paleontológica, localizados na Formação Santa Maria, no sul do Brasil, e nas Formações Exu e Santana, no nordeste do Brasil. As entrevistas foram realizadas em três períodos distintos, entre 1999 e 2006, em quatro localidades diferentes (Mata, RS, Araripina, PE, Nova Olinda, CE, e Santana do Cariri, CE). A análise parcial dos resultados indicava a necessidade de realizar pesquisas em locais de importância histórica para o desenvolvimento da paleontologia, e com evidências fossilíferas com características especiais (v. adiante), o que indicou a necessidade de pesquisar formações mais recentes, localizadas no norte da Itália. As entrevistas foram realizada em dois períodos distintos, entre 2008 e 2011, em duas localidades do vêneto, a vila de Bolca (Vestenanova, VR) e a cidade de Roncà (VI).

A regra geral para as entrevistas foi uma estratégia de aproximação, que possibilitou um contato com uma escola ou com as próprias famílias dos estudantes. Em seguida, uma explicação geral do propósito do estudo era fornecida, o que incluiu a explicação de um termo de consentimento livre e esclarecido, a ser assinado pelo pai ou pela mãe. Nestes casos, as

entrevistas foram conduzidas sob sua vista, mas de maneira que o estudante não estivesse vendo diretamente o responsável.

Embora não houvesse um protocolo rígido de questões, os estudantes eram questionados sobre seus conhecimentos sobre animais e plantas encontrados atualmente na região. O passo seguinte envolvia perguntas sobre seus conhecimentos sobre animais e plantas fósseis encontrados no local e como eles viviam. Explicações sobre a maneira como os animais e plantas vivos se tornaram fósseis foram comumente oferecidas; quando isso não ocorreu, perguntas eram feitas sobre este assunto específico. Explicação detalhada sobre o período em que aquelas criaturas extintas viveram no passado, naquele local, era então solicitada. Para checar o entendimento dos estudantes, pedimos a eles para darem exemplos de outros seres vivos que viviam na mesma época das espécies extintas. Se não fossem mencionados exemplos, uma questão sobre populações humanas antigas era feita, que poderia incluir menção aos índios ou à época de Jesus Cristo, como uma referência do passado.

No caso do trabalho realizado na Itália, foi necessário introduzir ajustes no protocolo, que incluíram uma etapa de qualificação do entrevistado, a fim de certificar que ele não tinha ainda estudado formalmente a terminologia zoológica. Assim, eram inicialmente apresentados exemplos de três invertebrados, uma aranha, um escorpião e um besouro, e solicitada uma opinião sobre a semelhança entre eles. Caso o entrevistado não apresentasse termos técnicos em suas considerações (como “aracnídeos” etc), a entrevista prosseguia, sendo apresentadas a seguir fotografias de fósseis da região, a fim de verificar a familiaridade com eles. Ao final da entrevista era fornecido um instrumento, que era explicado no sentido de ser utilizado para resumir o que tinha sido dito. Sobre uma frisa do tempo com um dinossauro à esquerda e a palavra “OGGI” (“hoje”) à direita, eram colocadas uma seta vermelha, representando os animais fósseis, uma seta verde, representando os vegetais fósseis e, por fim, uma seta com a representação de Jesus Cristo, a fim de evidenciar a escala de tempo com a qual a mente do estudante operava. O quadro 1 apresenta a quantidade de entrevistados, idade e sexo, de cada localidade.

Quadro 1 – Quantitativos de entrevistados nas diferentes localidades

Localidade	Estado/Província-País	Meninas	Meninos	Idade Média (mín e máx)
Mata	RS – Brasil	6	3	10 (8 - 12)
Araripina	PE – Brasil	2	5	11 (9 – 13)
Santana do Cariri	CE – Brasil	5	6	12 (11 – 15)
Bolca (Vestenanova)	VR – Itália	2	4	10 (9-12)
Roncà	VI – Itália	0	6	10 (9-10)
Total		15	24	11 (8-15)

RS – Rio Grande do Sul, PE – Pernambuco, CE-Ceará, VR – Verona, VI- Vicenza.

A análise das entrevistas seguiu um método de análise de conteúdo (entrevistas brasileiras) e análise temática e comparativa (entrevistas italianas). Inicialmente as transcrições foram analisadas verificando o tipo de explicações que os estudantes forneciam para os fenômenos que mostravam conhecer. No caso brasileiro a análise de conteúdo buscou evidenciar se no discurso do estudante havia referência a aspectos-chave (quadro 2), com uma análise específica para cada localidade. A questão-chave examinada era a admissão das diferenças

entre as espécies do presente e as que deixaram marcas fósseis (*paleoheteromorfias*) e, em caso negativo, a percepção de diferenças entre processos de fossilização ocorridos em condições do passado e processos observáveis no presente (*paleoheterodiergasías*). No caso italiano, a análise inicialmente buscou referir-se às mesmas variáveis, mas devido às peculiaridades daqueles locais, marcadamente paleoheteromórficos, foi realizada inicialmente uma análise temática das entrevistas em busca de paleoheterodiergasías e, em seguida, uma análise comparativa, incluindo as representações-síntese fornecidas pelos estudantes (quadros 3 e 4 a e 4b).

Quadro 2 – Aspectos-chave codificados na análise das entrevistas feitas no Brasil

1 – Demonstra conhecimento sobre plantas e animais da região?
2- Demonstra conhecimento sobre fósseis da região? Quais?
3- Declara conhecer os museus de paleontologia da região? (Cariri/Nova Olinda)
4 - Admite a existência de espécies diferentes no passado? (paleoheteromorfias)
5 - Acredita que a fossilização requer períodos muito longos de tempo?
6 - Admite que o passado envolva períodos muito longos de tempo?
7 - Tem explicações para a existência dos fósseis na região? Processo paleoheterodiergásico?
8 - Acredita que a fossilização ainda esteja ocorrendo?
9 - Faz menção espontânea sobre os pterossauros da Região?
10 – Faz menção ao texto bíblico com poder explanatório?

Quadro 3- Aspectos que afloraram das entrevistas realizadas na Itália

O estudante fornece explicações para:
1- marcas de vulcões na região?
2- marcas de mar na região?
3- o fato dos seres vivos da biota fóssil serem visivelmente tropicais?
4- o relato bíblico e as evidências do lugar?
5- Conhece os museus de paleontologia da região?

Embora as entrevistas brasileiras e italianas tenham sido conduzidas pelo primeiro autor, a codificação, no caso das entrevistas brasileiras, foi realizada de maneira independente pelos dois autores do presente trabalho. Nos casos em que houve discordância foi eliminada a codificação, por exemplo, quando a paleoheteromorfia era sugerida pelo entrevistador, e não pelo entrevistado. No caso das entrevistas italianas, a análise foi realizada apenas pelo próprio entrevistador.

Resultados e discussão

A escolha do primeiro local (Mata, RS) para as entrevistas foi guiada pela conveniência e possibilidade de realizar um estudo mais aprofundado. Embora o local tenha grande reputação como sítio fossilífero para os paleontólogos, ele não fez parte de nenhuma grande expedição até meados do século XIX. Já no caso da Formação Santana, a região atraiu grandes pesquisadores, inclusive governo austríaco do século XIX, como Spix e Martius, que visitaram a região no início de 1819 e deixaram vasta obra bibliográfica, apesar da morte precoce de Spix. No caso de Mata (RS), havia a expectativa de entrevistar crianças que vivem em meio a um extraordinário afloramento fossilífero, sobretudo de araucárias, plantas que conhecem muito bem; no caso da Formação Santana, havia a expectativa de encontrar marcas de fósseis muito bem conservados e semelhantes aos seres vivos que vivem no local atualmente.

A escolha por duas localidades do vicentino-veronese se deu em função daquele lugar ter sido o palco de um vivo debate, na segunda metade do século XVIII, em função de suas paleoheteromorfias e paleoheteroergasías. Há fósseis de cocos-da-bahia, peixes tropicais, etc., seres que indiscutivelmente não poderiam ter vivido no clima atual da região. O fato de os fósseis serem extremamente bem conservados rendem ao lugar o título de *Konservat-Lagerstätten*, da mesma forma que os sítios de Santana do Cariri (MARTILL ET AL, 2008). O alto grau de conservação de seus fósseis, que permite uma análise minuciosa, o que ensejou muitos estudos publicados e menções àqueles fósseis pelo menos nos últimos 500 anos. No século XVIII eles foram focalizados por diversos pesquisadores de renome, em publicações que giraram a Europa. Os peixes do Monte Bolca e, na segunda metade daquele século, os vulcões e os mamíferos fósseis do vale de Roncà, forma objeto de uma viva discussão sobre paleoheteromorfias e paleoheteroergasías.

O próprio Charles Lyell (1797-1875) visitou o Monte Bolca em 1828, quando de sua viagem exploratória ao continente, acompanhado, em boa parte do percurso, por outro geólogo escocês de grande reputação, Roderick Murchison (1792-1871). Eles exploraram a região de Auvergne, na França, onde observaram evidências de vulcões extintos, muito similares às visíveis na região do Vêneto, particularmente entre Pádua e Vicenza, os montes conhecidos como *Colli Euganei*, que ficam próximo do nível do mar. No caminho morro acima, no entanto, afloramentos de basaltos são visíveis, muitos deles formando os conhecidos “basaltos colunares”, que as intempéries daquela região temperada transformam nas chamadas “cascatas de basaltos”. Lyell conhecia os principais autores italianos do século anterior e admitia seu importante legado científico (Lyell, 1830, Rudwick, 1976, 2008).

Na segunda metade do século era crescente a popularização da interpretação dos basaltos como derrames vulcânicos, inclusive submarinos, bem ilustrados por John Strange (1732-1799), em seu livro de 1778 “De Monti Colonnari e D’Altri Fenomeni Vulcanici Dello Stato Veneto”, e a consequente admissão de sua existência na região do Vêneto (Ciancio, 2010). Foi lançada a idéia de que as explosões desses vulcões pudessem ter lançado os peixes a grande altitude, o que explicaria a localização dos fósseis de peixes de Bolca. O abade mantovano Serafino Volta (1754-1842) questionou essa conjectura, voltando-se para o dilúvio universal, o qual seria capaz de justificar a existência de marcas de peixes marinhos na altitude de Bolca. Essa explicação colidia frontalmente com as teorias de Antonio Vallisneri (1661-1730), posteriormente confirmada e refinada por Anton-Lazzaro Moro (1687-1764),

que tinham concluído que apenas a lenta elevação dos terrenos poderia explicar os fósseis *marino-montanos* (RAPPAPORT, 1991)

O abade Serafino Volta esperava por uma resposta dos opositores das interpretações diluvianistas, em especial os ligados à tradição de Vallisneri. No entanto, entra em cena um personagem pouco conhecido, o abade romano Domenico Testa (1746-1825), que procura ridicularizar as teses tanto de valisnerianos como dos diluvianistas, afirmando que os peixes viviam na própria região. Ele reconhecia a existência de atividade vulcânica no passado no Vêneto, o que explicaria o microclima local, com evidência de temperaturas tropicais (CIANCIO, 1995, GAUDANT, 1999, DEL PRETE, 2008, CIANCIO, 2010).

O debate foi acompanhado de perto por um jovem professor de Química de Brescia, Giambatista Brocchi (1772-1826). Ele é considerado um precursor importante da perspectiva da evolução biológica, por ter se decidido resolutamente em favor das paleoheteromorfias (Dominici & Eldredge, 2010). Ao analisar fósseis de moluscos, ao lado de informações sobre fósseis de mamíferos, concluiu inequivocamente não apenas em favor da idéia de extinção, como elaborou uma analogia interessante, conhecida como “analogia de Brocchi” (Dominici, 2010). Segundo ele, assim como os indivíduos têm um nascimento, maturidade, decaimento até o desaparecimento completo, com a morte, o mesmo ocorreria com as espécies, até sua extinção final.

Brocchi foi duramente criticado por expoentes da igreja católica, junto com os geólogos modernos da época, pela inobservância da literalidade do texto bíblico, em especial a datação cronológica atribuída ao relato do dilúvio no Antigo Testamento. Ao mesmo tempo, Brocchi manteve contato estreito com famosos paleontólogos, como o francês Georges Cuvier (1769-1832), que lhe atestava a completa extinção de grandes mamíferos.

Os estudos históricos permitiram perceber uma nova dimensão do tempo geológico, inclusive presente no próprio “Princípios de Geologia” de Charles Lyell. Em 1835, quando Darwin descobria a floresta petrificada de Villavicencio, ele apenas colhia evidências concretas para uma estimativa da geocronologia absoluta, que viria a aplicar a diferentes contextos, como o calcário de Downs, objeto de menção a primeira edição do “Origem das Espécies”.

Foi interessante observar interessantes paralelos entre os relatos dos estudantes de jazigos fossilíferos e aspectos históricos. Em primeiro lugar, é preciso reconhecer que os estudantes, mesmo muito jovens, conhecem muito bem os fósseis de suas regiões, reconhecendo-os como elementos muito importantes e ligados à comercialização, o que os remete ao “mundo adulto”. Os museus de paleontologia são bem conhecidos por eles, onde provavelmente adquiriram um grande repertório de termos técnicos, como nomes de períodos geológicos, estimativas de geocronologia absoluta etc. No caso brasileiro, as paleoheteromorfias constituem grande dificuldade, dado que os jovens chamam os fósseis a partir dos nomes atribuídos aos animais que vivem atualmente na região. Os fósseis de pequenos peixes são chamados “piabinhas”, os dos peixes maiores, de “bacalhau”, os fósseis de libélulas são chamadas “zig-zag”, etc. Como a muitos fósseis muito bem conservados de artrópodes do lado norte da Chapada do Araripe, é comum que se utilizem nomes usados para a fauna atual, que não diferencia diferentes espécies de besouros, libélulas etc. Os processos que levam à formação dos fósseis, no caso brasileiro, seria majoritariamente decorrente de processos cotidianos, observáveis no presente. Em especial com os peixes, o processo de secagem de um lago, durante a estação seca, explicaria a formação dos fósseis, que poderiam ser desenterrados na estação seguinte. Essa visão se mostrou muito frequente no discurso dos estudantes dos dois lados da Chapada do Araripe. Embora os estudantes do sul do país façam referências a grandes vertebrados extintos, cujos fósseis são encontrados na região, e que eles

chamam de dinossauros, os estudantes entrevistados na Chapada do Araripe não mencionaram os pterossauros, cujos fósseis são encontrados com relativa facilidade na região. O relato bíblico frequentemente apareceu no discurso dos estudantes, com poder explanatório, referido principalmente ao dilúvio. As referências de tempos remotos geralmente apareceram associadas à “época dos índios” ou a Jesus Cristo.

No caso dos estudantes italianos, pôde-se observar que a presença de vulcões na região é amplamente reconhecida, em especial na região de Roncà. De fato, uma das atrações turísticas da região é uma área de basaltos colunares expostos, com pranchas explicativas. As marcas de mar são igualmente reconhecidas, embora em Ronca, que está próximo do nível do mar, elas pareçam constituir um problema menos crucial do que em Bolca, que está a mais de 500 metros acima do nível do mar. Embora alguns estudantes tenham mencionado a explicação presente nos museus de paleontologia de Bolca e Roncà, eles acrescentaram que a idéia de elevação dos terrenos era muito estranha, sendo mais razoável pensar que o mar tivesse se elevado até lá. É curioso que nenhum estudante italiano tenha feito referência ao dilúvio bíblico, o que talvez revele muito mais o que foi aprendido nas aulas de catecismo do que nos museus de ciência. Um trecho de uma entrevista dá uma idéia da forma dos modelos explicativos dessas crianças entrevistadas. O excerto a seguir é do relato de uma jovem de 10 anos, Elisa, que vive em Bolca e conhece muito bem os fósseis da região.

(...)

Nelio: Agora quero te perguntar sobre as plantas e animais que você viu no Museu.

Quando você foi ao Museu, você encontrou animais e plantas. Você já tinha visto esses animais e plantas antes?

Elisa: Não, de maneira alguma.

Nelio: E como é possível que essas plantas e animais tenham sido encontrados aqui?

Elisa: Uma vez havia um mar aqui e havia um vulcão. E do vulcão saiu muita lava e queimou esses animais e algumas dessas plantas¹.

Nelio: Então, esses animais viviam aqui?

Elisa: Sim, esses animais viviam aqui.

Nelio: Esses animais eram muitos diferentes dos animais que vivem hoje aqui?

Elisa: Sim, eram muito diferentes.

Nelio: E como é possível que esses animais que não estavam acostumados ao frio do inverno daqui. Como é possível que esses animais vivessem aqui?

¹ Note-se que há referência implícita sobre o processo de formação dos fósseis.

Elisa: Sim, mas naquela época havia o vulcão² e ele também esquentava a água daqui.

Nelio: Ah, entendi. Então, o vulcão esquentava a água e também a terra onde viviam os coqueiros... Nós não encontramos mais coqueiros por aqui hoje e você deve conhecer coqueiros da televisão ou de fotos. Você só pode ver coqueiros hoje nos lugares onde há muito calor. Mas eles viviam aqui?

Elisa: Sim... por causa do vulcão³.

Nelio: Então, o vulcão esquentava a água e também a terra. Esquentava o lugar todo.

<Elisa faz sinal de “sim” com a cabeça>

Nelio: E como que essas plantas e animais viraram pedra? Eles viviam aqui e havia um vulcão também... E como que esses animais e plantas acabaram virando pedra?

Elisa: O vulcão soltava muita lava e essa lava ia virando pedra e aí os animais e as plantas acabavam virando também⁴. Mas um dia aconteceu de ficarem sem oxigênio e os peixes não podem viver sem oxigênio⁵. Por isso morreram muitos peixes ao mesmo tempo e com a lava do vulcão se formaram as pedras. E nas pedras há os peixes.

Nelio: Então o vulcão provocou também provocou a formação dessas pedras que têm os peixes dentro?

Elisa: Sim.

Nelio: Então de fato aqui havia um mar. O mar estava aqui em cima?

Elisa: Sim, estava aqui em cima.

Nelio: E como é que você explica que houvesse um mar aqui?

Elisa: Porque a planura padana era toda um mar.

² A presença do vulcão extinto é conspícua no local, que faz largo uso dos fragmentos de basaltos colunares em calcamentos e edificações, além de serem, eles mesmos, uma atração turística local, a “cachoeira de basaltos”, como é chamada. No alto do monte Bolca há uma igreja, e a planura do local é tida como uma indicação da cratera do vulcão.

³ Esta era a tese de Domenico Testa, em sua famosa polêmica com outros dois abades. Há referências dessa polêmica no livro de Charles Lyell, “Princípios de Geologia”.

⁴ Não se perca de vista o fato de jovens italianos serem expostos desde cedo a imagens de Pompéia e Herculano, mas poucos entenderem a real distinção entre os “corpos de Pompéia”, que efetivamente tiveram origem de atividade vulcânica, e fósseis verdadeiros, inclusive os de Bolca, que nada têm de ígneo.

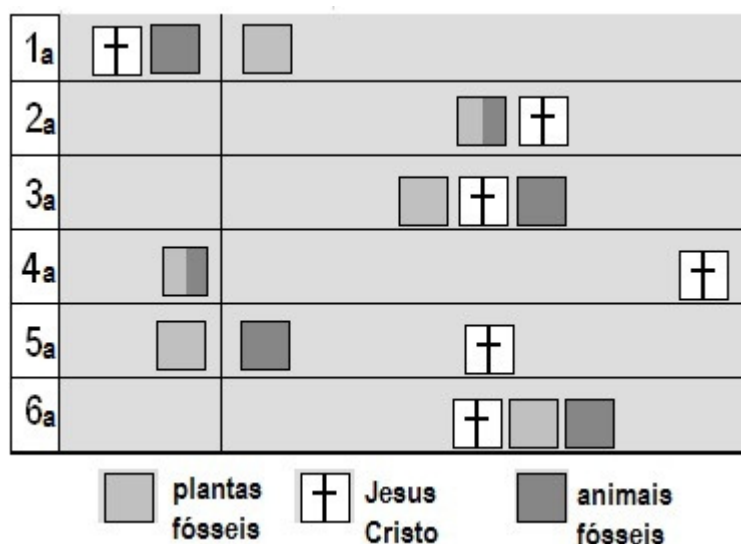
⁵ Esta é a explicação mais recente veiculada pelas atividades educativas do Museu dos Fósseis de Bolca, que veicula a versão de uma maré vermelha, de causas naturais, como causa de grandes eventos catastróficos, que teria acabado com o oxigênio livre da água de maneira repetida e não em um evento único. Na exposição anterior, o Museu expunha a versão de que a atividade vulcânica teria exterminado a vida local em algum evento catastrófico.

Nelio: *Você me diz que a planície padana era um mar. Esses terrenos estavam próximos da planura padana ou estavam nessa altura que estão hoje? O que eu te pergunto é: Esses animais e plantas viviam próximos do mar ou no mar, mas o mar estava na altura que nós estamos hoje ou o mar estava mais ou menos onde está hoje e esses terrenos é que estavam lá em baixo e foram se erguendo, sendo elevados até aonde estão hoje?*

Elisa: *Não, o mar é que vinha até aqui. É claro que com o vulcão, com a lava, o terreno se elevou um pouco, mas foi pouca coisa. O mar estava aqui.*⁶

Os quadros 4a e 4b trazem uma síntese dos resultados indicativos da escala de tempo utilizada pelos estudantes das duas localidades italianas. A linha indica vertical indica a altura na qual aparecia a imagem de um dinossauro, à esquerda e, na extremidade oposta, a indicação do presente.

Quadro 4a- Síntese das entrevistas realizadas em Bolca (VR)



Quadro 4b – Síntese das entrevistas realizadas em Roncà (VI)

⁶ Elisa explica que a planície Padana era um fundo de mar, e que as praias ficariam em Bolca. A lava do vulcão

1b		■ □ ⊕
2b	■	⊕
3b	□	■ ⊕
4b	⊕ □	■
5b	■	⊕
6b	⊕	□ ■

□ plantas fósseis ⊕ Jesus Cristo ■ animais fósseis

A análise desses quadros, iluminada pela explicação inequívoca da jovem de Bolca, nos permite perceber, de maneira bastante nítida, que os jovens, mesmo de 10-11 anos, tem modelos muito elaborados para explicar as evidências de que dispõem. A diversidade de resultados dos quadros 4a e 4b é revelador da complexidade de questões envolvidas na construção de modelos muito complexos, que devem dar conta de aspectos ligados à dinâmicas do ambiente, mas também ao domínio pessoal, como sistemas de crenças.

É interessante que o museu de fósseis de Bolca apresente os fósseis referidos a espécies da fauna atual dos mares quentes do sudoeste asiático. De certa forma, esta era a perspectiva defendida pelos diluvianistas e não pelos defensores da perspectiva científica. Mesmo se não há referências diretas ao dilúvio nas falas dos estudantes que conhecem bem o referido museu, há que se refletir se essa ligação de parentesco é efetivamente compreendida pelos estudantes que o visitam.

Por fim, cumpre reconhecer que uma profunda revisão da história da biologia que informa os currículos escolares deve ser empreendida, percebendo a importância de precursores do pensamento darwiniano e a profundidade das questões por eles examinadas. A “analogia de Brocchi” parece ter sido a primeira formulação consistente de uma “lei geral das extinções”, um passo importante na direção de uma explicação necessária para a constante origem das espécies, e que foi dada em 1814, com a publicação de seu livro sobre os moluscos fósseis dos Apeninos. O que denominados “paleoheteromorfias” aponta justamente para o fenômeno da extinção local referido ao tempo geológico, base da analogia de Brocchi. Ela parece ter tido importância crucial na história da ciência, o que sugere que talvez deva ser mais explorada no contexto educacional, na direção de uma compreensão mais aprofundada dos fenômenos evolutivos.

Agradecimentos

Universidade de São Paulo, Università Degli Studi di Verona, Museo dei Fossili di Bolca, Museo di Storia Naturale di Verona, Biblioteca Arturo Frinzi (UNIVR), Biblioteca Civica di Bassano del Grappa, Biblioteca Civica di Verona, Biblioteca del Dipartimento di Arte, Archeologia, Storia e Società (UNIVR), and also the following persons: E. Albrigi, L. Ciancio, M. Cerato, L. A. P. Martins, R. Martins. A. Nauman, M.E.P. Prestes, G.P.

Romagnani, R. Del Sal, e R. Zorzin. Apoio financeiro foi provido pelos auxílios CNPq (proc. 304243/2005-1 e 3000652/2007-0) e FAPESP (proc. 2010/10320-4 e 2010/50612-4).

Referências

- BERRY, K.S. Research as bricolage: embracing relationality, multiplicity and complexity. pp.87-115 IN Tobin, K., Kincheloe, J. (eds), *Doing Educational Research: a handbook*, Rotterdam/Taipei, Sense Publishers, (2006).
- BIZZO, N and L.E. BIZZO. Teaching Evolution in the Context of Discovery: Charles Darwin in the Andes. *Journal of Biological Education* 40: 68-73, (2006).
- BURCHFIELD, J.D. Darwin and the Dilemma of Geological Time. *Isis*, 64: 301-321 (1974) .
- CIANCIO, L. (1995). *Autopsie della Terra*. Firenze, L. Olschki
- _____. La fucina segreta di Vulcano: naturalisti veneti e aristocratici britannici del Settecento dlla scoperta del territorio veronese. Consorzio di Tutela V Soave, 68p. (2010).
- PRETE, I. *Scienza e società nel Settecento veneto: il caso veronese, 1680-1796*. 528p. Firenze, Franco Angeli, (2008).
- DODICK, J. (2007) Understanding evolutionary change within the framework of geological time. *McGill Journal of Education*, 42(2), 245-264.
- DOMINICI, S. Brocchi's Subapennine Fossil Conchology. *Evolution: Education and Outreach*, 3: 585-594, (2010)
- _____ and N. ELDREDGE. Brocchi, Darwin and transmutation: phylogenetics and paleontology at the dawn of evolutionary biology. *Evolution: Education and Outreach*, 3: 576-584, (2010).
- GAUDANT, J. La querelle des trois abees (1793-1795): le Débat entre Domenico Testa, Alberto Fortis et Giovanni Serafino Volta sur la signification des poissons pétrifiés du Monte Bolca (Italie), in J. Tyler (a cura di) «Miscellanea Paleontologica» , VIII, Verona, Museo Civico di Storia Naturale, pp 159-206. (1999).
- HOKAYEM, H. and S. BOUJAOUDE. College Students' Perceptions of the Theory of Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*. 45(4), 395-419, (2008).
- LYELL, C. (1830). **Principles of Geology** (iii vols), [available at: <http://www.esp.org/books/lyell/principles/facsimile/>]
- MARTILL, D, GUNTER BECHLY and ROBERT F. LOVERIDGE. **The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world**. Cambridge, Cambridge University Press, (2008).

- OLIVEIRA, J. B. O Tempo Geológico no Ensino Fundamental e Médio: os estudantes e os livros didáticos. Unpublished PhD Thesis, School of Education, University of São Paulo, São Paulo, (2006).
- RAPPAPORT, R. (1991). Italy and Europe: the case of Antonio Vallisneri (1661-1730). *History of Science* 29: 73-98.
- ROGOFF, B. and J. LAVE. (1999). **Everyday Cognition**. Cambridge (Mass) Harvard University Press.
- RUDWICK, M.J.S., (1976). **The meaning of fossils: episodes in the history of palaeontology**. New York, Neale Watson Academic Publications.
- _____, 2008. **Worlds before Adam: the reconstruction of geohistory in the age of reform**. Chicago, Chicago University Press.
- STEINBERG, S. R. Critical Cultural Studies Research: bricolage in action. Pp117-137, IN K.Tobin and J. Kincheloe (eds). **Doing Educational Research: a handbook**. Sense Publishers, Rotterdam/Taipei, (2006).
- STRANGE. J. (1778). **De Monti Colonnari e D'Altri Fenomeni Vulcanici Dello Stato Veneto**. Milano, G. Marelli.
- VALLISNERI. A. (1727). **De Corpi Marini che su Monti si Trovano**. Venezia, Domenico Lovissa Stampatore.