



## **DO CAMPO PARA O LABORATÓRIO: COMO CONSTRUIR O CONCEITO DE MUDANÇA AMBIENTAL?**

### **FROM FIELD TO LAB: HOW DO BUILD THE CONCEPT OF ENVIRONMENTAL CHANGING?**

**Pedro Wagner Gonçalves<sup>1</sup>**

**Natalina Aparecida Laguna Sicca<sup>2</sup>, Márcia Cristina Bence de Souza<sup>3</sup>, Maria Ângela Garófalo<sup>4</sup>, Maristela Alves Cantarella<sup>5</sup>, Maurílio A. Ribeiro Alves<sup>6</sup>, Silvia Aparecida de Sousa Fernandes<sup>2</sup>, Jesus Aparecido Ribeiro<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Campinas/Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra/Instituto de Geociências, e-mail: pedrog@ige.unicamp.br

<sup>2</sup> Centro Universitário Moura Lacerda/Mestrado em Educação

<sup>3</sup> Professora de Matemática/Rede Estadual de Ensino do Estado de São Paulo

<sup>4</sup> Professora Coordenadora de Geografia/Rede Estadual de Ensino do Estado de São Paulo

<sup>5</sup> Professora de História/Rede Estadual de Ensino do Estado de São Paulo

<sup>6</sup> Professor de Biologia/Universidade de São Paulo

<sup>7</sup> Professor de Física/Rede Municipal de Ensino

#### **Resumo**

A pesquisa investigou como construir o conceito de mudança ambiental a partir de inovação curricular de Ciências da Terra para o ensino médio. A proposta educacional foi baseada em atividade de campo e na inter-relação das disciplinas Biologia, Geografia, História e Matemática. Alunos de duas escolas participaram de experiência que desenvolveu os temas: ciclo da água, teoria de sistemas, local e cidade, tempo geológico. A análise dos resultados foi feita por meio de procedimentos adotados na época da emergência da Geologia como ciência moderna. A História da Geologia possibilitou interpretar diálogos construídos por professores e alunos. A abordagem de Ciências da Terra enfrentou a concepção banal de que o homem destrói a natureza.

**Palavras-chave:** Ensino de Geociências, atividade de campo, História da Geologia, ensino médio

#### **Abstract**

This research searched for how can the concept of environmental changing be built by means of curricular innovation for Earth Sciences teaching. The experiment was done with students of high school. The educational program was based on field activities and it became possible interrelations among biology, geography, history and mathematics areas. Students of two schools participated of experience which developed the following subjects: cycle of the water, theory of systems, local and city, geologic time. The analysis of the findings was done by means adopted procedures at the time of the emergence of Geology as a scientific discipline. The History of Geology became possible to interpret dialogues done between teachers and students. The Earth Sciences approach faced the banal conception of which the man destroys the nature.

**Keywords:** Teaching of Earth Sciences, field activities, History of geology, high school.

## 1. INTRODUÇÃO

Há uma concepção comum sobre o ambiente que constrói um nexo de causa e efeito entre o que o homem faz e a degradação da natureza. Listamos alguns exemplos: a mudança climática é resultado do consumo de minérios energéticos, o crescimento da contaminação da água é resultado da falta de políticas para reciclagem de resíduos sólidos, a diminuição da biodiversidade é o resultado da excessiva eliminação de florestas e animais.

A história da Ciência geológica revela como essa concepção negativa foi abandonada a medida que apareceu a Geologia moderna no final do século XVIII. A medida que novos procedimentos de pesquisa dos fenômenos terrestres ganharam importância, uma nova visão de natureza cresceu no pensamento geológico.

Neste texto, indicamos como professores do ensino médio perseguindo estudos da Terra investigaram como construir uma visão mais realista de natureza, ambiente e de suas inter-relações históricas, econômicas e demográficas em torno do entendimento do ciclo da água.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A idéia negativa da atividade humana sobre a natureza é parte da cultura. Esse é um tema complicado porque há associação entre mudanças ambientais e atitudes morais e políticas, isso é largamente explorado e, muitas vezes, cruza com o conhecimento científico.

Enfrentar o dilema de tratar informações de mudanças ambientais nos campos de Ciências e Matemática dos currículos e programas escolares necessita tratar dessa marca cultural e construir uma concepção mais clara de ambiente.

A história do conhecimento da Terra revela que houve teorias aceitas pelos naturalistas que explorou exatamente a mesma idéia de degradação ambiental. Um dos trabalhos mais marcantes que aproximou o conhecimento científico da época da idéia de degradação da natureza foi o texto de Thomas Burnet (*c.* 1635-1715) que elaborou a *teoria sacra da Terra*.

O livro de Burnet, de 1691, foi um influente texto que serviu de referência para inúmeros autores. Sucessivamente republicado até o século XIX expressou claramente que a natureza estava continuamente se degradando e a Terra inexoravelmente caminhava para

destruição. Os dados científicos da época serviram para reforçar a mudança ambiental catastrófica.

Um dos argumentos de Burnet é que depois do dilúvio bíblico, a água que cobriu a Terra entrou para dentro de cavernas até o oceano alcançar seu nível atual.

James Hutton (1726-1797) elaborou uma teoria da Terra muito diferente. A natureza foi especialmente criada por um Deus bondoso. Reflete a imagem de Deus e seus atributos: benevolência e sabedoria. O homem ocupa o lugar proeminente da criação e o fim último do *cosmos* é a felicidade humana. Portanto a natureza criada por Deus é ordenada, é um sistema perfeito de revoluções sucessivas que ocorrem nos limites das leis newtonianas.

O *cosmos* (uma *machina mundi*) envolve diversas etapas: os materiais rochosos são erodidos nos continentes, depositados no fundo oceânico, soterrados durante muito tempo e aquecidos pelo calor terrestre até sua fusão. Hutton apresenta uma fórmula consistente que de mudanças cíclicas capazes de produzir a fusão das rochas.

Supomos que Hutton deve ter se perguntado porque havia tantos calcários de origem marinha nos planaltos escoceses. Inicialmente pode ter suposto que os oceanos teriam sido muito mais altos no passado, mas para onde teria ido tanta água? A resposta de Burnet não era convincente, então era muito mais lógico supor que os continentes estiveram no fundo oceânico no passado e forças tremendas do interior da Terra teriam elevado regiões inteiras até sua posição atual. Essas revoluções sucessivas de levantamento de terrenos e erosão ajudam a construir uma idéia de natureza regida por forças que estão em equilíbrio dinâmico. Portanto a natureza não está se degradando, embora a mudança seja seu traço permanente.

Ao continuar a acompanhar a trajetória de Hutton e o refinamento de sua teoria, são especialmente importantes suas viagens de 1785 a 87 (descritas por Craig, 1978). Mas por que ele teria se engajado nessas sucessivas viagens pela Escócia?

Jones (1984) revela como a teoria de consolidação das rochas de Hutton foi baseada em sua coleção de rochas, minerais e fósseis. A teoria do calor subterrâneo de Hutton, defende a autora, aparece com clareza na segunda parte da teoria da Terra publicada em 1788: Hutton dedicou 22 de 35 páginas para descrever suas amostras.

O texto publicado em 1788 (Hutton, 1788) foi exposto por Joseph Black em 1785 na Sociedade Real de Edimburgo. Hutton provavelmente percebeu que seriam necessários dados adicionais para convencer seus ouvintes. Isso conduziu a fazer sucessivas viagens para confirmar no campo o seu ciclo de mudanças terrestres. O caso indica uma mudança de procedimento metodológico: do estudo de amostras em gabinete para a atividade de campo.

Guntau (1978) havia assinalado essa mudança nos estudos da Terra: no final do século XVIII a atividade de campo se tornou mais comum e estudos de rochas e minerais se aproximaram da mineração.

Torrens (2002) mostra como a grande chave do trabalho de William Smith (1769-1839) foi usar fósseis como índices para ordenar estratos. Fósseis eram coisas bonitas, alvo de interesse de colecionadores, mas não serviam para ordenar estratos. O agrimensor Smith mediu cuidadosamente os estratos das minas de carvão de Bath e seu método permitiu elaborar a coluna estratigráfica local que indicava onde achar o minério. O passo seguinte foi adotar a sucessão faunística fóssil para construir o primeiro mapa geológico da Inglaterra e abrir o caminho que determinava o uso da Estratigrafia como instrumento de prospecção mineral.

O avanço para prospecção mineral de Hutton foi outro (Gonçalves, 2008) mas a atividade de campo também foi ponto crucial para sua pesquisa. As referências às viagens de Hutton acham-se em alguns de seus trabalhos, assinalamos a versão póstuma da teoria da Terra de 1899 e o caderno de campo de John Clerk of Eldin (Craig, 1978).

Hutton (1899) conta como estava ansioso aguardando o segundo volume das memórias de Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799) sobre os Alpes. Esta obra foi publicada em 1786 e Hutton reproduz longas citações com descrições dos granitos alpinos:

“O propósito deste capítulo é procurar mostrar que M. de Saussure descreve alguma coisa do mesmo tipo daquela que tenho observado muitas vezes no campo. (...) É verdade que a visão de nosso autor desse fenômeno natural é em alguma medida diametralmente oposta a minha; isto é justamente o mais interessante para a presente *Teoria* (...). Penso que foi bom ter escrito as histórias de minhas observações minerais antes de ler o segundo volume de M. de Saussure, permite ver a correspondência existente entre as aparências minerais da Escócia e aquelas dos Alpes (...)” (Hutton, 1799, p.92-93)

Suas próprias observações conduziram a ordenar as rochas em sequência estratigráfica diversa da adotada na época: os granitos seriam mais jovens do que se imaginava (não pertenciam às *rochas primitivas*), produtos da fusão de rochas pré-existentes devido ao calor interno da Terra e evidenciavam sucessivas revoluções que ocorreram na Terra.

James Hall (1761-1832) em seu artigo de 1812 relata seus experimentos para comprovar que sob rigorosas condições de pressão e temperatura podem se formar minerais magmáticos. Essa *Mineralogia experimental* traz um ponto essencial para o debate de netunistas e plutonistas: seu experimento uma vez obteve sucesso, outra vez falhou, ou seja não comprovou a consolidação de rochas pelo calor interno da Terra. A principal decorrência é que o debate continuou com adeptos das duas explicações (os argumentos da controvérsia acham-se no livro de Dean, 1992).

Rudwick (2005, p.214) revela que, durante o século XIX, o trabalho empírico demonstrou a realidade do calor terrestre, mas a interpretação de um calor residual veio ao aceitar a teoria do calor Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830).

O calor da Terra foi combinado ao processo de esfriamento, direcionalismo e evidências do esfriamento. O modelo físico foi essencial para aceitar a origem magmática dos granitos e explicar como se formaram os gnaisses.

## **2.1. MAS O QUE PODEMOS APRENDER DA HISTÓRIA DA GEOLOGIA?**

A investigação em Ciências da Terra possui característica única que decorre do tipo de observação que é conduzido na natureza. No campo, na descrição da crosta terrestre – fonte principal de informação para construir explicações sobre fenômenos do planeta, há um processo de delimitação, seleção e classificação dos materiais terrestres.

Somente aquilo que foi previamente classificado irá servir para conduzir experimentos de laboratório. O primeiro ato de classificação já é o resultado de interpretação segundo modelo previamente definido.

De todo modo, o dado empírico no campo ou no laboratório em muitas pesquisas geológicas meramente reforça a teoria pois trata-se de estudo retrospectivo que busca revelar o que ocorreu no passado a partir dessas marcas deixadas na crosta terrestre.

Estudos de laboratório em muitas ciências empíricas ajudam a determinar regularidades e leis da natureza. Neste caso, estrutura de raciocínio empreendida no ensino de laboratório conduz a demonstrar certo fenômeno previsto. O campo não é o laboratório de ensino dos estudos da Terra, nele múltiplos raciocínios e caminhos podem ser seguidos porque não há preparo prévio de amostras, ou seja, existe um potencial muito mais alto do que no experimento de laboratório de se encontrar algo novo ou liminar (para o que inexistia explicação prévia). Além disso, esse papel limitado do experimento facilita a controvérsia.

O futuro curso de mudança do ambiente está inter-relacionado às atividades sociais, econômicas e culturais da humanidade. Sua previsão e tendências dependem de identificar fatos ocorridos no passado da Terra.

Portanto, professores do ensino médio que adotam o tempo geológico como eixo curricular, aceitam esses estudos retrospectivos do passado da Terra, adotam a idéia de que uma ciência histórica da natureza é interpretativa e hipotética (o caráter temporal da Geologia foi examinado por Potapova, 1968 e Frodeman, 1995). Ao final, contribuem para os alunos adquirirem habilidades e competências para repensar a mudança ambiental.

### **3. ATIVIDADE DIDÁTICA REALIZADA**

As atividades foram desenvolvidas com alunos da 2ª e 3ª séries do ensino médio de duas escolas da rede estadual situadas no interior paulista. Todos os dados foram coletados durante o ano letivo de 2005 e 2006. As inovações curriculares empreendidas pelos professores basearam-se em alguns eixos: ciclo da água, teoria de sistemas, local e cidade, tempo geológico, estes articularam distintas disciplinas. Houve ênfase em atividades de campo e foi possível relacionar assuntos de Biologia, Geografia, História e Matemática (professores dessas disciplinas engajaram-se em processo colaborativo com planejamento comum e execução individual do currículo planejado em cada uma das duas escolas).

A colaboração desses diferentes professores criou um currículo apoiado no local. Os seguintes tópicos foram tratados: Hidrogeologia e Hidrologia, Demografia e urbanização, História Regional, Econômica e da Agricultura, desenvolvimento pedológico e geomorfológico de bacia de drenagem, Geometria.

Um traço comum a todos os professores foi adotar uma abordagem investigativa e procurar engajar os estudantes na coleta e formalização de dados da cidade para os diversos tópicos de conteúdo abordado. Isso conduziu a uma dinâmica que ampliou as fontes de informação para técnicos da Prefeitura, Arquivo Histórico da cidade e moradores antigos.

A atividade de campo adotou uma bacia de drenagem como foco. As transformações naturais e humanas foram examinadas pelos alunos por meio de 4 visitas de 5 h cada uma.

As etapas fundamentais da atividade didática realizada foram as seguintes: a) Preparação para atividade de campo, b) Atividade de campo, c) Aulas nas diversas disciplinas envolvidas explorando observações e amostras coletadas no campo, d) Conclusões, e) Fechamento.

Nos limites deste trabalho, vamos restringir a análise aos estudos geográficos diretamente articulados com conceito de tempo geológico: características do solo, relação entre evolução de relevo e erosão, estudo geomorfológico da bacia de drenagem.

Os alunos fizeram um conjunto de observações das cabeceiras à foz de um córrego. Utilizaram um roteiro de observação e coletaram amostras de solos e rochas de locais previamente determinados pelos professores.

As observações e a análise posterior das amostras em laboratório serviram para orientar um conjunto de aulas das quatro disciplinas envolvidas. Durante essas aulas, os professores se organizaram em duplas: um ministrava sua própria disciplina, o outro observava e anotava aspectos importantes da aula (perguntas de professores e alunos, sequência temática, etc.) para flagrar o *currículo em ação* (Gimeno Sacristán, 1998) que foi desenvolvido.

Distintas linguagens foram usadas e se manifestaram por meio do material didático. Mapas topográficos e temáticos serviram para os alunos se localizarem e perceberem a dinâmica das águas superficiais, bem como seu intercâmbio com água subterrânea, fotografias foram examinadas, medidas foram feitas em mapas e no campo (ruínas antigas, estruturas, obras de fazenda que existiu no local, etc.).

O estudo do ciclo da água, desenvolvimento de solos e mudança geomorfológica a partir do campo foi conduzido por meio de algumas categorias que puseram a Terra como tema central. A noção de *ambiente* foi resultante da interação das transformações da matéria em distintas escalas de tempo balizadas por mecanismos de *feed back* (*equilíbrio dinâmico*).

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. ESQUEMA DE PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA COLETAR DADOS**

Trata-se de pesquisa qualitativa cujo levantamento de dados foi feito pelos professores envolvidos. Bogdan e Biklen (1982) indicam a possibilidade de construir um objeto de estudo a partir de um quadro diversificado de fontes de dados. Há um procedimento indutivo que conduz a iluminar o que ocorreu e quais raciocínios foram empregados pelos estudantes do nível médio.

A coleta de informações incluiu distintos momentos e situações. Aulas e viagens foram filmadas e, posteriormente, diálogos selecionados foram transcritos. Os alunos produziram um diversificado conjunto de materiais (relatórios, anotações de campo e de laboratório, relatos de entrevistas com moradores e técnicos) que serviu de referência para indicar a aprendizagem ocorrida, bem como para sugerir raciocínios empregados durante as atividades.

De outro lado, os professores fizeram planejamento escrito e apresentaram relatório de suas atividades didáticas ao final de cada ano. Além disso, sintetizaram seus avanços principais e relataram para discussão, debate e crítica a outros professores e pesquisadores da universidade.

### **4.2. PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE**

O conjunto diversificado de documentos organizados pelos professores foi a base para uma primeira análise e seleção de quais seriam as fontes a partir das quais seria construído o problema e o objeto de estudo. Adotou-se um procedimento indutivo para assinalar diálogos e debates que indicassem como certos raciocínios dos alunos foram valorizados, seus conteúdos debatidos e negociados, para construir conceitos e habilidades cognitivas.

O principal documento examinado foi intitulado *Relatório do subprojeto As Nascentes* (Alves et al., 2006), mas foi cotejado com transcrições de aulas filmadas.

A História da Geologia indicou traços metodológicos dos estudos da Terra que serviram para dar significado e compreender como os debates contribuíram para os alunos adquirirem uma concepção mais realista de mudança ambiental.

Esses primeiros resultados foram expostos e debatidos com os professores envolvidos pretendendo, de um lado, deixar mais claro qual foi o papel epistemológico do campo para o desenvolvimento cognitivo dos alunos e, de outro, alcançar resultados mais coerentes com o que de fato ocorreu. Finalmente foi relatado o texto de resultados para apreciação e avaliação final de professores e pesquisadores.

### **4.3. CONCEPÇÃO DE AMBIENTE DESENVOLVIDA NO ENSINO MÉDIO**

Os alunos foram desafiados a relacionar campo e conteúdos específicos. Os dados experimentais e de observação acham-se cruzados por meio de *experimento mental*: reflexão em que os alunos são conduzidos a formular e testar mentalmente hipóteses examinadas segundo resultados lógicos.

O fio condutor das aulas foi a análise de amostras coletadas no campo. Amostras de solo foram associadas a sua posição no vale do córrego estudado. Os alunos foram desafiados a descrever as amostras por critérios pessoais. Coube a eles: a) comparar as amostras tais como foram coletadas e, depois, b) fazer pequenos ensaios que revelaram particularidades de sua composição granulométrica e mineralógica (química).

Os alunos construíram a classificação dos materiais terrestres de acordo com sua importância e significação genética no desenvolvimento do solo, na evolução de relevo e na circulação da água subterrânea.

As transcrições de aulas revelam que os estudantes iniciam o exame experimental das amostras de materiais terrestres com tentativas, mas sem convicção. Levantam argumentos com dúvida se *estão certos, ou não*. De fato, muitas vezes fogem da construção do argumento que o professor persegue. Perguntas como a de uma aluna em aula de laboratório revela certa perplexidade: “Se é pedra, por que não é dura?” (sobre uma amostra de rocha alterada).

Os alunos usam o senso comum para descrever os materiais. O professor intervém: “Deu para notar algum tamanho de grão? [e continua] As três amostras estão na Bacia do Ribeirão ... . A Amostra 1 era do *platô*, as Amostras 2 e 3 estavam no vale.”

O professor situa espacialmente as amostras para reforçar as interpretações do ciclo da água. Por vezes, o professor precisa refutar idéias que sugerem *conceitos errados*: “Estamos jogando com os sentidos. Não podemos esquecer que os sentidos e o cérebro enganam. P.ex., você achou que a amostra é mais quente que as outras.” Professor toma a referência empírica, sensação de calor, relacionada à quantidade de água na amostra, para refutar observação que não contribui para a finalidade da aula. Ao mesmo tempo, chama atenção para o problema da construção de conhecimento: o argumento empírico precisa de base para se organizar, as impressões dos sentidos por si mesmas não se tornam *dados* de teorias. O ponto de partida é o modelo a ser aprendido.

O papel do professor de induzir os alunos para certos aspectos é essencial. O debate dirigido pelo professor com os alunos recorre a fórmulas temporais, lógico-causais, abduativas para construir uma explicação dinâmica do conceito de *bacia de drenagem*

mesclado ao entendimento da dinâmica água superficial e água subterrânea e suas trocas com a atmosfera.

O professor explorou a *conservação de massa*: todos os materiais terrestres existem desde o início da Terra e, ao longo do tempo, se transformam gerando sucessivos estágios de *equilíbrio dinâmico*.

O objetivo final do currículo vai aparecendo durante seu desenvolvimento. Os argumentos vão sendo construídos para caracterizar a noção de *bacia de drenagem* ao explorar as propriedades de materiais impermeáveis do solo. O professor procura relacionar águas superficiais e subterrâneas por meio de uma articulação que persegue os seguintes eixos temáticos: processos, fluxos e trajetórias da matéria (conjunto de conceitos que opera simultaneamente com informações químicas, físicas e biológicas); dados obtidos por meio de observações de amostras; informações que os alunos operam a partir do campo. Isso é baseado em observações feitas durante as viagens, bem como as características das amostras diante de certas propriedades físicas (porosidade, facilidade ou dificuldade de desagregação, tamanho dos grãos, etc.), ou seja, propriedades que interferem na dinâmica que envolve escoamento superficial e permeabilidade.

Os alunos concluem quais áreas do bairro visitado acham-se sujeitas a enchentes e como o abandono e descaso do setor público contribuem para a degradação de bens culturais (edifícios antigos da época da fazenda).

## 5. DISCUSSÃO

Os diálogos conduzidos pelo professor repõem sistematicamente o que foi observado no campo e concluído a partir da comparação das amostras coletadas durante a viagem. O *experimento mental* ajuda a desenvolver raciocínios de indução e dedução a partir de certa afirmação. Na maior parte das vezes a assertiva foi proposta pelo professor mas, algumas vezes, o professor aproveitou perguntas e dúvidas dos alunos.

As atividades de campo põem em debate uma fonte de dados multifacetada que precisa ser ordenada (classificada) para adquirir significado. O desafio enfrentado historicamente pelos estudos do final do século XVIII e que foram liminares para emergir uma nova ciência acha-se posto diante dos alunos de forma simulada.

Os objetos observados no local visitado (córrego, relevo, interflúvios, vales, residências, prédios históricos, solos, rochas, etc.) passam por sucessivas interpretações por meio das atividades didáticas. De conjunto sólido e atemporal vai sendo examinado, esmiuçado, até crescer a noção de tempo a medida que são identificados os distintos momentos diacrônicos plasmados na paisagem. Junto à idéia de tempo, cresce a de transformação, o ambiente cambiante vai se tornando realidade para os alunos. As múltiplas dimensões diacrônicas ajudam a construir a idéia de que a natureza muda ao longo do tempo.

Os passos dados por James Hutton e seus contemporâneos foram aproximadamente o mesmos: eles também perceberam que ao examinar amostras de rochas e minerais vai se desenvolvendo a idéia de que os materiais terrestres se transformam. Ao tentar conectar e interpretar os indícios existentes nos materiais terrestres (aparências externas, formas de grãos, graus de consolidação, etc.) elaboraram suas classificações e o entendimento de que as rochas mudam no tempo.

Os contextos múltiplos que marcam a distribuição desses materiais no campo (na crosta terrestre) reforçam duas idéias: a de sequência de tempo e de mudança do ambiente.

O que importa assinalar aqui, é o discernimento que indica que tais mudanças ocorrem independentemente de atividades humanas.

A pesquisa mostra uma importante contribuição das Ciências da Terra para formar uma idéia mais realista de mudança ambiental, ao invés de *inexorável degradação do ambiente*. O estudo que adotou o conceito de tempo geológico como eixo curricular contribuiu para entender como se pode estudar uma unidade de análise ambiental, a bacia de drenagem. Dos levantamentos realizados, os alunos puderam concluir quais são os principais problemas ambientais que precisam ser atenuados (as enchentes).

Além disso, como o local possui ruínas de obras construídas desde o século XIX, foi assinalada a importância do patrimônio histórico e cultural.

## **5.1. RELACÕES DE CIÊNCIA DO SISTEMA TERRA E CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE**

O ponto estratégico que revela nossos pontos comuns, bem como as diferenças entre Ciência do Sistema Terra (CST) e CTSA é a concepção de natureza: se identificamos a natureza como algo que se auto-transforma estamos no campo da CST. Por mais importância que atribuirmos às atividades sociais, econômicas e culturais tomamos essas atividades como parte das mudanças que operam dentro do planeta. Evidentemente a proeminência da espécie humana na superfície da Terra, bem como sua brutal expansão na biosfera implica a necessidade de buscar vínculos e interconexões sociedade e natureza, exige que nos perguntemos sobre a natureza humana e sobre as mútuas ligações de uma rede na qual não se percebe o limite entre social e natural. Dentro de nosso campo de maior interesse, o Ensino de Ciências, precisamos adaptar esse tópico para compreender relações de ciência, tecnologia e sociedade.

Se tomamos Varela Calvo (2008) ou Rios e Solbes (2007), notamos que o problema central que os preocupa é a concepção de ciência, tecnologia e suas inter-relações com a História humana. Todos esses aspectos são, a nosso ver, altamente relevantes e não podem ser desprezados, entretanto devem ser tratados a partir da concepção da natureza e de como ciência e tecnologia modificam os intercâmbios dentro da sociedade e desta com o ambiente.

Defendemos que haja maior intercâmbio entre conhecimentos naturais e sociais no Ensino de Ciências. Todo o tempo consideramos relevante a pesquisa conduzida pelas Ciências humanas sobre ciência e tecnologia (História, Sociologia e Antropologia da ciência) – isso nos aproxima de CTS. É estratégico na aprendizagem de Ciências entender os intercâmbios complexos entre estudo, pesquisa e demandas sociais para construir o conhecimento científico e tecnológico mas o primeiro passo é a concepção da natureza para depois refletir sobre a ciência.

O levantamento exposto por Varela Calvo (2008) sobre a percepção social de ciência e tecnologia de europeus e espanhóis serve para exemplificar nosso ponto de vista. No questionário aplicado a cerca de 25.000 respondentes, assinalamos um item. Há um conjunto de descobertas científicas importantes (heliocentrismo, estrutura interna da Terra, radioatividade, genes, etc.). Na lista há um destaque para a fotossíntese, o questionário perguntou se a seguinte frase era verdadeira ou falsa: *O oxigênio que respiramos vem das plantas*. A pergunta não admite resposta inequívoca se considerarmos o tempo geológico e o ciclo biogeoquímico do oxigênio pois por esse caminho precisamos considerar o ciclo das rochas e a liberação de oxigênio da crosta terrestre para atmosfera.

Rios e Solbes (2007) apresentam uma proposta para tratar Física e Química segundo uma perspectiva de CTSA. Assinalamos que os tópicos de Ciência do Sistema Terra em sua própria natureza conectam ambiente e sociedade. Isso é muito distinto de programas tradicionais de Física e Química (eletromagnetismo) cujos vínculos com tecnologia precisam ser mostrados. Por que? O lado aplicado do conhecimento ambiental da Terra, os desafios para sobrevivência humana, as implicações ambientais das atividades sociais são parte intrínseca de CST.

## 6. CONCLUSÕES

A pesquisa assinalou a importância de engajar estudantes do ensino médio em investigações articuladas por conceitos importantes das Ciências da Terra. O conceito de tempo geológico foi fundamental para construir uma perspectiva mais abrangente e integrada das inter-relações sociedade e natureza.

A História da Geologia, por um lado, denuncia que há concepção cultural que vincula a corrupção moral e política à degradação ambiental e, por outro, revela como noções de processo, equilíbrio dinâmico, conservação de massa contribuíram para adotar a perspectiva de que a natureza muda com o tempo. Esta mudança é absolutamente independente de qualquer atividade humana.

Adicionalmente, a História da Geologia permitiu identificar muitos conceitos e habilidades cognitivas dos estudantes do ensino médio. Mostrou que procedimentos racionais relevantes para formar a concepção de mudança ambiental acham-se associados a atividades de campo e procedimentos de manipulação de amostras de materiais rochosos.

Além disso, observamos que há uma *espetacularização* do currículo. Muitos professores para tentar chamar atenção de seus alunos, para tentar contextualizar conteúdos, por supor que fazem um tratamento CTS em suas aulas, tratam de acidentes ambientais em suas aulas. Assinalamos que essas manchetes fazem parte da cultura atual que reforça a idéia de degradação ambiental em virtude das atividades humanas.

A ingenuidade desses professores é supor que ao substituir currículos e programas organizados por tópicos que atraem a atenção de seus alunos conseguem gerar aprendizagem significativa. Infelizmente essa substituição de conteúdos pelo espetacular simplesmente torna banal o que os alunos encontram na escola. O conhecimento escolar deveria trazer perspectivas mais críticas que pusessem em dúvida a *sociedade do espetáculo* gerada pelos meios de comunicação, mas se a escola meramente reproduzir o que aparece nesses veículos, de fato, ela está reforçando esse olhar limitado de mundo e de ambiente. As Ciências da Terra podem exercer um papel fundamental para pôr em dúvida esse conceito pobre de degradação do ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M.A.R. et al. Relatório do Subprojeto As Nascentes. In: GONÇALVES, P.W. (Ed.). **Ensino de Ciência do sistema Terra e a formação de professores em efetivo exercício**. Campinas: Instituto de Geociências da Unicamp, 2006. p.103-150.
- BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. **Qualitative research for education: an introduction to theory and methods**. Boston: Allyn and Bacon, 1982. 343p.
- BURNET, T. **The Sacret Theory of the Earth concerning what is to come**. Oxford: Oxford University Press, 1833. 514p.

- CRAIG, G.Y. (Ed.). **James Hutton's theory of the earth: the lost drawings**. Edinburgh: Scottish Academic Press, 1978. 67p.
- DEAN, D.R. **James Hutton and the history of geology**. Ithaca: Cornell University Press, 1992. 303p.
- FRODEMAN, R. Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. **Geological Society of America Bulletin**, v.107, n.8, p.960-968, 1995.
- GIMENO SACRISTÁN, J. O currículo: os conteúdos do ensino ou uma análise da prática. In: GIMENO SACRISTÁN, J.; PÉREZ GÓMEZ, A.I. **Comprender e transformar o ensino**. Porto Alegre: Artmed, 1998. p.119-148.
- GONÇALVES, P.W. James Hutton: cartas, viagens e prospecção mineral. Exemplo de uso de documentos para compreender a História da Ciência. **Circumscribere**, São Paulo, v.5, p.33-47, 2008.
- GUNTAU, M. The emergence of geology as scientific discipline. **History of Science**, Cambridge, v.16, p.280-290, 1978.
- HALL, Sir James. Account of a series of experiments, showing the effects of compression in modifying the action of heat. **Transactions of Royal Society of Edinburgh**, Edinburgh, v.6, p.71-185, 1812.
- HUTTON, J. Theory of the earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of the land upon the globe. **Transactions of Royal Society of Edinburgh**, Edinburgh, v.1, n.2, p.209-304, 1788.
- HUTTON, J. **Theory of the earth, with proofs and illustrations**. Edited by Sir Archibald Geikie. London, Geological Society, 1899. 278p.
- JONES, J. The geological collection of James Hutton. **Annals of Science**, London, v.41, p.223-244, 1984.
- POTAPOVA, M.S. Geology as an historical science of nature. In: **Interaction of the science in the study of the Earth**. Moscow: Progress, 1968. p.117-126. [Trad.] Geologia como uma ciência histórica da Natureza. Trad: Conrado Paschoale. *Terræ Didactica*, 3(1):86-90. URL: <http://www.ige.unicamp.br/terraedidactica/>. Acesso 02.04.2009.
- RIOS, E.; SOLBES, J. Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.6, n.1, p.32-55, 2007.
- RUDWICK, M.J.S. **Lyell and Darwin, geologists: studies in the Earth Sciences in the Age of Reform**. Hampshire, UK: Ashgate Variorum, 2005. 316p.
- TORRENS, H. **The practice of British Geology, 1750-1850**. Suffolk: Ashgate Publishing Limited, 2002. 246p.
- VARELA CALVO, C. Qué piensan y saben de Ciencia y Tecnología los europeos y los españoles en particular. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.7, n.13, p.614-628, 2008.

## AGRADECIMENTOS

Por solicitação de um dos assessores científicos, foi acrescentada a perspectiva de nexos entre Ciência do Sistema Terra e *Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente* (CTSA). Para tratar o problema foi acrescentado um item à Discussão. Do nosso ponto de vista, isso serve para aclarar o modo como examinamos CTSA, em virtude disso, agradecemos a sugestão do assessor anônimo.

Reconhecemos a colaboração de professores e alunos do ensino médio que participaram nas mais variadas fases da pesquisa.