



GLAUCO RODRIGO RIBEIRO TREPADOR

**CICLO DA AREIA PARA ENSINAR FÍSICA E GEOCIÊNCIAS:
O QUE OS ALUNOS APRENDEM DE DINÂMICAS DE TRANSFORMAÇÃO DE
ENERGIA**

CAMPINAS

2013



NÚMERO: 056/2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

GLAUCO RODRIGO RIBEIRO TREPADOR

**“CICLO DA AREIA PARA ENSINAR FÍSICA E GEOCIÊNCIAS:
O QUE OS ALUNOS APRENDEM DE DINÂMICAS DE TRANSFORMAÇÃO DE
ENERGIA”**

ORIENTADOR: PROF. DR. PEDRO WAGNER GONÇALVES

**DISSERTAÇÃO DE Mestrado APRESENTADA AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DA UNICAMP NO PROGRAMA DE ENSINO E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS DA TERRA
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENSINO E HISTÓRIA DE
CIÊNCIAS DA TERRA**

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO GLAUCO RODRIGO
RIBEIRO TREPADOR E ORIENTADO PELO PROF. DR. PEDRO
WAGNER GONÇALVES**

CAMPINAS

2013

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

T724c Trepador, Glauco Rodrigo Ribeiro, 1980-
Ciclo da areia para ensinar Física e Geociências : o que os alunos aprendem de dinâmicas de transformação de energia / Glauco Rodrigo Ribeiro Trepador. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Pedro Wagner Gonçalves.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Geociências - Estudo e ensino. 3. Currículo - Ensino de segundo grau. 4. Ensino médio. I. Gonçalves, Pedro Wagner, 1958-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Cycle of sand to teach Physics and Geosciences : what students learn on the forms of energy transformation dynamics

Palavras-chave em inglês:

Physic - Study and teaching

Geosciences - Study and teaching

Curriculum - Teaching high school

High school

Área de concentração: Ensino e História de Ciências da Terra

Titulação: Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra

Banca examinadora:

Pedro Wagner Gonçalves [Orientador]

Maria Cristina da Silveira Galan Fernandes

Sílvia Aparecida de Sousa Fernandes

Data de defesa: 28-06-2013

Programa de Pós-Graduação: Ensino e História de Ciências da Terra



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA**

AUTOR: Glauco Rodrigo Ribeiro Trepador

“Ciclo da areia para ensinar Física e Geociências: o que os alunos aprendem de dinâmicas de transformação de energia”.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves

Aprovado em: 28 / 06 / 2013

EXAMINADORES:

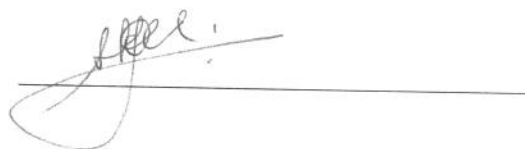
Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves

 Presidente

Profa. Dra. Maria Cristina da Silveira Galan Fernandes



Profa. Dra. Silvia Aparecida de Sousa Fernandes



Campinas, 28 de junho de 2013.

AGRADECIMENTOS

Com admiração e respeito, meus agradecimentos ao Professor Doutor Pedro Wagner Gonçalves pela contribuição significativa ao meu crescimento pessoal e profissional. Orientador tranquilo, sensato e muito dedicado à formação de professores.

Sinceros agradecimentos às Professoras Doutoras Maria Cristina da Silveira Galan Fernandes, Sílvia Aparecida de Sousa Fernandes e ao Professor Doutor Maurício Urban Kleinke pelas importantes contribuições a esta pesquisa.

Sou grato aos coordenadores e professores do Grupo de Pesquisa Colaborativa Ciência do Sistema Terra e Formação de Professores, em especial a Aparecida Bacha, que me apresentou ao Grupo.

Obrigado especialmente aos alunos, gestores, professores e funcionários da *Escola do Parque*, onde a pesquisa foi desenvolvida. Destaco a professora de Química Ana Rosa pela parceria.

Imensos agradecimentos aos meus familiares, especialmente meus pais, exemplos ímpares de honestidade. Sou muito honrado pela educação que me deram. Muito obrigado a minha noiva pelo amor e por me acompanhar nos últimos anos.

Votos de gratidão aos amigos que me estimularam nesta jornada.

Aos colegas e funcionários do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, obrigado pelo companheirismo e pela atenção no atendimento de minhas solicitações.

Obrigado à Mineradora Vital Alves Pereira & Irmãos Ltda. por possibilitar visita ao porto de areia onde realizamos trabalho de campo.

Por fim, agradeço à Secretaria de Estado da Educação de São Paulo, pelo apoio financeiro.

*“Conhecer e pensar não é chegar
a uma verdade absolutamente
certa, mas dialogar com a
incerteza”*

Edgard Morin



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CICLO DA AREIA PARA ENSINAR FÍSICA E GEOCIÊNCIAS:
O QUE OS ALUNOS APRENDEM DE DINÂMICAS DE TRANSFORMAÇÃO DE
ENERGIA**

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Glauco Rodrigo Ribeiro Trepador

Houve uma intervenção em escola pública de município do interior paulista para alunos aprenderem origem e fluxos da areia. A pergunta que orientou a pesquisa foi: como mudanças no currículo podem contribuir para melhorar a aprendizagem dos alunos e capacitar professores? Professores de Física e Química colaboraram para ensinar conteúdos de Geociências a alunos de ensino médio por meio de inovação curricular articulada pelo ciclo da areia. A pesquisa tem como objetivo identificar o que é inovador na prática do professor e descrever a aprendizagem de dinâmicas de transformação de energia. Adota-se abordagem de pesquisa qualitativa com traços de pesquisa participante. Dados foram coletados por meio de gravações de áudio e vídeo, respostas em roteiro e diário de bordo. Esses elementos foram aproximados de indicadores de eficiência das aulas e de integração do conhecimento, para aclarar mudanças ocorridas na metodologia de ensino (prática docente, conteúdo e sequência de temas) e medir o aprendizado dos alunos. Destacaram-se relações dos processos de erosão, transporte e deposição de grãos de areia com as variáveis envolvidas nas dinâmicas de transformação e transferência de energia do fluxo d'água. Os alunos fizeram ligações parciais, construíram relações completas sobre componentes dinâmicos e a ideia de energia ao observar, interpretar e discutir o ciclo da areia. Isso propiciou integração de conhecimento do conceito de energia e estabeleceu nexos deste conceito com fatos cotidianos, bem como relações de ciência, tecnologia e sociedade. Aulas de Física passaram de ineficientes para estágios de instrução eficiente. Notou-se mudança na atitude do professor, bem como maior satisfação e motivação dos alunos. A pesquisa mostrou que aproximar conceitos de Física com noções de Geociências e Química contribuiu para melhorar o aprendizado. Isso incluiu explorar atividades práticas de laboratório (modelo científico) e de campo para ensinar dinâmicas de transformação de energia.

Palavras-chave: **1. Ensino de Física - 2. Ensino de Geociências - 3. Currículo
4. Ensino Médio**



**UNIVERSITY OF CAMPINAS
INSTITUTE OF GEOSCIENCES**

CYCLE OF SAND TO TEACH PHYSICS AND GEOSCIENCES:

**WHAT STUDENTS LEARN ON THE FORMS OF ENERGY TRANSFORMATION
DYNAMICS**

ABSTRACT

Masters Degree

Glauco Rodrigo Ribeiro Trepador

There was an intervention in public school in the county of São Paulo State for students to learn the origin and flows of sand. The questions which guided the research were: how changes in the curriculum can help improve students' learning and empower teachers? Professor of physics and chemistry collaborated to teach high school students the contents of geosciences through curriculum innovation articulated by means of cycle of sand. The work identifies what is innovative in the teacher's practice and describes the learning of the energy transformation dynamics. It was adopted research qualitative investigation approach with aspects participant research. Data were collected through audio and video recordings, written responses and logbook. These elements were interpreted by means of keys: efficiency lessons and integrated knowledge, to illuminate changes in the methodology of teaching (practice, content and sequence of themes of teaching) and measure student learning. Stood out relationships processes of erosion, transport and deposition of sand grains with variables involved in the dynamics of transformation and energy transfer of water flow. Students made partial links, built complete relationship about dynamic components of the concept of energy by means of observing, interpreting and discussing the cycle of sand. This provided integrated knowledge of the concept of energy and established linkages with everyday facts, as well as relations of science, technology and society. Physics lessons went from inefficient to efficient instructions stages. There was a changing in the attitude of the teacher, as well as greater satisfaction and motivation of students. Research has shown that approximating physical concepts with notions of geosciences and chemistry help to improve learning. Teaching activities include exploring laboratory (scientific model) and field practices to teach transformation energy dynamics.

**Keywords: 1. Teaching of Physic - 2. Teaching of Geosciences - 3. Curriculum
4. High school**

SUMÁRIO

RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Por que adotar o tema ciclo da areia?	5
1.2. Divisão da dissertação	6
2. METODOLOGIA	9
2.1. Cenário da escola e contexto dos alunos	13
2.2. Sujeitos da pesquisa	14
2.3. Dificuldades dos alunos	14
2.4. Coleta de dados	16
2.5. Procedimentos para análise dos dados	19
2.5.1. Inovação curricular desenvolvida na <i>Escola do Parque</i>	19
2.5.2. Aprendizagem das noções de energia	21
3. ENSINO DE CIÊNCIAS	25
3.1. Tomada de partida quanto aos caminhos do ensino de Ciências	25
3.2. Modelo e ensino de Ciências	28
3.3. Atividade de campo	30
3.3.1. Atividade de campo nas Geociências	30
3.3.2. Atividade de campo para ensino de Ciências	32
3.4. Ensino do conceito de energia na Física do ensino médio	35
3.5. Aproximação com Geociências	38

4. PROCEDIMENTOS, ATIVIDADES E CONTEÚDOS DA INOVAÇÃO CURRICULAR	43
4.1. Origem da inovação curricular.....	43
4.2. O ciclo da areia como tema de ensino.....	45
4.3. Aulas.....	46
4.3.1. Aulas expositivas.....	47
4.3.2. Aula de laboratório com observação de modelo	49
4.3.3. Aula de campo no porto de areia	52
5. RESULTADOS.....	59
5.1. Do laboratório.....	59
5.2. Do campo	65
5.3. Da aula pós-campo	70
6. DISCUSSÃO	75
6.1. Ensino de dinâmicas de transformação de energia.....	75
6.2. O que foi a inovação curricular?	77
6.3. Dados da aula de laboratório.....	79
6.4. Análise dos resultados da atividade de campo	80
6.4.1. Aula de fechamento pós-campo.....	82
6.5. Limites e potencialidades no entendimento das dinâmicas de transformação de energia.....	85
7. CONCLUSÃO.....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

1. INTRODUÇÃO

O sistema educacional brasileiro está em crise. Falta investimento para qualificação de pessoal, sobretudo faltam recursos destinados a formar e continuamente capacitar, o corpo docente. Mas faltam, também, recursos de infraestrutura para prover prédios e equipamentos educacionais. Enfatizamos, sobretudo, a falta de laboratórios destinados ao ensino de Ciências (Astronomia, Biologia, Física, Geociências, Química). Nossa experiência revela que as edificações escolares são precárias, professores recebem baixos salários e estão sobrecarregados com alunos, as prioridades de grade curricular e distribuição de carga didática não contribuem para a aprendizagem. Enfim, muitas mudanças são necessárias para melhorar a educação e o ensino de Ciências. Esse quadro de carência material requer propostas que ultrapassem os limites da aprendizagem de conteúdos.

Nosso trabalho educacional, como será explicado nas próximas páginas, revela possibilidades de articulação de diferentes componentes curriculares, bem como busca abordagem temática que aproxima tópicos áridos e abstratos dos interesses dos alunos.

Desde 2005 este autor exerce docência em Física e Ciências em escolas públicas e privadas de ensino médio e fundamental. Ao longo de consecutivos anos de experiência, notamos que os estudantes julgam conteúdos escolares sem utilidade ou sem aplicações práticas, demonstrando-se, cada vez mais, desmotivados e desinteressados em aprender conteúdos escolares. Constantemente buscamos aperfeiçoamento profissional por meio de cursos de formação continuada, pois acreditamos que somente a formação inicial era insuficiente para desempenhar atribuições didáticas diante de “novos” alunos.

Nos anos de 2006 e 2007, atuando na cidade de Bragança Paulista/SP, o autor participou de duas edições do curso *Teia do Saber*, oferecido pela Secretaria da Educação de São Paulo (SEE/SP). Em uma das edições, aulas foram ministradas por professores do Instituto de Geociências da Unicamp, para capacitação de professores de Ciências em temas atuais. Naquela oportunidade, despertamos o interesse pelas Geociências ao compreender de maneira mais clara e prática que há íntima relação da Física com os fenômenos naturais do Planeta. Despertou-nos interesse em aproximar o ensino de Física às Geociências de forma contextualizada, em que o aluno percebesse significado na vida; porém, ainda faltava maior aprofundamento, pois na

graduação do pesquisador conteúdos geológicos se restringiram ao estudo das rochas e da compreensão da origem da Terra. Estes assuntos contemplavam pouco a ocorrência de fenômenos naturais, desastres ambientais, dinâmicas complexas, etc.

Em 2009, o autor teve seu cargo de professor transferido para uma escola em Ribeirão Preto/SP, onde teve contato com uma professora que o convidou para participar do Grupo de Pesquisa Colaborativa Ciência do Sistema Terra e formação de professores. Coordenado por pesquisadores de universidades públicas e privadas, as reuniões ocorrem semanalmente e envolvem professores de diferentes componentes curriculares do ensino básico (Física, Biologia, Matemática, Química, Geografia, História). Desde 2003, o Grupo oferece aos participantes oportunidades para debater a política curricular e tomar atitudes em defesa da autonomia do professor. Isso conduz um processo de inovações curriculares em escolas públicas estaduais, o que possibilita reflexão e pesquisa sobre o currículo em ação. Naquele ambiente, professores trocam experiências de suas diferentes escolas, buscam auxílio para planejar aulas interdisciplinares sobre temas atuais em Geociências e exploram metodologias de ensino diferenciadas, almejando melhora na aprendizagem dos alunos. O temas estudados no Grupo são de suma relevância, pois discutem conteúdos do currículo marcados por relações da natureza com o local.

O processo de decisão coletiva marca a construção de uma micropolítica curricular, na qual professores decidem sobre o currículo em ação. Isso conduziu à construção de eixos temáticos adotados em todos os componentes curriculares: local e cidade, teoria de sistemas e tempo geológico funcionam como eixos curriculares que interligam distintas disciplinas.

As reflexões do Grupo de Pesquisa Colaborativa conduziram a repensar conteúdos, práticas e metodologia de ensino de Física, dando origem à definição do tema da pesquisa de mestrado, centradas na possibilidade de construção de inovação curricular em torno do tema ciclo da areia e da construção de interfaces de conceitos da Física, da Química e das Geociências para alunos de ensino médio de uma escola pública da periferia urbana de Ribeirão Preto. Isso implicou estreita colaboração com a professora de Química da escola: o planejamento de ensino foi feito junto com ela; a implementação das aulas foi individual, mas um professor serviu como observador do outro durante as aulas.

Durante uma reunião no início daquele ano, os professores foram incentivados pelos pesquisadores a investigar o contexto de seus alunos e quais conteúdos da proposta curricular oficial se aproximavam da realidade e do local onde os alunos viviam. Naquele momento, o autor se lembrou de que muitos de seus alunos eram migrantes de outras regiões do país, atraídos pela abundante oferta de trabalho no ramo da construção civil. Em Ribeirão Preto essa atividade econômica encontra-se em pleno desenvolvimento, com a construção de inúmeros condomínios. Com apoio dos pesquisadores, surgiu a ideia de indagar aos alunos e a seus familiares sobre a origem e os fluxos da areia (insumo essencial da construção civil). Assinalamos que tanto familiares quanto alunos trabalhavam como pedreiros, serventes e ajudantes gerais nas obras.

Orientados pelos pesquisadores do Grupo, confeccionamos um questionário sobre os caminhos da areia para os alunos responderem, mas também para que entrevistassem seus familiares (pais, tios, primos, etc.). Quatro questões foram formuladas:

I- De onde vem a areia utilizada nas construções de prédios e casas?

II- De que forma a natureza transporta a areia?

III- Quais os locais onde podemos observar acúmulos de areia?

IV- Quais objetos e/ou materiais são feitos de areia?

Segundo Gil (1995), o questionário é uma técnica de investigação composta por um número determinado de questões apresentadas por escrito para um grupo de pessoas, tendo como objetivo o conhecimento de suas opiniões sem a influência e a opinião do entrevistador. Um questionário é composto por um número de questões que tentam traduzir um conceito geral de uma dimensão. O problema foi limitar as questões, pois questionários muito extensos apresentam alta probabilidade de não serem respondidos. Contudo, os questionários apresentaram resultados não esperados, já que os itens podiam ter significados diferentes para cada respondente.

No total, 118 pessoas responderam ao questionário. Após análise das respostas, verificamos que mais da metade das pessoas entrevistadas (65%) não conhecia a origem da areia utilizada na região do município e tampouco seus fluxos na natureza. Verificamos que aproximadamente 40 pessoas (35%) não souberam responder ou deixaram a questão IV em branco, os que responderam fizeram relação apenas com a fabricação de vidro (TREPADOR; SOUZA; BACHA, 2009). Essa análise conduziu a ideia de aproximar conteúdos da Física aos processos

tratados pelas Geociências por meio de atividades didáticas que buscassem entender não apenas a origem dos materiais, mas também seus fluxos na natureza, o tempo necessário para que a areia existisse na forma como utilizamos na construção civil após sofrer dinâmicas de transformação de energia ao longo do tempo. A aproximação entre essas e outras disciplinas permite observação direta de fenômenos (canais, fluxos e correntes de água, transporte de sedimentos), o que facilita identificar componentes e relações; entretanto, cria um problema, pois implica avançar para um conceito abstrato. Noções de tempo geológico tradicionalmente não fazem parte do ensino dos conceitos relativos à energia.

Desse modo, problematizamos a possibilidade de inclusão de conhecimentos de Geociências nas aulas de Física para ensinar fenômenos naturais que envolvem dinâmicas de transformação de energia. Uma sequência de atividades que inclui aula de laboratório com observação de modelo e aula de campo no porto de areia pode melhorar o ensino e aprendizagem de conceitos científicos?

A presente pesquisa foi realizada com objetivo de identificar o que foi inovador na prática do professor de Física participante de Grupo de Pesquisa Colaborativa que muda o conteúdo e enfoque de suas aulas ao participar de um processo coletivo de inovação curricular. Pretendemos, ainda, descrever a melhoria da aprendizagem de alunos envolvidos por essa intervenção em relação ao ensino de dinâmicas de transformação de energia tratadas por meio do ciclo da areia. Procuramos identificar as noções de energia concebidas pelos estudantes quando ensinamos o tema. Tentamos examinar que vínculos alunos conseguiram fazer entre conceitos relativos à energia e a fenômenos vistos sob o enfoque das Geociências e de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Adotamos metodologia de pesquisa qualitativa porque essa abordagem vincula-se à melhoria do ensino e ao processo de desenvolvimento curricular. Esse movimento acha-se associado primeiramente com o compromisso de melhoria da qualidade de ensino. Uma intervenção pedagógica e curricular durante as aulas regulares de Física ocorreu de acordo com os pressupostos de pesquisa participante, quando focamos a análise na mudança da prática docente para melhoria do aprendizado de conceitos científicos relativos às dinâmicas de transformações de energia.

Em busca de estratégias para sanar dificuldades cognitivas sobre o conceito de energia (PACCA; HENRIQUE, 2004) e ensinar o ciclo da areia aos estudantes, ordenamos e aplicamos uma sequência didática apoiada em aulas expositivas, atividade de laboratório (demonstração com modelo de rio) e atividade de campo (visita ao porto de areia). À Física foi fundamental abordar leis que permitem entender a regularidade de ciclos que ocorrem em diferentes esferas terrestres. Pudemos demonstrar o padrão de transporte dos sedimentos com o modelo. Apoiámo-nos em Giannini e Riccomini (2008) para entender o que move um grão de areia. Devíamos compreender a sedimentação, que implicou deposição e pressupôs ação da força gravitacional, grandeza física básica no entendimento dos fenômenos de deposição por movimento de fluidos (água ou ar). As Geociências, como Ciência complexa e ampla, ajudaram-nos planejar estratégias para explicar fenômenos na aula de campo e relacionar a ocorrência das transformações devido ao tempo geológico. Aquele ambiente facilitou a compreensão das dinâmicas de transformação de energia ao compará-lo com o modelo, sintetizou conhecimentos sobre as formas de movimento da matéria e fluxo de energia. Esse entendimento foi fundamental para reconhecer a evolução de sistemas complexos como o nosso planeta também nas aulas expositivas.

Desse modo, ambas as disciplinas possuem estrita relação, na medida em que fizeram os alunos compreenderem conceitos científicos ligados aos seus contextos.

1.1. Por que adotar o tema ciclo da areia?

A pesquisa exploratória realizada em 2009 tinha o intuito de conhecer as concepções iniciais dos alunos e de seus familiares sobre o ciclo da areia. A investigação procurava saber se o tema tinha relevância para ser tratado dentro da proposta curricular da escola.

Considerando que Moreira e Candau (2007) defendem a ideia de que o currículo deva ser entendido como um meio de grande relevância para a construção da identidade dos estudantes e dos professores envolvidos no processo educacional, o tema pôde ser articulado, pois a areia fazia parte do contexto dos alunos. Tema sintomático de estrita relação com o trabalho dos sujeitos pesquisados, seus familiares e da sociedade como um todo, a areia é matéria-prima usada para construir desde casas e prédios até *chips* de computador.

O ciclo da areia abarca não apenas conhecimentos da Física aplicados às Geociências, mas também permite uma abordagem complexa, tecnológica, econômica, social, política e ambiental de fenômenos naturais. O tema escolhido possibilita integrar disciplinas.

Pretendíamos adaptar e usar dois instrumentos: um que media os níveis de integração do conhecimento dos alunos (LEE; LIU, 2009); e outro para examinar mudanças metodológicas ocorridas nas aulas regulares de Física (JOHNSON; KHALE; FARGO, 2006). Para o autor desta dissertação interessava refletir sobre a própria prática e proporcionar conhecimento científico aos alunos.

A pesquisa foi relevante, pois visava contribuir com a aprendizagem dos alunos por meio da mudança na metodologia das aulas para ensinar conteúdos da disciplina de Física e Geociências. A inovação curricular desenvolvida durante a pesquisa se baseou nas ideias de inovação curricular de Carbonell (2002). Apesar das dificuldades, paradoxos educacionais e contradições, constatamos uma série de possibilidades e satisfações após a intervenção nas aulas. No entanto, para ocorrerem mudanças inovadoras significativas, segundo Carbonell (2002), é preciso “estabelecer relações significativas entre diferentes saberes, de maneira progressiva, para ir adquirindo uma perspectiva mais elaborada e complexa da realidade” (CARBONELL, 2002, p.21).

A inovação procurou traduzir ideias na prática cotidiana, sem se esquecer da teoria. Ambos os conceitos são indissociáveis e facilitam não apenas a aquisição do conhecimento, mas também a compreensão daquilo que dá sentido a ele. Nossa inovação curricular tentou proporcionar um aprendizado mais compreensível e significativo aos alunos.

1.2. Divisão da dissertação

A dissertação foi organizada em seis seções. Na introdução expomos o tema, o problema, o objetivo da pesquisa e sua justificativa. Na seção dois, apresentamos uma discussão sobre a metodologia utilizada na pesquisa. Resumimos o cenário em que se encontravam a escola e os sujeitos pesquisados, elencando suas dificuldades e contexto em que viviam. Os procedimentos de coleta e análise de dados fecham a segunda seção.

Fundamentos teóricos são descritos na seção três e se voltam às pesquisas realizadas no ensino de Física e Geociências. Descrevemos orientações para prática mais aprimorada dos

conteúdos curriculares e abordamos referências sobre ensino por modelos e atividades de campo que aproximaram o tema das disciplinas.

Na seção quatro, retratamos os procedimentos das aulas, as atividades práticas realizadas com os sujeitos da pesquisa e os conteúdos elencados para ensinar o tema.

Em seguida, apresentamos a seção cinco, com os resultados obtidos na análise dos dados coletados nas aulas de laboratório e de campo. Ainda incluímos segmentos do que encontramos numa aula realizada pós-campo.

As discussões encontram-se na seção seis, divididas em subseções que facilitam o entendimento sobre o que chamamos de inovação curricular, sobre a aprendizagem das noções de energia durante atividades e aulas realizadas, bem como sobre os limites e potencialidades da ação para o entendimento dos conceitos ensinados.

Por fim, manifestamos nossas considerações em termos de conclusão e possível continuidade da pesquisa.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa é de caráter qualitativo, referenciada por Triviños (1987) e Bodgan e Biklen (1994), nas formas de organização e de produção de conhecimento; é participante e com intervenção em sala de aula, em consonância com Thiollent (1999) e Rocha e Aguiar (2003).

Previamente, foi realizado um estudo exploratório com intuito de ampliar a noção sobre o entendimento de um tema específico. O problema era que os alunos e a comunidade não tinham conhecimentos científicos sobre a origem e os fluxos de materiais pela natureza. O ciclo da areia está próximo da realidade das pessoas e nossa preocupação era de ensinar conteúdos escolares que aclarassem conceitos para dar entendimento a fenômenos naturais. Nossa preocupação com o estudo exploratório foi verificar a possibilidade de desenvolver o tema, levantar questões didáticas e de pesquisa. Estudos exploratórios permitem ao pesquisador aumentar sua experiência em torno de um problema, pretendendo delimitar o entendimento sobre um tema de pesquisa para encontrar elementos que permitam alcançar resultados desejados ao entrar em contato com os alunos pesquisados. Os estudos exploratórios buscam antecedentes para pesquisas descritivas ou experimentais.

De qual dessas pesquisas nos aproximamos? Os estudos experimentais consistem em modificar a maneira das condições que determinam um fato, observar e interpretar as mudanças ocorridas. São estudos em que o investigador procura descobrir qual o efeito de sua intervenção, ou mesmo compará-lo diante outras intervenções. A presente pesquisa se aproxima desse tipo de abordagem. Ao fazer uma coleta de dados cuidadosa, ela teve intenção de adequar hipóteses para determinar sua confiabilidade. Esquematizamos uma série de atividades para estabelecer um novo método didático, adaptando instrumentos para estimar o nível de integração do conhecimento dos alunos pesquisados. Escolas inseridas em outros contextos podem relacionar o nosso tema para ensinar conteúdos diferentes, abordando a natureza com foco central em fenômenos naturais, adequados a outras realidades, com diferentes características.

Esta pesquisa tem características de pesquisa descritiva. Procuramos conhecer o contexto social e cultural dos alunos e identificar suas necessidades educacionais para escolher o tema de ensino. Os estudos descritivos se aproximam dos estudos de caso e seus resultados são válidos apenas para o objeto de estudo dentro daquela realidade, daquela escola. Uma prática de

validade científica tem que delimitar técnicas, métodos e orientações para a coleta de dados. Para almejar essa prática, tivemos cuidados para evitar excessos de subjetividade.

A pesquisa tentou compreender e analisar a realidade escolar e os enfoques subjetivos com suporte nas ideias de Triviños (1987), que privilegia a pesquisa qualitativa para contribuir com bases valiosas para alcançar possíveis soluções aos problemas.

As bases de Bodgan e Biklen (1994) indicam características da pesquisa qualitativa que realizamos. Entre seus aspectos estão o ambiente natural, que é fonte direta dos dados, e o pesquisador, que é tido como instrumento chave para a pesquisa. Ao nos aproximamos da fenomenologia, estamos considerando o ambiente constituído por elementos culturais. A cultura é a característica do local e os costumes de onde se vive. No caso dos nossos alunos, é muito diversificada e, pelo fato da maioria ser de outras regiões do país, não possuem identidade com a escola.

Nossa pesquisa qualitativa tem caráter essencialmente descritivo, pois interpretamos os resultados com a totalidade de percepções dos fenômenos envolvidos no tema das aulas. Ficamos atentos aos processos da pesquisa na avaliação da própria prática didática educacional, não apenas nos resultados obtidos pelos alunos. Ao constatar ideias com pouca ligação com as abordagens feitas, retomamos explicações procurando dar oportunidade aos alunos com mais dificuldades. Esses problemas são muito comuns quando trabalhamos com turmas numerosas, é uma reflexão que deve ser feita durante todos os momentos do processo de ensino e aprendizagem.

Outro aspecto dos pesquisadores qualitativos é analisar seus dados indutivamente. Partindo do fenômeno social, a pesquisa qualitativa não tem hipóteses a verificar empiricamente – os significados, a interpretação, surgem da percepção do fenômeno visto no contexto estudado. Ao mesmo tempo em que coletávamos informações, a bibliografia foi levantada para tentar encontrar indicadores que facilitassem a construção do problema e a análise dos dados.

Aproximamos-nos de um enfoque na pesquisa no qual a preocupação social é pertinente para revelar nexos com o processo de ensino aprendizagem. Para terem sua especificidade, as bases teóricas que orientam o pesquisador qualitativo devem limitar a abrangência do estudo. Pesquisa ação, participante e estudo de caso são várias possibilidades de pesquisa qualitativa e o nosso desafio foi escolher aquela que mais se aproximava de nossa prática. Ao invés de

especificarmos um tipo de pesquisa qualitativa, tentamos descrever para qual este trabalho se aproximava enquanto transcorria, ao dar destaque para a reflexão sobre nossa prática docente.

Aproximamos-nos de uma pesquisa participante quando focamos a análise na prática do pesquisador, analisando seu fazer docente. A preocupação de um relacionamento dinâmico entre a teoria e nossa prática traz novas dimensões ao conhecimento científico, pois são essenciais na sua construção, além de levar ao questionamento quanto à formação. Desse modo, procuramos responder: em que contexto vive o aluno da escola pública pesquisada? As atividades abordaram conteúdos de maior relevância para os alunos? Que outras intervenções podem ser usadas para melhorar a abordagem do tema e a didática? O que mudou na prática do pesquisador? Que conteúdos precisaram ser estudados para incluir novos saberes no ensino da Física?

Conduzindo o processo de analisar quais as intenções da pesquisa, como se deu a relação com os estudantes e no que resultou, nos adequamos aos moldes de pesquisa participativa. Rocha e Aguiar (2003) assinalam que um método participativo é aquele no qual o pesquisador tende a mudar sua postura nas aulas.

[...] para desenvolver uma metodologia participativa, é necessária uma mudança na postura do pesquisador e dos pesquisados, uma vez que todos são coautores do processo de diagnóstico da situação problema e na construção de vias que possam resolver as questões [...], Demandando desdobramentos de práticas e relações entre participantes (ROCHA; AGUIAR, 2003, p.66).

O contexto da escola é exposto adiante, mas vale lembrar que ela se encontra em uma região periférica e seus alunos enfrentam muitas dificuldades, como violência, falta de perspectiva de ascensão social e profissional, desinteresse e desmotivações para o estudo, evasão e abandono, entre outros problemas.

Diante de tal situação, o tema conseguiu despertar interesse nos estudantes, pois fazia parte de seus contextos profissional e social. A solução para resolver o problema da origem da areia usada em construções de prédios e residências, ou na fabricação de outros materiais, como vidro e *chips*, foi explorar o tema demonstrando dinâmicas simuladas em um modelo de curso d'água, e também observar a extração do material na margem do rio, local onde ocorre a mineração. Foi desenvolvida uma prática que não é comum nas escolas de ensino básico, pois procuramos considerar as diferentes relações entre professor pesquisador e alunos pesquisados.

Mediante esse quadro, nos perguntamos: porque não adotar uma metodologia de pesquisa ação? O método da pesquisa ação visa propor a solução de um problema de âmbito social e cultural.

[...] o tipo de pesquisa ação utilizada em “desenvolvimento organizacional” e em análises “sociotécnicas” encontra certas limitações devido à heteronomia das relações sociais. Em certos casos, a ação se limita ao nível dos executivos ou chefes de nível intermediário que estão inseridos no processo de pesquisa ação para que, conjuntamente com os analistas, possa formular a solução de problemas ligados à gerência e sobre quais eles têm uma “parcela” de poder. [...] A pesquisa ação nesse contexto estabelece, ao nível da investigação, uma forma de participação possuindo todas as ambiguidades da participação dos dirigidos no plano político. (THIOLLENT, 1999, p.90).

Acreditamos que nossa pesquisa possui algumas características que permitiriam tipificá-la como pesquisa ação, pois fizemos intervenção na escola e refletimos sobre a prática docente ao mesmo tempo em que ocorreram mudanças na metodologia de ensino do professor pesquisador, foi preciso reflexão sobre a prática. Porém os alunos não participaram do planejamento das atividades, nem da seleção curricular.

Nosso intuito era examinar sequências didáticas que permitissem despertar opinião crítica dos alunos sobre aspectos sociais aliados a fenômenos naturais e à compreensão de conteúdos científicos relevantes para sua formação. Nos dias atuais, encontramos os conteúdos científicos dispersos e segmentados em diversos componentes do currículo das Ciências na escola pública paulista.

Podemos interpretar nossa inovação curricular como o que Carbonell (2002) definiu: “um conjunto de intervenções, decisões e processos, com certo grau de intencionalidade e sistematização, que trataram de modificar atitudes, ideias, culturas, conteúdos, modelos e práticas pedagógicas” (CARBONELL, 2002, p.19). Pretendíamos introduzir novas estratégias de ensino e aprendizagem, modelos didáticos renovados e outra forma de gerir o currículo e as aulas, implicando mudança de postura para tentar promover melhoria na concepção dos alunos sobre determinados fenômenos naturais. Entendemos que o conhecimento deve ser relevante e que devemos oferecer conteúdos com valor cultural e social que tenha sentido para a maioria dos alunos. Trata-se de um conhecimento público e democrático mínimo para que eles sobrevivam de forma digna e ativa na era da informação. Estudar dinâmicas de transformação de energia possibilita comparar fenômenos e situações locais com globais, integrar outras disciplinas para

ensinar um mesmo tema sob aspectos e olhares diferentes de acordo com cada área do conhecimento que vier participar da intervenção inovadora do currículo.

2.1. Cenário da escola e contexto dos alunos

Os sujeitos da pesquisa são alunos de escola estadual localizada na periferia da zona oeste do município de Ribeirão Preto, interior do estado de São Paulo. A escola atende um total aproximado de 800 alunos, com idade entre 10 e 20 anos, do ensino fundamental II e do ensino médio. Durante o ano de 2011, funcionaram um total de 34 salas, distribuídas nos períodos manhã, tarde e noite¹.

Os estudantes moram em bairros do entorno da escola, em residências de alvenaria precária ou em favelas. Grande parte é migrante da região Nordeste e norte de Minas Gerais, principalmente do Vale do Jequitinhonha. Seus pais são atraídos pela oferta de mão de obra no ramo da construção civil, no qual desempenham trabalhos de pedreiro, encanador, aplicador de gesso, serventes gerais, etc. Quando não são donas de casa, as mães trabalham como empregadas domésticas e diaristas em residências de diversas áreas do município. A maioria dos pais trabalha em regime informal sem carteira assinada. São pessoas que constantemente vêm e vão para suas cidades de origem, dificultando a permanência dos alunos na escola.

Em períodos contrários às aulas, pouquíssimos alunos são beneficiados por Organizações Não Governamentais (ONGs) religiosas ou pelo núcleo isolado de incentivo ao desenvolvimento social administrado pela prefeitura.

O bairro onde a escola se localiza possui associação de moradores, sendo que alguns dos membros participam da Associação de Pais e Mestres (APM) e também do conselho escolar. Apesar disso, avaliamos como insatisfatórios a participação e o envolvimento dos pais no cotidiano escolar dos filhos; porém, diante de anos anteriores, nota-se pequeno aumento no comparecimento dos adultos nas reuniões escolares. Quando são chamados pela escola por motivos de indisciplina dos filhos, alguns pais atendem ao pedido de comparecimento com presteza, mas a maioria sequer toma conhecimento dos problemas.

¹ Os dados expostos neste item foram resumidos a partir do Plano de Gestão da escola, elaborado em 2011. Neste texto, a escola está referida como *Escola do Parque*.

Assinalamos, ainda, que o Plano de Gestão produzido na escola oferece um quadro parcial de informações sociais e econômicas.

Os informes gerados pouco ajudam a orientar atividades curriculares. Não há uma discussão direta sobre como usar essas informações para aprimorar a aprendizagem. Enfim, trata-se de documento cartorial que raramente é lido e que não contribui para educação.

2.2. Sujeitos da pesquisa

Aproximadamente 90 alunos participaram das três modalidades de aulas, mas boa parte dos dados de pesquisa foi apoiada em documentos de sete alunos. Os alunos pertenciam a três diferentes turmas; duas salas de segundo e uma sala de terceiro ano do ensino médio da *Escola do Parque*, no ano de 2010.

Após as aulas, analisamos os materiais dos alunos que foram mais participativos. Compuseram o grupo um, Rafael², Márcia, Janaina e Ricardo. O grupo dois era composto por Letícia, Marcela e Marcos. Em todos os momentos os alunos trabalharam coletivamente, porém cada um possuía seu próprio roteiro e diário de bordo, e durante as atividades práticas os diálogos e opiniões eram próprios.

A turma dos alunos supracitados (aproximadamente 35) cursava o segundo ano em 2010 e passou para o terceiro ano em 2011. Priorizamos essa turma para que houvesse continuidade no estudo e na própria pesquisa, no ano subsequente.

2.3. Dificuldades dos alunos

Nas últimas provas do Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SARESP) e do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), a *Escola do Parque* tem tido índices muito baixos, demonstrando que a maioria dos alunos possui dificuldade de aprendizado.

O resultado do SARESP, associado ao fluxo dos alunos no referido ano letivo, resulta no Índice de Desenvolvimento da Educação de São Paulo (IDESP), e a avaliação do INEP resulta no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), este último de ordem federal.

² Todos os nomes citados são fictícios, a fim de preservar a identidade dos alunos.

O IDESP nos anos 2010 e 2011 para o ensino médio da *Escola do Parque* foi, respectivamente, 0,75 e 1,01, e as metas eram 0,87 e 0,88. Notamos que em 2010 a meta não foi atingida; já em 2011, superou o índice estipulado. Comparando com outras escolas do município, que atingiram notas acima de 2,00, o índice é baixo. A meta estipulada pela Secretaria de Estado da Educação de São Paulo (SEE/SP) é de atingir o valor de 5,00 pontos até o ano de 2030 para todas as escolas de ensino médio do estado de São Paulo.

Quando consultamos o IDEB dos anos de 2007 e 2009, para o ensino fundamental, verificamos o índice de 3,30 nos dois anos. Em 2011, a *Escola do Parque* atingiu o resultado de 3,40, valor muito próximo ao projetado da meta definida pelo INEP para o ano de 2011, que era de 3,60. Até o ano de 2021, a meta da escola é atingir os 5,00 pontos.

Todos esses números foram retirados dos portais virtuais do Ministério da Educação (MEC)³ e da SEE/SP⁴.

Apesar do esforço dos professores para promover boas aulas, os alunos enfrentam sérios problemas, que já foram descritos. Esse ponto dificulta ainda mais o trabalho dos docentes, que estão inseridos em uma realidade cujas dificuldades se sobressaem perante outras escolas do município.

Moreira e Candau (2007) defendem que se deve recorrer a uma abordagem cultural da comunidade, em que a escola está inserida no que tange à escolha dos conteúdos curriculares. Considerando que a cultura do cidadão influencia na sua vida social, por que não levantar dados sobre um tema significativo para, a partir daí, refletir sobre o currículo?

[...] é preciso olhar de perto a escola, seus sujeitos, suas complexidades e rotinas e fazer as indagações sobre suas condições concretas, sua história, seu retorno e sua organização interna. Torna-se fundamental, com essa discussão, permitir que todos os envolvidos se questionem e busquem novas possibilidades sobre currículo (MOREIRA; CANDAU, 2007, p.6).

O trabalho na construção civil permite aos alunos entenderem porque usar alguns materiais específicos (madeira ou louça) no revestimento de pisos e paredes, no que trata da dilatação térmica e condução do calor por simples experiência; mas e o conhecimento científico?

³ Disponível em <<http://www.portal.mec.gov.br>> Acesso em 15 mar 2012.

⁴ Disponível em <<http://idesp.edunet.sp.gov.br>> Acesso em 15 mar 2012.

Ele possibilita compreender os materiais e instrumentos tecnológicos de modo a reconhecer a natureza da areia que compõe o vidro e o *chip* de computador, por exemplo?

Focamos os alunos trabalhadores que tinham íntima relação com o tema e que na pesquisa exploratória revelaram não conhecer relações da matéria-prima areia com a natureza, sua origem, seus fluxos e aplicações, ou que, se conheciam, faziam parte de pequena parcela dos sujeitos que responderam os questionários.

A seguir, apresentamos os procedimentos utilizados para coleta e análise dos dados da pesquisa.

2.4. Coleta de dados

Foram utilizados dois tipos de aulas durante a inovação curricular: aulas expositivas e práticas. No total, foram três aulas expositivas e duas aulas práticas, que adiante são explicadas em detalhes. Entretanto, nosso enfoque foi analisar dados que foram produzidos pelos alunos durante as aulas práticas e em uma aula de fechamento após o trabalho de campo, de volta na escola. Trabalhamos com três turmas do ensino médio no período da manhã: duas salas de segundo ano e uma de terceiro ano, totalizando 90 alunos, sendo que aproximadamente 30 por sala participaram das aulas expositivas e da prática de laboratório. O trabalho de campo no porto de areia contou com 36 alunos. Selecionamos os alunos mais participativos das atividades anteriores, em média doze de cada turma.

No laboratório e no campo, os alunos estavam munidos de roteiro com perguntas e diário de bordo. Gravações de áudio e vídeo, realizadas pelos estudantes e pelos professores, foram transcritas por profissional da área e posteriormente analisados. Observações do professor também foram usadas como dados da pesquisa. As aulas práticas tiveram auxílio da professora de Química, que acompanhou e ajudou nas explicações dos fenômenos, tanto no laboratório como no porto de areia. O mesmo roteiro foi utilizado para a análise pelo professor de Física e também pela professora de Química em outra pesquisa de mestrado. A colaboração da professora foi importante, sobretudo por realizar gravações e anotações de dúvidas que surgiram durante as aulas. Enquanto um professor orientava as observações e explicava, o outro complementava mencionando outros exemplos e questionamentos perante as situações que no momento estavam

sendo vivenciadas. Apesar da aula pós-campo não ter sido planejada, se fez necessária para melhor esclarecer dúvidas existentes.

A aula de campo não ocorreu logo na sequência das aulas expositivas e de laboratório, pois para sua realização dependíamos de recurso financeiro para transporte. Esse auxílio foi solicitado à SEE/SP por meio de projeto encaminhado para apreciação de analistas em meados do ano de 2010. Porém a verba para realização da viagem de campo foi liberada somente no final do mês de novembro daquele ano. A visita ao porto de areia foi realizada no início do mês de dezembro, o que demandou muito interesse dos alunos em participar, pois o ano letivo estava prestes a encerrar e eles não estavam mais frequentando as aulas regularmente.

Naquele momento, as aulas expositivas e de laboratório já haviam sido ministradas alguns meses atrás, o que de certo modo implicou no estabelecimento de relações do que havia sido visto nas aulas. Para sanar isso, retomamos brevemente alguns assuntos durante o percurso até o campo.

Nos roteiros das atividades no laboratório e no trabalho de campo, elegemos questões que acreditávamos serem chaves para análise:

- ✓ Por que a água escorre? “Quem” ou “o quê” faz ela se movimentar?
- ✓ Explique como se dão a erosão, o transporte e a deposição dos materiais que se movimentam com a corrente de água, destacando a diferença no tamanho dos grãos e o que é necessário mudar para que ocorra mais ou menos erosão, transporte e deposição.

A segunda aula prática foi desenvolvida no porto de areia localizado às margens do rio Pardo, no município de Serra Azul/SP. O trajeto da escola até o porto foi realizado em ônibus fretado, percorrendo aproximadamente 40 quilômetros, entre rodovia e estrada de terra. Realizamos três paradas: **Ponto 1** – parte alta da estrada de terra antes de chegar ao porto; **Ponto 2** – margem do rio Pardo no porto de areia; **Ponto 3** – depósito de areia na parte alta da margem.

O primeiro ponto de parada no campo tinha objetivo de investigar o olhar dos alunos. Procuramos interpretar as ilustrações e esboços da paisagem. Queríamos verificar o que mais chamou atenção dos alunos naquele local.

No segundo ponto de parada, as questões escolhidas do roteiro da aula de campo foram as seguintes:

- ✓ O que é necessário para que a água se movimente formando a correnteza do rio?
- ✓ A areia que se encontra na margem do rio é igual à areia extraída do fundo?
- ✓ Quais outros materiais são retirados do rio juntamente com a areia e o seixo? Esses materiais também possuem valor econômico?

Quando chegamos ao ponto terceiro (depósito e estoque de areia), orientamos os alunos a coletar materiais presentes no local e em seguida responderem outras questões:

- ✓ Discuta com seus colegas os materiais coletados e estabeleça critérios que os classifiquem;
- ✓ Ilustre em espaço próprio os materiais que vocês coletaram, separando-os de acordo com a classificação feita pelo grupo;
- ✓ Explique como o grupo fez a classificação;
- ✓ Que relações existem entre diferentes materiais e o que ocorreu durante o seu transporte?

Por fim, elaboramos perguntas que pretendiam dar noções sobre a origem da areia e estabelecer relações do modelo visto na aula de laboratório com o rio:

- ✓ Afinal, de onde vem a areia extraída do rio, se ela se movimenta continuamente conforme o movimento da água? Qual sua possível origem?
- ✓ Quais as relações que seu grupo pode fazer entre as observações realizadas na escola e a atividade de campo no porto de areia?

Além de responderem às questões propostas nos roteiros, os alunos ficaram livres para relatar nos diários de bordo dúvidas, curiosidades e outras observações que acharam pertinentes.

Descrevemos os resultados de forma a categorizar as informações e triangular os dados de acordo com Triviños (1987), propondo que a técnica de triangulação deva abranger descrição, explicação e compreensão do estudo.

Estudando sujeitos determinados, primeiramente, dirigimo-nos aos processos e produtos centrados no sujeito, averiguando suas percepções, mediante questionário, sobre concepções naturais a respeito da areia. Os elementos produzidos pelo meio consistiram em documento legal/oficial e dados estatísticos. Documentos internos e externos estão relacionados com a vida da escola e dos alunos. Consideramos como instrumentos legais/oficiais, nesta pesquisa, o Plano

de Gestão elaborado pelos gestores e docentes da unidade escolar, já referido na subseção 2.1. Para obtermos elementos estatísticos consultamos os *websites* de órgãos oficiais (SEE/SP e MEC).

Coletamos inúmeros dados para esta pesquisa. Dados obtidos nas aulas de laboratório e de campo, usando os critérios do instrumento de Lee e Liu (2009) aplicados ao ciclo da areia. Nos dados incluem os roteiros das atividades práticas e as transcrições de vídeo e áudio, ou seja, nosso foco foi analisar o processo ensino aprendizagem.

Esta pesquisa qualitativa contribui com a aprendizagem de conhecimentos científicos na medida em que oferecemos possibilidade de inovação curricular em Física/Geociências no ensino básico.

2.5. Procedimentos para análise dos dados

2.5.1. Inovação curricular desenvolvida na *Escola do Parque*

É difícil caracterizar o que há de genuinamente novo no trabalho do professor, sobretudo quando se examina a própria prática. De fato, o que é perceptível é a crença na necessidade de relacionar tópicos de conteúdo à vida dos alunos. Acreditamos que, dessa forma, criamos condições mais favoráveis à aprendizagem de conteúdos científicos. Isso trouxe uma implicação chave: mudamos o modo de examinar o conteúdo, valorizamos o entendimento conceitual antes de fazer a representação matemática de relações e leis naturais.

Na tentativa de indicar o que foi inovador, nos apoiamos em Johnson, Khale e Fargo (2006), que examinaram mudanças metodológicas ocorridas em uma escola de área urbana dos Estados Unidos (EUA). Os autores argumentam que existe um problema na educação que pode ser considerado intencional: a baixa avaliação obtida pelos alunos atribuída à falta de efetividade dos professores. Trata-se de padrão cíclico: professores pouco preparados, sendo que muitos ensinam fora de sua área ou não são licenciados, ou são temporários porque é difícil completar o quadro de escolas com baixo rendimento. Frequentemente, essas escolas encontram-se em áreas urbanas com poucos recursos materiais, poucas possibilidades de desenvolver o currículo ou os profissionais. Professores nessas situações aprendem a sobreviver, muitas vezes, sem usar estratégias de ensino que possibilitariam aos alunos aprender o básico e aumentar seu rendimento

nas avaliações. Um dos instrumentos desenvolvidos pela pesquisa correlaciona eficiência da aula a atitudes dos alunos e, assim, é construída uma gradação:

Nível (1) - *Instrução ineficiente*: há pouca evidência do pensamento ou engajamento do estudante com ideias importantes da aula, a aprendizagem é passiva e as atividades práticas são feitas sem motivo.

Nível (2) - *Elementos de instrução eficiente*: existem sérios problemas no *design*, na implementação e no conteúdo; a aula contém alguns elementos de prática efetiva, mas é muito limitada.

Nível (3) - *Iniciando os estágios de instrução eficiente*: há elementos de prática efetiva, os estudantes são, algumas vezes, engajados em trabalhos significativos; a aula pode ser inadequada devido às necessidades ou ao número de estudantes; a instrução é limitada para que os alunos compreendam a disciplina, ou para que possam desenvolver bem suas capacidades, a ponto de serem bem sucedidos para fazer ciência.

Nível (4) - *Instrução eficiente*: existe uma proposta clara que engaja os alunos; os estudantes participam ativamente de trabalhos significativos, por exemplo: investigações, apresentações do professor, discussões com professor e colegas, leituras; a aula é bem esquematizada, o conteúdo e a pedagogia são adaptados às necessidades dos alunos; muitos estudantes compreendem a disciplina e desenvolvem suas capacidades.

Nível (5) - *Instrução exemplar*: todos os estudantes são altamente engajados o tempo todo e os trabalhos são significativos; a aula é bem planejada e criativamente implementada, de acordo com necessidades e interesses dos alunos (JOHNSON; KHALE; FARGO, 2006, p.377).

Esses indicadores são aplicados a partir de impressões, anotações e registros feitos pelo próprio professor ao longo dos últimos anos. Ou seja, trata-se de interpretação subjetiva, mas amparada em parâmetros que admitem certa comparação entre momentos diferentes de um professor ou de professores diferentes.

Assinalamos, ainda, que realizar mudanças na metodologia de ensino demanda uma série de comprometimentos que ultrapassam a falta de estrutura adequada nas escolas públicas. Requerem do professor uma preocupação e maior envolvimento com seus alunos.

2.5.2. Aprendizagem das noções de energia

Por ser licenciado em Física, o professor autor desta pesquisa foi encaminhado pelo seu orientador a duas disciplinas da graduação para alunos de Geologia e Geografia. Desse modo, pôde ensinar com maior embasamento o significado de conceitos geocientíficos aos seus alunos. Estudar conteúdos de Ciência do Sistema Terra (I e II) possibilitou entender a interação entre as esferas do Planeta e reconhecer suas dinâmicas de troca de energia e matéria dentro da escala do tempo geológico. Foi fundamental compreender as relações entre Física e Geociências para tratar, com mais propriedade, dinâmicas de transformação de energia que ocorrem ao longo do tempo geológico e a própria classificação de materiais sedimentares, entre outros conteúdos significativos.

Ao analisar a compreensão das aulas, elencamos alguns conceitos: erosão, deposição e variáveis (vazão e desnível) envolvidas nas dinâmicas de transformação de energia. Justificamos a escolha desses itens por terem aparecido com maior destaque nos dados coletados.

As respostas dos alunos mostraram que tiveram compreensão do fenômeno erosão. Para darem a resposta, atribuíram aos grãos menores menor quantidade de energia para se movimentarem. Para movimentar grãos maiores, era necessário inclinar mais o modelo ou aumentar a vazão do fluido. Aumentar a inclinação implicava “dar” mais energia potencial gravitacional e aumentar a vazão do fluido resulta em maior energia cinética transferida aos grãos. Responder que a erosão menor ocorre “onde” se encontram grãos menores é uma ideia confusa, se pensarmos na pequena movimentação da corrente de água.

Para dominar o conceito de energia a partir do contexto do ciclo da areia, os alunos precisavam compreender fontes de energia e transformações de energia considerando etapas, para alcançarem um conceito ainda mais amplo: conservação de energia.

Lee e Liu (2009) criaram um instrumento para avaliar níveis de integração de conhecimento de estudantes sobre fonte, transformação e conservação de energia. O instrumento foi usado para identificar como esses níveis diferem entre Ciências distintas. O estudo foi feito com quase 2700 alunos, de 29 professores, de 12 escolas em cinco estados dos EUA. Os autores assinalam que a integração do conhecimento é atingida quando os alunos compreendem a aplicação do conceito de conservação de energia a conteúdos de diferentes disciplinas. Para os alunos chegarem a esse entendimento, devem passar por níveis mais baixos em etapas anteriores

e, posteriormente, fazerem a integração do conhecimento, ou seja, isso envolve identificar fontes de energia e reconhecer transformações de energia até alcançarem níveis mais elevados em que relacionam ideias de forma coerente.

Segundo Lee e Liu (2009), a dificuldade em assimilar esse conceito é atribuída ao fato da energia não ser observada diretamente nos fenômenos. Os autores mediram o conhecimento de alunos da *middle school* usando um instrumento para avaliação baseado na progressão da aprendizagem dos conceitos de energia por meio de contextos físicos, biológicos e de Geociências. Usaram exemplos como digestão e respiração, ciclo da água, circuitos elétricos, movimento de corpos pela superfície terrestre, entre outros. Modelaram a construção da integração do conhecimento em seis níveis, em termos do número de ideias e ligações usadas nas explicações gerais dos estudantes.

Atribuídos como níveis de integração do conhecimento, Lee e Liu (2009) enumeraram em ordem crescente, de zero a cinco, a qualidade das respostas dos alunos:

Zero (0): para as perguntas sem resposta;

Um (1): ideia de nível irrelevante, fora do assunto;

Dois (2): ideia isolada, sem ligação;

Três (3): ideia coerente, ligação parcial;

Quatro (4): ideia que relacionou coerentemente dois fenômenos, ligação completa;

Cinco (5): ideia que relacionou coerentemente várias dinâmicas de energia, ligação complexa.

Ao usar o instrumento exposto por Lee e Liu (2009), partimos de afirmações dos alunos, do diário de bordo e de outros documentos produzidos por eles mesmos, além de gravações de vídeo e áudio. Dessa forma, não havia sentido manter o nível *sem resposta*. Ao excluir o nível zero, usamos: **nível um** para as afirmações que não se relacionavam ao assunto. Respostas que não apresentaram explicações ou eram incoerentes correspondem ao **nível dois**. Para as respostas que mencionaram fenômenos, mas associaram poucos fatores, **nível três**. O **nível quatro** foi atribuído às respostas com pelo menos duas ligações de fenômenos e o **nível cinco** às ideias que relacionaram três ou mais fenômenos.

Na discussão dos dados obtidos nas aulas de laboratório e de campo, usamos os critérios do instrumento de Lee e Liu (2009) aplicados ao ciclo da areia com os alunos participantes desta pesquisa.

3. ENSINO DE CIÊNCIAS

3.1. Tomada de partida quanto aos caminhos do ensino de Ciências

Izquierdo (2005) defende que as Didáticas das Ciências conduzem a sugestões de programas, ensino e aprendizagem que incluem múltiplas dimensões humanistas, democráticas e que põe em dúvida a mera repetição de temas tradicionais. As dimensões que interligam aspectos humanos, políticas e a perspectiva de futuro implicam reformular profundamente currículos e programas de Ciências para crianças e adolescentes. Portanto, é preciso levar em conta as perspectivas e os dilemas de jovens e adultos:

[...] os conhecimentos escolares não podem ser “os programas” de sempre, baseados em conceitos que proporcionam uma visão rígida e dogmática do mundo, mas devem ser oportunos ao apresentar perguntas que incitem a intervenção e a reflexão sobre fenômenos e relações entre fenômenos que sejam relevantes para compreender os temas científicos da atualidade (IZQUIERDO, 2005, p.114)⁵.

Ao eleger os conteúdos escolares, segundo expectativas sociais e didáticas, damos atenção aos aspectos pedagógicos, bem como, valorizamos as estratégias e a autonomia dos professores para elaborar o currículo.

Izquierdo (2005) se refere a três dimensões cognitivas que permitem conhecimento e desenvolvimento pessoal: a linguagem, a representação mental e a ação. “[...] toda ciência se forma necessariamente de três coisas: a série de ações que constitui a ciência, as ideias que as evocam e as palavras que elas expressam. A palavra deve originar a ideia, esta deve revelar a ação [...]”⁶. (IZQUIERDO, 2005, p. 115).

Novos modelos de ensino de Ciências propõem interações e atividades reais, com abordagem epistemológica fundamentada para formar valores, dados a realidade e o contexto em

As traduções desta dissertação do espanhol e do inglês para o português foram feitas pelo pesquisador.

⁵ [...] los conocimientos escolares no pueden ser ya «los programas» de siempre basados en conceptos que proporcionan una visión rígida y dogmática del mundo sino que han de ser la ocasión de plantear preguntas que inciten a la intervención y a la reflexión sobre fenómenos y relaciones entre fenómenos que sean relevantes para comprender los temas científicos de actualidad (IZQUIERDO, 2005, p.114).

⁶ [...] toda ciencia se forma necesariamente de tres cosas: la serie de hechos que constituye la ciencia, las ideas que los evocan y las palabras que los expresan. La palabra debe originar la idea, esta debe pintar el hecho [...] (IZQUIERDO, 2005, p. 115).

que os estudantes estão inseridos. As teorias devem ser usadas para definir modelos que se apliquem na mudança prática da ação humana. Esses modelos devem propor hipóteses teóricas, raciocínio.

Do nosso ponto de vista, a opção defendida por Izquierdo (2005) se aproxima de perspectivas e abordagens preconizadas pela tendência ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Cachapuz *et al.* (2008) acham-se convictos de que educação em Ciências é área interdisciplinar e, além disso, de que CTS tem crescido no ensino e na pesquisa nos últimos anos.

A linha de estudos Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) mostrou ser uma linha dinâmica, em evolução notória ao longo da década considerada, em especial do primeiro para o segundo quinquênio, passando de dois para sete artigos, em igual período de tempo. Consideramos que na linha de pesquisa CTS se enquadram os estudos incidentes na dimensão social e cultural da ciência e da tecnologia e estudos que evidenciam como se relaciona tal dimensão com a literacia científica e com a compreensão pública da Ciência. (CACHAPUZ *et al.*, 2008, p.33).

Ao revisarem a literatura sobre CTS, Santos e Mortimer (2002) afirmam que o objetivo central do ensino de CTS na educação básica pode ser identificado com a promoção da educação científica e tecnológica dos cidadãos, de modo a auxiliar o aluno a construir conhecimentos e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de Ciência e Tecnologia na Sociedade e atuar na solução de tais questões. Muitos autores valorizam a importância social do conhecimento científico e tecnológico, que propicia melhor compreensão do mundo natural e representa um instrumento essencial para transformá-lo.

Interpretamos o esforço de abordar os tópicos de energia por meio de CTS no momento que se explora o ciclo da areia e suas relações sociais e econômicas no meio urbano. A areia é tomada como recurso natural, matéria-prima para inúmeros usos na atualidade (de vidro a *chips*).

Este trabalho se aproxima de preocupações de CTS, bem como de questões ambientais. Vários autores ajudam a indicar tendências e variações em CTS para facilitar esta tomada de posição. Nos limites deste texto, mencionamos Membiela (2002), Santos e Mortimer (2002), os próprios Cachapuz *et al.* (2008) e outros.

Matthews (1994) descreve as contribuições de Ernst Mach para Filosofia, Ciência e Educação. Mach defendia o ensino de Ciências organizado pela lógica da Ciência e advogava sobre duas bases: visões sobre a natureza e o escopo da ciência, e visões sobre a natureza e a

prática da educação. Sugeriu valorizar o envolvimento dos estudantes com experimentos, de modo a levá-los a conhecer seus materiais reais antes de eles serem colocados diante da terminologia (racional, matemática e abstrata). A principal meta da educação deveria ser desenvolver o entendimento, fortalecer o raciocínio e promover a imaginação.

A visão de Mach orienta a educação científica para defesa da experimentação e da reflexão sobre a experimentação (MATTHEWS, 1994, p.99). A nosso ver, aluno e professor ganham muito com essa abordagem.

Em virtude disso, procuramos conduzir a inovação curricular proposta na pesquisa fortemente apoiada em modelo experimental, atividade prática de campo e reflexão dos professores e alunos sobre os conceitos discutidos. No mesmo movimento, resgatamos questões sociais e o alcance do conhecimento científico para compreendermos problemas econômicos, sociais e ambientais (nos aproximando de CTS).

Nesta dissertação, tivemos o intento de estudar a areia como material terrestre, disposta em diferentes reservatórios, bem como seus fluxos de um reservatório para outro, por exemplo, do fundo do rio para praia, para dunas, etc. Para isso, devemos entender as interações entre os sistemas terrestres ao longo do tempo geológico, as dinâmicas de transformação de energia e sua conservação no sistema Terra como um todo. Por meio dessa complexidade, os estudantes podem compreender a origem e as características da areia.

Moreira e Candau (2007) descrevem que o currículo é o coração da escola, e deve ser elaborado pensando na pluralidade cultural do mundo em que vivemos, propiciando ao aluno ir além dos referentes presentes em seu cotidiano. Inovar o currículo passa pela necessidade de constituir o espaço escolar como um ambiente educativo que amplie a aprendizagem, reafirmando-o como lugar do conhecimento, do convívio e da sensibilidade, condições imprescindíveis para a constituição da cidadania. Portanto, cabe ao professor elencar o que se deve ensinar, pois:

[...] a necessidade de constantes discussões e reflexões, na escola, sobre o currículo, tanto o currículo formalmente planejado e desenvolvido quanto o currículo oculto. Daí nossa obrigação, como profissionais da educação, de participar crítica e criativamente na elaboração de currículos mais atraentes, mais democráticos, mais fecundos (MOREIRA; CANDAU, 2007, p.19).

As considerações de Moreira e Candau (2007) assinalam um ponto estratégico do currículo: trata-se do lado cultural. Interpretamos que isso pode ser parcialmente cumprido quando consideramos a cultura dos alunos, suas atividades econômicas, etc. como ponto de partida de organização dos conteúdos que foram tratados pela Física e pela Química.

Perseguimos, ainda, os pressupostos do Grupo de Pesquisa Colaborativa Ciência do Sistema Terra e formação de professores, expostos por Gonçalves e Sicca (2008):

Parte-se do suposto que o ambiente precisa ser tratado a partir de sua dimensão local e que deve ser considerado em permanente transformação. Isso implica associá-lo a noções da teoria de sistemas: movimento, fluxo de matéria e energia, equilíbrio e desequilíbrio no tempo e no espaço. Seu entendimento depende de descrever e analisar como funcionam regularidades de organização e comportamento da matéria e da energia, ou seja, privilegia-se a abordagem de Ciências da Terra para tratar o ambiente (GONÇALVES; SICCA, 2008, p.511).

Segundo conclusões de Gonçalves e Sicca (2009), as Geociências podem exercer um papel fundamental para pôr em dúvida o conceito pobre de degradação do ambiente, pois o que se constata na escola:

[...] professores tentando chamar atenção de seus alunos tratando de acidentes ambientais, contextualizando conteúdos, fazendo um tratamento CTS em suas aulas, porém reforçam a ideia de degradação ambiental em virtude das atividades humanas, tratando a Natureza sob um olhar limitado e a estudando de forma segmentada (GONÇALVES; SICCA, 2009, p.278).

Nesse sentido, elegemos o ciclo da areia, que foi abordado de modo a levar o aluno a observar, colher dados e construir conhecimento sobre tópicos de Física, Química e Geociências.

3.2. Modelo e ensino de Ciências

Van Driel e Verloop (2002) expõem levantamento em que identificam que professores possuem pouco conhecimento sobre modelos científicos e seu emprego na educação científica. Apesar disso, enfatizam que modelos se destacam na produção de conhecimento de muitas Ciências, e acompanham outros autores que valorizam o uso de modelos, metáforas e análogos para ensinar Ciências. Procuram caracterizar os aspectos comuns de modelos científicos. O modelo é uma ideia simplificada de um sistema, objeto, fenômeno ou processo. Modelos ajudam a formular, estudar e testar hipóteses sobre o alvo do mundo natural, ou seja, servem a perguntas de pesquisa que possibilitam seu aperfeiçoamento. Os mesmos autores assinalam que, no ensino

de Ciências, modelos podem introduzir conceitos (de vida, matéria, Universo etc.); revelar interações de CTS. Há modelos de diferentes tipos e quase todos eles acabam tratados nas aulas de Ciências: matemáticos, objetos, analógicos etc.

Bonito (1996) descreve a ideia de modelos de ensino como instrumentos físicos de dimensões reduzidas, com especificidade particular, que reproduzem simplificadaamente as propriedades de um ou de vários objetos para analisar grandes dimensões.

O ensino de Física, Química e Geociências largamente usa modelos. Estrutura interna da Terra, modelos climáticos, átomos e partículas elementares, etc. são apenas alguns exemplos que professores usam em suas aulas. Na tentativa de reforçar o papel de modelo, a inovação curricular empreendida empregou o modelo de rio (com fluxo, corrente, transporte de sedimentos) para descrever alguns aspectos da noção de dinâmicas de transformação de energia.

Bonito e Trindade (1999) procuram resumir os papéis didáticos e as funções educativas das atividades práticas (de laboratório e de campo). Assinalam que essas atividades possibilitam que alunos ajam com rigor e cautela para generalizar ideias, bem como contribuem para honestidade intelectual e abertura de espírito a explicações não antevistas.

De acordo com Bonito (1996), o laboratório é um dos locais indicados para desenvolver a educação de Ciências, principalmente no ensino básico. É local importante para a aquisição de conceitos. Atividades práticas de laboratório permitem exercícios de ações no campo intelectual e requerem uma preparação prévia muito cuidadosa.

Em sua dissertação, Bonito (1996) diferencia cinco tipos de práticas de laboratório, sendo que cada uma delas pode ser associada às seguintes palavras-chave: desenvolvimento de habilidades psicomotoras; verificação de conceitos ou princípios; descoberta de um conceito ou princípio; resolução de problemas orientada; e resolução de problemas autonomamente. Entretanto, o mesmo autor (2001) alerta para o fato de que atividades práticas muitas vezes podem ser descontextualizadas da parte teórica. Enfatiza, ainda, que além da integração das partes teórica e prática do ensino, as relações CTS ajudam os alunos a ligarem sua experiência extraclasse ao que é ensinado. Além disso, precisamos considerar o alcance de atividades práticas de campo para conhecer processos naturais, interpretar a natureza, apreciá-la e desfrutar de riquezas e maravilhas.

Ainda para Bonito (2001), o campo constitui o local privilegiado de contato com o ambiente, permitindo observar objetos e fenômenos. Ajuda a aprender o método que conduz a conceber a história geológica da Terra. É o núcleo de atividades para estabelecer o contexto geológico para elaborar situações estratégicas de aprendizagem.

Acrescentamos que o campo é uma oportunidade de checar os limites de modelos, explicações e noções relativas aos processos.

3.3. Atividade de campo

A atividade de campo possui um papel particular nas Geociências e no seu ensino. Se, de um lado, é um ponto praticamente consensual entre professores dessa área de conhecimento, ao mesmo tempo, é muito pouco praticado.

Para compreender as decisões que foram tomadas em favor de atividades de campo, buscamos mostrar duas linhas de argumentos. A primeira se situa junto à dimensão da produção do conhecimento, valoriza aspectos cognitivos e está vinculada aos problemas que as Geociências precisam resolver. A segunda acha-se circunscrita ao potencial educacional das atividades de campo.

3.3.1. Atividade de campo nas Geociências

Fantinel (2005) sintetiza uma série de contribuições que reforçam a ideia de Geologia como ciência histórica da natureza. Reunindo distintos autores, como Frodeman (2010), Potapova (2010) articula o assunto geológico e os modos comuns de trabalho enfatizando a importância da atividade de campo para construir múltiplas relações das esferas terrestres por meio de registros, evidências e marcas deixadas na crosta terrestre. O campo pode ser reconhecido como espaço físico central na produção do saber geológico, fonte de conhecimento integrado da natureza que aproxima o indivíduo das interações sistêmicas.

Kastens e Frodeman (2009) defendem que pesquisadores das Geociências usam ampla gama de instrumentos para estudar problemas e, apesar da diversidade destes, compartilham certo conjunto de abordagens que permite estudar algo complexo como o sistema Terra. A mente do pesquisador é sua ferramenta mais importante, pois converte cores e texturas, índices energéticos de satélite, sinais de sismógrafos em narrativas explicativas sobre formação e migração de

hidrocarbonetos, ou levantamentos e afundamentos de faixas dobradas. Os mesmos autores advogam ainda que aqueles que trabalham com Geociências não são os únicos especialistas que usam teoria de sistemas, mas é habilidade específica aplicar a teoria de sistemas ao complicado funcionamento da Terra, que depende de distintas colaborações interdisciplinares.

Se alguém pensar nos estudos de laboratório, na determinação de relações isotópicas ou na identificação de gradações moleculares, não irá perceber com muita facilidade o que há de peculiar nessas pesquisas. Mas quando pensamos como elas acham-se interligadas ao campo, começam a surgir pontos esclarecedores.

Frodeman (2004) procura descrever como a observação direta da natureza traz peculiaridades para construir o pensamento sistêmico sobre a Terra. Descobrir o *logos* de um afloramento não tem procedimento padrão, argumenta. Depende de um processo mental, visual e cinético. O pesquisador treinado não fica ao lado do afloramento e coleta dados. Aprende a ver marcas ou formas como representantes de um complexo interativo capturado pela rocha.

Simultaneamente, existem falta e excesso de dados que a simples aplicação de um princípio científico não pode organizar. Olho e mente interagem para tornar os dados coerentes. O *insight* vem do olhar (recepção) que sonha com o afloramento.

Frodeman (2004) tenta, ainda, caracterizar uma inteligência visual vinculada ao campo. Trata-se de entendimento visual e espacial, que opera com três dimensões do espaço (e é preciso andar nele). Isso envolve certo tipo de raciocínio tátil e cinético, precisa de um corpo ativo e móvel mais do que inteligência incorporal e conhecimento matemático. Deve-se andar e escalar o morro para compreendê-lo, é necessário ver o objeto de ângulos e perspectivas diferentes. O profissional para, martela a rocha, sente sua densidade e resistência. Anda para frente e para trás, esquerda e direita para coletar diferentes características geológicas, intuitivamente procura a melhor distância e o ângulo de observação para caracterizar as feições. Quando vemos um objeto, procuramos uma direção que permite ver as coisas que procuramos. É necessário organizar uma série de visões inconciliáveis do mesmo objeto.

Frodeman (2004) toma a frase de Paul Cézanne: “a natureza precisa ser vista por dentro”⁷. Tal frase conta a experiência real do pesquisador e procede do campo. Mais do que simples coleta de dados, é preciso “sentir” o afloramento, lutar para vê-lo como um sistema de cores ou formas – mas como é um sistema, o envolve em um gabarito ou *logos* em que os fatos irão ajustá-lo e modificá-lo. Essa experiência inicial é convertida em linguagem matemática e geométrica, tornando-a precisa e verificável.

Frodeman (2004) não avançou para a discussão educacional, mas um trabalho de Paschoale (1984) assinala o caráter crítico do campo diante de teorias e explicações dadas aos alunos. Uma dobra desenhada na lousa é genérica e não possui referente no afloramento (na natureza); por outro lado, a dobra observada no afloramento é única e exibe a peculiaridade de sua história. É a partir desta que se pode ter uma ideia do que acontece no mundo profissional: se nos restringirmos às dobras de lousa, permanecemos no mundo meramente criado pelas representações, argumenta o autor.

3.3.2. Atividade de campo para ensino de Ciências

Há argumentação que não se limita às Geociências, mas abre distintas possibilidades de ultrapassar os limites da escola e ajudar a construir pontes entre o conhecimento intramuros e os conhecimentos de que o aluno pode dispor para interpretar o mundo.

Toro e Morcillo (2011) revelam que muitos elementos precisam ser reunidos para tornar a atividade de campo prática comum no nível básico de ensino. O estudo comparativo revela que, para o professor realizar habitualmente viagens com seus alunos, necessita desde apoio institucional nas escolas até currículo, formação inicial que capacite e encoraje para promover atividades com os estudantes. Mas os mesmos autores argumentam que o campo é uma forma de revisar o modo de ensinar disciplinas.

Já Brusi *et al.* (2011) defendem atividades de campo no ensino básico. Avançam para mostrar que é possível articular conteúdos diferentes e obter bons níveis de aprendizagem com alunos, mas argumentam que a atividade de campo deve estar associada à avaliação dos alunos.

⁷ *Nature must be viewed within* (FRODEMAN, 2004, p.154)

Rebello, Marques e Costa (2011) assinalam que a atividade de campo deve ter importância equivalente às aulas expositivas e atividades práticas de laboratório, pois entrelaça aprendizagens de ambientes intra muros ao contato direto com a natureza. Segundo os autores, as aulas devem ser previamente preparadas, para evitar surpresa dos alunos e possibilitar orientações para fazerem observações. A seleção do local de visita depende de problema cuja solução exija relações de Geociências e CTS com forte caráter ambiental.

Bonito (1996) define o que estamos denominando aula de campo como “atividades práticas de campo em Geociências” e considera inadequados alguns termos usados por outros autores — entre eles: visitas de estudo, excursões, saídas de campo —, pois no seu entender esses termos remetem a atividades lúdicas, recreativas. Portanto:

[...] atividades práticas de campo em Geociências avocadas como o exercício de ações práticas, sejam de ocupação manual ou intelectual, realizadas em meio natural, com fins educativos e que requerem uma preparação prévia muito cuidada, uma execução fundamentada epistemológica, psicológica e pedagogicamente, um trabalho de aprofundamento e revisão depois da “saída” ao campo, e uma avaliação em todo o seu significado. [...] O papel didático é entendido como função que delimita atividade apresentada no processo de ensino-aprendizagem, determinada de maneira consciente e voluntária ou não, e que translada alguma significação para a operacionalização dos objetos didáticos previamente definidos (BONITO, 1996, p.144).

Esses elementos nos conduziram a cruzar atividades de laboratório e campo. Ao mesmo tempo, isso nos levou a perguntar sobre as características didáticas de atividades de campo e como ajudavam a cruzar conteúdos de Geociências, Física e Química.

Compiani e Carneiro (1993) definem que o trabalho de campo propicia aos estudantes um senso de integração dos processos da natureza e a percepção desta como um todo, e não como partes isoladas. “O campo é local privilegiado do contato de objetos, fenômenos concretos e o ambiente” (COMPIANI; CARNEIRO, 1993, p.90). Esta ideia em torno da valorização do estudo da natureza a partir de referências geológicas (apoiadas na teoria de sistemas e nas escalas do tempo geológico) foi central para aproximar as disciplinas Física e Química e estudar o ciclo da areia com os alunos. A dissertação mostra alguns resultados da aprendizagem dos alunos quando o conhecimento da Física é contextualizado por meio da natureza e do ambiente.

Os mesmos autores (1993) destacam que as atividades de campo possuem distintos papéis didáticos: ilustrativo, indutivo, motivador, treinador e investigativo. No trabalho de campo

proposto para esta pesquisa, adotamos o papel motivador, pois visávamos despertar o interesse dos alunos para um dado problema (origem da areia e dinâmicas de transformação de energia envolvidas no seu ciclo geológico).

As práticas motivadoras aplicam-se, de modo geral, a alunos desprovidos de conhecimentos geológicos anteriores. São valorizados aspectos mais espetaculares da natureza, bem como a experiência vivencial prévia dos alunos e sua relação afetiva com o meio. Dá-se ênfase à formulação de conjecturas, dúvidas e questões sobre a natureza que, para eles, é desconhecida (COMPIANI; CARNEIRO, 1993, p.96).

Os autores defendem, ainda, que nesta prática o professor deve ter postura aberta, observando os alunos e seus interesses para refletir e estruturar tarefas com base nesse convívio. A prática motivadora é formativa e centrada no aluno, e o ensino não dirigido enfatiza o contexto das tarefas de ensino-aprendizagem, a experiência vivencial e o raciocínio. As operações cognitivas envolvidas geralmente são observação, comparação, conjectura e inferência.

O campo favorece esse conjunto de raciocínios pouco comuns em aulas expositivas e muitas vezes não esmiuçados significativamente nas atividades de laboratório.

As atividades de campo podem ser significativas para o processo ensino-aprendizagem, pois o campo é um local privilegiado para coleta de dados e manifestação localizada da crosta terrestre. Nesse intuito, tais manifestações podem ser utilizadas para ensinar ciências e contribuir para mudanças concretas nas ações dos estudantes no ambiente escolar.

O trabalho de campo pode ser tratado a partir de dimensões vertical e horizontal, conforme advoga Compiani (2006). A horizontalidade permite que um fenômeno ou objeto de estudo seja contextualizado e comparado a outros a partir de sua localização, acentuando suas particularidades e singularidades. A verticalidade possibilita observar diferentes contextos buscando generalizações que possam explicar os conjuntos, abrindo caminho a descontextualizar e a compreender os fenômenos sob suas propriedades e definições. “É uma dialética da contextualização e descontextualização que gera consciência, compreensões, habilidades, explicações e ações mais reflexivas e críticas historicamente contextualizadas e situadas” (COMPIANI, 2006, p. 40).

Segundo o autor (2006), a compreensão de fenômenos naturais não se alcança somente pela observação e pela discussão locais, mas requer a inclusão das dimensões horizontal e

vertical, que permitem aprofundar conceitos específicos e relacionar a outros ambientes — ou seja, a horizontalidade e verticalidade necessitam de trabalho de campo no qual são focados, por exemplo, processos dinâmicos superficiais e suas interações com fluxos de matéria e energia.

Interpretamos que isso significa compreender e descrever fenômenos naturais (modelado do relevo, formação de depósitos de areia pelo rio) e, ao mesmo tempo, servem para avançar no entendimento de dinâmicas mais complexas (não diretamente observáveis, mas passíveis de inferência se vistas sob longos períodos de tempo).

Esses argumentos inspiraram e incentivaram as atividades de campo feitas por meio da colaboração entre professores (de Física e Química).

3.4. Ensino do conceito de energia na Física do ensino médio

Energia é um conceito-chave para compreender sistemas complexos da natureza, tanto pelo seu caráter integrador para explicação dos fenômenos, quanto por suas implicações no âmbito CTS. Fontes, dissipação, transformação, transferência e conservação de energia estão cruzadas nas relações do cotidiano. Portanto, assumimos como indiscutível a importância do entendimento do conceito de energia dentro dos estudos de Física. Trata-se de assunto cuja importância é dada por si mesma, interliga as distintas explicações e teorias da Ciência, alcança desde fenômenos cotidianos (motores elétricos e termodinâmicos, relação entre energia e movimentos newtonianos etc.) aos mais complexos aspectos, da teoria da matéria ao funcionamento do cosmos.

Contudo, o conceito não é livre de problemas, desde sua delimitação até seu ensino. Pacca e Henrique (2004) extraem três ideias fundamentais associadas ao termo energia:

i) Energia- *causal/fonte*: energia como um agente causal, algo que os corpos possuem e que os capacita para realizar alguma ação, produzir trocas, transformações no ambiente. Assim, o carvão, o Sol e a eletricidade possuem energia, pois, por si mesmo, provocam a ação de iluminar, esquentar, mover etc.

ii) Energia- *movimento/ação*: a energia se faz concreta na atividade explícita de um objeto em movimento. Assim, por exemplo, os corpos que se movimentam têm energia.

iii) Energia- *substância*: energia é algo que tem existência quase material e pode armazenar-se dentro dos objetos. Assim, por exemplo, quando se diz que o alimento e o carvão têm energia armazenada, se sugere muitas vezes a ideia de uma substância ativa. É próprio da linguagem frequentemente usada com relação

à energia – *gastar* energia, *produzir* energia, a energia *desaparece* – sugere a ideia de algo concreto, com existência real como um objeto. Em todas essas ideias, a energia está incorporada/integrada, de algum modo, a um corpo e, em função da situação, se pode privilegiar umas delas (PACCA; HENRIQUE, 2004, p.160).

Como ensinar o conceito de energia remete a muitos problemas cognitivos, citamos apenas alguns trabalhos que descreveram essas dificuldades: Pacca e Henrique (2004), Solbes e Tarín (2004), Arias (2006), Pozo e Gómez Crespo (2009), Guruceaga Zubillaga e González García (2011).

As dificuldades dos alunos podem ser parcialmente atribuídas ao modo abstrato usado por livros didáticos do ensino médio. Por exemplo, Bonjorno *et al.* (2001) assim definem o termo: “Energia pode ser entendida como a capacidade de um sistema ao realizar trabalho”. Penteadó e Torres (2009) traduzem o conceito citando simplesmente: “Energia é usualmente definida como a capacidade de realizar trabalho”, porém assumem que a definição não é completa. Isso pouco esclarece sobre o termo, seu significado, sua importância, seu alcance e seus nexos com a sociedade.

Solbes e Tarín (2004) revelam ideias prévias de alunos sobre energia. Alunos identificam energia como fontes, potência ou trabalho. Alguns, ainda, associam energia a movimento e combustíveis, e outros com substância material que se pode armazenar e consumir. A ideia de energia armazenada é a mais difícil de os alunos dominarem; os mesmos autores justificam o fato devido à falta de mudanças diretamente observáveis (visíveis) em corpos em repouso, bem como em sistemas em equilíbrio.

Para Solbes e Tarín (2004), a conservação de energia é princípio da Física e seus estudos possuem significativa importância social. Energia abrange muitos estudos de trocas de calor (o que inclui efeito estufa, formação das brisas etc.), bem como de produção de energia elétrica, essencial na vida humana nos dias atuais. O ciclo da areia pode ser planejado para unificar a discussão nas derivações e aplicações do conceito em diferentes sistemas.

Segundo Arias (2006), existe uma grande diferença entre o que se considera energia no senso comum e o seu significado atribuído pela Física. No cotidiano, energia é praticamente uma noção intuitiva. Frases do tipo: “essa criança é muito enérgica” ou “aquela pessoa tem muita energia” são usadas para expressar que determinado sujeito é muito ativo, ou que é capaz de

trabalhar continuamente, sem descansar. Por outro lado, quando uma pessoa se esforça muito a ponto de não conseguir executar tarefas, ou mesmo quando é pouco produtiva, pensa-se que ela está “gastando inutilmente suas energias”. Do ponto de vista da Física, “esta noção intuitiva é incompleta e totalmente inaceitável, pois falta incluir um aspecto essencial para a atividade científica: é o modo como se mede essa energia”⁸ (ARIAS, 2006, p.1).

Lee e Liu (2009) elegem como indicadores de aprendizagem termos que acham-se vinculados a distintos níveis de complexidade do conceito de energia. Para os autores, uma ideia mais clara sobre o que os alunos inter-relacionam depende do que expressam conceitualmente em termos de fontes de energia, conservação de energia e transformação (transferência) de energia. Para eles, é necessário o entendimento desses termos para ocorrer maior integração do conhecimento pelos estudantes de nível básico.

A melhor compreensão dos alunos está vinculada ao tratamento conceitual integrado. Lee e Liu (2009) revelam que poucos alunos integram o conhecimento sobre energia, pois identificar suas fontes e transformações não garante a compreensão das ideias científicas mais complexas. Os autores defendem que, para construir conhecimento científico avançado, os alunos precisam compreender o conceito de conservação de energia, que permite fazer relações entre sistemas, observar suas trocas e fluxos de matéria a partir das diferentes transformações. “Este estudo sugere que para ajudar os alunos a desenvolver o entendimento de energia, o currículo de Ciências deve endereçar a sequência instrucional relevante de conceitos de energia bem como encorajar os alunos a integrar ideias”⁹ (LEE; LIU, 2009, p.684).

Pozo e Gómez Crespo (2009) afirmam que, apesar dos alunos estarem muito familiarizados com o termo energia, utilizam muito pouco o conceito científico para explicar fenômenos. E, quando o fazem, há inúmeras ideias errôneas. Muitas vezes, a palavra é indiferenciada do conceito de força, criando dificuldade para desassociar de movimento. Isso resulta em um problema maior: compreender os fenômenos da natureza em termos de interação entre corpos ou sistemas.

⁸ *Esta noción intuitiva es incompleta y totalmente inaceptable, pues falta incluir un aspecto esencial para la actividad científica: el cómo se mide esa energía* (ARIAS, 2006, p.1).

⁹ *This study suggests that, to help students develop an understanding of energy, science curricula should address the relevant instructional sequence of energy concepts as well as encourage students to integrate ideas* (LEE; LIU, 2009, p.684).

Para aprender Física o aluno deve compreender fenômenos não só como processos, mas como sendo resultado das contínuas interações dentro de um sistema [...]. Aprender Física exige mudança nos supostos conceituais que sustentam as teorias dos alunos permitindo evolução para princípios que caracterizam as teorias científicas [...]. As diversas teorias que são ensinadas [...] estão baseadas na interação entre corpos e sistemas. Os alunos partem dos acontecimentos e dados proporcionados pelo mundo que podem observar e sobre eles constroem certas crenças a respeito de forças, energia, eletricidade, etc. (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p.196).

Diversas ideias equivocadas são comuns nas concepções dos alunos sobre o conceito de energia. Associam energia como algo inerente aos seres vivos, sendo uma propriedade que os caracteriza e diferencia dos objetos inanimados (que não teriam energia). Também utilizam os termos “produção e consumo” de energia como se fossem sinônimos de “criação e desaparecimento” de energia. Outra ideia comum está na concepção do conceito como um tipo de combustível que se pode “gastar”, que torna a vida das pessoas mais confortável, ou que pode ser “armazenada” em aparelhos, e se “gasta” com o uso e o transcorrer do tempo. Esta última ideia trata de uma visão material de energia, na qual os aparelhos e as pessoas são armazenadores, algo que se pode “gastar” ou “economizar, recarregar” (GURUCEAGA ZUBILLAGA; GONZÁLEZ GARCÍA, 2011).

Pozo e Gómez Crespo (2009) também levantam o problema da integração do conceito. Para os alunos entenderem os processos relacionados à conservação de energia, precisam ter claramente definido o significado de fonte, transformação e transferência de energia.

Nossa experiência docente mostra que a maioria dos alunos poucas vezes alcança todas as dimensões do conceito de energia. Em virtude disso, circunscrevemos o trabalho didático às dinâmicas de transferência e transformação de energia a partir da abordagem contextualizada pelo ambiente e pela natureza. Para fazer isso, foram especialmente estratégicas a colaboração da professora de Química e a aproximação com o ensino de Geociências.

3.5. Aproximação com Geociências

Frodeman (2000) praticamente inicia seu livro com o debate sobre qual terminologia adotar. Diz ele: controvérsias são comuns na disciplina geológica. Permanecemos com o tradicional termo *Geologia*? Ou adotamos um novo nome, tal como *Geociências*, *Ciências da Terra* ou *Ciência do Sistema Terra*? Ele responde que prefere o primeiro termo, apesar de se referir exclusivamente à Terra sólida, pois essa palavra possui ressonâncias ocultas. No grego, *Ge*

ou *Gaia* se refere não só ao sentimento de solo, mas também ao de Terra Mãe, fonte da vida, bem como ao campo e à terra natal. Geologia pode também ser tomada como a pesquisa por causa do *logos*.

Anguita (1996) tentou caracterizar como o conhecimento da Terra se imbricou com a teoria de sistemas e como sua terminologia se modificou à medida que a Terra foi tratada como planeta integrado. Geologia e Geociências tratam de conhecimentos do nosso planeta. Anguita (1996) advoga que essas disciplinas não constituem campos de conhecimento coincidentes. O autor diferencia que a Geologia clássica se constrói sobre tradição geográfica e as Geociências estão baseadas em uma síntese da tradição naturalista com metodologias próprias das Ciências Físicas. Esses argumentos estão baseados na revisão de obras de três autores — Eduard Suess, Arthur N. Strahler e Arthur Holmes, que publicaram clássicos da evolução da Geologia, até meados do século XX. Anguita (1996) destaca, ainda, a revolução metodológica ocorrida nas discussões para definir a disciplina Geologia. Indo além do problema terminológico, o autor defende uma abordagem integrada de estudo do Planeta, considerando que a quantificação pode se integrar às questões, inferências interpretativas e históricas.

Rojero (2000) procura indicar que abordagem deveria presidir a disciplina Geociências e do Ambiente (para alunos de quinze - dezesseis anos do ensino espanhol). Para ele, os fenômenos devem ser estudados sob complexidade sistêmica. Isso permite associar os elementos que são relevantes aos que possuem um papel secundário no entendimento dos processos naturais. Essa abordagem complexa e sistêmica ajuda a identificar o papel de cada elemento na dinâmica do sistema estudado, apesar de reconhecer que “a forma complexa de pensar não é a forma humana de pensar, e como tem ocorrido com a maior parte das ideias científicas, para estar apto a mudar é preciso lutar contra as ideias intuitivas fortemente enraizadas”¹⁰ (ROJERO, 2000, p.191).

O ponto é aclarado pela distinção entre ciência sistêmica e ciência sistemática feita por Rojero (2000). Este aponta, ainda, que o ensino básico deve valorizar a abordagem sistêmica e integrada de fenômenos terrestres.

¹⁰ [...] *la forma de pensar compleja no es la forma humana de pensar, y como ha ocurrido ya con la mayor parte de las ideas científicas, para abrirse paso ha de luchar con ideas más intuitivas fuertemente arraigadas.* (ROJERO, 2000, p.191).

Já Guimarães (2004) defende a criação de disciplina geológica regular no ensino básico brasileiro. Para ela, a abordagem sistêmica ajuda a articular distintos componentes curriculares. Isso possibilita tratar fenômenos complexos, contribui para a perspectiva interdisciplinar e ajuda a integrar conhecimentos de Física, Geografia, Química, Biologia, Matemática e mesmo das Ciências Humanas para o conhecimento e representação do “geoambiente” em que vivemos.

De acordo com a mesma autora (2004), acreditamos que, com a formação de um padrão de raciocínio, o estudante é levado a compreender o ambiente físico local e suas relações sociais, culturais, econômicas e científicas, estendendo para contextos mais amplos, até chegar à Terra como um sistema evolutivo e complexo que favoreceu o surgimento e a evolução de todos os seres vivos do planeta, que por sua vez modificaram a superfície terrestre.

Ao listar motivos ambientais, epistemológicos, sociais e econômicos para incluir o conhecimento geológico no ensino básico, Carneiro *et al.* (2004) defendem argumentos que conduzem a valorizar a abordagem sistêmica do conhecimento da Terra para o ensino básico brasileiro.

Guimarães (2004) assinala um aspecto legal para defender a autonomia do professor para incluir Geociências no ensino básico. A autora se preocupa com a construção de um padrão de referência do mundo físico para o estudante ser capaz de entender interações no mundo físico. Isso implica o aluno ser orientado por professores que detenham o domínio das Geociências.

Orion (2009) argumenta que a abordagem do Sistema Terra é ideal para se construir um quadro holístico e deveria ganhar mais atenção do currículo de Ciências:

Essa abordagem baseada em uma progressão da aprendizagem muda gradualmente do concreto para o abstrato e do local para o global. O ponto inicial são os quatro sistemas terrestres que combinam nosso mundo natural: Geosfera, Biosfera, Hidrosfera e Atmosfera. O estudo de ciclos organiza a educação do Sistema Terra. O estudo dos ciclos das rochas, da água, cadeia alimentar e ciclo do carbono enfatizam relações entre subsistemas através da transferência de matéria e energia. Esses ciclos naturais são discutidos dentro do contexto de suas influências na vida diária das pessoas em vez de ser isolados em disciplinas científicas¹¹ (ORION, 2009, p.724).

¹¹ *This approach based on a progression of learning gradually changes from concrete to abstract and from local to global. The starting point is the four terrestrial systems that combine our natural world: Geosphere, biosphere, hydrosphere and atmosphere. The study of education organizes cycles of the Earth System. The study of the cycles of*

O mesmo autor (2009) defende que fazer a passagem do concreto para o abstrato permite integrar temas estudados com o cotidiano e isso traz significado para aquilo que o aluno aprende. Nessa passagem didática, os trabalhos de campo jogam papel decisivo, pois no campo os alunos podem elaborar hipóteses, ter contato com materiais, fazer observações. Porém, o nível mais elevado só é alcançado quando esse significado é plenamente entendido, quando o aluno adquire a ideia de que somos integrantes e dependentes de sistemas inter-relacionados.

O desenvolvimento da Ciência em um nível abstrato, dentro desse contexto, utiliza a Física e a Química na abordagem que organiza e sequencia a aprendizagem de dados locais, mas para isso deve-se basear em dois princípios:

- i) Nós moramos em um mundo cíclico que é construído sobre uma série de subsistemas que interagem por meio da troca de energia e matéria;
- ii) Entender que as pessoas são parte da natureza e, portanto, devem agir em harmonia com suas “leis” de ciclicidade¹² (ORION, 2009, p.725).

Orion (2009) explicita que a importância da Geologia não está nas informações transmitidas aos estudantes: sua maior contribuição está vinculada à formação de atitudes e habilidades adequadas ao estudo e à compreensão da Terra.

No ensino básico do Estado de São Paulo ou em qualquer outro lugar, os fenômenos naturais deveriam ser estudados de forma ampla e integrados, pois, de acordo com Carneiro *et al.* (2004):

Noções de Geologia e Geociências dispersam-se no currículo sob vários títulos, faltando uma ordenação capaz de explicar a Terra em conjunto, desde sua constituição, origem e evolução, fenômenos interiores e superficiais, as interações das esferas (oceanos, atmosfera, litosfera, biosfera), e as profundas e diversificadas relações entre meio físico e seres vivos (CARNEIRO *et al.*, 2004, p.559).

the rocks, the water, the food chain and carbon cycle emphasize relationships between subsystems through the transfer of matter and energy. These natural cycles are discussed within the context of their influence on people's daily lives instead of being isolated in scientific disciplines (ORION, 2009, p.724).

¹² i) *We live in a cyclical world that is built on a series of subsystems that interact through the exchange of energy and matter; ii) Understand that people are part of nature and therefore must act in harmony with its "laws" of cyclicity* (ORION, 2009, p.725).

Dessa forma, tentamos justificar a intervenção feita na escola a partir da relevância dos temas abordados, das inter-relações de disciplinas, do ponto de vista epistemológico e de relevância social e cultural dos alunos.

O raciocínio geológico, por meio de estudos e caracterização dos materiais, formas de energia e suas interações no espaço e no tempo, conduz a formas de pensamento não lineares e multifatoriais que marcam a ideia de ambiente em constante transformação e oferecem o melhor modelo do tipo de raciocínio necessário para enfrentar os problemas que apareceram no século XXI, conclui Frodeman (2010).

Não temos condições de encerrar a controvérsia terminológica e tomar partido diante qual a melhor palavra para expressar nosso enfoque (Geologia, Geociências, Ciências da Terra ou Ciência do Sistema Terra). Assumindo essa limitação, elegemos abordagens sistêmicas e ambientais, que partem do estudo do local, mas pretendem formar conceitos universais e complexos. Para simplificar a leitura, tentaremos usar o termo que parece mais geral (Geociências), mas admitimos que, neste texto, essas variações muitas vezes são tomadas como sinônimos.

4. PROCEDIMENTOS, ATIVIDADES E CONTEÚDOS DA INOVAÇÃO CURRICULAR

Esta parte da dissertação trata da inovação curricular desenvolvida na *Escola do Parque*. Primeiramente, descrevemos a origem da discussão dentro do Grupo de Pesquisa, após o ingresso do autor, em 2009. A seguir, destacamos a importância de se eleger o ciclo da areia como tema de ensino no nível médio da educação básica. Retratamos as atividades realizadas com os alunos em três ambientes distintos: aulas expositivas em sala, simulação de um rio no laboratório e aula de campo num porto de extração de areia. Descrevemos, ainda, como foram planejadas e desenvolvidas as aulas, de modo a fazer relação com o tema escolhido. Apresentamos uma prática alternativa para ministrar aulas de Ciências da Natureza — Física e Geociências — sobre temas próximos do contexto vivenciado pelos alunos da *Escola do Parque*, permitindo aproximar e relacionar outras aplicações do conhecimento além daquelas apresentadas nos livros didáticos e na proposta curricular oficial da SEE/SP.

4.1. Origem da inovação curricular

A proposta de intervenção, que gerou esta pesquisa, foi desencadeada durante reuniões entre pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), do Centro Universitário Moura Lacerda de Ribeirão Preto (CUMLR/SP) e professores da rede pública de diferentes componentes curriculares (Matemática, Física, Química, Geografia e Biologia), do Grupo de Pesquisa Colaborativa Ciência do Sistema Terra e formação de professores, já mencionado. O Grupo de Pesquisa contribuiu para construir inovações apoiadas nas Geociências e organizadas de modo interdisciplinar.

Durante as primeiras reuniões, em 2009, os pesquisadores e coordenadores do grupo pediram aos professores que levantassem temas potenciais de estudo (próximos ao contexto dos alunos).

Notamos, na Proposta Curricular da SEE/SP, que a matéria-prima areia era citada em conteúdos de Física Térmica. No material do aluno havia experimentos de condução, convecção e irradiação do calor. O objetivo da atividade era diferenciar os processos para entender a formação

das brisas marítimas e terrestres. Também era propósito conhecer conceitos de calor e calor específico:

A energia que é transferida de um corpo para outro por causa de uma diferença de temperatura entre eles é chamada de calor. O calor específico de qualquer substância é definido como a quantidade de calor requerida para alterar a temperatura de uma unidade de massa da substância em um grau (HEWITT, 2002, p.270-272).

A mesma atividade propunha analisar a condutividade térmica da areia, comparada a outros materiais e substâncias, como ligas metálicas, água, papel alumínio, madeira, etc., por meio de experimento.

O experimento consistia em preencher um recipiente com areia e outro com água e tampá-los. Ambos seriam expostos ao calor do Sol, ora cobertos com o plástico e ora com o papel alumínio. Após alguns minutos, os alunos deveriam medir a temperatura da água e da areia para verificar qual das duas substâncias estaria mais quente, comprovando que, diante da mesma fonte de calor pelo mesmo período de tempo, em quantidades aproximadamente iguais, a areia deveria ter se aquecido mais. Esse experimento tinha o objetivo de reconhecer a diferença entre o calor específico da areia (menor) e o calor específico da água (maior), bem como reconhecer o plástico como material que permitia absorção do calor e o papel alumínio como objeto refletor do calor em forma de radiação eletromagnética. A diferença entre o calor específico das substâncias deveria ser considerada para justificar a formação das brisas em regiões litorâneas.

No Grupo de Pesquisa, o professor de Geografia citou que em suas aulas poderia abordar a areia sob o ponto de vista econômico e social, devido às implicações que esse material causa na vida das pessoas que trabalham em locais de onde é extraída. A professora de Química defendeu reconhecer e relacionar a areia, entre outros materiais, como matéria-prima utilizada para construção de diversos utensílios componentes de uma casa, estudar os modelos científicos usados para entender a composição dos materiais e substâncias, entre outros.

Isso conduziu a uma inovação realizada junto com a professora de Química na *Escola do Parque*. O planejamento foi elaborado pelo pesquisador junto com a professora e houve aulas aplicadas pelos dois professores. Em alguns momentos, os professores trabalharam de modo interdisciplinar, associando assuntos como intemperismo físico e químico como processo integrante do ciclo das rochas. Houve possibilidade de estudar características físico-químicas de

substâncias em diferentes estados de agregação das moléculas. Quando não foi possível trabalhar em conjunto, outros conteúdos foram abordados separadamente por cada professor.

Todos esses conteúdos permitiram aos professores planejar e contextualizar suas aulas, levando os alunos a reconhecer e a presenciar a proximidade entre as Ciências. Entendemos que, por meio dessa abordagem, os conteúdos escolares podiam ser mais significativos e motivadores aos estudantes.

4.2. O ciclo da areia como tema de ensino

Os professores do Grupo de Pesquisa escolheram o ciclo da areia como tema para articular atividades no nível médio da educação básica. O tópico possui potencial de integração para diferentes disciplinas do currículo escolar (Física, Química, Geografia, Biologia, História, etc.) e possui muitos nexos com a vida dos alunos (material de construção, aparelhos eletrônicos, entre outros).

A opção desenvolvida com os alunos foi tomar a areia como recurso mineral e revelar quais são os fluxos do material na natureza, sua passagem para atividades econômicas (por meio da mineração) e seus múltiplos usos tecnológicos, que puderam ser tratados a partir dos estudos físico e químico. Dessa forma, o ciclo da areia permitiu tratar aspectos sociais, ambientais e científicos, bem como, explicar intemperismo de rochas, minerais e seu transporte pelo sistema de drenagem.

Toledo, Oliveira e Melfi (2008) definem intemperismo como:

[...] produto das transformações que a crosta terrestre sofre na interação com a atmosfera, a hidrosfera e a biosfera. O intemperismo é conjunto de modificações de ordem física (desagregação) e química (decomposição) que as rochas sofrem ao aflorar na superfície da Terra. Os produtos do intemperismo, rocha alterada e solo, estão sujeitos aos outros processos do ciclo supérgeno – erosão, transporte, sedimentação – os quais acabam levando à denudação continental, com o conseqüente aplainamento do relevo (TOLEDO; OLIVEIRA; MELFI, 2008, p.140).

Diante de tal definição, procuramos tratar as diferentes etapas do ciclo supérgeno em três momentos — exposição, laboratório e campo. Houve indicação de relações com as grandezas físicas que influenciam as dinâmicas de transformação de energia e com as implicações de suas mudanças.

Tratar a areia como recurso mineral implicou mostrar extração, comércio, transporte e descarte na natureza (após a demolição de construções, prédios e casas). Em todas as etapas houve ênfase para a noção cíclica.

Assinalamos os meios de transporte que carregam areia e as variações de energia mecânica envolvida para carregar os grãos desde as correntes (rios etc.) às máquinas humanas. Os alunos tiveram a oportunidade de observar o rio, uma barcaça bombeando areia e peneiras de separação dos grãos em diferente granulometria.

A areia foi tratada, sob o ponto de vista da Física, como produto dinâmico das transformações e transferências de energia mecânica entre corpos ou sistemas para que esteja “pronta” e disponível no leito dos rios, ou mesmo nas praias e desertos. A partir da área-fonte, o grão passa a mudar de posição até ser depositado, soterrado em bacia sedimentar e consolidado pela diagênese (quando volta a ser parte da crosta terrestre).

Acreditamos na importância de se eleger o ciclo da areia como tema de ensino, pois abrange diversas áreas do conhecimento, possibilita o trabalho interdisciplinar, contextualiza conteúdos e motiva os estudantes.

4.3. Aulas

Elegemos o ciclo da areia para aclarar que a natureza possui uma dinâmica, ou seja, as transformações naturais ocorrem independentemente da intervenção humana. Transformações são resultados de fluxos de energia e matéria em diversos processos, sejam eles naturais ou antrópicos.

As aulas foram conduzidas pelos professores de Física e de Química, que também gravaram diversos filmes, clipes de áudio e fizeram anotações em diário de bordo, que serviram de material para coleta e análise de dados.

A descrição das aulas foi circunscrita aos tópicos que ajudaram a constituir conceitos de dinâmicas de transformação de energia, ou seja, limitamos o relato à Física (tópicos químicos relativos à natureza da matéria foram suprimidos).

Em momentos diferentes, os alunos participaram de aulas expositivas, de atividade de laboratório (nas dependências do jardim da escola) com a simulação de escoamento de água em um modelo de rio e de aula de campo no porto de areia (no rio Pardo).

A aula expositiva tratou do processo de formação de ventos (brisas) do oceano para o continente, devido a diferenças de pressão pelo aquecimento diferencial do continente e do oceano (por causa do calor específico distinto da água e das terras emersas). Comparamos processos naturais e máquinas térmicas, diferenciamos troca espontânea de energia entre sistemas e troca forçada do motor a combustão.

Para as aulas de laboratório e de campo, foram elaborados roteiros de atividades que orientavam as observações dos alunos, cujos objetivos específicos foram:

- ✓ Esclarecer que natureza modifica natureza;
- ✓ Despertar a concepção sistêmica de ambiente transformado;
- ✓ Reconhecer modelos científicos para a origem e o transporte de materiais (sedimentos transportados ao longo do tempo por uma corrente de água);
- ✓ Aplicar conhecimentos à realidade por meio de reflexões em grupos e com professores durante as aulas;
- ✓ Analisar como variam as grandezas físicas relativas às dinâmicas de transformações de energia mecânica (energia cinética e energia potencial gravitacional) para entender suas inter-relações.

Adiante, elucidamos o planejamento e a aplicação das aulas, enfatizando os objetivos e recursos utilizados para o desenvolvimento das atividades de ensino aprendizagem e observações.

4.3.1. Aulas expositivas

As exposições foram planejadas com alvo de levar os alunos a reconhecerem a origem da areia como matéria-prima essencial na vida das pessoas. De um lado, enfatizamos transformações de matéria e energia para mostrar os caminhos da areia na natureza até os usos sociais e econômicos. De outro, foram revelados nexos do conhecimento científico e o cotidiano dos alunos ao perseguir a abordagem CTS. A fabricação de vidro, a produção de blocos de

construção, a fabricação de *chips* para equipamentos eletrônicos (computadores, telefones, *tablets* etc.) permitiram relacionar estudos dos caminhos da areia e o contexto cotidiano dos alunos.

Objetivamos fornecer um olhar mais integrado de ambiente para identificar etapas das mudanças cíclicas das rochas em sua interação com o ciclo da areia.

Três aulas de 50 minutos foram ministradas em ambiente multimídia sob a forma de *slides*, procurando ilustrar principalmente processos dinâmicos que resultam, por exemplo, em materiais sedimentares (areia, seixo e argila).

Para cada uma das turmas, os professores expuseram os temas:

- ✓ Tempo geológico;
- ✓ Intemperismo e ciclo das rochas;
- ✓ Dinâmicas de transformação e conservação de energia mecânica.

Noções de tempo geológico ajudaram a compreender a dinâmica de liberação de grãos pelo intemperismo, transporte de sedimentos pelo rio e a disponibilidade para extração (mineração). A dimensão de tempo profundo permitiu relacionar problemas cotidianos (enchentes, por exemplo) a fenômenos que ocorrem em determinadas regiões geográficas, mesmo sem a presença do homem no passado do planeta. Conhecer a história cronológica da Terra levou os alunos a refletirem sobre notícias divulgadas na mídia e a desmistificarem a ideia que o homem é causador de todos os problemas que resultam em perdas materiais causadas por terremotos, enchentes, mudanças climáticas, escorregamentos de encostas etc.

O primeiro levantamento, feito em 2009, identificou o desconhecimento dos alunos sobre a origem da areia de construção civil. Implicou tratar noções de intemperismo, erosão, transporte fluvial e sedimentação, na medida em que há esculpimento do relevo.

No ensino de intemperismo físico, tratamos de conceitos como temperatura, calor, calor específico, pressão, força; além de processos como, variação térmica, dilatação e contração térmica, comportamento anômalo da água (expansão com a diminuição da temperatura abaixo do limite de 4°C) e fragmentação das rochas causada pelo aumento da pressão no crescimento de raízes em suas fissuras. Também esclarecemos que a degradação de áreas localizadas às margens de rios e córregos pode ser acentuada devido ao desmatamento, que conseqüentemente deixa o solo descoberto, agravando o próprio intemperismo e a erosão.

Expusemos dinâmicas de transformação e conservação de energia mecânica em ambientes virtuais de ensino. Usamos aplicativos que simulavam fenômenos do tipo sistema massa-mola e oscilações de pêndulo. Enfatizamos o princípio de conservação de energia mecânica empregado em sistemas ideais onde se desprezavam as dissipações de energia por meio do atrito e do calor. Esclarecemos que a soma entre energia cinética e energia potencial (gravitacional e elástica) era a energia mecânica total do sistema analisado. Os alunos não puderam fazer interferências nas simulações, pois o único computador disponível era o do professor, que estava sendo usado na exposição.

Além disso, aulas expositivas foram imbricadas a etapas que consistiam em atividades práticas de laboratório e campo.

Os recursos audiovisuais e as contextualizações empregadas durante a intervenção, como textos, filmes didáticos, exposição de filmes e fotos produzidos a partir da visita prévia dos professores, ao porto de areia, foram de suma importância para os alunos entenderem várias aplicações sobre o tema e, ao mesmo tempo, terem ideia dos locais que visitariam posteriormente.

4.3.2. Aula de laboratório com observação de modelo

Cerca de 90 alunos, divididos em três turmas, participaram separadamente da aula que durou cerca de 50 minutos e ocorreu no jardim da escola.

A atividade de laboratório pretendia levar os alunos a reconhecer processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, bem como explorar duas variáveis essenciais na dinâmica de transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética que movimentava os grãos: declividade do modelo e vazão (fluxo) da corrente d'água. Para isso, procuramos reproduzir um curso d'água (modelo de rio).

De acordo com Bonito (1996), em Portugal, o laboratório é um dos locais indicados para desenvolver a educação no ensino de Ciências, essencialmente no ensino básico. É um local importante para aquisição de conceitos. Atividades práticas de laboratório permitem exercícios de ações no campo intelectual e requerem uma preparação prévia muito cuidadosa. No ensino público paulista, dificilmente as escolas oferecem condições para a realização dessas atividades.

Nosso trabalho se voltou para a verificação de conceitos ou princípios, pois os alunos não manusearam o modelo; este foi demonstrado pelos professores, que mudaram a

demonstração conforme ocorriam as indagações acerca das variáveis que se pretendiam investigar.

Entre outros, no geral elencamos alguns objetivos educacionais durante esta aula:

- ✓ Formular hipóteses;
- ✓ Imaginar experiências verificacionistas das hipóteses;
- ✓ Avaliar suas representações iniciais a partir do experimento;
- ✓ Interpretar resultados e fenômenos observados;
- ✓ Imaginar aplicações das descobertas que fizeram.

Desse modo, pretendíamos intensificar a aprendizagem de conhecimentos científicos, desenvolver atitudes e motivar o interesse dos estudantes.

O alvo da aprendizagem era que os alunos identificassem, por meio de indagações contidas em roteiro, as variáveis, sem que os professores dessem a resposta pronta.

Demos ênfase ao modelo físico. Segundo Jorge Bonito (1996), o modelo é um instrumento físico de dimensões reduzidas, com especificidade particular, que reproduz simplificadamente as propriedades de um ou de vários objetos para analisar grandes dimensões.

Esse instrumento de indagação permite uma redução operatória capaz de realizar medições, cálculos, ensaios e visualização de situações difíceis de efetuar nos objetos reais.

Pela sua própria etimologia de significação, o modelo não representa globalmente a realidade. Representa estruturalmente uma idealidade parcelar, segundo uma determinada ideia orientadora ou esquema direto, com o fito de uma melhor e mais profunda compreensão da realidade, constituindo um importante guia para a ação investigadora. [...] As atividades de modelação podem situar-se a diferentes níveis. Podem ser simplesmente sintáticas (ou seja, fazer funcionar o modelo segundo as suas próprias regras). [...] O modelo didático é, em investigação educativa o que se apresenta como elemento integrador de todas estas variáveis. [...] Os modelos, ao representarem parcialmente a realidade, são construídos na crença de facilitarem o entendimento da natureza dos objetos que representam, fornecendo elementos para uma investigação e visualização do fenômeno e projeção imaginativa relativa às suas propriedades (BONITO, 1996, p.217).

O modelo foi construído sobre uma porta, ilustrada na Figura 4.1.



Figura 4.1 - Modelo de curso de água para simular um rio (medidas: 2,10m de altura por 0,90m de largura).

Areia, silte, argila, seixo e cascalho foram usados para representar os sedimentos. A vazão foi controlada por uma torneira de jardim. O modelo foi montado com diferentes inclinações.

O roteiro das atividades orientou os alunos durante e depois da aula.

Na demonstração, os professores pediram que os alunos observassem a água e o material transportado em diferentes partes do modelo (alto, meio e baixo). Os professores perguntaram: “o que faz a água escorrer?” O diálogo seguiu explorando conceitos de erosão, transporte e fluxo de materiais e deposição, associados às variações energéticas do fluxo de água.

Os alunos foram induzidos a elaborar hipóteses para explicar as mudanças de variáveis (e produtos) observadas. A demonstração propiciou identificar variáveis envolvidas na ocorrência de enchentes e barragens. Ideias, respostas e observações dos alunos foram anotadas por eles mesmos no roteiro de observação, ou seja, fizeram um diário de bordo. Os alunos puderam fazer perguntas e levantar dúvidas. O roteiro, as perguntas dos alunos e os diários de bordo foram coletados e serviram de dados. Os professores fizeram gravações de áudio e vídeo para também usarem como materiais de análise.

4.3.3. Aula de campo no porto de areia

Um porto de areia localizado às margens do rio Pardo, no município de Serra Azul, foi escolhido como ambiente para aula de campo.

O local se encontra a aproximadamente 40 quilômetros da *Escola do Parque* (ponto A) e a trajetória percorrida pode ser vista na Figura 4.2. O ponto B marca a entrada da estrada de terra que dá acesso ao porto de areia, localizado na rodovia Abraão Assed (SP 333), que liga Ribeirão Preto a Cajurú.

Apesar de 36 alunos terem sido convidados a participar da aula de campo, apenas 32 compareceram no dia da viagem.

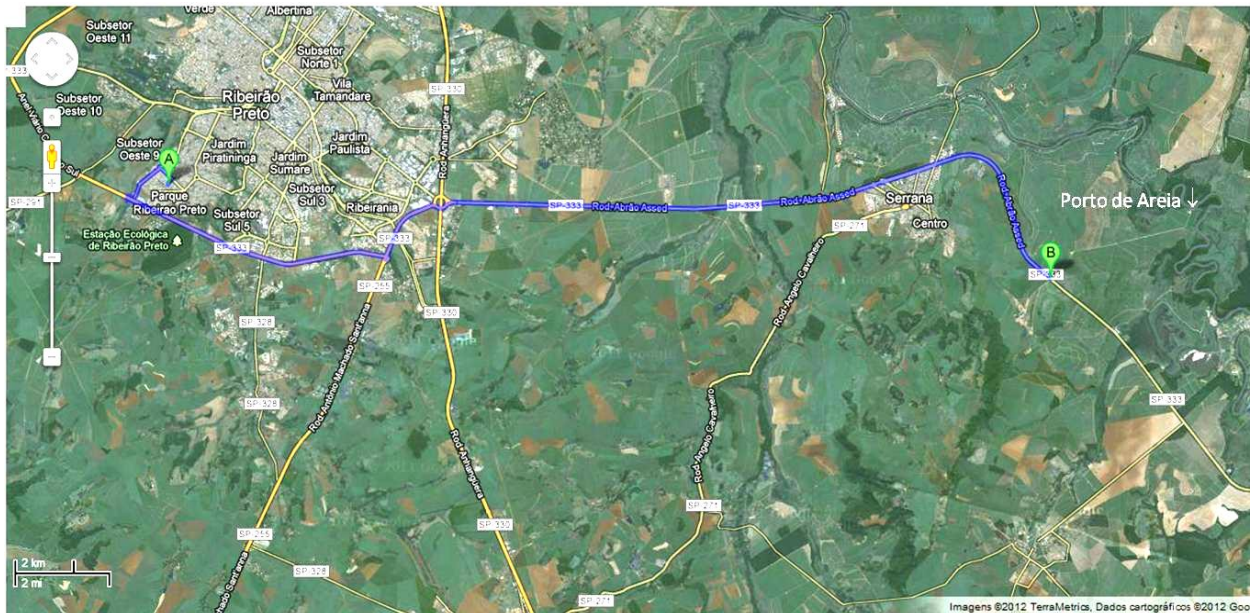


Figura 4.2 - Trajetória da *Escola do Parque* até o porto de areia (escala 1 : 200000)

Analogamente à atividade de laboratório, os alunos receberam um roteiro, contendo questões a serem respondidas durante e depois das observações e com os mesmos objetivos didáticos, dividido em três partes: **Ponto 1** – parte alta da estrada de terra antes de chegar ao porto; **Ponto 2** – margem do rio Pardo no porto de areia; e **Ponto 3** – depósito de areia na parte alta da margem.

Ao todo, as paradas duraram cerca de três horas e meia, e os alunos foram instruídos a filmar e/ou fotografar os ambientes visitados (para isso, usaram os telefones celulares pessoais).

No primeiro ponto de parada (Figura 4.3), na metade do caminho de terra desde a rodovia até o porto, os alunos desceram do ônibus. Estavam afoitos e logo foram falando o que observaram, seguindo o roteiro que visava chamar atenção para a declividade do terreno e os diferentes objetos presentes na paisagem que podiam ser observados em distintas escalas (diversas plantas, areia, seixos, relevo) e para fazerem ilustrações.

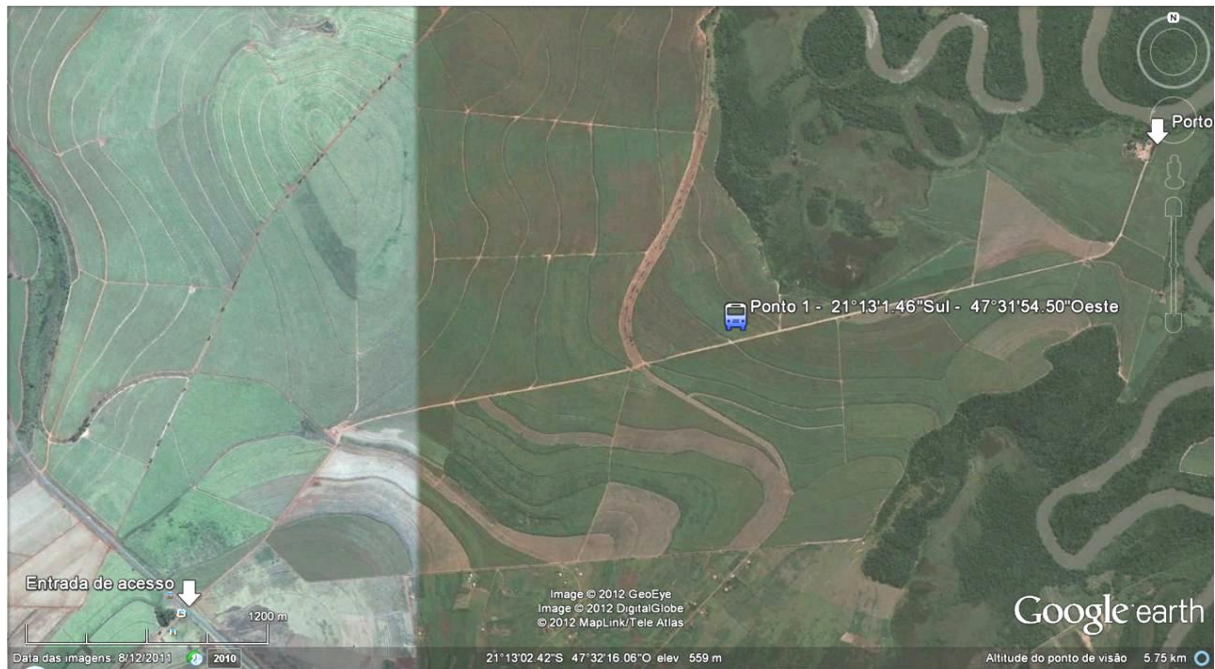


Figura 4.3 - Estrada de terra que liga a rodovia até o porto de areia (escala 1:30000)

Um aluno do terceiro ano fez uma constatação importante: “aqui só tem areia, pedra e cano. As pedras aqui são diferentes, elas não são cinza escuro como as comuns, elas são de várias cores diferentes e mais arredondadas”. O aluno se referiu às pedras escuras, pois os cascalhos usados na construção civil do município, quase em sua totalidade, são produtos da exploração de basalto¹³, rocha abundante na região.

A observação permitiu ao professor retomar explicação sobre materiais terrestres encontrados em ambiente natural próximo ao rio e o arredondamento derivado do transporte.

¹³ Basalto: rocha ígnea de origem vulcânica e tom escuro, composta principalmente de plagioclásio cálcico e clinopiroxênio numa massa fundamental vítrea ou finamente granulada. (TEIXEIRA *et al.*, 2008)

Na Figura 4.4, encontramos distinguidos os dois próximos pontos estudados. Essa ordem foi adotada para dar sentido e sequência no processo de extração.



Figura 4.4 - Visão aérea do porto, com destaque para os pontos 2 e 3 (escala 1 : 2500)

Às margens do rio Pardo, na área da mineração, os alunos ficaram em frente à margem do rio, de onde observaram a mata ciliar e a balsa carregada de areia atracar no porto. Após aportar, um funcionário com uma mangueira lançava água para encharcar a areia que era dragada, por bomba de sucção, até o alto da margem. Naquele local ficavam as peneiras que separavam os materiais por ordem granulométrica, os silos e os depósitos (estoques) para venda.

Ainda na margem do rio, o professor explicou e indicou que os alunos deviam prestar atenção à correnteza, comparar amostras de areia coletadas na margem do rio com a que saiu do fundo, trazida pela draga, reconhecer outros materiais transportados juntamente com a areia (seixos, cascalhos e restos de troncos e galhos etc.) e, finalmente, elaborar uma sequência de eventos para explicar como ocorria o movimento da areia desde sua origem e sua comercialização (nas casas de materiais de construção) até o consumo.

Entre os pontos dois e três, os alunos seguiram o cano que começava na draga (posto na barcaça) até chegar ao silo separador. Ali o professor usou do conhecimento prévio dos

estudantes para indagar sobre o processo físico de separação dos grãos por meio de peneiras e força peso.

A todo o momento os alunos se mostraram surpresos com os processos vistos. Questionavam sobre a diferença de se extrair areia fina e areia grossa, de acordo com a época do ano (mais ou menos chuvosa). Indagaram sobre objetos encontrados nos ambientes que não faziam parte da paisagem natural daquele local, como galões de óleo diesel para abastecimento e restos de peças das máquinas (cabos, correias, parafusos etc.). Fizeram perguntas sobre fiscalização e multas que a empresa poderia receber no descumprimento de leis ambientais, como contaminação pelos resíduos deixados perto do rio, desmatamento da mata ciliar etc.

O último ponto de parada para observação e estudo foi ao lado do depósito de estoque de areia do porto (ponto três). Chamamos atenção para o motivo da diferença entre formatos, cores, tamanhos e aplicações dos sedimentos extraídos do rio. Os alunos puderam observar a areia e os seixos (principalmente) acumulados em montes prontos para venda. Ali o roteiro propunha: realizar comparações estabelecendo relações entre as observações feitas no modelo de rio na escola (aula de laboratório) e as observações nas mediações do rio Pardo (aula de campo), classificar os materiais coletados no campo e dar possíveis respostas para a questão da origem da areia. Os destaques a citar, após breve análise dos relatórios, foram percepções e comentários. Por exemplo: “Igual aconteceu alguns anos atrás naquele lugar, acho que é Pará, sei lá, naquela parte do país... É o que acontece se estourar a barragem” — comentário da aluna Janaína enquanto interferimos na demonstração do modelo.

Além das observações, os alunos classificaram os diferentes materiais coletados; perceberam e falaram que o controle das variáveis no laboratório é possível, enquanto a mesma interferência é praticamente impossível no ambiente natural do rio, ou seja, neste ambiente o homem não controlava a vazão da água, a inclinação do terreno, a ação do vento etc.

Constataram a origem da areia utilizada na construção de casas e prédios e também reconheceram a areia como produto da desagregação de rochas, do solo e do transporte promovido pelo rio.

A atividade de campo procurou mostrar que nos sedimentos extraídos pela mineração há evidências do transporte e da seleção realizados pelo rio (por meio de tamanho de grãos, seu arredondamento e esfericidade), bem como reconhecer um local de extração de areia na natureza.

Ao final dessa sequência de aulas, materiais e amostras coletados pelos alunos foram examinados e classificados. Nesse momento, termos do senso comum como pedra castelo¹⁴ foram comparados com a terminologia técnica. Houve ênfase para compreender erosão, transporte e deposição de sedimentos ao utilizar termos científicos, como energia de transporte, dinâmicas de transformação de energia potencial em energia cinética, conservação de energia e quantidade de movimento.

As dúvidas que apareceram durante essa aula são apresentadas na subseção 5.3 dos resultados.

¹⁴ Termo utilizado por um aluno durante a atividade de campo para especificar os seixos. Trata-se de fragmentos arredondados de rocha e/ou mineral, com diâmetro compreendido entre 4,0 e 64,0 mm (TEIXEIRA *et al.*, 2008).

5. RESULTADOS

Nesta parte da dissertação, descrevemos os resultados organizados na seguinte ordem: inicialmente, apresentamos os dados da atividade de demonstração com o modelo. Em seguida, mostramos os dados extraídos da atividade ocorrida no porto de areia e, finalmente, expomos os resultados obtidos em uma aula pós-campo.

5.1. Do laboratório

A descrição da atividade de simulação de rio já foi feita na subseção 4.2.2. As duas aulas que foram ministradas deram indicação de distintas percepções dos alunos, mas permitiram examinar ideias de dinâmicas de transformação de energia e transferência de movimento entre corpos. Duas turmas de aproximadamente 30 alunos participaram da demonstração em datas diferentes.

No primeiro momento, o professor introduziu o assunto, de modo a orientar a sequência de observações que os alunos deveriam fazer. O diálogo apresentado a seguir foi gravado durante uma das aulas, ocorrida em junho de 2011.

Professor – Esse modelo aqui pode representar o quê no nosso dia a dia?

Alunos – Um rio.

Professor – O quê ou quem faz a água escorrer? Olhem onde a água está passando, o que acontece?

Aluna Marcela – A água desceu por causa da gravidade e pela água.

Aluna Janaina - Quando a água se movimenta a areia está indo junto, mesmo que seja pouco ela está indo junto.

Professor – Mesmo que seja pouco ela está indo junto. Agora, esse fato da areia estar indo junto... Vocês observam, mesmo que seja pouco. Tem algum lugar que ela vai mais, que mais areia se movimenta junto com a água, e em outros lugares menos?

Aluna Márcia – Perto da descida.

Professor - Da descida? O que acontece na descida?

Aluna Márcia - Escorre mais areia do que está mais pra cima, tem mais.

Na observação macroscópica direta, Marcela identificou a fonte de energia para a água se movimentar, descer pelo modelo. Márcia notou que a parte baixa do modelo acumulou os sedimentos transportados pela água desde a parte mais alta. Foi preciso haver transferência de energia da água aos grãos para que fossem levados pela corrente, indicando a transformação de energia potencial em energia cinética (água e grãos).

Diante da mesma situação, o professor leu outra pergunta do roteiro:

Professor – Bom, se eu quiser que mais areia se movimente junto com a água, o que eu teria que fazer?

Aluno Rafael – Aumentar...

Professor - Aumentar o quê?

Aluna Márcia – A velocidade da água.

Professor - Como que eu, nesse modelo, por exemplo, aumento a velocidade da água?

Alunos – Abrindo mais a torneira.

Professor - E o que vai acontecer se mais água estiver escorrendo?

Aluna Janaina - Vai escorrer mais areia e mais rápido.

Os alunos reconheceram que ao aumentar o fluxo da água aumentamos a capacidade da corrente em movimentar grãos de areia.

Com base nessas respostas, o professor induziu os alunos a pensarem no controle de variáveis envolvidas nas dinâmicas de transformação de energia (desnível, massa, velocidade, força da gravidade).

Professor - Vamos supor agora que eu não vou mais mexer no fluxo de água. Eu não vou mais aumentar ou diminuir a velocidade de água. Que outra coisa eu poderia fazer para que mais areia fosse transportada?

Aluno Ricardo - Ela falou pro senhor erguer esse negócio mais pra cima.

Professor - Ah! Se eu inclinar mais? É isso? Será que isso faz mais areia ser transportada?

Aluno Márcia - Vai ter mais descida.

Professor - A outra ideia é inclinar mais? É isso que vocês disseram?

Alunos: É!

Professor - Eu vou inclinar mais o modelo. Venham aqui perto e observem se realmente a quantidade de areia que se movimenta aumenta ou diminui.

Aluno Ricardo - Ah! Com certeza.

Professor - A quantidade de água é a mesma, não é? Eu abri mais a torneira?

Alunos - Não!

Professor - Tem mais areia sendo transportada?

Alunos - Tem.

No relato dos alunos, notamos que observaram as dinâmicas de transformação de energia entre fluido e grãos. Quando analisaram a mudança na inclinação do modelo, foram induzidos pelo professor a chegar num consenso: tendo inclinação maior, o processo erosivo aumentava, a água transportava mais sedimentos e a quantidade depositada na parte baixa do modelo também aumentava. O aumento da inclinação implica na quantidade de areia transportada. Desse modo, aumentamos as dinâmicas de transformação de energia devido a um aumento na altura entre área-fonte e área de deposição. Quanto maior a dinâmica, mais sedimento era erodido, transportado e sedimentado.

Ao represar o fluxo d'água, pedimos que os alunos fizessem relação entre o modelo e processos dinâmicos que podem ser observados na natureza.

Professor - Bom, olha o que eu fiz agora... Eu fiz praticamente uma barreira pra água. O que acontece com a água nessa região aqui¹⁵, agora? Ela se movimenta com a mesma velocidade que ela estava se movimentando antes?

Alunos - Não.

Aluna Márcia - Mais forte.

¹⁵Ao indicar “aqui”, nos referimos ao ponto abaixo da barragem que represava a água.

Professor - Ela se movimenta mais rápido?

Alunos - Sim.

Professor - E o que acontece com o nível da água nessa outra região¹⁶?

Alunos – Sobe, aumenta.

Aluna Janaina- Igual aconteceu a alguns anos atrás naquele lugar, acho que é Pará, sei lá, naquela parte do país... Que nem, se derrubar a pedra aí ela vai de uma vez... É o que acontece se estourar a barragem.

Aluna Márcia - A água desce tudo de uma vez. Aí tem mais força e acaba levando mais coisa.

Professor - E aí o que vem no caminho depois da barragem recebe muito mais energia de movimento do que o que tem antes da barragem. O que fica antes da represa tem maior energia armazenada. E por quê? Porque a água está acumulada, a água está estocada, vamos dizer assim... E na hora que a barragem estoura aquela quantidade de água escorre de uma vez só. Ela tem muito mais energia, um tipo de energia se transformou em outro. Agora, o que é mais importante de chamar a atenção, é que pra escorrer a água tem que ter o quê? Diferença do quê?

Aluno Rafael - De nível.

Professor - De nível ou de altura.

Márcia sugeriu que, ao romper a barragem, a água aumenta sua capacidade de transporte por ter maior quantidade armazenada. Enquanto isso, depois de induzidos, Rafael reconheceu que o desnível foi a variável que permitiu mudar a quantidade de energia armazenada na água e na areia.

Em seguida, Márcia comparou a simulação no modelo com a represa de uma usina no município de Paulo Afonso/BA.

Aluna Márcia - Professor, eu tenho uma pergunta. Por que em certas localidades, por exemplo, meu namorado mora em Paulo Afonso, por que

¹⁶ Ao dizer “essa outra região” apontamos para um local acima da represa.

lá... Geralmente... Lá não chove muito, mas por que tem que abrir a barragem duas vezes ao ano se só tem cheia uma vez?

Professor - A cheia na localização é só uma vez por ano? Se a gente imaginar que aqui é a área fonte... Paulo Afonso deve estar longe da área fonte, só chove uma vez por ano, naquela região. Mas e em outra região? A água que chega à barragem de Paulo Afonso não é a água da chuva que ocorreu próximo da cidade de Paulo Afonso, próximo à região da barragem, e sim por toda a região por onde o rio daquela barragem passou antes de chegar naquele município. Então, se aquele rio passou antes, por exemplo, em Minas... A água desse rio vai ser transportada até Paulo Afonso. Portanto, não precisa chover em Paulo Afonso pra ter muita água chegando na barragem, pode chover na região do mesmo rio que esteja longe da região de Paulo Afonso.

Aluno Rafael – Aí vai ficar acumulada a água e é necessário abrir duas vezes a barragem?

Professor: Uma vez... É que deve chover na região de Paulo Afonso. E a outra vez é porque choveu na região do rio que passa em Paulo Afonso, que está longe da barragem. “Professor, mas só chove uma vez por ano em Paulo Afonso?”... Pode só chover uma vez no ano naquela região. E na região do mesmo rio antes de chegar a Paulo Afonso? Ou numa região mais alta do que aquela região de Paulo Afonso? Por lá deve chover duas vezes por ano ou mais.

Nessa discussão, os alunos extrapolaram as dimensões do modelo para explicar fenômenos que ocorreram na natureza, relacionando dimensão local e dimensão global. Explicamos que as dinâmicas de transformação de energia englobam regiões muito maiores do que aquela que estávamos observando.

Tivemos as seguintes respostas dos dois pequenos grupos após a simulação da corrente:

Roteiro - Explique como se dão a erosão, o transporte e a deposição dos materiais que se movimentam com a corrente de água, destacando a diferença no tamanho dos grãos e o que é necessário mudar para que ocorram mais ou menos erosão, transporte e deposição.

Grupo 1 – A erosão é dada pela movimentação, o transporte dos materiais naturais que são levados com a corrente de água, quanto menor for o grão mais causará erosão.

Grupo 2 – O transporte se dá através da água e a diferença no tamanho dos grãos é relativa às áreas de onde eles são removidos do rio.

Roteiro – Relembre a demonstração do professor e discuta as relações entre energia e capacidade de transporte.

Grupo 1 – Energia é a velocidade da corrente da água, a capacidade de transporte vem da erosão, para que ocorra a movimentação.

Grupo 2 – A energia é força que a água produz e isto está diretamente ligado a capacidade de transporte, porque o transporte depende da força do fluxo de água.

Destacamos o entendimento do fenômeno da erosão e as distintas percepções sobre as dinâmicas envolvidas nas transformações de energia. O grupo um (de Ricardo, Janaína, Rafael e Márcia) foi mais participativo, mas sua compreensão foi parcial porque não concluíram em quais possíveis locais no rio se acumulam os grãos. Ao contrário do grupo dois (de Letícia, Marcelo e Marcos), embora tenham errado na definição de energia, tomaram o termo como sinônimo de força. Ambos os grupos se mostraram coerentes em suas respostas, porém equivocados em relação a algumas conclusões. O grupo um, relacionou erosão ao movimento dos materiais sedimentares transportados pela corrente de água, associando o tamanho do grão à eficiência do processo erosivo. Já o grupo dois, reconheceu o transporte dos materiais devido à transmissão de energia da água em movimento para os grãos, associando seus tamanhos a distintas localizações no rio. Faltou ao primeiro grupo concluir que, de acordo com a localização no rio, poderiam ser encontrados grãos maiores ou menores dos sedimentos acumulados, como comprovou o segundo grupo.

Na sequência, apresentamos os resultados obtidos na aula de campo.

5.2. Do campo

No ponto de parada entre a estrada e o porto de areia, houve o primeiro contato dos alunos com o local de visita. Muitos se mostraram contentes e ansiosos com a atividade. Destacamos o relato oral de uma aluna em um áudio gravado durante a visita de campo¹⁷

Aluna Marcela – Professor, o senhor devia fazer mais aulas assim com a gente. Todas as aulas poderiam ser diferentes assim. Os outros professores também podiam dar aulas assim pra gente. A aula mais legal que eu tive até hoje esse ano!

Durante a primeira parada, os alunos fizeram esquemas que representavam a paisagem vista do local.

Na Figura 5.1, o aluno tomou certo cuidado para dar significado às representações do seu desenho, porém o que ele chamou “montanha distante” era um morro que se localizava em uma dimensão muito maior do que pudera ilustrar, se pensarmos numa escala proporcional aos objetos que representava.



Figura 5.1- Ilustração de aluno que representou sua visão de paisagem no ponto 1

¹⁷ Os diálogos transcritos nessa subseção, ilustrações e recortes dos diários de bordo e roteiros, foram coletados durante as observações realizadas pelos alunos e explicações dadas pelos professores no porto de areia, em novembro de 2011.

Acreditamos ser essencial aos alunos reconhecer “de onde vem” a areia utilizada na construção das casas e prédios, e por isso demos ênfase ao segundo ponto de estudo.

Na margem do rio, os estudantes presenciaram a barca descarregando os materiais sedimentares e, além disso, fizeram relação entre o modelo de curso d’água na escola e o rio no campo. Identificaram que a vegetação na margem do rio diminuía a erosão ou, pelo menos, eles não percebiam o barranco sofrer desgaste observável semelhante ao que ocorria no modelo, anteriormente observado.

A Figura 5.2 mostra que o aluno destacou a draga que estava atracada descarregando os sedimentos extraídos do rio e a mata ciliar na margem oposta a que estávamos. Esse ponto ofereceu observações fundamentais para entendimento sobre o caminho dos materiais de construção.

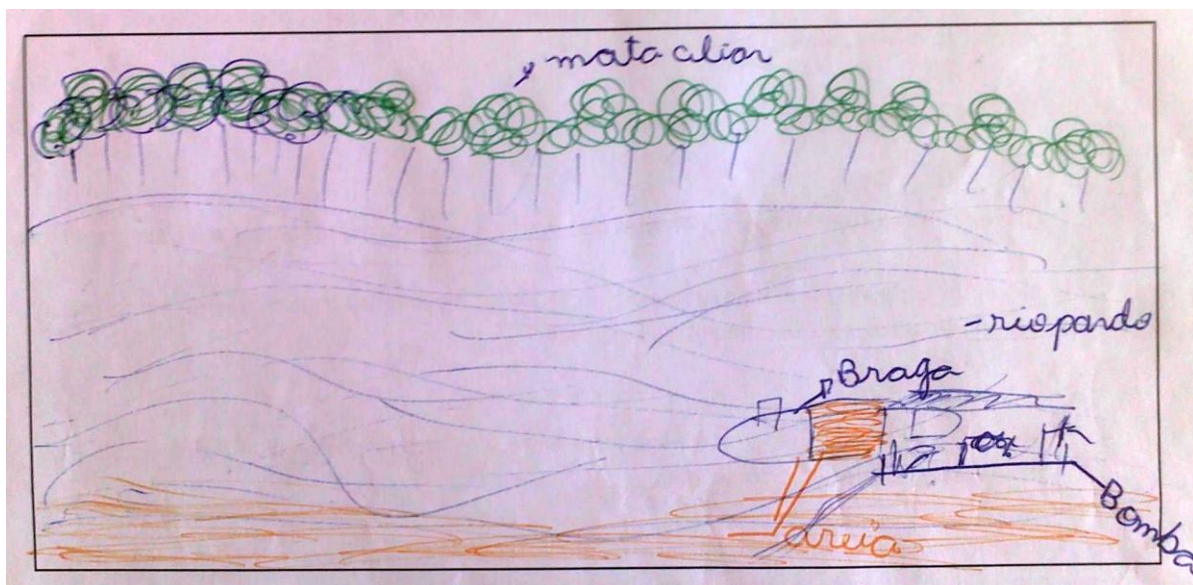


Figura 5.2 – Ilustração da margem do rio, draga e motores de bombeamento da areia para as peneiras

Constatamos no roteiro de Márcia e Janaina:

Aluna Márcia - A draga trouxe a areia e jogaram água para que a areia passasse pelo cano para ser filtrada e separada a areia dos cascalhos e pedras...

Aluna Janaina - Nós paramos no porto, onde a draga pega a areia, e tem um cano onde passa a areia e a água, é ainda mais junto com as pedras, o cascalho e o seixo. Depois fomos onde é feita a separação da areia com a

água, elas ficam em cima de um filtro para separar a areia por tamanho. A draga também suga folhas e troncos podres, que podem ser usadas para adubo...

As alunas perceberam a necessidade de transferência de energia entre bomba e fluido para a areia conseguir se movimentar da margem do rio para uma região mais alta do relevo, mas não usaram o termo. A peneira que separava os materiais ficava distante da margem, próxima ao depósito. Márcia e Janaina reconheceram, naquele momento, as dinâmicas existentes para que a areia pudesse ser levada de um local para outro. Notaram que a água era o fluido utilizado no transporte. Janaina ainda identificou transformações ocorridas no ambiente natural com a presença do homem na utilização de máquinas (motores, peneiras, draga).

Em outros diários de bordo, encontramos dúvidas relatadas enquanto ainda estávamos na margem do rio.

Aluno Rafael - Onde o rio é mais fundo e onde o rio é mais raso, dá pra saber?

Aluno Ricardo - Onde termina a água que escorre? O vento e a água que podem aumentar a correnteza do rio?

Essas perguntas indicam que outras coisas poderiam ser vistas, no modelo ou no local, para tratar outras dimensões dos fenômenos para entendimento da natureza, constituída de esferas que se encontram em constante transformação.

Averiguamos outras evidências do entendimento sobre as dinâmicas de transformação de energia. Apontamos a observação de uma aluna que fez relação entre a capacidade de transporte da corrente de água com o tamanho dos grãos de areia transportados.

Aluna Márcia- O rio tem certa inclinação para a água escorrer. A areia fina é mais fácil de retirar do rio quando tem menos correnteza a areia fina é localizada porque a areia grossa é mais pesada e com a correnteza menor ela se estabelece.

Márcia, apesar de fazer relação entre correnteza e tamanho dos grãos, não concluiu em quais locais do rio a correnteza é maior ou menor.

Mostramos, na sequência, que os alunos foram incitados a fazer comparações e relações do rio com o modelo visto na escola.

Aluna Marcela - É bem diferente a comparação entre as observações na escola e no porto de areia, na maquete que vimos na escola temos o controle sobre qual caminho a água seguia...

Aluno Rafael - Com o rio feito na escola não tem vegetação, a água causa uma maior erosão levando a areia da margem. A vegetação da margem do rio diminui a erosão.

Aluno Ricardo - Quando o modelo do rio é inclinado, a água tem mais força e com isso a quantidade de areia transportada é maior. Já na natureza isso acontece quando está nos tempos de chuva, perto de cachoeiras.

O aluno Rafael comparou a erosão mais acentuada que ocorria no modelo em relação ao rio Pardo para explicar que nas margens do rio o mesmo fenômeno não ocorria perceptivelmente. A margem do rio era ocupada pela mata ciliar e as raízes das árvores tornavam a erosão menos acentuada. Na comparação dele, existiam relações da mata ciliar (vegetação) com erosão, fluxo de água e deposição de materiais no processo dinâmico.

As constatações de Ricardo e Marcela foram no sentido de afirmar que no modelo podemos controlar as variáveis envolvidas nas dinâmicas de transformação de energia, enquanto na natureza não conseguimos mudar a inclinação do rio ou mesmo a quantidade de água que escorre para transportar os sedimentos.

Ao lado das peneiras de separação e do depósito de areia e seixo, os alunos observaram os materiais sendo separados. Além desses sedimentos, também viram restos de plantas que também foram extraídos do rio. Naquele momento, o professor perguntou sobre a separação de acordo com o tamanho, já que os sedimentos eram peneirados.

Professor – O cano que chega ao topo das peneiras traz água misturada com todos os materiais. Os grãos maiores caem junto com os grãos menores, quais devem ser separados primeiro e quais devem ser separados por último?

Aluno Ricardo – Os maiores são separados por último e os menores são separados primeiro.

Nesse exemplo, o aluno associou a peneiração como se fosse um processo semelhante à deposição, houve equívoco. Os materiais sedimentares que depositam primeiro são os maiores, os

menores acumulam por último. Na peneiração, para que sejam separados, os maiores devem ser peneirados primeiro e os menores por último.

O professor pegou dois seixos, um arredondado e outro não, e pediu para os alunos responderem por que aqueles materiais eram tão diferentes e o que caracterizava tal diferença.

Aluna Márcia – Um é redondinho o outro não.

Professor – Por que existe essa diferença?

Aluna Márcia – A redondinha rolou mais tempo.

Professor – A redonda rolou mais tempo. Essa pode ter rolado também, não pode? Mas por que ela está assim?

Mostramos o seixo anguloso.

Aluna Janaina – Porque quebrou...

Professor – Se eu comparar um lado e perceber que não está tão liso como outro, eu posso dizer que ela se partiu...

Aluno Janaina – Ela era inteira.

Professor - Aqui tinha outro pedacinho, está vendo? Isso é ação... (barulho de rochas batendo) mecânica. Ao longo de milhões de anos o grãozinho foi ficando desse tamanho. Ele se separou da rocha lá no alto, perto de onde o rio nasceu... e a água que escorreu sobre ele transportou pelo rio.

Aluna Márcia – Então essa areia é isso?

Apontou para os dois seixos.

Professor – Praticamente a mesma composição, mas o tamanho é diferente.

Aluna Márcia – Como que faz?

Professor - A natureza que faz...

Explicamos que eram precisos milhões de anos para uma rocha se transformar em grãos. Para a rocha desagregar grãos e ao longo do tempo serem transportados pelo rio, de uma região distante até onde os encontramos, os alunos deveriam lembrar a dimensão do tempo geológico, tempo profundo, em uma escala que normalmente as pessoas não percebem existir.

Na subseção seguinte expomos os resultados em uma aula pós-campo que se fez necessária para fechar o assunto e tirar dúvidas.

5.3. Da aula pós-campo

Retomamos a atividade de campo e pedimos para os alunos classificarem os materiais coletados¹⁸. A classificação mais comum constatada foi em duas categorias: minerais (areias e seixos) e orgânicos ou vegetais (restos de plantas, como galhos e folhas). Os alunos representaram os materiais colando-os numa folha ou desenhando seus formatos. Alguns tiveram mais cuidados em desenhar escalas para dar dimensão do tamanho dos materiais. Verificamos essas representações nas Figuras 5.3, 5.4 e 5.5, a seguir.

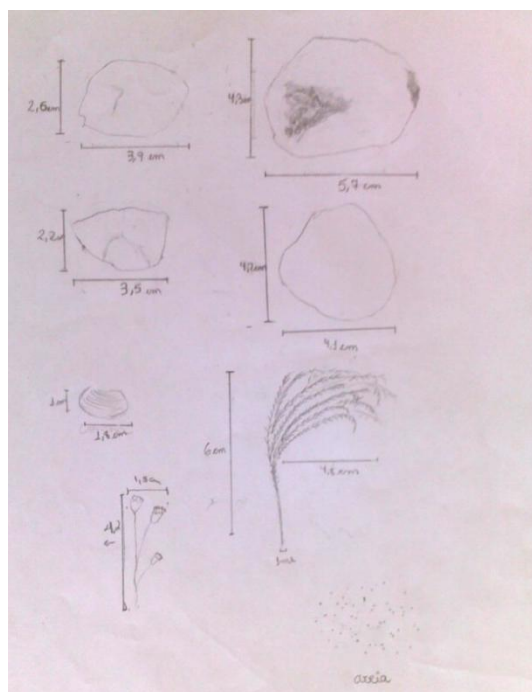


Figura 5.3 – Ilustração que representa os materiais coletados durante o trabalho de campo no porto de areia.

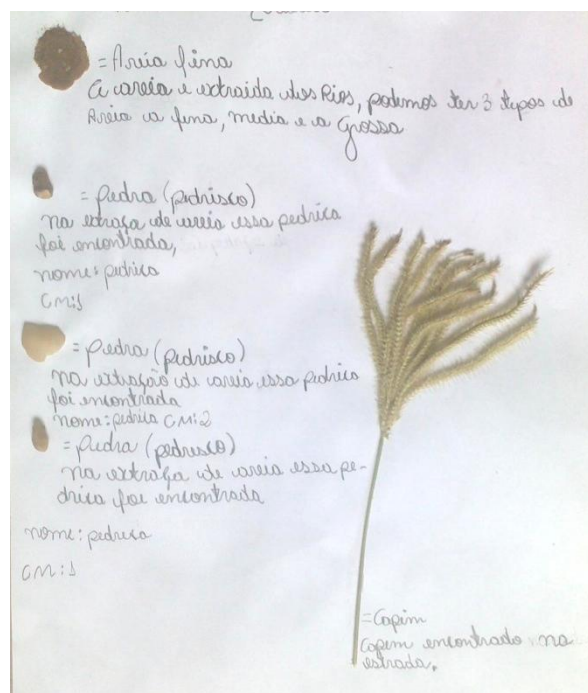


Figura 5.4 – Registro dos materiais coletados no trabalho de campo.

¹⁸ A aula foi realizada em dezembro de 2011, teve o áudio dos diálogos gravado, em seguida transcrito.



Figura 5.5 – Registro dos materiais coletados no trabalho de campo.

Os alunos ficaram surpresos por encontrarem muitos materiais “humanos” no ambiente natural. Nas margens do rio se depararam com correias de borracha, embalagens de doces, copos plásticos, galões de combustível (cheios e vazios), cacos de vidro etc. Mostraram-se preocupados com a ação humana no local, perguntando se os proprietários da mineradora tinham que obedecer alguma legislação ambiental e, no caso de não obedecerem, quais penalidades poderiam sofrer. Esclarecemos que todas as empresas mineradoras precisam de autorização de órgãos públicos para explorar quaisquer tipos de recursos naturais, como areia, seixo e petróleo, inclusive água.

Após examinarem com mais cuidado os grãos de areia, o professor indagou.

Professor – Como é o transporte da areia, é de qualquer jeito?

Alunos – Não!

Professor - O que tem de diferente?

Alunos – Tudo... O tamanho...

Professor – O tamanho, o que mais?

Aluna Márcia – A cor, o formato.

Professor – O formato, o que mais? Eu posso dizer, por exemplo, que se movimentaram do mesmo jeito?

Alunos – Não!

Aluna Janaina – Um está redondo.

Aluno Rafael – Porque um escorregou.

Naquele momento, o professor apresentou dois corpos diferentes (cascalho e seixo) e continuou.

Professor - E o outro não? Como que esse se movimentou, e como que esse se movimentou?

Aluno Rafael - Um foi derrapando, por isso está quadrado.

Professor – O que isso indica?

Aluna Janaina - Por que está quebrado?

Professor – Por que a pedra está quebrada? Porque...

Aluno Ricardo - Pode ter caído de muito alto.

Professor - Provavelmente lascou com outra pedra, chocou com outra pedra. No final de muita movimentação ela vai virar grãozinho.

Aluno Márcia - Uma pedra dessas vai virar grãozinho?

O professor mostrou seixos de diferentes formas, cores e tamanhos.

Professor - Vai! Não só essa como essa, como essa, como essa. Essa aqui, a gente pode observar o quê?

Aluno Ricardo - Parece que ela rolou bem menos.

Notamos que, apesar de termos explicado os processos antes e durante as atividades no laboratório e no campo, os alunos ainda tinham dúvidas sobre processos dinâmicos de transformação de energia que ocorriam para a rocha converter-se em grãos.

Estes esclarecimentos foram feitos chamando atenção para a noção de tempo geológico como elemento fundamental para dar entendimento ao processo, para dinâmicas de intemperismo, erosão, transporte e sedimentação dos grãos que ocorrem em diferentes escalas de espaço e tempo.

A aula pós-campo foi necessária para fechar os assuntos e solucionar dúvidas que ainda restaram da aula de campo e durante a elaboração dos relatórios.

Diante disso, concluímos que as aulas contribuíram para o aprendizado das dinâmicas de transformação de energia, quando os alunos fizeram relações entre o modelo, visto no laboratório e o rio, no trabalho de campo. Essas atividades causaram satisfação, maior interesse e envolvimento durante o processo de ensino-aprendizagem.

6. DISCUSSÃO

6.1. Ensino de dinâmicas de transformação de energia

Antes de realizarmos a pesquisa, apoiávamos-nos fortemente em livros didáticos para ensinar conteúdos de Física aos alunos no ensino médio.

Ao ensinar o conceito de energia, associávamo-no ao trabalho mecânico. Energia entendida como trabalho (T) — produto da força (F) pelo deslocamento (d) — realizado pelo corpo, sujeito a ação da força:

$$\mathbf{T = F \cdot d}$$

Resultado de um esforço que demanda a transmissão do movimento de um corpo a outro. Esse modo de conceituar o termo traz sempre a pergunta: “*Para sustentar um corpo muito pesado em equilíbrio não precisamos ‘gastar’ energia?*” Essa dúvida dos alunos é muito frequente.

Tratávamos fenômenos naturais com exemplos imaginários e teóricos. Não adotávamos abordagem histórica ou temporal. O ensino era fundamentalmente disciplinar e não havia diálogo com outros professores. Exigíamos memorização de fórmulas matemáticas, como por exemplo a da energia cinética (E_c) e a da energia potencial gravitacional (E_p) — em que: m é a massa do corpo; v sua velocidade; g aceleração da gravidade; e h a altura do corpo em relação ao referencial adotado.

$$E_c = m \cdot v^2 / 2$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Notávamos que os alunos tinham dificuldade em aplicar as fórmulas aos contextos de conteúdo escolarizados. Geralmente, atribuíamos o problema à dificuldade dos alunos com operações matemáticas (tipicamente não sabem fazer divisão) e com interpretação dos enunciados. Ou explicávamos a falta de aprendizagem como derivada da falta de interesse pela Física.

Os exemplos de fenômenos que obedecem às leis de transformação de energia eram rigorosamente aqueles expostos em livros didáticos. Ensinávamos o princípio de conservação de energia mecânica com base na relação dos tipos de energia utilizando exemplos, tais como

montanha russa, sistema massa-mola e pêndulo. As situações utilizadas envolviam a transformação de energia potencial (gravitacional ou elástica) em energia cinética e vice-versa, para tentar entender um conceito mais completo, o de conservação da energia. Usávamos, muitas vezes, exemplos e exercícios em que bastava identificar as variáveis (velocidade, massa, altura) de cada situação para, em seguida, aplicar as fórmulas matemáticas memorizadas ou expostas na lousa. Esse modo de resolver os problemas é muito comum nas indicações dos livros didáticos de Física, sobretudo os mais recentes. Compreender leis quantitativas que são traduzidas em expressões matemáticas exige estabelecer relação que não é linear. Comparar proporcionalmente a variação de grandezas que envolvem transformações de energia requer muito cuidado, pois nem sempre as proporções são diretas. Um exemplo é a variação da energia cinética em função da velocidade. Os alunos, ao observarem a fórmula ($E_c = m \cdot v^2 / 2$), fazem interpretações estabelecendo proporcionalidade direta entre energia cinética e velocidade. Ao duplicar a velocidade, por exemplo, a energia cinética resulta num valor quatro vezes maior, e não o dobro, como a maioria dos alunos interpreta.

Nas escolas em que trabalhamos, raramente havia laboratórios de Ciências equipados com materiais e instrumentos que pudessem simular fenômenos de transformação de energia. Quando a estrutura da escola era favorável, usávamos simulações de computador (Phet — *applets* da Universidade do Colorado/EUA) para ilustrar fenômenos, mas nem sempre isso era possível. A maioria das escolas não dispõe de laboratórios de informática onde os alunos possam testar simulações. Além disso, apenas ver uma simulação de computador, mostrada pelo professor, muitas vezes não possibilita entender fenômenos e as leis naturais que presidem essas mudanças. É diferente quando o aluno está diante de uma demonstração real, concreta, de um fenômeno natural e busca controlar variáveis, identificar mecanismos e causas.

É comum encontrarmos nos livros didáticos problemas sobre conservação de energia, como por exemplo: “*Um carrinho de montanha russa parte do repouso de uma altura (h). Considerando o princípio da conservação da energia mecânica, qual a velocidade (v) do carrinho ao atingir o nível de referência?*”. Considerar o princípio da conservação de energia para o exercício deveria desprezar as perdas de energia, principalmente sob a forma de calor e atrito. Na natureza, num sistema mais amplo, complexo, quase nunca podemos desprezar as perdas de calor, afinal o calor também é um tipo de energia. Se compararmos ao planeta Terra, a dificuldade aumenta ainda mais se desprezarmos perdas, pois os corpos interagem numa

dinâmica de fluxo de matéria e energia, e nunca podemos desconsiderar as “perdas”. Quando estudamos um sistema como o Planeta, é impossível pensar em sistemas isolados, como em um laboratório.

Se tomarmos os níveis de qualidade de aula de Johnson, Khale e Fargo (2006), interpretamos que o ensino do conceito de transformação de energia situava-se entre os níveis um e dois, ou seja, entre aulas ineficientes que apenas em alguns momentos engajavam os alunos na aprendizagem. Os alunos eram passivos diante de exposições do objeto de estudo; permaneciam, em uma parcela do tempo, apáticos e desinteressados. Tudo isso sugere baixo nível de motivação para aprender.

Esse quadro inicialmente desalentador serviu de motivação para o professor buscar alternativas, procurar construir conteúdos, problemas e objetos de estudo de maneira diversa daquela que vinha sendo praticada.

A interação com professores de disciplinas diferentes, enfrentando dificuldades de aprendizagem dos alunos semelhantes às aquelas que encontrávamos, foi o caminho que conduziu à inovação. A trajetória encaminhou a pergunta: como os alunos poderiam reconhecer que a energia é responsável pelas dinâmicas de transformações do ciclo da areia? Como a energia transporta grãos e influencia mudanças na superfície da Terra?

O ciclo da areia é um tema que trata de fenômenos, como erosão, transporte e sedimentação, e possibilita ensinar dinâmicas de transformação de energia, contextualizando dimensões culturais, sociais e econômicas, com sentido humanista.

6.2. O que foi a inovação curricular?

Apesar da dificuldade de caracterizar o que significa inovação curricular, vários elementos distintos foram introduzidos em múltiplas dimensões do ensino de energia. Todos esses elementos acham-se imbricados com o processo de discussão no Grupo de Pesquisa Colaborativa Ciência do Sistema Terra e formação de professores e, sobretudo, com o diálogo construído com a professora de Química na *Escola do Parque*. A inovação foi gerida, pensada e realizada autonomamente pelos professores, num processo horizontal de partida que, segundo Carbonell (2002, p.28), “tem mais possibilidade de êxito e continuidade”. Um primeiro aspecto salta aos olhos: o caráter interdisciplinar das mudanças planejadas e implementadas na escola.

Mas há, ainda, aspectos de conteúdo: programa e currículo foram articulados para partir do local e da cidade e, assim, alcançar a abordagem sistêmica cruzada com a escala do tempo geológico. Sob o ponto de vista metodológico, houve clara valorização de atividades práticas de laboratório (usando modelo) e campo; ambas pretendiam envolver ativamente os alunos por meio de aulas dialogadas. Todos esses elementos se voltaram para a vida dos estudantes. Em conjunto, a mudança implicou alterar rotinas e procedimentos administrativos da *Escola do Parque*, e construiu a colaboração entre alguns professores para o desenvolvimento das aulas.

O trabalho realizado trouxe a cultura dos alunos por meio de discussões sobre areia (materiais de construção), seus meios de transporte naturais e humanos, bem como os custos da matéria-prima numa obra.

O conteúdo precisou ser conceituado de outro modo. Ao invés de ensinarmos transformações de energia, como formalmente era ministrado o assunto, adotamos o termo “dinâmicas de transformação de energia”.

Utilizamos procedimentos indutivos para motivar a participação de maior número de alunos durante as aulas, por meio de observações em aulas de laboratório e de campo. Simultaneamente, buscamos um ensino mais inquisitivo, seguimos uma metodologia mais dialogada durante as aulas.

Pelo fato de o autor ter tido formação disciplinar em Licenciatura em Física, necessitamos fazer ampla revisão bibliográfica sobre trabalhos que envolviam aulas de campo e de laboratório, além de formação complementar em assuntos específicos de Geociências. Tal revisão foi necessária para que as aulas práticas fossem desenvolvidas com objetivos didáticos dirigidos. Esse tipo de método não era utilizado nas aulas de Física.

A aula de laboratório permitiu maior interferência dos alunos, pois no modelo podíamos facilmente controlar as variáveis que influenciavam as dinâmicas de transformação de energia.

Diante disso, o que foi profundamente inovador? Antes de qualquer coisa, foi uma inovação para os dois professores envolvidos (Física e Química). Tornou-se mais claro o grande objetivo do ensino de Ciências: conectar a aprendizagem dos alunos com suas vidas. A partir dessa finalidade, professores reforçaram o entendimento conceitual — mais do que aquisição de conteúdos factuais, mais do que representações algébricas de leis naturais. Porém os alunos foram beneficiados e passaram a ter certa participação na construção de seu próprio conhecimento.

Tomando como referência os níveis de qualidade de aula de Johnson, Khale e Fargo (2006), analisamos que a inovação se aproximou dos níveis três e quatro, ou seja, caracterizou um estágio da aula eficiente. Alguns alunos participaram ativamente, acompanharam e deram sugestões, desenvolveram curiosidade e raciocínios comparativos.

6.3. Dados da aula de laboratório

O roteiro propunha aos alunos uma questão chave: analisar relações dos fenômenos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos observados no modelo.

Pedimos aos alunos que fizessem uma comparação baseada estritamente na variação de duas grandezas: vazão da água e declividade do modelo. Pretendíamos levá-los a relacionar a capacidade da corrente em transportar tamanhos de grãos diferentes com a transferência de energia da água para os grãos se movimentarem quando o fluido passava de um nível alto para um nível baixo.

A análise do conceito de deposição dos sedimentos revela que os alunos fizeram inferências diretas. Concluíram que, para aumentar a quantidade de material depositado, bastava aumentar a dinâmica de erosão, aumentando o transporte e conseqüentemente a sedimentação. Em outros termos, estabeleceram alguns elos entre processos diferentes, quando puderam ser observados juntos. Isso conduz a interpretar que estava ocorrendo desenvolvimento de ideias de fluxo ao ligar erosão e sedimentação (ou, como foi chamada atenção durante o experimento, erosão e deposição).

Além disso, alguns estudantes reconheceram satisfatoriamente as variáveis envolvidas nas dinâmicas de transformação de energia. Os alunos entenderam os vínculos entre distintos processos da superfície da Terra (contribuindo para formar a ideia de ciclo supérgeno), mas não usaram o termo “transformação de energia” nas indicações de causa e efeito. Ou seja, não citaram o termo “energia” como agente responsável pelo fenômeno de erosão e sedimentação, mas mencionaram a gravidade como fonte de energia (não identificaram nexos de ciclo da areia e ciclo da água, nem tampouco a energia solar como fonte dessas transformações).

Os resultados sugerem que a observação direta do modelo de rio ajudou os alunos a identificarem partes das dinâmicas de transformação de energia. De fato, a transferência de energia de um corpo a outro (da água para grãos de areia) acompanhou as interpretações dos

estudantes. Esses elementos se aproximam do nível de ligação completa do instrumento exposto por Lee e Liu (2009).

Trata-se de uma evidência de que usar o modelo experimental ajudou a melhorar a aprendizagem. Mesmo sendo uma demonstração, alunos observaram diretamente interações e mudanças controladas de variáveis. Isso pode ter ajudado a identificar componentes das dinâmicas de transformação de energia e a formar uma ideia mais realista de como a energia se transferiu. Adicionalmente, houve incentivo para comparar o modelo reduzido ao que ocorre fora do ambiente escolar, com os rios.

6.4. Análise dos resultados da atividade de campo

A atividade de campo propiciou aprofundamento e revisão conceitual de condições ambientais nas quais os alunos pareceram mais favoráveis à aprendizagem. A aluna Marcela se manifestou com entusiasmo quando chegou ao primeiro ponto da atividade e reivindicou: “por que outros professores não fazem aula de campo?”.

O ensino do conceito de erosão permitiu aos alunos verem significado naquilo que aprendiam, pois associaram o fenômeno estudado a acontecimentos noticiados na mídia (escorregamentos e corridas de lama em Nova Friburgo e em outras cidades serranas do Rio de Janeiro). Em outros termos, puderam contextualizar conteúdos escolares a eventos que interferem na vida das pessoas. Identificaram que desastres naturais estão associados não apenas a atividades humanas, mas também a fenômenos que ocorrem independentemente das intervenções na natureza. Os alunos perceberam, portanto, processos naturais em determinados ambientes.

Examinar os mecanismos dinâmicos de transferência e transformação de energia no porto de areia ajudou a desmistificar conceitos científicos pobremente desenvolvidos e veiculados pela imprensa. Buscamos esclarecer que os deslizamentos prejudiciais à sociedade podem ser decorrentes dos próprios fenômenos naturais. Contudo, ao final, os estudantes concluíram que os humanos são os verdadeiros culpados pelos desastres, pois constroem suas moradias em regiões impróprias, favoráveis a esse tipo de erosão — ou seja, a ideia do homem como vilão do ambiente permaneceu em suas mentes.

Na margem do rio, duas alunas relataram o caminho que a areia fazia para chegar até as peneiras de separação dos materiais. Conferiram às máquinas humanas o trabalho de extrair areia

do rio e separá-la dos seixos e restos de galhos. As dinâmicas de transformação de energia estavam claramente presentes nas ideias das alunas Janaina e Márcia. O diálogo com elas revela que identificaram e classificaram materiais diferentes segundo seu tamanho, delimitaram etapas da extração de areia e caracterizam as funções motoras da draga no transporte de material. Trata-se de explicitação de mecanismos e relações de objetos diferentes e da ideia de um corpo transferindo movimento a outro. Se simplificarmos os componentes identificados em termos de transporte, temos o fluido e os grãos, e entre os dois a transferência de energia de modo coerente. Isso sugere ligação parcial entre componentes de transferência de energia.

Perguntas de Rafael e Ricardo possibilitaram que o professor esclarecesse que os caminhos percorridos pela areia ultrapassavam muito a área ocupada pelo porto. Foi preciso explicar que os fenômenos naturais englobam dimensões muito maiores do que aquelas observadas diretamente na zona de extração do minério. Para pensar sobre de onde vem e para onde vai a areia, necessitamos imaginar a bacia de drenagem do rio Pardo: desde suas nascentes, por seu caminho e até desembocar no rio Grande. E uma ideia mais completa requer lembrar a bacia do rio Paraná, que recebe o rio Grande e vai até a divisa entre os países Argentina, Uruguai e Brasil.

Ao indagarmos sobre as características de alguns materiais, pudemos verificar a existência de pensamentos sobre o transporte dos seixos arredondados. O fato de serem esféricos sugere movimento (rolamento, saltação e empurrão) pela água. O fluido líquido ainda os deixa lisos e polidos. Quando os sedimentos se movimentam pelas corrente de ar, ficam foscas. Chamamos a atenção para a escala de tempo geológico, pois só notamos os materiais com essas características devido à duração dos processos dinâmicos envolvidos na transformação da rocha em grão. O cruzamento da ideia de que o transporte de seixos, areia e outros materiais revela um conjunto de dinâmicas de transformações de energia dentro da bacia de drenagem, principalmente energia potencial gravitacional em energia cinética. Mas a escala dessa bacia permite fazer comparações que conduzem a ideia de largos períodos de tempo. O raciocínio tem o potencial de alcançar a ligação completa (combinação de vários componentes envolvidos na dinâmica de transferência e transformação de energia) a partir da comparação de marcas plasmadas em seixos distintos (mais e menos arredondados). Essas marcas observadas diretamente pelos alunos seriam os indícios do transporte e (consequentes) mudanças daqueles materiais.

Adicionalmente, defendemos que com essas noções os alunos identificaram a natureza como responsável pelas transformações dos materiais com que tiveram contato no campo.

6.4.1. Aula de fechamento pós-campo

Após realizarmos as aulas práticas, houve necessidade de fechar os conteúdos ensinados, descrever e classificar os materiais coletados, organizar as ideias.

Na aula pós-campo, procuramos explicar com mais calma e clareza que a forma arredondada e esférica dos sedimentos achava-se relacionada com as transformações ocorridas nesses materiais durante seu transporte na bacia de drenagem. Para isso, relembramos a escala de tempo geológico (a ideia de tempo longo) para concluir como a natureza fazia o entalhamento desses materiais.

De modo resumido, retomamos as explicações do campo, enfatizando o papel da natureza na transformação das rochas em grãos de areia, que se encontram disponíveis no leito dos rios, praias e desertos.

Pedimos que os alunos fizessem a separação dos materiais coletados no campo. As classificações foram por critérios estabelecidos pelos próprios alunos. Cada aluno estabeleceu critérios distintos, já mencionados anteriormente na subseção 5.3. Naquele momento surgiram dúvidas quanto aos seixos angulosos. Induzimo-nos a pensarem na relação tempo *versus* dinâmicas de transformação de energia. Pretendíamos tornar claro que os seixos angulosos tinham aquele formato por terem passado menos tempo pelas dinâmicas de transformação de energia — sofreram menor movimentação, ou seja, além de terem sido menos transportados, o tempo decorrido entre a desagregação da rocha e a transformação tinha sido menor.

Os alunos conseguiram estabelecer relações entre as dinâmicas de transformação de energia e o tempo geológico. Mostraram-se surpresos ao conhecer uma escala de tempo em que jamais haviam pensado. Somente nessa escala poderia haver tempo suficiente para tantas transformações. Atingiram níveis elevados de conhecimento, integrando os conceitos de erosão, transporte e deposição como produtos de processos cíclicos na natureza.

A valorização das características de seixos e outros materiais sedimentares, enfatizou algumas etapas de transformação de energia. De certo modo, os estudantes puderam trabalhar com dois componentes do sistema de transporte. Vistas sob esse ponto, as relações se

aproximaram da ligação parcial entre componentes necessários ao entendimento das dinâmicas energéticas. Por outro lado, aqueles alunos que avançaram suas ideias de tempo profundo acabaram tratando de componentes — o que nos permitiu inferir que foram capazes de fazer ligação completa no entendimento das dinâmicas de transformação de energia.

Na sala de aula, expuseram suas preocupações ambientais por terem observado galões de combustível na margem do rio. Isso indica formação do espírito crítico dos alunos.

Para examinar os resultados, usamos o instrumento de Lee e Liu (2009) e resumimos a informação no Quadro 6.1: Níveis de integração de conhecimento para o ciclo da areia.

Níveis de integração do conhecimento	CrITÉRIOS	Exemplos – resultados
1 – Irrelevante (fora do assunto)	Afirmou ou escreveu algo não relacionado ao assunto.	<i>“Onde termina a água que escorre? O vento e a água que podem aumentar a correnteza do rio?”.</i>
2 – Sem ligação (ideias isoladas)	Apresentou ideia, explicação ou resposta sem coerência.	<i>“Porque um escorregou”.</i>
3 – Ligação parcial (ideias coerentes)	Tratou erosão, transporte, sedimentação, energia, mas ligou pouco os fatores.	<i>“O transporte se dá através da água e a diferença no tamanho dos grãos é relativa às áreas de onde eles são removidos do rio”.</i>
4 – Ligação completa (relaciona coerentemente dois fenômenos)	Fez ligação entre transferência ou transformação de energia a erosão, transporte e sedimentação.	<i>“A erosão é dada pela movimentação, o transporte dos materiais naturais que são levados com a corrente de água, quanto menor for o grão mais causará erosão”.</i>
5 – Ligação complexa (relaciona coerentemente três ou mais fenômenos)	Relacionou erosão, transporte, sedimentação às transformações e transferências de energia.	-----

Quadro 6.1 - Níveis de integração de conhecimento para o ciclo da areia.

Alguns alunos conseguiram construir ligações simples a partir de observações diretas dos fenômenos e de debates dirigidos, nos quais seus raciocínios foram induzidos para identificarem transferência e transformação de energia envolvida no transporte da areia. Notamos, ainda, que a demonstração com o modelo de rio, a visita ao porto de areia e a aula pós-campo houve um aumento progressivo de ligações entre diferentes fatores, que permitiria antever que, se houvesse continuidade das atividades, haveria incremento na aprendizagem, sobretudo em termos de relações entre fenômenos.

Os alunos não alcançaram o nível cinco de integração de conhecimento sobre energia. Níveis mais altos da integração do conhecimento exigem: interligar dinâmicas de transformação de energia às fontes de energia; ter ideia complexa para diferentes problemas de Ciências; reconhecer que o conceito de energia deveria estar presente em distintos componentes curriculares para facilitar a integração e a identificação em vários contextos (ambiental, biológico, geográfico etc.); reconhecer conservação de energia presente em fenômenos; e entender sistemas amplos como a Terra, que constantemente se transforma.

Podemos inferir, ainda, que se tivéssemos condições para dar prosseguimento às atividades e ao aumento de complexidade das múltiplas relações que podem ser construídas a partir das observações feitas no modelo de rio e no porto de areia, os alunos poderiam atingir um nível de entendimento das ligações complexas relativas às dinâmicas de transformação de energia. Isso se deve ao fato de que, até o ponto desenvolvido com os estudantes, eles conseguiram identificar fontes de energia, estabelecer relações de dinâmicas de transformação de energia e, portanto poderiam ser conduzidos a entender o conceito mais complexo de conservação de energia como integração dos diversos componentes observados.

6.5. Limites e potencialidades no entendimento das dinâmicas de transformação de energia

O principal resultado da pesquisa foi demonstrar que uma estrutura cooperativa entre professores, acompanhada de colaboração interdisciplinar e contextualização por meio do ambiente e da natureza, torna a aprendizagem mais eficaz. Isso esteve vinculado diretamente ao aperfeiçoamento profissional dos professores envolvidos na intervenção na escola.

Em outros termos, alunos com baixo rendimento escolar em escola socialmente desprestigiada podem alcançar níveis de aprendizagem satisfatórios quando o currículo é inovado em termos de conteúdo, enfoque e organização. O engajamento dos alunos melhorou de modo perceptível segundo os indicadores de Johnson, Khale e Fargo (2006) e isso foi acompanhado de progresso da aprendizagem dos conceitos relativos à energia, interpretados a partir dos critérios de Lee e Liu (2009). Trata-se de características e resultados marcantes.

A maior limitação desta pesquisa é o pequeno número de alunos envolvido na inovação curricular — somente três turmas (90 alunos) de ensino médio, diante dos 350 alunos desse nível

de ensino na *Escola do Parque*. Evidentemente, isso criou tensões e ansiedade entre os estudantes. Esse fato pode ter induzido o engajamento mais efetivo daqueles que participaram das atividades. Ao mesmo tempo, ajuda a explicar os níveis mais satisfatórios de aprendizagem que foram observados.

Há limitações relativas ao contexto da escola, como alunos e professores geralmente pouco motivados para se engajar em atividades de ensino e aprendizagem. Adicionalmente, a grade curricular deixa um número excessivamente pequeno de aulas de Física e Química, claramente insuficiente para desenvolver assuntos e mostrar suas inter-relações, o contexto ambiental etc. É absolutamente necessário buscar ordenamento curricular e programático alternativo à atual distribuição de carga didática entre os componentes curriculares.

Poucos alunos participantes daquelas aulas atingiram elevados níveis de integração do conhecimento das dinâmicas de transformação de energia contextualizadas a partir do ciclo da areia. Destacamos os grupos um e dois (sete alunos) que participaram substancialmente de tudo o que foi proposto. Esse pequeno número de alunos foi capaz de relacionar, de forma coerente, várias dinâmicas de transformação de energia para fazer raciocínios complexos. Diante do número total de alunos participantes, poucos conseguiram relacionar erosão, transporte e sedimentação às transferências e transformações de energia. A maior parte dos alunos formou parcialmente conceitos sobre as dinâmicas de transformações de energia. Interpretamos que a maioria dos alunos não possui pré-requisitos de conteúdo, concentração, disposição e motivação para a aprendizagem. Esses grupos tiveram níveis de engajamento e aprendizagem baixos, ou seja, seria necessário identificar o quê e como conduzir esses alunos a mudarem suas atitudes diante da escola.

Uma das razões que ajudam a entender por que a maioria dos alunos não obteve resultados satisfatórios está vinculada à fragmentação de conteúdos das disciplinas científicas. Adicionalmente, essa fragmentação pode ser acentuada devido à falta de interação entre os professores de diferentes áreas do conhecimento.

No nosso caso, o pequeno número de aulas semanais é prejudicial e faz com que tenhamos de limitar os assuntos desenvolvidos, daí a opção para tratar aquilo que julgamos ter mais proximidade e relevância no contexto dos alunos. Mas muitos professores de Física, Química, Biologia, História, Geografia e outros, que possuem pequena carga didática, optam por

reforçar conteúdos acadêmicos e insistir na disciplina e no silêncio dos alunos. Defendemos a autonomia das escolas na elaboração dos seus currículos, inclusive com a distribuição equitativa de aulas. A participação em espaços para troca de experiências e diálogos colaborativos, com grupos de estudo e pesquisa, deveria ser incentivada, para propiciar interação dos professores da unidade escolar.

Dependemos de articulações para realizarmos a inovação curricular; professores de outras disciplinas cederam suas aulas para que os alunos pudessem participar da aula de campo e a escola forneceu o espaço do jardim para demonstramos o modelo. Os professores necessitam de mais tempo para contato com alunos e espaços (laboratório) devotados na escola à integração de outras disciplinas, com o objetivo de articular atividades de ensino. De outro lado, os recursos necessários para fazer as atividades, pedidos em março com execução prevista para o segundo semestre, chegaram ao final de novembro do mesmo ano. Esse atraso na liberação de recursos impediu uma sequência mais orgânica e lógica de aulas, que promoveriam a aprendizagem dos conceitos associados às dinâmicas de transformação de energia.

As atividades práticas de laboratório e de campo revelaram seu potencial para contextualizar tópicos de Física e Geociências, tratando do ambiente, da natureza e de relações entre sociedade e natureza.

Tratar tópicos de Física a partir do local permitiu fazer relações com o global. Na medida em que fizemos analogias entre dados e observações simuladas com ambiente natural, muitos elementos foram inter-relacionados. Os alunos partiram de elementos vividos (experiência com construção civil) para raciocinar sobre elementos concebidos (erosão, sedimentação, transferência e transformação de energia). Partimos do que é próximo do aluno para construir conceitos abstratos. A cidade serviu de ponto de partida para imaginar o que acontece no distante (na Terra inteira e em largas escalas de tempo). Ou seja, várias funções pedagógicas de organizar o ensino a partir do local foram desenvolvidas.

O trabalho educacional e a pesquisa propiciaram a interdisciplinaridade, apoiada em momentos comuns das disciplinas Física e Química. Não só houve momentos comuns durante as aulas, mas melhorou também o conhecimento de um professor sobre o que outro ensina. Foi necessário, ainda, ajustar e coordenar os programas dos dois componentes curriculares para incluir de modo coerente o tratamento do ambiente natural. Isso sugere possibilidades de

interdisciplinaridade para o ensino de Ciências, por meio de temas relevantes e intervenções no currículo.

7. CONCLUSÃO

Atualmente, o autor não participa mais do Grupo de Pesquisa nem trabalha com a mesma professora de Química, porém participa de reuniões mensais com colegas, guiados pelo mesmo professor, orientador desta pesquisa.

O envolvimento com o Grupo de Pesquisa permitiu inquirir sobre a própria prática docente. A formação inicial era insuficiente para ensinar conteúdos escolares a alunos com múltiplas dificuldades — entre elas, ausência de conhecimentos prévios, pouca motivação para o estudo etc. Planejar um tema integrador como o ciclo da areia aproximou ensino de Física e Geociências para articular aulas práticas ligadas ao contexto dos alunos, técnica que normalmente não realizávamos. Mudanças nos métodos para abordar conceitos, sobretudo os tratados na pesquisa, puderam colaborar para aprendizagem significativa. Os estudantes concebiam parcialmente noções de energia e as atividades práticas ofereceram condições para adquirir conhecimento integrado de fenômenos naturais, principalmente aqueles sobre dinâmicas de transformação de energia demonstradas no modelo em laboratório, após serem comparadas com o rio no porto de areia.

Na educação básica brasileira, o currículo de Ciências é fragmentado, desarticulado e descontextualizado, beneficiando um ensino insuficiente dos conteúdos de distintos componentes curriculares. Esse fato contribui para a falência do sistema educacional público, no qual presenciamos, cada vez mais, alunos desmotivados e desinteressados, tendo uma visão da escola unicamente como ambiente para convívio social e não de aprendizagem. A escola deve ser local apropriado para o crescimento intelectual, na medida em que os alunos possam aprender conceitos, testar hipóteses, desenvolver espírito crítico, explicar fenômenos naturais para compreender suas relações com prejuízos sociais e econômicos, entender complexidades do mundo em que vivem. O conhecimento escolar deve oferecer ao aluno subsídios para reconhecer que a Ciência está presente em todos os aspectos da vida.

Parte desse fracasso é atribuída a fatores como baixa valorização e precária formação dos professores, estruturas físicas inadequadas para o ensino, excesso de alunos nas salas de aula, gerência ineficiente em resolver problemas administrativos, entre outros. Baixos salários fazem com que os professores tenham jornadas de trabalho carregadas de aulas (até 60 horas-aula por

semana), impossibilitando-os de participarem de cursos de formação, pós-graduação e, por fim, acabam não refletindo sobre a própria prática.

As escolas públicas passam por um círculo vicioso emanado no sistema educacional. Carecemos de políticas públicas que propiciem ascensão social e econômica nas regiões mais pobres; seja pela falta de estruturas adequadas ou pela escassez de profissionais capacitados, ou pelos dois fatores, os alunos não aprendem os conteúdos escolares. Passamos por uma época em que não se deve mais ensinar como se ensinava antigamente, os professores precisam desenvolver metodologias que ensinem os alunos de acordo com seus interesses. Notamos maior satisfação, participação e curiosidade pelas atividades fora da sala de aula. Ao constatar consideráveis níveis de integração do conhecimento quando trabalhamos por meio de aulas dialogadas e contextualizadas, indicamos novos métodos para abordagem do ensino. Esta satisfação apresentada pelos alunos propicia ambiente benéfico ao processo ensino-aprendizagem.

Nesse contexto, dentro da concepção de ensino aprendizagem significativa, buscamos consolidar a escola como espaço para a transposição do senso comum ao “conhecimento poderoso” (YOUNG, 2007), que faz com que relações de poder estabelecidas e difundidas durante anos possam ser rompidas e reestruturadas, facilitando o acesso de classes menos favorecidas à educação de qualidade.

Física possui duas aulas semanais na grade curricular do ensino médio, de modo que se torna impossível desenvolver o conteúdo necessário para entender a sociedade científica e tecnológica. Em virtude disso, advogamos pela autonomia dos professores para decidir sobre a carga didática mais adequada a seus alunos e para construir propostas curriculares coerentes com características locais e regionais. Professores de Física precisam ser capazes de responder quais são os conteúdos essenciais para que seus alunos possam enfrentar dificuldades cotidianas, ambientes sociais marcados pela iniquidade social, problemas práticos ambientais e naturais que envolvam transformações em distintas escalas de tempo e espaço.

Nossa pesquisa examina uma inovação curricular nas aulas de Física para ensinar dinâmicas de transformação de energia a alunos do ensino médio. A busca por contextualizar o conteúdo por meio de estratégias que envolvem atividades práticas de laboratório e campo tem potencial de aproximar o ensino dessas disciplinas ao de Geociências. O ciclo da areia é um tema

capaz de integrar conhecimento de distintas disciplinas, se for tratado sob uma articulação que possibilite diálogo entre professores que queiram desenvolver trabalho interdisciplinar. Para tanto, é necessário planejamento conjunto das atividades.

Estudar dinâmicas de transformação de energia, tempo geológico e ciclo das rochas (intemperismo, erosão, transporte e sedimentação) mostrou a importância desse conhecimento, pois ajuda a compreender diversos fenômenos naturais (enchentes, escorregamentos etc.). Portanto, defendemos a aproximação da Física (bem como de outros componentes curriculares) com as Geociências, pois esta última oferece subsídios de caráter integrador, complexo, dinâmico, cíclico, histórico, ambiental, temporal e sistêmico.

As aulas de laboratório e campo possibilitaram maior interação entre professor e alunos, ajudaram a motivá-los para o processo ensino-aprendizagem. No campo, os alunos puderam identificar a origem de materiais (areia e seixos) usados na construção civil e descobrir as características de seus formatos. Aulas dialogadas foram importantes para dar voz ao aluno, inferir hipóteses perante a observação do modelo e compará-lo à natureza. Colaboraram para melhorar o aprendizado de conceitos científicos.

Agregados minerais como areia tem seu custo diretamente ligado à distância de transporte entre a mineração e o local de consumo. Isso implicou abordagem econômica, social e cultural, pois certos alunos trabalhavam diretamente com o material em obras da construção civil. Tanto estudantes como seus familiares (trabalhadores do mesmo ramo de atividade) desconheciam a origem das matérias-primas usadas. Esse fato nos dirigiu o olhar para outros aspectos relacionados à areia: processos e fluxos de matéria e energia envolvidos nas dinâmicas de transformações de energia em fenômenos naturais (igualmente desconhecidos para os alunos).

A percepção de que ambientes naturais se transformam independentemente da ação antrópica foi aspecto assinalado durante a inovação curricular. De fato, essa mudança de atitude diante da natureza e da sociedade corresponde a alterar profundamente o modo dos seres humanos se colocarem defronte ao mundo, ou seja, trata-se de uma mudança de concepção da natureza. Os alunos começaram a perceber que essa ideia acha-se imbricada com a noção de tempo geológico. Trata-se de contributo para desenvolver o espírito crítico em dimensões ambientais, econômicas, sociais e culturais.

Perante os resultados obtidos, defendemos que o conhecimento científico necessita ser ensinado de modo contextualizado para se tornar relevante aos alunos. Isso contribui para desenvolver opinião crítica e atitudes conscientes diante de problemas como ocupação territorial e áreas de risco natural. É evidente que as pessoas possuem preocupações ambientais, mas se conhecerem o local onde vivem podem ser mais realistas, precisas e seguras. Ao conhecer ambientes naturais determinados, é possível admitir e vivenciar situações passíveis de comparação com a vida no local em que moram. Chamou-nos atenção o interesse dos alunos para questões em que o homem degrada locais onde sua presença é inevitável.

A consciência de que a natureza se modifica independentemente do homem também foi constatada em relatos dos alunos, quando esclarecemos que rochas ao longo do tempo viram areia. A visão da escala do tempo geológico ajuda a pensar em transformações globais de sistemas terrestres interligados.

Quando os estudantes reconheceram a gravidade como fonte de energia para a areia se movimentar naturalmente pela superfície do planeta, tiveram que associar movimento à transferência de energia entre uma substância (água) e outra (areia). Para entender melhor a ligação entre essas dinâmicas e suas correlações, necessitaríamos de atividades complementares, estudos de transformações similares. Desse modo, ofereceríamos oportunidades para alunos aprenderem o conceito de conservação de energia, termo mais complexo que permite conhecimento integrado, maior raciocínio e melhores relações com outros fenômenos.

Para continuarmos a pesquisa, devemos replanejar atividades realizadas de modo mais detalhado, abrangendo outros professores de diferentes áreas do conhecimento. Esse desafio passaria por capacitar professores interessados em ensino interdisciplinar de conteúdos das Geociências para, por exemplo, compreender e explicar fenômenos naturais com abordagens em diferentes contextos (social, cultural, científico, econômico, político, ambiental). Partiríamos do contexto da escola de uma região definida para ensinar conceitos ausentes nas ideias dos alunos. Desse modo, poderíamos discutir conteúdos para serem incluídos em uma proposta de ensino, com a finalidade de subtrair ideias do senso comum para formar noções científicas que integrem o conhecimento de estudantes por meio de situações e fenômenos complexos. Caberia replanejar um currículo interdisciplinar para o ensino de Geociências na escola de ensino básico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGUITA, F. Geología y ciencias de la tierra: etimología y un poco de historia. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v.4, n.3, p. 177-180, dic. 1996.

ARIAS, A. G. El concepto “energia” em la Enseñanza de las Ciencias. **Revista Ibero-americana de Educação**. v.38, n.2, agosto/2005. 6p. Disponível em: <<http://www.rieoei.org/deloslectores/1184gonzalez.pdf>.> Acesso em: 20/03/2012.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Tradução de Alvarez, M. J.; Santos, S. B.; Baptista, T. M. Portugal: Porto Editora, 1994.

BONITO, J. M. R.: **As actividades práticas no ensino de Geociências**: um estudo que procura a conceptualização. Lisboa: Ministério da Educação. Instituto de Inovação Educacional, 2001. 290p.

BONITO, J. M. R. **As actividades práticas no ensino das Geociências**: contributos para o ensino da deformação das rochas no ensino secundário. 1996, 3v. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Coimbra, Coimbra: [s.n.].

BONITO, J. M. R.; TRINDADE, V. M. As actividades práticas laboratoriais em Geociências: importância, metodologia e práticas. In: TRINDADE, Vitor Manuel. (Coord.). **Metodologia do ensino das Ciências: investigação e prática dos professores**. Secção de Educação, Departamento de Pedagogia e Educação, Universidade de Évora, 1999. p.303-326. 378p.

BONJORNO, R. A.; BONJORNO, J. R.; BONJORNO, V. RAMOS, C. M. **Física Completa**: volume único; ensino médio. 2.ed. São Paulo: FTD, 2001. 551p.

BRUSI, D.; ZAMORANO, M.; CASELLAS, R. M.; BACH, J. Reflexiones sobre el diseño por competencias en el trabajo de campo en Geología. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v.19, n.1, p.4-14, 2011.

CACHAPUZ, A.; PAIXÃO, F; LOPES, J.B. GUERRA, C. Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o Caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.1, n.1, p. 27-49, mar.2008.

CARBONELL, J. **A aventura de inovar: a mudança na escola**. Tradução de Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002. 120p. Título original: La aventura de innovar: el cambio en la escuela.

CARNEIRO, C. D. R.; TOLEDO, M. C. M.; ALMEIDA, F. F. M. Dez motivos para a inclusão de temas de geologia na educação básica. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.34, p.553-560, 2004.

COMPIANI, M. La dimensión horizontal y vertical del lugar, en los trabajos prácticos geológicos. **Alambique (Didáctica de las Ciencias Experimentales)**, n.47, p.38-47, Enero/Febrero/Marzo 2006.

COMPIANI, M.; CARNEIRO, C. D. R. Os papéis didáticos das excursões geológicas. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**. v.1, n.2, p. 90-98, 1993.

FANTINEL, L. M. **O ensino de mapeamento geológico no Centro de Geologia Eschwege, Diamantina - MG: análise de três décadas de práticas de campo (1970 - 2000)**. 2005. 258(f). Tese (doutorado) - Ensino de Geociências – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

FRODEMAN, R. Preface. In: FRODEMAN, Robert. (Ed.) **Earth matters: the Earth sciences, philosophy, and the claims of community**. Upper Saddle River (NJ, EUA): Prentice Hall, 2000. p.vii-xiii. 208p.

FRODEMAN, R. A sense of the whole: toward an understanding of acid mine drainage in the West. In: FRODEMAN, Robert. (Ed.) **Earth matters: the Earth sciences, philosophy, and the claims of community**. Upper Saddle River (NJ, EUA): Prentice Hall, 2000. p.119-139. 208p.

FRODEMAN, R. Philosophy in the field. In: FOLTZ, Bruce V.; FRODEMAN, Robert (Ed.). **Rethinking nature: essays in environmental philosophy**. Bloomington, IN: Indiana University Press, 2004. p.149-164.

FRODEMAN, R. O raciocínio geológico: a Geologia como uma ciência interpretativa e histórica. **Terræ Didática**, v.6, n.2, p.85-99. Campinas, 2010. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica>> Acesso em: 16/03/2011

GIANNINI, P. C. F.; RICCOMINI, C. Sedimentos e rochas sedimentares. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. F. (Org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008. p.167-190.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1995.

GONÇALVES, P. W.; SICCA, N. A. L.; BENCE DE SOUZA, M. C.; GAROFALO, M. A.; CANTARELA, M.; RIBEIRO ALVES, M. A.; SOUZA FERNANDES, S.A.; RIBEIRO, J. A.; Do campo para o laboratório: como construir o conceito de mudança ambiental? 11/2009, **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DE CIÊNCIAS**, 7. 8-12 nov., p.268-279, Florianópolis, SC, 2009

GONÇALVES, P. W. ; SICCA, N. A. L. O que foi pesquisado para construir uma inovação curricular voltada para formação de pessoal da área de saúde para Ciências da Terra? **SIMPOSIO SOBRE ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA**, 15. Guadalajara, Espanha, 7-14/07/2008. Actas del XV Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Madrid, p.511-517.

GUIMARÃES, E. M. A contribuição da Geologia na construção de um padrão de referência do mundo físico na educação básica. **Revista Brasileira de Geociências**, v.34, n.1, p. 87-94, 2004.

GURUCEAGA ZUBILLAGA, A.; GONZÁLES GARCIA, F. Un módulo instruccional para un aprendizaje significativo de la energía. **Enseñanza de las Ciencias**. v.29, n.2, p.172-190, 2011.

HEWITT, P. G.; **Física conceitual**. Tradução de Trieste Freire Rica e Maria Helena Gravina. Porto Alegre: Editora Bookman, 2002. 685p. Título original: Conceptual Physics.

IZQUIERDO-AYMERICH, Mercè. Hacia una teoría de los contenidos escolares. **Enseñanza de las Ciencias**. v.23, n.1, p.111-122, 2005.

JOHNSON, C. C.; KAHLE, J. B.; FARGO, J. D. Effective teaching results in increased science achievement for all students. **Science Education**. n.91, p.371-383, 2006.

KASTENS, K. A.; FRODEMAN, R. How geoscientists think and learn. **Eos, Transactions, American Geophysical Union**, v.90, n.31, p.265-272, Aug. 2009.

LEE, H. S; LIU, O. L. Assessing learning progression of energy concepts across middle school grades: the knowledge integration perspective. **Science Education**, v.94, n.4, p.665-688, 2009.

MATTHEWS, M.R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge, 1994. 287p.

MEMBIELA, P. Investigación-acción en el desarrollo de proyectos curriculares innovadores de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v.20, n.3, p.443-450, nov. 2002.

MOREIRA, A. F. B; CANDAU, V. M. **Indagações sobre o Currículo – Currículo, conhecimento e cultura**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2007.

ORION, N. Learning progression of system thinking skills from K-12 in context of earth systems: a summary of three independent studies of 4th, 8th and 12th grades students. In: II SIMPÓSIO DE PESQUISA EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA E IV SIMPÓSIO NACIONAL O ENSINO DE GEOLOGIA NO BRASIL, 2009, São Paulo. **Palestras e Oficinas**. São Paulo: Instituto de Geociências, 2009. p. 722-741. 1 CD-ROM.

PACCA, J. L. A.; HENRIQUE, K. F. Dificuldades e estratégias para o ensino do conceito de energia. **Enseñanza de las ciencias**, v.22, n.1, p.159-166, 2004.

PACCA, J. L. A.; VILLANI, A. La Competencia Dialógica del Profesor de Ciencias en Brasil. **Enseñanza de las Ciencias**. v.18, n.1, p.95-104, 2000.

PASCHOALE, C. Alice no país da Geologia... e o que ela encontrou lá. **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 33, Sociedade Brasileira de Geologia, Rio de Janeiro, 1984. Anais do... v.13, p.1198-1203.

PENTEADO, P.C.M.; TORRES, C.M. A. **Física Ciência e Tecnologia**. Ed. Moderna, São Paulo, 2009. 230p.

POTAPOVA, M. S. Geologia como ciência histórica da natureza. **Terrae Didática**, v.3, n.1, p.86-90, 2010. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica>> Acesso em: 16/03/2011.

POZO; J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 249p.

REBELO, D.; MARQUES, L. **O Trabalho de Campo no Ensino de Geociências**. Aveiro, Portugal: Departamento de Didática e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro. 1999.

REBELO, D.; COSTA, N.; MARQUES, L.; Actividades em ambientes exteriores al aula em la Educación em Ciencias: contribuciones para su operatividad. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**. v.19, n.1, p. 15-25, 2011.

ROCHA, M.L.; AGUIAR, K.F. Pesquisa-intervenção e a produção de novas análises. **Psicologia: ciência e profissão**. v.23, n.4, p.64-73, dez. 2003.

ROJERO, F. F. Una Asignatura Sistémica o Sistemática? **Revista de la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v.8, n.3, p.189-196, 2000.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F.; Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio**, v.2, n.2, p.1-23, dez. 2002.

SOLBES, J.; TARIN, F. La conservacion de la energia: um principio de toda la física. Una proposta y unos resultados. **Enseñanza de las Ciencias**, v.22, n.2, p.185-194, 2004.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. F. (Org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008. 558p.

THIOLLENT, M. Notas para o debate sobre pesquisa ação. In: BRANDÃO, C.R. (Org.) **Repensando a pesquisa participante**. 3 ed. São Paulo: Brasiliense, 1987. p.83-103.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B. de; MELFI, A. J. Intemperismo e formação do solo. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. F. (Org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008. p.139-166.

TORO, R. del; MORCILLO, J. G. Las actividades de campo en educación secundaria. Un estudio comparativo entre Dinamarca y España. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v.19, n.1, p.39-47, 2011.

TREPADOR, G. R. R.; SOUZA, A. R. J.; BACHA, A. O Ciclo da Areia na Perspectiva da Comunidade: uma das fases do processo de elaboração de uma inovação curricular apoiada na Ciência do Sistema Terra. In: ENSINO GEO 09, SIMPÓSIO DE PESQUISA EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA, 2; SIMPÓSIO NACIONAL O ENSINO DE GEOLOGIA NO BRASIL, 4; São Paulo, 1-5 nov. 2009; **Atas do...** (on cd-rom), 12p.

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução a pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. 1.ed. São Paulo: Atlas, 1987. 175p.

VAN DRIEL, J. H.; VERLOOP, N. Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modeling in science. **International Journal of Science Education**, v.24, n.12, p.1255-1272, Dec. 2002.

YOUNG, M. Para que servem as escolas? **Educação e Sociedade**. Campinas, SP, v.28, n.101, p.1287-1302, set./dez. 2007.