

# Interfaces currículo do ensino médio e Geociências: 10 anos de reflexões de grupo de pesquisa colaborativa

Natalina A.L. Sicca<sup>1</sup>

nalsicca@yahoo.com.br.

Pedro W. Gonçalves<sup>2</sup>

pedrog@ige.unicamp.br

Maria Cristina da Silveira Galan Fernandes<sup>3</sup>

cristinagfer@ufscar.br.

Maurílio A.R. Alves<sup>4</sup>

Maria Bernardete de Siqueira Canesin<sup>5</sup>

bernadetesiq@ig.com.br

Maria José dos Santos<sup>6</sup>

marp@ig.com.br

Mirian M. A. de La Corte<sup>5</sup>

decorte@terra.com.br

Reino L. Figueiredo<sup>5</sup>

reinoluiz@ig.com.br.

1 Mestrado em Educação. Centro Universitário Moura Lacerda. Ribeirão Preto, SP

2 Pós-graduação em Ensino e História de Ciências da Terra (PEHCT). Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas.

3 Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE). Departamento de Educação (DEd). Universidade Federal de São Carlos.

4 Departamento de Biologia. Universidade de São Paulo, Campus Ribeirão Preto (aposentado).

5 Professores da rede estadual do Estado de São Paulo.

6 Doutoranda do PEHCT. Professora do Instituto Federal de São Paulo.

**ABSTRACT** *INTERFACES BETWEEN HIGH SCHOOL CURRICULUM AND GEOSCIENCES: 10 YEARS OF DISCUSSIONS AMONG A COLLABORATIVE RESEARCH GROUP. The group of studies on Earth System Science is a work linked to experimentation and reflection on curricular questions of Brazilian secondary level. The group searches for curricular innovations by means of a learning focused on Earth Sciences. Earth Sciences or Environmental Studies are not ordinary contents in the National system education. The main findings show up which teachers of secondary school improve their formation, reform their teaching and learning activities, as well as changing their view of nature while they understand the geologic time scale. Citation: Sicca N.A.L., Gonçalves P.W., Fernandes M.C.S.G., Alves M.A.R., Canesin M.B.S., Santos M.J.dos, La Corte M.M. A.de, Figueiredo R.L. 2014. Interfaces currículo do ensino médio e Geociências: 10 anos de reflexões de grupo de pesquisa colaborativa. *Terræ Didática*, 10(3):357-367. <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>.*

**KEYWORDS:** *teaching of Earth Sciences, curriculum, teacher education, collaborative research, geologic time.*

**RESUMO** *O Grupo de estudos de Ciência do sistema Terra constitui esforço de pesquisa, experimentação e reflexão sobre como adaptar o currículo do Ensino Médio brasileiro perseguindo eixos curriculares vinculados aos estudos da Terra. A maior parte das escolas brasileiras de educação básica não inclui no currículo componente curricular voltado para o estudo do conhecimento da Terra e do ambiente a seus estudantes. Dentro destes limites, tempo geológico tornou-se eixo capaz de articular disciplinas comuns da escola, ou seja, estudar a Terra e seus fenômenos permite construir ligações, p.ex. entre Biologia e Geografia (disciplinas comuns do Ensino Médio). Os procedimentos seguem orientações de pesquisa colaborativa que entrelaça pesquisadores de distintas universidades e professores da rede pública. Os principais resultados se concentram em inovações curriculares que enfatizam concepção mais realista e integrada de dinâmicas ambientais. O objetivo deste estudo é revelar como professores da educação básica descrevem a contribuição das Ciências da Terra para sua formação e quais são as implicações para o currículo do Ensino Médio.*

**PALAVRAS-CHAVES:** *Ensino de Geociências, currículo, formação de professores, pesquisa colaborativa, tempo geológico.*

## Introdução

Este trabalho foi exposto como painel durante o evento *Interfaces Geociências e Ensino: 40 anos de experiências*, ocorrido nos dias 23 e 24 de agosto de 2013. Apresenta os resultados da formação continuada de membros do grupo de estudos de Ciência do sistema Terra voltado para desenvolver o currículo do Ensino Médio.

O Grupo desenvolve pesquisa colaborativa com professores da rede estadual de ensino. Investiga desenvolvimento curricular apoiado na interação que envolve planejamento, implementação e avaliação de inovações curriculares voltadas para Geociências. O currículo da formação continuada persegue temas que servem como eixos para mostrar o caráter sistêmico, integrado e complexo dos fenômenos terrestres. Adota a perspectiva geológica ambiental da Ciência do Sistema Terra para examinar características selecionadas do local e da cidade.

O artigo descreve a mudança de participantes do Grupo de pesquisa colaborativa à medida que adotam a perspectiva de Geociências para contextualizar o currículo do Ensino Médio e expõe o argumento de que aspectos estratégicos de Filosofia e História da Ciência contribuem efetivamente para a formação continuada dos professores.

A pesquisa é feita com professores e baseada na ideia de que quem deve definir o que, como e porque ensinar e avaliar é o professor. Valoriza o trabalho coletivo de estudo e planejamento do processo educacional.

## Objetivos e problemas de pesquisa

Estudos anteriores (p.ex. Seidl e Friend 2002, Zeichner 2007) atribuem especial importância à participação dos professores na definição sobre sua própria formação continuada, mas poucas vezes se detalha o que os próprios professores pensam sobre temas, tópicos, etc. e como as atividades do grupo de pesquisa colaborativa são percebidas pelos professores. Neste trabalho pretende-se revelar a voz dos professores nesse processo.

Considera-se relevante a contribuição de Pimenta (2008) que mostra como um grupo de pesquisa constitui espaço de crítica propositiva na perspectiva de consolidar reflexões, propostas, projetos e ações. O processo foi marcado como colaborativo e crítico, construiu formação, organização e divulgação de conhecimentos que fundamentam ações emancipatórias de formação docente,

melhoria da escola pública, redefinição de políticas públicas. Trata-se de um processo de pesquisa ação que trabalha dentro das condições institucionais e políticas da escola e pretende transformar o fazer docente, as relações pedagógicas, a gestão e institucionalização da educação.

Hashweh (2003) assinalou um ponto decisivo para analisar a aprendizagem do professor: é a perspectiva do próprio professor. Isso conduziu a uma pesquisa que criou instrumentos de observação de aula apoiados em duplas de professores (um ministrando a aula prevista, outro assistindo e observando).

Elementos presentes em Hashweh (2003) e Pimenta (2008) constituem parte integrante de atividades promovidas pelo Grupo de estudos de Ciência do sistema Terra voltado para desenvolver o currículo do Ensino Médio. Mas há um traço particular que é a valorização do domínio de conteúdo de Ciência do sistema Terra como passo relevante para elaborar novos conteúdos, enfoques e articulações curriculares dentro de cada unidade escolar.

Neste trabalho, pretende-se identificar como a Ciência do sistema Terra contribuiu para construir interfaces entre distintos componentes curriculares e que efeitos ocorreram sobre o trabalho do professor. Estes elementos serão captados e descritos a partir da concepção expressa pelos próprios professores envolvidos.

Em outros termos, pretende-se tratar de certo número de questões que podem ser assim resumidas: como os professores reconhecem a contribuição das Geociências para sua formação continuada? Quais as mudanças no processo de seleção do conhecimento a ser ensinado e no conhecimento pedagógico (como ensinar) que os professores atribuem ao processo vivido no grupo de pesquisa colaborativa?

Para aclarar esse ponto, é necessário refletir sobre o alcance de um eixo que está subjacente a todas as atividades promovidas pelo grupo de pesquisa colaborativa. Todos os temas adotados pelos professores para contextualizar seus tópicos de ensino seguem o eixo curricular de tempo geológico.

Cervato e Frodeman (2012) exploram o argumento do porquê *tempo geológico* deveria fazer parte da formação de qualquer profissional. Um exemplo que explica o motivo desta tese são os acontecimentos do furacão Katrina em Nova Orleans, que provocou mais de 1800 perdas fatais em 2005. Parte de Nova Orleans foi destruída. Diques que represavam o rio Mississippi ruíram e bairros ficaram

submersos por dias. As semanas que se seguiram ao desastre foram marcadas pelo debate sobre a reconstrução da cidade, o qual se concentrou em *se* e *como* reconstruir a cidade. Mas alguns temas polarizaram a discussão: custos, adequação dos diques e probabilidade de outro furacão de categoria 3, 4 ou 5 atingir Nova Orleans.

Ora, se o tempo geológico fosse considerado, a tomada de decisão consideraria que a probabilidade de outro furacão das categorias 4 e 5, nas próximas décadas, é de aproximadamente 100%. Os custos também desprezaram o desenvolvimento delta do rio Mississipi. O mapa geológico do Holoceno, argumentam os mesmos autores, mostra como o curso do rio variou centenas de quilômetros em muitos séculos. O curso atual do Mississipi é um antigo canal destinado a mover-se para oeste até o canal de Atchafalaya. De fato, só por causa do enorme esforço do corpo de engenharia do exército dos EUA o rio mantém seu curso antigo passando por Baton Rouge e Nova Orleans. O contínuo investimento de dezenas de bilhões de dólares em obras feitas pelos engenheiros do exército mantém o rio perto das duas cidades. Pelo movimento do curso do rio, durante a década de 1950, o Mississipi teria deixado as duas cidades para trás.

Contudo, afirmam Cervato e Frodeman (2012), a perspectiva desses fatos geológicos e hidrológicos não contribuiu para o debate público sobre o futuro de Nova Orleans.

O conceito de tempo geológico possui alcance que ultrapassa os limites do conhecimento sobre a Terra. É um modo de conceber o mundo e a natureza de importância equivalente à substituição do sistema geocêntrico pelo heliocêntrico (ver Rossi 1984). Se não há dúvida de que tempo geológico é um conceito que alcança os domínios público (tomada de decisão política), privado (desafios econômicos) e cultural – como o exemplo do Katrina demonstra – somos forçados a nos perguntar como os estudos da Terra incorporaram essa concepção revolucionária de tempo. Isso pode indicar pistas do que precisa ser feito para mudar a consciência das pessoas como será tratado nos Procedimentos metodológicos.

## Justificativa

Elliott (2010) mostra as transformações ocorridas no Reino Unido em termos do currículo. Da década de 1960 aos dias de hoje, a possibilidade de desenvolvimento do currículo pelo professor

se reduziu muito. Elliott (2010) assinala alguns aspectos capitais da construção do conhecimento pedagógico feito pelo professor ao desenvolver o currículo. Se um professor quiser aprender a ensinar um determinado tópico do currículo (p.ex., frações, movimentos da Terra) não encontra pesquisa profissional que ensine como ensinar. Já passaram mais de 40 anos, segundo o mesmo Elliott, desde que Lawrence Stenhouse chamou de *professor pesquisador* a alguém comprometido com estudo pessoal e sistemático feito por meio do trabalho de outros professores e testando ideias por meio de procedimentos de pesquisa em aula.

Entretanto, no mesmo artigo, Elliott (2010) assinala como esse processo foi se tornando raro no Reino Unido. Afirmo que a pesquisa cooperativa feita por professores tornou-se exceção: o currículo oficial deixou pouco espaço para a pesquisa do professor sobre como organizar a experiência adquirida com seus estudantes em diferentes temas. Conclui que o currículo nacional conduziu à descontextualização da pesquisa do professor.

Há muitos anos sabe-se que a pesquisa do professor é uma forma de desenvolvimento curricular. Elliott (2010) advoga que Stenhouse considerou que o desenvolvimento curricular se dá dentro do contexto da pesquisa do professor. Ao desvincular a pesquisa do professor do desenvolvimento curricular, se separa a avaliação e desenvolvimento de marco teórico que permita aos professores falarem sobre seu trabalho de maneira coerente.

Todos os papéis que se possa imaginar para professores, pesquisa educacional, formador de professores, de jovens, etc. passam pelo viés que luta contra a injustiça da sociedade e, portanto, depende de compreender e interpretar os movimentos sociais e políticos que intervêm na sociedade, bem como seus nexos e implicações curriculares. Esta tese é apresentada por Apple (2011) que defende a necessidade de se identificar relações desiguais de força da sociedade e realidades de dominação e subordinação. No mesmo texto, Apple (2011) descreve mecanismos curriculares que operaram nos EUA e subordinavam os currículos a necessidades econômicas. Dessa forma as questões pedagógicas deixaram de ser relevantes. Sugestões, propostas e novos currículos desconsideraram a história e os desafios percebidos como problemas importantes a serem considerados.

Há aspectos estratégicos da globalização e migração que geram tensões e problemas candentes nos EUA, mas há outros problemas rela-

tivos à migração diretamente vinculados ao êxodo rural brasileiro e crescimento explosivo dos sítios urbanos. Isso gera diversidade de expectativas e perspectivas de crianças e adolescentes diante da escola, com alcance no que valorizar, desenvolver, etc. no funcionamento da escola e na sala de aula. Considera-se que o professor precisa encontrar caminhos e alternativas nos dois âmbitos e isso só pode ocorrer plenamente se houver liberdade de interação e pesquisa sobre seu próprio trabalho.

Luiz Freitas em várias manifestações públicas defende que a pesquisa educacional precisa ser considerada na tomada de decisões educacionais e curriculares. O autor denuncia que diferentes mecanismos promovem a exclusão social de estudantes de baixa renda.

Em seus estudos, Freitas (2012) identifica os conceitos-chaves das políticas públicas de educação: *responsabilização*, *meritocracia* e *privatização*. Estas políticas se constituem dentro do discurso de *direito das crianças a aprender*. Passam pela falsa ideia de que notas altas significam boa educação e que a miséria infantil é desculpa para escolas não ensinarem as crianças. Dentro de órgãos governamentais (ministério, secretarias, etc.) defensores desses conceitos forçam a construção da cultura da *auditoria* em educação: convergência de psicologia comportamentalista, ciências da informação e neurociência. Isso significa emergência de sistemas de regulação de questões de qualidade, subordinada à lógica da administração. Trata-se do tecnicismo de hoje que conduz à teoria da responsabilização, meritocrática e gerencialista.

Nos limites deste texto, nos interessam os mecanismos de homogeneização e padronização do currículo: testes para estudantes, divulgação pública de resultados do desempenho das escolas, recompensas e sanções.

Freitas (2012) discute a adoção do sistema de bônus nas escolas paulistas e informa que até Alice Setubal (da Fundação Social Itaú) se manifestou contra o bônus nas escolas. Para ela o sistema de bônus cria competição danosa entre professores e os afasta dos alunos ruins. A National Academy of Sciences dos EUA defende que programas de incentivos baseados em exames não têm promovido a melhoria do desempenho dos alunos (é necessário lembrar que essas políticas são praticadas naquele país há mais de doze anos).

Enfim, de maneira geral é possível afirmar que a década de 1990 foi marcada por dramáticas mudanças curriculares em diferentes partes do

mundo. Evidentemente descrever todos os mecanismos dessas políticas curriculares extrapola este estudo, mas muitas mudanças ocorridas no Estado de São Paulo servem de evidência de tentativas para reduzir a autonomia do professor em seu esforço de desenvolver o currículo. Ao se considerar de um lado decisões centrais e, de outro, tomada de decisões locais, detalhamento do que e como ensinar *versus* flexibilidade para desenvolver ações, projetos educacionais, bem como selecionar conteúdos e enfoques, depois de 2008 foi crescente o polo centralizador acompanhado pela redução da flexibilidade do que o professor pode decidir quanto à seleção de conteúdos a serem ensinados a seus alunos.

Este é o contexto institucional e político do trabalho desenvolvido pelo grupo de pesquisa colaborativa, vinculado ao esforço de assumir Ciências da Terra como eixo de organização curricular para distintas disciplinas do Ensino Médio.

## Contexto no qual se desenvolve a pesquisa colaborativa

O Grupo de Estudos de Ciência do Sistema Terra articula professores de diferentes unidades estaduais, pesquisadores de distintas universidades (públicas e privada) para selecionar locais de uma cidade do interior paulista e transformá-los em alvos pedagógicos. Isso cria condições favoráveis para examinar múltiplos aspectos ambientais (matas urbanas, abastecimento de água, enchentes, indústria da construção civil, etc.), planejar currículos marcados por interfaces de distintas disciplinas e escolas. Essas construções são implementadas, examinadas e avaliadas pelos próprios professores do grupo de pesquisa colaborativa (o planejamento é feito por mais de um professor, a implementação é individual, porém observada por outro professor que acompanha a implementação para aperfeiçoar a experiência depois de exame e discussão de atividades).

É dentro deste espaço para selecionar e organizar o que ensinar a partir de problemas da cidade que o substrato rochoso e sua história natural se tornam especialmente estratégicos. O abastecimento de água está vinculado à água subterrânea e às condições do aquífero; matas urbanas dependem da gênese de solos, bem como da circulação da água no mesmo; enchentes associam-se ao padrão climático das últimas dezenas de anos e ao perfil de

equilíbrio dos córregos cuja história remonta, pelo menos, aos últimos milhares de anos, etc.

Os professores de Biologia, Física, Geografia, Geologia, História, Matemática, Química, Sociologia que participam do grupo de pesquisa colaborativa se envolveram no processo e constituíram eixos que presidem todas as intervenções escolares (lugar e cidade, teoria de sistemas, tempo geológico). Certo conjunto de instrumentos educativos são associados e pesquisados (atividade de campo, mapas e representações visuais, modelos, experimentos) para construir formulação curricular que toma o conhecimento da Terra como eixo organizador do currículo de disciplinas que se inter-relacionam para tratar certo tema, sempre tratado a partir do modo de olhar a natureza que caracteriza o conhecimento da Terra.

Todas as atividades dos diferentes subgrupos de professores são construídas em torno de temas (Mata de Santa Tereza, enchentes na cidade, contaminação de aquífero poroso por depósito de resíduos sólidos, etc.). A definição dos temas segue uma trajetória que está relacionada a algo que ocorre na cidade (um problema ambiental, dúvidas de alunos ou professores, etc.). Há uma condição: todo e qualquer tema permite descrever e compreender fenômenos naturais, sociais e econômicos de uma parte da cidade, mas o conjunto admite uma visão integrada sob o ponto de vista de um eixo conceitual (ciclo da água, ciclo da areia).

Quando um subgrupo de professores de uma escola (ou de unidades diferentes) se dispõe a elucidar um desses problemas urbanos, isso desencadeia um levantamento de dados. Professores com ajuda de seus alunos recorrem a moradores (vizinhos ao problema ou mais velhos que por meio de seu depoimento permitam recuperar a história local), técnicos de órgãos públicos ou empresas, arquivo histórico para colher os dados necessários que serão selecionados e organizados durante o desenvolvimento do currículo e propiciarão um aprendizado mais integrado e sistêmico.

O processo de construção desses currículos e sua avaliação reflexiva remonta a 2003, quando o Grupo de pesquisa colaborativa foi criado. Interfaces de distintas disciplinas são elaboradas para mostrar a Terra, o ambiente e o Sistema Terra e como esta pode articular Matemática e História, Biologia e Geografia etc. Embora se possa argumentar que a literatura já explorou esse papel estratégico do conhecimento da Terra (Cuello 1988 ou Morin 2002), não há um número significativo de pesquisas

que detalham como isso ocorre no ambiente de sala de aula e quais são os vínculos e caminhos articulados ao espaço extra muros escolares e, além disso, como os professores identificam, aceitam e tomam partido nesse processo de inovação curricular.

Como desdobramento da participação no grupo de pesquisa, professores do ensino público envolvidos nesse processo de dez anos defenderam quatro mestrados, um encontra-se no doutoramento. Subgrupos de professores solicitaram e obtiveram recursos públicos para realizar suas atividades nas escolas. Talvez mais importante do que tais indicadores das funções de formação do Grupo de pesquisa colaborativa, seja o engajamento dos professores em seu próprio processo de formação que mudou o modo de examinar seu trabalho.

Neste estudo, há evidências de mudanças de metodologia de ensino dos professores em virtude da implementação e reflexão sobre inovações curriculares orientadas pela Ciência do Sistema Terra.

Ao longo desses dez anos houve substanciais diferenças no trabalho dos professores. Ao decidir investigar o contexto educacional junto com o professor, as atividades ficam subordinadas às condições institucionais e às políticas curriculares praticadas pelo governo. A partir de 2008 uma série de medidas adotadas no Estado de São Paulo reduziram a flexibilidade curricular, diminuindo o espaço para o desenvolvimento curricular (possibilidades de planejar, avaliar e validar inovações curriculares com seus alunos). Esses controles enrijecem o currículo e estreitam a formação continuada de professores. Seguem trajetória que homogeneiza o currículo e diminuem as possibilidades de introduzir abordagens de sistema Terra para alunos do ensino básico. Dessa forma, crianças e adolescentes perdem a possibilidade de enriquecimento de sua cidadania pela ausência do conhecimento da Terra na educação.

## Procedimentos metodológicos

A metodologia da pesquisa se caracteriza como do tipo qualitativo (Lüdke e André 1986, Bogdan e Biklen 1994). De maneira mais específica define-se como pesquisa crítico colaborativa (Pimenta 2005) desenvolvida no âmbito de um grupo de pesquisa colaborativa com professores da rede estadual de Ensino Médio e professores universitários.

Trata-se de um processo de formação continuada de prazo relativamente grande (10 anos) no qual professores do Ensino Médio da rede estadual inte-

ragem com pesquisadores de universidades públicas e privada. A trajetória e o enredo são construídos por meio de debate no qual todos os interessados são participantes e, ao longo do tempo, torna-se claro que todos os envolvidos mudam a seleção do conteúdo a ser ensinado e alteram a metodologia de ensino como resultado dessa atividade interativa.

Para acompanhar as mudanças e construir objetos de pesquisa, o planejamento de atividades e intervenções é feito coletivamente, sua implementação é individual, mas frequentemente acompanhada por um colega (observador) do desenvolvimento da aula (como é sugerido por Hashweh 2003). Anotações, relatórios e resultados são discutidos para refazer o percurso em sucessivas oportunidades que conduzem a aperfeiçoar o trabalho pedagógico.

Ao mesmo tempo, há um acompanhamento coletivo por meio de debates que servem para levantar e refletir sobre diversos aspectos de política curricular (incluindo as micropolíticas curriculares vinculadas a intervenções praticadas nas escolas), formação de professores e possibilidades de explorar e ensinar novas dinâmicas que inter-relacionam e conectam assuntos.

Parcela do processo de acompanhamento, debate e avaliação é marcado por grupos focais (Gatti 2005) que tratam de problemas que merecem ser aclarados. Nesses momentos torna-se possível identificar mais claramente que concepções os professores do Ensino Médio formaram por meio do processo interativo, propiciado pelo grupo de pesquisa colaborativo.

Neste texto, ênfase especial é dada a grupos focais que buscaram associar a história de vida do professor a sua experiência no grupo de estudos. Os problemas postos em debate estiveram relacionados às condições das Geociências (disciplina que não existe no Ensino Médio) de conectar disciplinas distintas e as implicações para as escolas (mudanças de rotina de professores do grupo, bem como de outros professores que atuam nas escolas). Os debates ocorreram em duas sessões no mês de março e outras duas no mês de agosto de 2013, cada uma delas com 3h de gravação de áudio (seguida de transcrição).

A partir das transcrições das referidas seções, foram selecionados trechos que pareceram significativos para identificar a concepção de Geociências e suas implicações educativas. Tal seleção dos trechos foi discutida e se procurou chegar a um consenso para definir os extratos finais que serviram à

construção deste processo. Trata-se de um processo indutivo que pretende revelar como os professores concebem o papel de conteúdos não previstos na escola para melhorar o ensino e desenvolver sua própria formação.

A História da Ciência revela como o fazer Geologia mudou significativamente a partir das últimas décadas do século XVIII: espaços, atividades prioritárias, nexos tecnológicos e econômicos possibilitaram convergência de campos de conhecimento (Geognose se aproximou da Mineralogia), novos modos para descrever e interpretar o significado de objetos naturais (ver: Rudwick 1976, 2005; Rossi 1984; Greene 1982). Mas o que mais nos interessa nos efeitos das transformações do fazer Geologia é o adensamento do tempo geológico diretamente associado ao uso mais comum da atividade de campo e da representação visual na divulgação de conhecimento.

As escalas de tempo, espaço e sua representação visual transformaram o modo de conceber a natureza e a Terra. Ao estudar e representar diretamente a paisagem, ao reconstituir a história de regiões, bem como representar os eventos por meio do mapa geológico foi se aceitando uma noção de que a natureza se transforma independentemente da vontade humana.

O alcance dessa concepção de natureza atinge muitos elementos culturais, sobretudo vinculados à crise ambiental e à apreciação do papel de transformações sociais, econômicas e culturais nos eventos ecológicos e destruição da natureza. E é justamente desses indícios de mudança de concepção de natureza (e seus vínculos com práticas pedagógicas mais investigativas) que se organizam indicadores para mostrar as mudanças ocorridas nos professores do grupo de pesquisa durante o processo de formação continuada.

## **A perspectiva dos professores sobre a contribuição da Ciência do Sistema Terra para sua formação**

Reuniões gravadas, entrevistas, debates dirigidos são utilizados como técnicas de pesquisa para acompanhar e avaliar o processo de desenvolvimento marcado, de um lado, pela Ciência do Sistema Terra (com ênfase na ideia de natureza que emerge da noção de tempo geológico), de outro, pelo estudo da cidade em torno de um tema definido coletivamente.

Mediante procedimento de revisão do trabalho desenvolvido ao longo dos últimos dez anos, os professores puderam examinar e rever o que já foi feito. O debate se torna mais integrado no momento em que podem comparar o que fizeram com o que é feito por outros professores. Numa das reuniões (12/08/2013) a professora de Matemática reflete sobre suas experiências em diálogo com a professora de Química:

A ideia era [...] estava trabalhando a ideia Geometria métrica espacial. Calculam o volume da caixa [d'água]. E a partir das cotas que tinha dos poços na bacia do córrego dos Campos, eles [os alunos] calculam a espessura de arenito naquela área, dados das Geociências, volume de água no arenito (porcentagem da rocha que é água, calculando volume da rocha, conseguem calcular o volume da água). Constroem... escolhem um poliedro... soltei a pergunta: "qual é o poliedro que é legal para calcular?" Aí, foram em cima, foram na lata: é o prisma. A gente divide [...] no mapa, antes trabalharam o mapa, escala, constroem, desenharam, fazem um mapa, um diagrama das medidas com as distâncias entre um poço e outro, as medidas. Já tinham calculado anteriormente o consumo de água das famílias. A pergunta que desencadeou foi: "está nas manchetes que gastamos mais água do que penetra [no aquífero], é verdade?" Aí, eles fizeram a estimativa, quanto a população do bairro consome e o quanto que infiltrava. Mesmo eles morando em outro lugar [...] não teve importância. Aí jogam para o bairro, calculam a média para o bairro, quanto tem de população e quanto gastam. Tinham calculado o balanço hídrico: tinha chovido aqueles dias. Aí não chegaram à conclusão. Teve aluno que afirmou que havia poucos dados. Há muitas variáveis e a gente não consegue chegar à conclusão ou seja, não dava para chegar em posição conclusiva. Foi em 2009. (Professora B, Matemática).

Mas foi tudo antes dos Cadernos [...] (Professora N, Química)

Foi no ano da epidemia. As escolas fecharam. Tivemos de repor aulas aos sábados. Fomos fazer essa atividade da caixa d'água aos sábados, na reposição das aulas. (Professora B, Matemática)

E o ciclo da areia, você fez alguma coisa? (Professora N, Química)

O que ficou do ciclo da areia foi quando perfurou o poço. Com amostras que dava para ver a areia, e o arenito nada mais é do que o deserto... é areia. Não ficou um ciclo da areia, mas a areia estava inserida no trabalho [...] (Professora B, Matemática).

Você tratou do lixo [...] (Professora N, Química).

Areia entrou por outro caminho. Falamos do chorume [...] (Professora B, Matemática).

Esses diálogos revelam que os professores desenvolveram capacidade interativa e de adaptação de assuntos e tópicos para poder explorar um eixo temático definido coletivamente, mas aplicável a todos os componentes. Trata-se de processo de formação para levantar dados, organizá-los e formatá-los do modo que é considerado mais acertado para desenvolver com os alunos. Esse crescimento dá autonomia.

Em relação ao questionamento da N. sobre o histórico do Grupo, gostaria de chamar atenção sobre a formação do professor e o olhar pedagógico para a cidade. Pex., esse nosso exercício de trabalhar o ciclo da água e depois ir para o ciclo da areia, você está entendendo qual é a visão da formação do professor: necessariamente posso pegar qualquer ciclo para poder fazer. Este é o resultado da formação. Isso que eu acho importante é isso: o treino do nosso olhar é esse, foi isso que discutimos para ir a LA [cidade na qual se inicia processo de formação continuada]. (Professor R, Geografia, 19/08/13).

O desenvolvimento temático de ciclos que são estudados a partir de demandas da cidade, ou seja, problemas sociais, econômicos, dúvidas de alunos e dos próprios professores do Grupo de pesquisa colaborativa. A definição do tema é o primeiro passo, mas um eixo foi perseguido nos diferentes temas: buscar caminhos, fluxos, intercâmbios, em outros termos, a ideia geológica de ciclo serviu para conduzir e articular os professores. Isso gerou aprendizado: conduziu o professor a adquirir maior autonomia para selecionar conteúdos e formas de ensinar. Ao mesmo tempo possibilitou estabelecer ligações de campos de conhecimento diversos e uma ideia mais clara sobre os nexos do currículo e de formação dos alunos do Ensino Médio.

É isso que falo que é minha capacidade de juntar as coisas, de fazer as conexões. E a deficiência, reco-

nhecia a deficiência, morria de medo, não podia ver uma pedra. Não sabia o que era. Tanto que [cita o nome de uma escola particular] ganhou uma coleção de pedras, o que é que eu fiz? Chamei um geólogo. Não sabia o que fazer com aquilo. De todo jeito, começamos o contato. Outra coisa, como podia ser a Terra rachada, a crosta rachada. A bendita tectônica [...] Esse cara me deu material para ler. Eu precisava discutir isso com as crianças. Ao mesmo tempo em que estava fazendo isso com eles, precisava discutir porque o que levei de proposta para a [cita o nome de uma escola particular] foi o ambiente. O ambiente mais ambiente possível. O que eles viviam mais. Aí começou esse contato com a Geologia e o contato com o Grupo [de pesquisa]. Começo a encontrar um diálogo. Estava sozinho e começo a encontrar alguém para dialogar. Aí é que vem a importância do Grupo, o Grupo é o que apóia nesse sentido. Aí juntou, virou mamão com mel. Deu certo. (Professor M, Biologia, 08/03/13).

Outra professora chama atenção para o caráter integrado do conhecimento como algo adquirido no processo de formação continuada:

Na Biologia a gente vê o ciclo. A gente mostra e o aluno tá vendo o sistema. Mas na hora que a gente tá explicando relaciona muito com ser vivo. A parte biológica [...] onde entra o ser vivo. A poluição e os outros caminhos. Mas tempo geológico a gente não fala e o aluno não tem muita noção. E a parte do passado, muitas vezes o aluno só vê em outro ano. É muito separado. A gente fica explorando o ciclo em si, a passagem, quais são os reservatórios, onde o ser vivo participa, os reservatórios. Fluxos de energia. A gente não entra muito na Física. E tempo geológico [...] a gente não dá. (Professora M, Biologia, 12/08/13).

As observações feitas pelos professores nitidamente remetem à necessidade de dominar conteúdos. Há uma peculiaridade nessa pesquisa colaborativa que é a inexistência de disciplina vinculada a estudos da Terra no nível médio. Dessa maneira, Ciência do Sistema Terra ocupa muito mais um papel estratégico de ligar diferentes campos do conhecimento. Essa concepção foi adquirida pelos professores:

O importante ao pensar as questões das Geociências é pensar no tempo geológico. E as interações entre as diferentes esferas: hidrosfera, atmosfera, biosfera [...] o que a gente não levava muito em conta. Essa perspectiva geológica que leva em conta o tempo geológico aparece p.ex., quando pensamos

na formação do aquífero. E também essa coisa que a gente não vê do ciclo [da água], a água subterrânea. (Professora MJ, Química).

Para mim foi fundamental a ideia de reservatório e da troca entre os reservatórios para não perder o equilíbrio. [...] Aí, me vem a figurinha na cabeça. A imagem. A imagem que a gente constrói. Isso é fundamental. E foi a partir daí que passei a me preocupar com imagem para meus alunos. Qual é a imagem que você formou a respeito [...] (Professora B, Matemática, 12/08/13).

Entende-se que as características de linguagens empregadas pelos estudos da Terra (linguagem visual que se associa a raciocínios espaciais) vão sendo percebidas como componente importante para ser desenvolvidas junto com os alunos.

### **Pontos de inflexão: concepção de natureza sob o ponto de vista da CST**

O caminho que vai da observação, interpretação e entendimento de um fenômeno depende de familiaridade inicial que pode conduzir a expor dinâmicas nas quais nem sempre os limites de dados e inferências são claros e facilmente discerníveis. Deste ponto de vista, descrever e revelar como a Ciência do Sistema Terra contribui para o currículo do Ensino Médio ajuda a formar professores envolvidos e, ao mesmo tempo, cria condições favoráveis nas quais os professores reconhecem a relevância de eixos curriculares como tempo geológico. Os professores observam que nesse percurso admite-se mais de uma conclusão e qualquer uma que for obtida está historicamente circunscrita.

Examinar a inovação curricular proporcionada pela Ciência do Sistema Terra e como professores incorporam novos conceitos ao seu trabalho, passam a ter maior domínio do currículo ao compreender nexos e vínculos da grade curricular, articulam conceitos de outras áreas de conhecimento, reconhecem a contribuição resultante da interação colaborativa é uma das possíveis interpretações do fenômeno. Por sua complexidade o entendimento do processo não se acha restrito à análise dos extratos de texto exposto, de fato, eles só ganham significado tratados dentro do contexto de seu desenvolvimento. Sem este contexto, as interpretações indutivas agora expostas não poderiam ser feitas.

Por meio deste procedimento metodológico, este item além de recuperar a voz dos professores



ajuda a mostrar a dinâmica ocorrida durante estes anos, revela procedimentos e passos da mudança curricular e, desta forma, novos dados são expostos.

Passar a usar com mais frequência e de forma ordinária o termo *tempo geológico* (conforme aparece nos estratos de diálogos) é algo mais do que adotar uma palavra nova. No Grupo de pesquisa colaborativa isso marca a possibilidade de operar cognitivamente com escalas temporais que extrapolam a história humana. Trata-se de resultado do processo que combina dados históricos da cidade (p.ex., história climática de estação meteorológica, enchentes registradas pela imprensa, dados hidroquímicos oficiais) e evidências de processos naturais (p.ex., perfis de solo, afloramentos de rochas) para selecionar e organizar conteúdos escolares. Dessa forma, dinâmicas geológicas, geomorfológicas, climáticas cruzadas com observações de campo tornaram mais passageiras e fugazes algumas explicações da crise ambiental. Atividades sociais, econômicas e culturais foram relativizadas dentro da dimensão do tempo geológico e as tomadas de decisão individual e coletiva passaram a considerar prazos de tempo de centenas a milhares de anos.

Podemos obter uma ideia mais clara dessa mudança de perspectiva para adotar CST como referência que afeta o dia-a-dia se interpretarmos os trechos de diálogos selecionados.

Os estratos selecionados, a primeira vista, poderiam ser considerados particulares e isolados. Os depoimentos pertencem a professores que participam do Grupo de pesquisa colaborativa há bastante tempo. Isso ajuda a interpretar não somente o texto exposto, mas também a trajetória que fizeram durante esses anos. De fato, testemunhos revelam mudança de concepção de natureza, preocupação dirigida ao ensino e currículo e o crescimento do olhar para pesquisa.

Adotar no ensino conceitos de processos sociais, econômicos e políticos de problemas locais e da cidade (p.ex., contaminação de aquífero por aterro de resíduos sólidos, superexploração do aquífero) indica ampliar os próprios conceitos e relacioná-los aos conhecimentos profissionais. Simultaneamente há um esforço dos professores para veicular com seus alunos, essas novas perspectivas adquiridas sobre o sistema Terra.

Utilizar fontes de informação pouco usuais como material didático (p.ex., amostras de calha retiradas de perfuração de poços profundos para produzir água, amostras de sedimentos e plantas coletadas em uma mineração) indica ampliar o

espaço educativo e passar a incluir o espaço urbano dentro de práticas docentes.

Explorar de forma consistente a história geológica do clima, eventos vinculados à tectônica de placas, rebaixamento do nível de água no aquífero, processos geomorfológicos apoiados em registros rochosos (observados diretamente em afloramentos ou na paisagem) significa ampliar a escala de tempo.

Essas mudanças de conhecimentos profissionais, material didático, ampliação das ideias de espaço e tempo modificam a abrangência e delimitação da concepção de natureza. Um dos resultados desta perspectiva é identificado na inovação curricular realizada nas escolas.

As mudanças de concepção de natureza acham-se associadas ao fato da atividade de campo ter se tornado mais comum para os participantes do Grupo de pesquisa colaborativa, bem como sua realização com alunos do Ensino Médio. Visitas e estudo de locais que contribuem para compreender problemas ambientais e selecioná-los como objeto de trabalho investigativo com alunos ajudaram a compreensão de dinâmicas geológicas regionais. Isso aclarou ideias sobre impacto ambiental e sua percepção cultural, econômica e política. Trata-se da reinterpretação de explicações do senso comum sobre os mais variados problemas (enchentes, lixo, biodiversidade, recursos naturais).

Enchente, p.ex., deixa de ser exclusivamente um problema de responsabilidade individual ou resultado coletivo do impacto gerado pela urbanização da bacia hidrográfica. Passa a ser vista, em primeiro lugar, como fenômeno climático e geomorfológico de larga escala de tempo (dezenas de milhares de anos) que pode ser descrito com incertezas usando dados históricos de pluviosidade, registros geológicos dos últimos milhares de anos, estudos hidrológicos da bacia de drenagem. Em segundo lugar, os efeitos das dinâmicas econômicas e sociais na bacia hidrográfica modificando os caminhos da água possibilitam compreender as dimensões de mecanismos de longo prazo e consideram o balanço de custos e benefícios de obras previstas para reduzir as probabilidades de enchentes na cidade.

A atitude de passar a tratar fenômenos, seus efeitos, suas implicações sociais, políticas e econômicas em termos de longo prazo acha-se apoiada em uma história da natureza, ou seja, em escalas de tempo que ultrapassam limites humanos, muitas vezes alcançando milhões de anos para refletir sobre o que vai acontecer às próximas gerações.

Desenvolvimento dos seres vivos e dinâmicas ecossistêmicas passam a ser tratadas dentro de transformações ambientais que ocorrem no planeta. Os seres vivos e sua evolução biológica é um processo de largo prazo da escala de tempo da natureza. Mas o ponto de partida foram observações e coleta de espécimes em locais particulares (porto de areia, mata urbana, praças, etc.).

Geociências não faz parte do ensino regular de nível médio. Dentro dos limites estreitos de desenvolvimento curricular da rede estadual é preciso criar espaços e tempos específicos para permitir que os alunos entrem em contato com esta perspectiva abrangente do conhecimento humano.

## Conclusões

A universidade pode encontrar formas de refletir e interagir com o professor da rede estadual. Professores da universidade investigam a região e querem levantar dados. Mas a escola não tem essa tradição de ir aos locais, por isso há aprendizagem e crescimento mútuo durante a formação investigada neste texto.

A colaboração de pesquisadores e professores em torno de trabalho temático tem sido frutífera. Membros dos dois grupos (professores universitários e da educação básica) concordam que aprenderam muito uns com os outros. A perspectiva dos professores tem sido reforçada pelo desenvolvimento colaborativo, oferecido por meio de múltiplas oportunidades de refletir sobre ensino, sobre a prática e sobre o currículo. A estratégia de colaboração influencia seus produtos e pesquisadores aprendem sobre condições e limites das escolas, bem como extraem elementos para mudar o ensino praticado na universidade.

Participar de processo de formação continuada no qual a dimensão tempo geológico é eixo curricular contribui para mudar a concepção de natureza de seus membros. Contribui para expandir e interpretar problemas socioambientais. Selecionar estes problemas como objetos pedagógicos dá oportunidade de refletir sobre intervalos e escalas de tempo. Simultaneamente senso comum, discursos oficiais, ideias veiculadas pela imprensa passam a ser vistos com mais rigor. Entender como a Terra funciona possibilita discutir múltiplos e intrincados mecanismos que conectam sociedade, economia e cultura.

A reavaliação de dinâmicas naturais que são tratadas em sala de aula a partir do lugar e da cidade fornece uma ideia de contexto das mudanças

ambientais. Estas fazem parte de transformações geológicas do ambiente terrestre. Isso gera incertezas sobre o comportamento previsto de fluxos de quaisquer materiais. A abordagem sistêmica sugere mecanismos complexos inter-relacionados. De um lado, esta incerteza gera segurança quanto ao futuro, de outro, a mesma percepção de mundo e de natureza cambiantes conduz à relação estética com o que está a nossa volta. Em cada afloramento, em cada perfil de solo, em cada paisagem os participantes do Grupo perguntam sobre a história de longa duração e, dessa forma, descobrem belezas inusitadas em desertos ou vulcões de dezenas de milhões de anos atrás.

A visão de natureza mais complexa e integrada que é marcada pelo conceito de tempo geológico permite refletir sobre nossas experiências pessoais, bem como indaga sobre política, economia e nosso futuro ambiental.

As Geociências oferecem perspectivas promissoras para refletir sobre problemas ambientais. Mas é importante enfatizar que não é qualquer abordagem de estudos da Terra. Por muitos motivos que extrapolam esta pesquisa há abordagens limitantes e estreitas de ver o planeta e a natureza cujo aprendizado pouco contribui para mudar a atitude humana diante do mundo. A abordagem ambiental representada pela Ciência do Sistema Terra ajuda a ampliar os nexos com muitos aspectos aplicados do conhecimento geológico (Geologia de Engenharia, Hidrogeologia, Mineração) que facilitam a contextualização de tópicos da Matemática ou Biologia. Ao mesmo tempo, CST incorpora tempo geológico e se aproxima de perspectivas complexas de ver o conhecimento humano.

## Referências

- Apple M.W. 2011. Global crisis, social justice and teacher education. *J. Teacher Educ.*, **62**(2):222-234.
- Bogdan R.C., Biklen, S. K. 1994. Características da investigação qualitativa. In: Bogdan R.C., Biklen S.K. 1994. *Investigação qualitativa em educação*. Uma introdução à teoria e aos métodos. Porto, Portugal: Porto Editora, p. 47-51.
- Cervato C., Frodeman R. 2012. A importância do tempo geológico: desdobramentos culturais, educacionais e econômicos). *Terræ Didática*, **10**(1):67-79. URL: <http://www.ige.unicamp.br/terraeidatica/>.
- Elliott J. 2010. El 'estudio de la enseñanza y del aprendizaje': una forma globalizadora de investigación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación de Profesorado*, **24**(2):223-242.

- Freitas L.C. 2012. Os reformadores empresariais da Educação: da desmoralização do magistério à destruição do sistema público de educação. *Educ. & Soc.*, **33**(119):379-404.
- Gatti B. A. 2005. Grupo focal na pesquisa em ciências sociais e humanas. Brasília: Líber Livro Ed. 77p.
- Hashweh M.Z. 2003. Teacher accommodative change. *Teaching and Teacher Education*, **19**(4): 421-434.
- Lüdke M., André M.E.D.A. 1986. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo, Ed. Pedag. e Univ. 99p.
- Pimenta S.G. 2005. Pesquisa-ação crítico-colaborativa: construindo seu significado a partir de experiências com a formação docente. *Educação e Pesquisa*, **31**(3):521-539.
- Pimenta S.G. 2008. Introdução. In: Pimenta S.G., Franco M.A.S. orgs.. 2008. *Pesquisa em Educação: possibilidades investigativas/formativas da pesquisa-ação*. São Paulo: Ed. Loyola, p.9-25.
- Rossi P. 1984. *The dark abyss of time*. Chicago: Univ. Chicago Press. 338p.
- Rudwick M.J.S. 1976. The emergence of a visual language for geological science 1760-1840. *History of Science*, **14**:149-195.
- Seidl B., Friend G. 2002. Leaving authority at the door: equal-status community-based experiences and the preparation of teacher for diverse classrooms. *Teacher and Teacher Education*, **18**(4):421-433.
- Zeichner K. 2007. Accumulating knowledge across self-studies in teacher education. *J. Teacher Educ.*, **58**(1):36-46.