

## **Concepção de natureza e tectônica de placas: quais são suas inter-relações?**

### **View of nature and plate tectonics: which are their interconnections?**

**Pedro Wagner Gonçalves**

Unicamp. Instituto de Geociências. Dept. Geociências Aplicadas ao Ensino  
pedrog@ige.unicamp.br

**Natalina Aparecida Laguna Sicca**

Centro Universitário Moura Lacerda. Mestrado em Educação  
nalsicca@yahoo.com.br

**Maurílio Antonio Ribeiro Alves**

USP. Campus Ribeirão Preto. Departamento de Biologia (aposentado)

**Maria Cristina da S. Galan Fernandes** Universidade

Federal de São Carlos. Departamento de Educação  
cristinagfer@ufscar.br

**Silvia Aparecida de Sousa Fernandes** UNESP.

Campus Marília. Faculdade de Filosofia e Ciências silvia-sousa@uol.com.br

### **Resumo**

Esta pesquisa examina como a aprendizagem de conceitos interconectados à teoria de tectônica de placas contribui para mudar a concepção de natureza de professores de um grupo de pesquisa colaborativa. A pesquisa buscou identificar que elementos de estudos da crosta terrestre são determinantes para mudar a ideia de natureza. Adotando abordagem qualitativa investigou-se resultados de aprendizagem de professores que buscavam descrever balanços e fluxos do ciclo geológico do ferro. Os resultados revelam que fazer um tratamento temporal e histórico da evolução crustal é decisivo para mudar a concepção de natureza.

**Palavras chave:** ensino de Geociências, currículo de ciências, concepção de natureza, tectônica de placas

### **Abstract:**

This work search to understand the learning of plate tectonics concepts and its influence to change the view of nature of teachers. These teachers take part of group of collaborative research. The research found to identify which subject matters on terrestrial crust are basic to

change the idea of nature. We use qualitative approach to describe the learning of teachers. These teachers are studying the geologic cycle of iron. Our findings show up that temporal and historical evolution of crust is key to change the view of nature.

**Key words:** teaching of Earth Sciences, curriculum for sciences, view of nature, plate tectonics

## Introdução

Este trabalho examina o ensino dos conceitos organizados pela teoria de tectônica de placas. A literatura prescreve como ensinar o tópico a diferentes faixas etárias, discute dificuldades conceituais, situa o problema no âmbito do ensino de modelos visuais e problemas cognitivos.

Esta pesquisa busca um foco diferenciado de análise educativa. Opera no âmbito das inter-relações de Ensino de Ciências da Terra, currículo e formação de professores. Mas pretende alcançar aspectos culturais que se acham associados ao entendimento de teoria decisiva para compreender o ambiente terrestre.

O objetivo principal deste trabalho é mostrar como um tratamento particular de tectônica de placas contribui para mudar a concepção de natureza dos sujeitos da pesquisa. Que elementos agrupados em torno de tectônica de placas ajuda a mudar a concepção de natureza de professores de um grupo de pesquisa colaborativa?

## Justificativa

No ambiente dos pesquisadores de Ensino de Ciências da Terra há relativo consenso que certas noções são estratégicas para compreender o funcionamento do planeta e as relações sociedade natureza. As noções de tempo geológico, tectônica de placas e teoria de evolução biológica são consideradas significativas dos estudos da Terra para o homem refletir sobre sua existência no universo. Mesmo Morin (2002, p.29) considera que Ciências da Terra podem religar saberes e tectônica de placas representa um avanço para refletir sobre o planeta.

É notável que tempo geológico seja um dos conceitos revolucionários da cultura humana, comparado por Rossi (1984) a revolução copernicana. Muitos autores coincidem com Rossi (1984), p.ex., Cervato e Frodeman (2012) mas usualmente o ensino e aprendizagem de tectônica de placas não enfatiza a mudança de concepção de natureza.

Kastens e Frodeman (2009) exploram o papel dos modelos mentais na organização do pensamento que opera com largos intervalos de tempo e concebem fenômenos de alcance global.

Trabalho estratégico para nosso argumento foi a pesquisa de Rudwick (1976) pois mostra como a linguagem visual se entrecruzou ao conhecimento da Terra e se tornou o modo essencial de divulgação de conhecimento entre os séculos XVIII e XIX.

A linguagem visual e o tratamento integrado de fenômenos globais conduziu a perguntas sobre implicações de tectônica de placas na concepção de natureza. Gobert (2000) investigou obstáculos de aprendizagem de modelos mentais que operam com o que não pode ser diretamente observado e usa escalas espaciais globais. Gobert (2005) avançou para os elementos que compõem a construção de modelo de tectônica de placas ao pensar o conceito

a partir de um ponto de vista pedagógico, mostrou que as visualizações necessárias para compreender o fenômeno dependem do estímulo visual oferecido aos alunos.

Sibley (2005) assinalou que há uma dificuldade para tratar dinâmicas envolvidas nos fenômenos da teoria de tectônica de placas. Mesmo quando consideramos as delimitações relativas ao conhecimento científico, os conceitos precisam ser complementados por dinâmicas de fenômenos de longa duração temporal, difícil delimitação espacial devido às escalas espaciais envolvidas e, portanto, não reproduzíveis por meio de experimentos ou objetos diretamente observáveis. Isso conduz a processos e dinâmicas históricos que marcam o conhecimento geológico. De nossa parte, acrescentamos que há forte tendência dos materiais didáticos do ensino superior de iluminar os últimos 200 milhões de anos de história da Terra (período em que as evidências são mais facilmente identificadas).

Dolphin (2009) enfatiza a necessidade de tratar tectônica de placas a partir de dados contextualizados no espaço e no tempo. Sugere que construir modelos adquire papel importante para compreender a natureza da ciência. Em virtude disso, a teoria é construída com forte viés histórico. O lado histórico e epistemológico da construção de conceitos de Geociências é defendido, p.ex., por Marques (1996).

Smith e Bermea (2012) identificam conceitos adquiridos por alunos que funcionam como pré-concepções ao ingressarem nos cursos de Ciências da Terra. Essas noções, modelos e analogias que os alunos já possuem precisam ser utilizadas no ensino se queremos que os alunos ultrapassem os modelos explanatórios e façam conexões entre evidências e teoria.

O que necessita ser melhor compreendido são os nexos de tectônica de placas e concepção de natureza. Há outro conceito intrinsecamente ligado a compreender a dinâmica das placas: tempo geológico. Este por si mesmo muda o modo de se colocar diante do mundo. Mas qual seria a contribuição diretamente vinculada à tectônica de placas?

## **Contexto da pesquisa**

Grupo de pesquisa colaborativo reúne pesquisadores de universidades públicas e privadas de cidade do interior paulista com professores do ensino médio. O alvo pedagógico desse grupo é contextualizar tópicos de Biologia, Física, Geografia, Matemática e Química por meio de estudos do local e da cidade, teoria de sistemas (enfatizando o fluxo de energia e matéria dos sistemas terrestres descritos por meio da Ciência do Sistema Terra). Dessa forma, o Grupo pretende construir currículos e programas apoiados em Ciências da Terra.

Este Grupo de pesquisa mantém os eixos políticos e educacionais resultantes das múltiplas interferências que constroem a políticas curriculares autônomas e, ao mesmo tempo, desenvolvem formação continuada de seus membros. Ao longo de seu curso, desde 2003, eixos curriculares orientaram os conteúdos; o processo foi iniciado pelo do ciclo da água que cedeu lugar ao da areia e, mais recentemente, o debate se concentrou no ciclo do ferro.

## **Procedimentos de pesquisa**

A coleta de dados vem de uma prática de pesquisa colaborativa desenvolvida desde os primeiros anos de atividades do Grupo. Foi estabelecido que se deve buscar intercâmbio entre professores de escolas e componentes curriculares diferentes para discutir e planejar atividades didáticas. Isso é seguido pela definição de unidades didáticas que são implementadas individualmente, mas com a presença de um professor observador que registra a intervenção. Dessa forma, professores registram seu próprio trabalho e de um colega (que

fez parte da dupla observação da implementação). Além disso, professores elaboram textos reflexivos sobre seu próprio trabalho e discutem em pequenos grupos e em debates gerais o desenvolvimento de sua inovação curricular. Os momentos são gravados e transcritos.

Esse conjunto de documentos é fonte de dados da presente pesquisa. Foram selecionados os debates de ciclos reflexivos que trataram do ciclo do ferro para preparar e sensibilizar professores que deverão implementar inovações em suas aulas.

As oficinas do ferro duraram nove encontros semanais com uma hora e meia cada um. O eixo seguido partiu da identificação da presença do elemento químico nos fluxos da superfície da Terra no presente. Recuperou a história do uso do ferro (e outros metais) na história da humanidade e, a descoberta da Província de Carajás. Perguntou sobre a origem cósmica do ferro e tratou das dinâmicas de como o ferro se concentrou nas grandes jazidas da crosta terrestre. Explorou a história da concentração do ferro por meio do desenvolvimento de tectônica de placas, ou seja, a teoria foi explorada como tendência de desenvolvimento da história do planeta que configurou a distribuição de continentes atuais.

Os debates ocorridos nas oficinas foram gravados e transcritos. O primeiro autor identificou e codificou trechos como indicadores de mudança na concepção de natureza. Esses trechos foram examinados pelo segundo autor. Discrepâncias foram discutidas.

Trata-se de pesquisa qualitativa tipificada por Bogdan e Biklen (1994) na qual as informações são obtidas pelo pesquisador durante um processo no qual os sujeitos acham-se envolvidos, o pesquisador descreve o fenômeno observado e utiliza procedimentos indutivos para alcançar resultados de acordo com objetivos propostos e conhecidos pelos sujeitos.

Assinalamos, ainda, que trata-se de pesquisa colaborativa conforme indicado por Zeichner (1993 e 1998), Pimenta et. al. (2000), Pimenta (2005) pois a pesquisa é apoiada no contexto escolar e os professores interferem na trajetória de levantamentos.

## Resultados

As oficinas do Ciclo do Ferro foram realizadas com dez professores. A primeira partiu da percepção dos participantes. O ponto de partida foi pedir para professores identificarem *onde está o ferro* nos materiais a sua volta e que fluxos ocorriam com esse material. Mediante questionário aberto, professores reconheceram o ferro em materiais cotidianos, nos seres vivos, notaram o intercâmbio entre seres vivos. Nenhum professor indicou a origem cósmica do ferro, o reservatório natural (que serve à mineração), tão pouco os caminhos do ferro na Terra ao longo do tempo geológico. Isso sugere que mesmo professores cujo interesse de estudar a Terra e procurar nexos de sua formação (Biologia, Geografia, Matemática, Química, Sociologia) está claramente definido nos últimos anos possuem incipiente conhecimento de processos terrestres. A aprendizagem de elementos que compõem distintas áreas de conhecimento (História e Arqueologia, especialmente Arqueologia da Siderurgia; Química; Física e Geologia) foi desenvolvida e procurou identificar as dificuldades de aprendizagem de cada uma dessas áreas e explorá-las por meio de exemplos e contra-exemplos.

À medida que as oficinas avançaram com atividades teóricas e práticas foi possível combinar a história da descoberta da Província de Carajás, a História da Ciência e as interpretações de como as jazidas de ferro se formam e a evolução geológica do Setor Carajás da Província Tapajós. O resultado foi construir a teoria de tectônica de placas a partir do caso e, simultaneamente, estabelecer relações de outras regiões e outros períodos geológicos. Quando as ideias já estavam maduras, se começou a discutir o planejamento de unidades didáticas que seriam implementadas nas escolas:

Posso aproveitar este momento para fazer minha confusão? Nesse estudo do ferro, em especial depois do aparecimento da Figura 5. Depois dessa Figura 5 [Mapa mundi indicando os cratons dos diferentes continentes], a minha visão de crosta terrestre é outra. [Diz com muita ênfase]. Isso que queria perguntar para vocês: se isso também aconteceu com vocês?

Minha segunda pergunta, em isso tendo acontecido, como é que podemos fazer isso acontecer.. geral... com todo mundo? Com os alunos.

Pega isso tudo e vem para Educação Ambiental. Olhem a distância! Estão entendendo minha agonia? A pergunta seria: caramba isso nós fizemos com meia dúzia de gente, como é possível fazer isso com pelo menos cem? [Professor Ma de Biologia]

Duas preocupações emergem do extrato. Uma diz respeito a veicular o conhecimento com os alunos. Assinalamos a ênfase para a difusão de conhecimento que usualmente não faz parte dos conteúdos comuns de currículos e programas. Esta seleção de conteúdos diferentes que transmitam uma mensagem mais realista se aproxima da segunda angústia, o domínio do conhecimento contribuiu para mudar a percepção do planeta.

Uma ideia mais clara das dimensões, dinâmicas e transformações da crosta terrestre durante a história da Terra abriu possibilidades de refletir sobre processos terrestres.

Aí, volto na minha primeira pergunta: a ideia de crosta, mudou na cabeça de vocês? [Professor Ma de Biologia]

Foi a primeira coisa. [Professora B de Matemática]

A coisa que mais mexeu comigo, do ciclo do ferro, foi sair da Terra e olhar para o universo. Para mim, a hora que... nunca na minha vida tinha pensado que o ferro vinha das estrelas... isso mexeu com minha cabeça. Daí para frente... no jeito que eu vou ensinar Química. Acho que preciso, primeiro, escrever, fazer uma espécie de capítulo... Agora... é assustador essa questão do Carajás. Essa questão dos microcontinentes. Nunca tinha ouvida nada sobre isso... [Professora N de Química]

O desenvolvimento curricular caracterizado pela seleção de conteúdos a serem ensinados e reformulação de programas tendo em vista contextualização a partir do ambiente, assumindo como eixo a Ciência do Sistema Terra indica que, para esse grupo de professores, o conhecimento do conteúdo é chave, mas é chave porque por meio dele alteram sua própria concepção de natureza e buscam mudar o ensino.

Diante do que vimos até agora, quero levantar uma questão para todos discutirmos: o que seria o fato da gente ensinar... como passo a mentalizar e aceitar o que chamo de crosta [terrestre]... que é o ambiente, é o ambiente onde vivemos. [Professor Ma de Biologia]

A ideia de que os materiais da crosta não tinham a mesma idade, você já tinha. A ideia que a distribuição de continentes de hoje representa um momento e, portanto, foi outra no passado... você também já tinha. [Professor P de Geologia]

Até certo ponto... estou confessando. Realmente faltava, apesar de todo dinamismo da coisa, faltava ver essa crosta com todas essas variações, os cratons... pega só a América do Sul, ela sempre foi um bloco na minha concepção. Por isso que perguntei aos outros e quis levantar o debate.

Depois disso aqui. Depois de ler o texto do Cassé. Ver este material e lembrar da sutura do Atlântico [relevo do fundo oceânico com destaque para cordilheira meso oceânica]... e essa discussão que fizemos do Pantanal. Você falou do Pantanal [tratado como bacia sedimentar quaternária] e aí juntei nossa conversa, as observações que fiz no Pantanal (quando estive por lá) e passeia a visualizar essa bacia [Bacia Sedimentar do Paraná] e ficou muito mais fácil compreender o aquífero [Aquífero Guarani]. É disso que estou falando... e queria saber se isso aconteceu com vocês. [Professor Ma de Biologia]

Outra ideia de todos os processos naturais e a autonomia da natureza transformando o planeta são pontos altos da concepção dinâmica de natureza. Esse modo de projetar ideias culturais sobre o mundo natural adquiriu um viés ligado a uma ideia mais realista das fases de dispersão de continentes, seguido pelo ciclo concentração de supercontinentes. As implicações para a história da vida foram percebidas porque muito da estabilidade ambiental necessária para a sucessão dos seres vivos necessita ser revista a luz de um ambiente mais dinâmico do que era anteriormente examinado.

## Discussão

Casini (1975) sugeriu que a natureza é uma espécie de projeção do pensamento humano (crenças, raciocínios, etc.). Ao longo da existência da humanidade distintas projeções e imagens foram aplicadas à natureza. Há uma tendência das forças e entidades da natureza serem tratadas como *sagradas* em culturas primitivas e, de algum modo, mesmo em culturas racionais há permanência dessas projeções primitivas em alguma medida modificadas. Continua o mesmo autor, a imagem da natureza é fundada na *essência* ou em *qualidades* específicas, trata-se de resultado de uma racionalização que substituiu fantasias animísticas primitivas por conceitos bem definidos apoiados parcialmente na experiência. A racionalização que começou na antiguidade clássica tomou sensações e as elevou a qualidades universais.

Cavalari (2009) vai na mesma direção e advoga que a ideia sobre a natureza não é *natural*, mas cultural e constituída historicamente. Cada sociedade em correspondência com sua cultura e com suas condições materiais de existência constrói e elabora a ideia de natureza. Assim a concepção de natureza elaborada por determinada sociedade determinará as relações que se estabelecem entre ambas.

As indicações de Casini (1975) e Cavalari (2009) sugerem que a concepção de natureza subsiste no pensamento humano. O que observamos durante o desenvolvimento da teoria de tectônica de placas é a mudança em ideias centrais de como o homem se coloca diante da natureza.

Os resultados da nossa pesquisa indicam que o conhecimento de processos relativos a tectônica de placas ajudam a pensar no funcionamento da natureza e transformam o modo como as pessoas se situam diante do mundo.

Falcão et al. (2007) identifica a concepção de natureza de pesquisadores e de pessoas comuns. Mostra como a concepção de natureza é vaga e se apoia em muitos elementos do senso comum que independem da formação acadêmica ou da atividade profissional. Belo et al. (2012) mostra que pesquisadores da área de Física e de Bioquímica diferem na terminologia quando tentam conceituar natureza, mas ambos são muito imprecisos nas conceituações.

Nossa pesquisa indica como as concepções de natureza mudam ao explorar conceitos geológicos chaves (tectônica de placas e tempo geológico) e além de identificar a construção conceitual dos sujeitos da pesquisa, buscamos indicar certa interconexão entre ideia de natureza e mudança de práticas pedagógicas.

Não podemos perder de vista o cruzamento de noções relativas ao conhecimento da Terra. Assinalamos a necessidade de pensar as escalas do tempo geológico para compreender as dinâmicas temporais de tectônica de placas, mas os depoimentos dos participantes do grupo revelam que há um componente específico ligado às mudanças na crosta terrestre que pode ser tomado como variável autônoma em relação ao tempo.

Cervato e Frodeman (2012) insistem no papel do tempo geológico para mudar a visão de mundo, desde fenômenos naturais, sociais, culturais e econômicos. As atitudes dos professores do Grupo de pesquisa indicam que mecanismos e dinâmicas da crosta terrestre devem ser parte importante da mudança da concepção de natureza.

Profissionais de Ciências da Terra falam com naturalidade de escalas de dezenas de milhões de anos, para eles imaginar o ambiente quando não existiam os homens ou, quando não existiam seres vivos faz parte de sua reflexão ordinária. Assim como, mudanças da crosta terrestre, movimento de micro continentes no Arqueano ou formação de Rodínia são fatos comuns. Isso compõe um todo integrado. Os resultados de pesquisa mostram que é parte dessa construção conceitual o estudo de tectônica de placas acompanhado da história da crosta terrestre.

Um fator limitante da presente pesquisa diz respeito ao número pequeno de professores envolvidos e a predisposição desses professores para adquirir e modificar sua concepção de natureza. Tempo geológico foi eixo de integração curricular desenvolvida anteriormente pelos mesmos professores, isso indica que já tinham uma predisposição inicial para olhar o mundo de outro modo, valorizar processos naturais como agentes de mudança do ambiente terrestre. Dessa forma, ao aclarar o funcionamento de tectônica de placas essa atitude foi reforçada. Apesar disso, há uma construção curricular diferenciada diante dos modos tradicionais de selecionar e sequenciar o conteúdo do tópico tectônica de placas (usualmente tratado desde o ponto de vista da História da Ciência, enfatizando evidências paleomagnéticas, semelhanças paleontológicas e estruturais de distintos continentes; descrevendo principais limites de placas e com largo uso de esquemas e animais sem escala). A sequência de conteúdo moldada por necessidades dos professores trouxe elementos mais orgânicos que podem interferir no entendimento do fenômeno e nas implicações para concepção de natureza.

## Considerações finais

O conjunto de ciclos reflexivos sobre o estudo do ferro apoiado na Ciência do Sistema Terra instigou os professores dos diferentes componentes curriculares a traçarem outro perfil para o desenvolvimento curricular que revela nexos com certa concepção de natureza na qual a natureza se transforma e a humanidade é parte da natureza. Isso ajudou a ampliar a dimensão temporal do currículo que alcançou aspectos culturais do tempo profundo.

## Referências

- BELO, C. de L.A. Processos de vida, processos da matéria: os diferentes sentidos de natureza entre biólogos e físicos. **Educação e Pesquisa**, v.38, n.4, p.919-934, out.-dez. 2012.
- BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. Características da investigação qualitativa. In: BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Uma introdução à teoria e aos métodos. Porto, Portugal: Porto, 1994. p.47-51.
- CASINI, Paolo. **Natureza**. Barcelona: Editorial Labor, 1977. 166p.
- CAVALARI, R.M.F. Las concepciones sobre la naturaleza en el ideario educacional de Brasil durante las décadas de 1920 y 1930. **Utopía y Praxis Latinoamericana**, v.14, n.44, p.53-67, jan.-mar. 2009.

- CERVATO, C.; FRODEMAN, R. The significance of geologic time: cultural, educational, and economic frameworks. **The Geological Society of America**, Special Paper n. 486, p.19-27, 2012.
- DOLPHIN, G. Evolution of the theory of the Earth: a contextualized approach for teaching History of theory of plate tectonics to ninth grade students. **Science and Education**, v.18, n.3-4, p.425-441, Apr. 2009.
- FALCÃO, E.B.M. et al. Os sentidos de natureza na formação e na prática científica. **Educação e Pesquisa**, v.33, n.2, p.369-385, mai.-sgo. 2007.
- GOBERT, J.D. A typology of causal models for plate tectonics: inferential power and barriers to understanding. **Int. J. Sci. Educ.**, v. 22, n. 9, p.937-977, 2000.
- GOBERT, J.D. The effects of different learning tasks on model-building in plate tectonics: Diagramming versus explaining. **Journal of Geoscience Education**, v.53, n.4, p.444-455, Sep. 2005.
- KASTENS, K.A.; FRODEMAN, R. How geoscientists think and learn. **Eos, Transactions, American Geophysical Union**, v.90, n.31, p.265-272, Aug. 2009.
- MARQUES, L. Construcción del conocimiento científico, algunos ejemplos de geociencias. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v.4, n.1, p.4-12, jul. 1996.
- MORIN, E. **La cabeza bien puesta: repensar la reforma reformar el pensamiento.** Tradução por Paula Mahler. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión, 2002. 143p.
- PIMENTA S.G. et al. Pesquisa colaborativa na escola como abordagem facilitadora para o desenvolvimento da profissão de professor. In: MARIN, A.J. (Org.). **Educação continuada**. Campinas: Papirus, 2000.
- PIMENTA, S.G. Pesquisa-ação crítico-colaborativa: construindo seu significado a partir de experiências com a formação docente. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 521-539, set./dez. 2005.
- PIMENTA, S.G.; GHEDIN, E.; FRANCO, M.A.S. (Org.). **Pesquisa em educação: alternativas investigativas com objetos complexos**. São Paulo: Loyola, 2006. 198p.
- ROSSI, P. **The dark abyss of time: the history of the Earth and the history of nations from Hooke to Vico**. Chicago: The University of Chicago Press, 1984. 338p.
- RUDWICK, M.J.S. The emergence of a visual language for geological science 1760-1840. **History of Science**, v.14, p.149-195, 1976.
- SIBLEY, D.F. Visual Abilities and Misconceptions About Plate Tectonics. **Journal of Geoscience Education**, v.53, n.4, p.471-477, Sep. 2005.
- SMITH, G.A.; BERMEA, S.B. Using students' sketches to recognize alternative conceptions about plate tectonics persisting from prior instruction. **Journal of Geoscience Education**, v.60, n.4, p.350-359, Nov. 2012.
- ZEICHNER, K. El maestro como profesional reflexivo. **Cuadernos de pedagogía**, v. 220, p. 44-49, 1993.
- ZEICHNER, K. Para além da divisão entre professor-pesquisador e pesquisador-acadêmico. In: FIORENTINI, D.; GERALDI, C. G. e PEREIRA, E. M. (Orgs.). **Cartografias do trabalho docente**. Campinas: Mercado de Letras, 1998.