



NÚMERO: 043/2011
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA

SILVANA MARIA CORRÊA ZANINI

**Dinâmica natural e ensino de Química para jovens e adultos:
saberes e práticas de uma inovação curricular**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves

CAMPINAS - 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
CÁSSIA RAQUEL DA SILVA – CRB8/5752 – BIBLIOTECA “CONRADO PASCHOALE” DO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
UNICAMP

Z167d Zanini, Silvana Maria Corrêa, 1959-
Dinâmica natural e ensino de Química para jovens e adultos: saberes
e práticas de uma inovação curricular / Silvana Maria Corrêa Zanini--
Campinas, SP.: [s.n.], 2011.

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

1. Química – Estudo e ensino. 2. Geociências – Estudo e ensino.
3. Educação de jovens e adultos. I. Gonçalves, Pedro Wagner,
1958- II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Natural dynamics and teaching chemistry to adult education: knowledge and practices of curriculum innovation.

Palavras-chave em inglês:

Chemistry – Study and teaching

Geoscience – Study and teaching

Adult education

Titulação: Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra.

Banca examinadora:

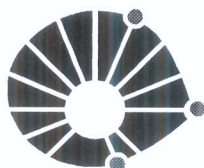
Pedro Wagner Gonçalves (Orientador)

Celso Dal Ré Carneiro

Luiz Henrique Ferreira

Data da defesa: 28/07/2011

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

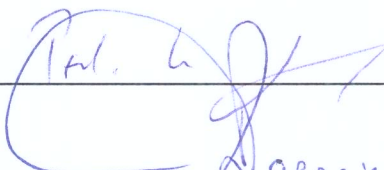
AUTORA: Silvana Maria Corrêa Zanini

“Dinâmica Natural e Ensino de Química para Jovens e Adultos: Saberes e Práticas
de uma Inovação Curricular”

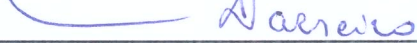
ORIENTADOR: Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves

Aprovada em: 28 / 07 / 2011

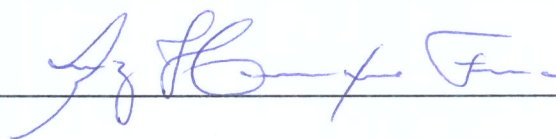
EXAMINADORES:

Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves  - Presidente

Prof. Dr. Celso Dal Ré Carneiro



Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira



Campinas, 28 de julho de 2011.

Ao Marcel, Lucas e Thiago
Presenças vitais em minha vida

*Porque se chamava moço
Também se chamava estrada
Viagem de ventania
Nem se lembra se olhou pra trás
Ao primeiro passo, asso, asso...*

*Porque se chamavam homens
Também se chamavam sonhos
E sonhos não envelhecem
Em meio a tantos gases lacrimogênicos
Ficam calmos, calmos...*

E lá se vai mais um dia

*E basta contar compasso
E basta contar consigo
Que a chama não tem pavio
De tudo se faz canção
E o coração na curva
De um rio, rio, rio, rio, rio*

E lá se vai mais um dia

*E o rio de asfalto e gente
Entorna pelas ladeiras
Entope o meio-fio
Esquina mais de um milhão
Quero ver então a gente, gente...*

Lô Borges/ Márcio Borges/ Milton Nascimento

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Pedro Wagner Gonçalves, pelo voto de confiança e pela dedicação, sensibilidade, tranquilidade, profissionalismo e competência em orientar esse trabalho e valiosa contribuição para meu crescimento profissional e pessoal.

Aos Professores Doutores Maurício Compiani, Luiz Henrique Ferreira e Celso Dal Ré Carneiro, pelas contribuições para o aprimoramento da dissertação.

Aos alunos que participaram da pesquisa, pela colaboração e empenho e pelos diálogos animados e que permitiram tanto aprendizado.

Aos colegas, funcionários e direção da escola CEES Paulo Decourt, pela confiança e inspiração.

Ao Professor Nogueira, pela amizade, confiança, incentivo e colaboração na realização desta pesquisa.

As funcionárias do Instituto de Geociências, Valdirene, Regina, Márcia, Antonieta, Gorete, pela atenção, delicadeza e presteza no atendimento às minhas solicitações.

À cara Ana Rivarola, profissional competente e empenhada na trajetória do conhecimento e que me ajudou, desde o princípio, a confiar em minha capacidade de levar adiante este projeto de vida.

Ao Fernando, irmão carinhoso e prestativo, grande ajuda na formatação da tese.

Ao Marcel, companheiro de todas as horas, pelo carinho, compreensão e estímulo, além da valiosa parceria nas inúmeras atividades familiares.

Aos meus pais, pelo afeto e confiança de sempre.

Aos amigos, presenças agradáveis e estimulantes em minha vida.

A todos os profissionais da educação, dedicados e comprometidos nesse ofício, tão nobre e tão valioso para uma Nação.

A Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, pelo auxílio financeiro oferecido através do programa bolsa mestrado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	XIII
ABSTRACT	XV
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1. O CENÁRIO DA PESQUISA.....	7
1.1. A ESCOLA E OS ALUNOS DA EJA	7
CAPÍTULO 2. CONTRIBUIÇÕES PARA A ORGANIZAÇÃO CURRICULAR.....	13
2.1. O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	13
2.2. O SURGIMENTO DO MOVIMENTO CTS	17
2.2.1. OS CURRÍCULOS CTS.....	20
2.2.2. OS TEMAS SOCIAIS	23
2.2.3. O TEMA GEOLÓGICO- CONTRIBUIÇÕES PARA A VISÃO AMBIENTAL	24
CAPÍTULO 3. A INOVAÇÃO CURRICULAR	29
3.1. METODOLOGIA DE ENSINO DA INOVAÇÃO CURRICULAR	29
3.2. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO CURRICULAR	36
3.2.1. PRIMEIRA PARTE: O TEMA SOCIAL E GEOLÓGICO	36
3.2.2. SEGUNDA PARTE: O ESTUDO QUÍMICO	37
3.2.3. TERCEIRA PARTE: O MODELO DE COMPARAÇÃO	42
3.3. OS ALUNOS DA INOVAÇÃO.....	43
3.4. O QUE FOI ENCONTRADO NA INOVAÇÃO	44
3.4.1. O ALUNO A2	45

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS	71
4.1. PROCEDIMENTOS DA PESQUISA	71
4.2. EIXOS ANALISADOS	73
4.2.1. APRENDIZADO QUÍMICO.....	74
4.2.2. ANÁLISE GLOBAL DO PRIMEIRO EIXO	76
4.2.3. VISÃO DE AMBIENTE	80
4.2.4. ANÁLISE GLOBAL DO SEGUNDO EIXO	85
4.2.5. APRENDIZADO SÓCIO-AMBIENTAL	87
4.2.6. ANÁLISE GLOBAL DO TERCEIRO EIXO	89
4.3. POTENCIALIDADES E LIMITES DA AÇÃO	93
CONCLUSÃO	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
APÊNDICE A - TEXTO DA INOVAÇÃO CURRICULAR ENTREGUE AOS ALUNOS.....	107
APÊNDICE B - AVALIAÇÃO FINAL APLICADA AOS ALUNOS DA INOVAÇÃO	129



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM

ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA

Dinâmica natural e ensino de Química para jovens e adultos: saberes e práticas de uma inovação curricular

RESUMO

Silvana Maria Corrêa Zanini

Esta pesquisa realizada em ambiente de Educação de Jovens e Adultos (EJA) pretendeu desenvolver aprendizagem de Química por meio de inovação curricular que, aplicada e analisada, trouxe perspectivas de ensino de Química contextualizado por meio do ambiente terrestre. Os conteúdos abordados foram organizados para proporcionar o entendimento de um tema sócio-ambiental. O tema escolhido, com o propósito de despertar o interesse dos alunos da EJA, teve como ponto de partida a história de moradores da cidade de Cajamar (SP), que tiveram suas casas destruídas ou danificadas pelo colapso do carste coberto. O estudo termodinâmico do fenômeno de dissolução e precipitação do carbonato de cálcio foi escolhido para aclarar a dinâmica natural e possibilitar debates sobre as causas que levaram ao colapso das casas. Os referenciais teóricos do movimento de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e as contribuições das Geociências guiaram as opções metodológicas. O interesse do aluno pelo contexto estudado (Terra) e as estratégias utilizadas na construção e aplicação da inovação curricular possibilitaram explorar aspectos que dizem respeito ao sistema Terra, tais como dinâmicas, complexidade, fluxos e trocas de matéria e energia. Os diálogos ocorridos compuseram a metodologia de ensino, permitiram a participação dos alunos no processo de ensino-aprendizagem e serviram de fonte de dados para pesquisa. Três categorias foram analisadas a partir da aplicação da inovação curricular a um grupo de alunos da EJA: aprendizado químico, visão de ambiente e aprendizado sócio-ambiental. A pesquisa se constituiu como estudo de caso e visou examinar o aprendizado de aluno selecionado. Os indicadores utilizados demonstraram que as estratégias foram capazes de efetivar as aprendizagens propostas e promover o engajamento do aluno no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras Chave: Ensino de Química, Ensino de Geociências, Educação de Jovens e Adultos (EJA)



UNICAMP

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

Natural dynamics and teaching chemistry to adult education: knowledge and practices of curriculum innovation

ABSTRACT

Silvana Maria Corrêa Zanini

The curricular innovation was applied and evaluated to understand terrestrial environments in order to teach chemical concepts. Contents were organized to understand a social and environmental problem. The issue was chosen to attract adult students. The houses of people in the city of Cajamar (in the Brazilian state of São Paulo) were destroyed or damaged by the collapse of the covered karst. A study on thermodynamics of dissolution and precipitation of calcium carbonate was chosen to bring light to the concept of natural processes and encourage a debate on what lead the houses to collapse. The Science, Technology and Society (STS) movement and contributions of the Geosciences guided the methodology. The interest of students on the field (the Earth) and the strategies employed in developing and applying these innovations have helped examining Earth-related issues, such as dynamics, complexity, flows and exchanges of matter and energy. A dialogue with students was part of the teaching methods and allowed students to participate, thus providing data and information for the research. Innovations were evaluated along with three different aspects: the learning of chemistry, the perspective on the environment and the learning of social and environmental processes. The indicators used showed that the strategies applied brought students to learn as well as engaged them in the teaching-learning process.

Keywords: teaching of chemistry; teaching of geosciences; adult education

INTRODUÇÃO

O exercício da docência como professora de Química em escola pública do Estado de São Paulo trouxe-me grandes desafios. Orgulho-me de ser professora. Sempre acreditei e investi na docência, na capacidade transformadora dessa atividade, apesar das limitações, carências e descasos encontrados nessa caminhada. A aproximação com a universidade foi sempre uma constante em minha trajetória e acredito na capacidade de intercâmbio entre essas duas esferas, no fortalecimento e crescimento de ambas. Tenho procurado caminhos de ensino-aprendizagem de Química que despertem interesse por esse aprendizado, ao mesmo tempo tão rico e tão pouco apreciado pelos alunos. Acredito na capacidade dos alunos em aprender Química e na contribuição do Ensino de Ciências numa perspectiva social, holística e humanista.¹

Desde 2003 atuo como docente em um modelo diferenciado de escola e que atende exclusivamente alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA).

A história da política educacional brasileira revela discontinuidades e baixos investimentos. Na atualidade a educação brasileira contribui para a exclusão social. É preciso buscar um ensino que possa elevar o letramento dos alunos de forma a promover o efetivo acesso universal ao conhecimento. Na prática, a defesa do universalismo educacional está presente nos discursos oficiais da educação básica de jovens e adultos, mas o que se vê, na maioria das vezes, é uma política de direito de acesso à certificação (RUMMERT e ALVES, 2010). Na ausência de um ambiente escolar compatível com a real valorização dos saberes escolares, indispensável à elevação dos níveis de letramento, o que se promove, em geral, são meros rudimentos de conhecimentos que, impotentes para modificar a condição de subdesenvolvimento, mantêm as características subalternas dos alunos perante os desafios da sociedade. Nesse sentido é que Young (2007) argumenta que não basta aproximar-se da cultura dos alunos, mas é necessário superá-la; os alunos precisam ser conduzidos a alcançar o conteúdo universal que denominou “poderoso”. Johnson *et al.* (2006) expõem o ciclo vicioso de baixa qualidade da Educação de Ciências e Matemática: professores temporários e pouco preparados ensinam fora de sua área de formação, suas escolas não conseguem preencher adequadamente o quadro de pessoal e seus

¹ Optei por escrever o texto em primeira pessoa porque representa melhor meu envolvimento com o trabalho docente e com a pesquisa.

alunos possuem baixo rendimento de aprendizagem. Os autores defendem que isso é intencional, mas demonstram que é necessário elevar o nível de aprendizagem à medida que se prepara melhor professores para atuarem nessas escolas e tornar o ensino “eficiente”.

Acredito em um Ensino de Ciências que possa estabelecer vínculos entre o ‘mundo da vida’ e o ‘mundo da escola’ e que possa contribuir na superação dos problemas decorrentes da falta de significado do que se faz na escola, com a utilização de currículos que provocam à desmotivação, o ensino propedêutico, a excessiva disciplinarização, a evasão e o reforço à ‘cultura do silêncio’ (FORGIARINI, 2009). Tenho observado grande interesse dos alunos adultos por temas ligados ao ambiente. Acredito que a escolha de um contexto adequado, que se aproxime e tenha significado para os alunos da EJA possa favorecer o trabalho pedagógico. Isso me levou a buscar caminhos de aprofundar essa temática. Nessa perspectiva a aproximação com a universidade e, particularmente, com o programa de Ensino e História de Ciências da Terra do Instituto de Geociências da Unicamp, contribuiu para estruturar esta pesquisa, que pretende responder à seguinte questão: Que contribuições a implementação de um novo currículo de ensino de Química oferece para o acesso e elevação do conhecimento científico dos alunos e “desvelamento” das questões sociais, políticas, econômicas e ambientais envolvidas com o tema escolhido? Essa questão trouxe o problema da investigação: Quais referenciais teóricos e metodológicos podem orientar a construção de uma inovação curricular que possa responder as indagações levantadas?

Neste trabalho vou usar o termo *inovação curricular* na acepção caracterizada por Arroyo (1999). Este destaca a virtualidade inovadora que há no ato educativo quando “os sujeitos da ação pedagógica são os sujeitos da inovação” (p. 141). O currículo passa a ser trabalhado em sua totalidade “como expressão e prática da função plural da escola, como tempo de socialização, de cultura, de aprendizado e vivência coletiva de saberes, valores, identidade, diversidade” (p. 163). As reflexões do pensamento crítico, oriundas da academia, aprofundam a compreensão das “relações entre educação e sociedade, às estruturas do poder, de reprodução e exclusão” e ocupam espaço de debate na inovação curricular (ARROYO, 1999, p. 141).

Em Morin (2005) encontramos que “o desenvolvimento da aptidão para contextualizar tende a produzir a emergência de um pensamento ‘ecologizante’”; o mesmo autor

explica o sentido desse pensamento “em que situa todo o conhecimento, informação ou conhecimento em relação de inseparabilidade com seu meio ambiente – cultural, social, econômico, político e, é claro, natural” (p. 24). Trata-se de procurar sempre “as relações e inter-retro-ações entre cada fenômeno e seu contexto, as relações de reciprocidade todo/partes: como uma modificação local repercute sobre o todo e como uma modificação do todo repercute sobre as partes” (MORIN, 2005, p. 25).

Para atender a essa expectativa, estimula-se a busca de um ensino de ciências com características que colaboram para “revelar o Ambiente e desvelar a Ciência” destacadas por Amaral (2006). As características desse ensino são: adota a abordagem interdisciplinar; promove a historicização da Ciência e da Tecnologia; evita o cientificismo e antropocentrismo exagerados; realiza articulações entre os mundos vividos, percebidos e concebidos pelos alunos; estabelece relações sistemáticas do senso comum e o pensamento científico; integra teoria e prática; explora aspectos que esclareçam os interesses que envolvem a Ciência e o Ambiente e os principais beneficiários da exploração de ambos; respeita o estágio psico-sócio-cognitivo aproximado dos alunos envolvidos; estuda o fenômeno e suas relações; apresenta o mundo como algo em total e permanente transformação, interação e integração em várias escalas espaço-temporais; considera que a transformação representa o movimento da matéria em busca de equilíbrio dinâmico; não dicotomiza os mundos natural e humanizado; estimula uma relação autônoma e criativa do professor para com ela, além de esclarecê-lo explicitamente acerca das concepções e dos fundamentos que a norteiam (AMARAL, 2006, p. 116-117).

Alguns currículos de Ensino de Ciências, como os currículos Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) ajudaram na construção da inovação curricular pois almejam o enfoque social e estimulam a participação do alunos em questões que envolvem ciência e tecnologia. Além disso, são currículos que valorizam a interdisciplinaridade pois um problema social é complexo, não pode ser plenamente examinado por uma única disciplina, e portanto requer a colaboração de várias disciplinas para dar-lhe dimensão global e integrada. Nesses currículos, a estratégia metodológica parte de um problema social e de seus nexos com ciência e tecnologia. Os conteúdos das disciplinas são selecionados e organizados em função do problema social escolhido.

Nesta pesquisa a inovação curricular partiu de um tema sócio-ambiental e que envolve uma dinâmica da Terra. Acredita-se que a temática sócio-ambiental ajude a construir a cidadania. Carneiro *et al.* (2004) argumentam que a “a complexidade de ambas – as atividades humanas e a dinâmica natural – determinam que as questões de natureza ambiental passem a integrar o corpo de conhecimentos básicos que uma pessoa deveria possuir” para o exercício de uma “cidadania responsável e consequente” (CARNEIRO *et al.*, 2004, p. 553).

Busquei qual seria o tema sócio-ambiental que pudesse despertar o interesse dos alunos da EJA e pudesse motivá-los ao estudo. Essa reflexão conduziu à história ocorrida em Cajamar, em que um colapso ocorrido em 1986 provocou o desmoronamento de casas para o interior de uma dolina². Supunha-se que o tema moradia pudesse desempenhar o componente catalisador do interesse e atenção dos alunos. Notou-se que moradia é um projeto de vida para os alunos, algo planejado e sonhado.

Os conteúdos de Química alinhados por tal perspectiva propõem-se a aclarar a dimensão sistêmica do ambiente à medida que revelam como as Geociências explicam o colapso de Cajamar. A colaboração de disciplinas é necessária para a visão de ambiente que se defende nesta dissertação.

O conceito de entropia foi escolhido como tópico estratégico a ser tratado pela Química. Explica a movimentação de partículas nos seus três estados físicos, as transformações entre as esferas da Terra e a energia envolvida. O experimento envolvido foi a solubilidade; a dimensão entrópica serviu para descrever o sistema natural, suas rochas e suas transformações conduzem a fluxos e balanços para construir a ideia de ciclo. Em termos mais específicos, a inovação curricular tratou da entalpia das reações de dissolução e precipitação do carbonato de cálcio.

A pesquisa pretende descrever qual foi o percurso da interação professor-aluno e sugerir algumas justificativas do caminho percorrido. Trata-se de investigação qualitativa que

² Dolina: Depressão em forma de funil, própria das regiões calcárias. Distingue-se dois tipos: 1) *Dolina de dissolução*, formada por água de infiltração, alargando fendas; 2) *Dolina de desmoronamento*, formada por desmoronamento do teto de uma caverna subterrânea. As dolinas atingem diâmetros de até 100m, e profundidades de várias centenas de metros (LEINZ e LEONARDOS, 1977).

persegue pressupostos apresentados por Bogdan e Biklen (1994). Nessa pesquisa, conduzi e realizei a tarefa de pesquisadora e professora com meus alunos no próprio ambiente escolar.

A pesquisa social de natureza qualitativa, segundo Bogdan e Biklen (1994), possui cinco características fundamentais: as informações são obtidas por meio do contato direto do pesquisador com o fenômeno a ser observado; os dados coletados pelo investigador têm caráter descritivo; os pesquisadores qualitativos se interessam mais pelo processo do que pelos resultados alcançados; a análise dos dados é realizada por meio da indução; e busca-se compreender o significado que os sujeitos pesquisados atribuem a suas experiências (p. 47-51).

A definição dos participantes e do local da pesquisa é uma etapa importante na delimitação deste estudo. Isso é coerente com a opção qualitativa adotada e conduziu a distintos procedimentos e combinações de técnicas para levantar dados de investigação. A etapa seguinte permitiu levantar as categorias de análise e a escolha do tipo de investigação qualitativa; trata-se de estudo de caso.

O trabalho contou com diversificado conjunto de técnicas para formular dados: caderno de campo, fotografias de aulas, gravações de aulas dialogadas, exercícios e avaliação. O cruzamento desses instrumentos descreve a trajetória educacional que foi percorrida.

Para examinar a trajetória recorreu-se aos instrumentos utilizados por Johnson *et al.* (2006) para avaliar estudantes e a eficiência de mudanças introduzidas no ensino. Um conjunto de indicadores permitiu apreciar aulas e contemplar cinco níveis elaborados à medida que a pesquisa foi implementada. Trata-se dos seguintes níveis:

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 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 o trabalho é significativo; a aula é bem planejada e criativamente implementada, de acordo com necessidades e interesses dos alunos (JOHNSON *et al.*, 2006, p. 377).

Esses instrumentos de pesquisa e as referências balizadoras foram utilizados na análise dos dados obtidos. Foi possível aferir e discutir as novas aquisições do aluno provocadas pela inovação curricular, bem como as dificuldades encontradas.

O conteúdo dos quatro capítulos é exposto resumidamente a seguir.

O primeiro capítulo apresenta a escola em que a pesquisa foi realizada e os alunos que a frequentam, pertencentes à modalidade de Educação de Jovens e Adultos.

Os referenciais teóricos são apresentados no segundo capítulo. Abordam-se o Ensino de Ciências, o movimento CTS, as orientações curriculares deste movimento e os temas sociais e geológicos.

O terceiro capítulo descreve a metodologia e os conteúdos utilizados na construção da inovação curricular. Em seguida o capítulo apresenta os dados coletados pela aplicação da inovação a um dos alunos.

O quarto capítulo inicia-se pela descrição dos procedimentos utilizados na pesquisa e que permitiram agrupar os dados obtidos em três eixos: aprendizado químico, visão de ambiente e aprendizado sócio-ambiental. Em seguida é feita a análise de cada um dos eixos e da aprendizagem desenvolvida.

CAPÍTULO 1. O CENÁRIO DA PESQUISA

1.1. A ESCOLA E OS ALUNOS DA EJA

O grupo de alunos participantes dessa pesquisa são alunos da EJA (Educação de Jovens e Adultos). O estudo foi feito em uma escola denominada CEES (Centro de Educação Supletiva) de presença obrigatória e em horário flexível, atendimento individualizado e modular. Estabelece o Conselho Estadual de Educação em sua deliberação 09/99 que:

Os Centros de Educação Supletiva com cursos modulares, estruturados de forma flexível com presença não obrigatória, implementados pela rede estadual desde 1981 e posteriormente também por redes municipais, podem ser considerados como uma forma inovadora de organizar o ensino para buscar a correção de históricas inadequações de modelos pedagógicos seletivos e pouco democráticos que desconsideraram as necessidades sociais de significativos grupos de jovens e adultos em compatibilizar estudos com trabalho. A organização da educação de jovens e adultos nos moldes da experiência dos centros de educação supletiva exige a adoção de medidas especiais, tais como condições de atendimento pedagógico individualizado, oferta de material didático auto-instrucional e procedimentos avaliatórios para fins de classificação e reclassificação (BRASIL, 1999).

O IBGE, em documento que revela os dados de pesquisa realizada em 2007, informa que a Educação de Jovens e Adultos (EJA) contava com cerca de dez milhões e novecentas mil pessoas, o que correspondia a 7,7% da população com 15 anos ou mais de idade. Das cerca de oito milhões de pessoas que passaram pela EJA antes de 2007, 42,7% não concluíram o curso, sendo que o principal motivo apontado para o abandono foi a incompatibilidade do horário das aulas com o de trabalho ou necessidade de procurar trabalho (27,9%), seguido pela falta de interesse em fazer o curso (15,6%). (BRASIL, 2009).

Dados divulgados pelo MEC em dezembro de 2008 classificam a cobertura como ínfima, “mesmo considerando o público atendido pelos novos programas e pelas redes de ensino público e privada, presencial e semipresencial”: da demanda potencial, só são atendidos 9,2% no primeiro segmento do ensino fundamental e no segundo segmento, somente 6,7% estão cursando a EJA. No ensino médio, apenas 7,4% recebem atendimento escolar (Fórum EJA³, 2009, *apud* RUMMERT e ALVES, 2010, p. 522).

³ FÓRUM EJA. Cobertura – Educação de Jovens e Adultos. 2009. Disponível em <http://forumeja.org.br/files/agenda.ppt#263,7,Slide7>. Acessado em 09/01/2011.

Centros de Educação Supletiva⁴, por ofertarem atendimento em três períodos e com flexibilidade na escolha dos períodos e dias de frequência, possibilitam a maior cobertura para os alunos, principalmente para aqueles que trabalham em turnos, que precisam fazer viagens constantes de trabalho ou que não têm todos os dias da semana disponíveis para frequentar a escola, devido a compromissos familiares, domésticos e de trabalho.

O surgimento desse modelo de escola ocorreu, em grande parte, devido à preocupação com um contingente cada vez maior de jovens e adultos, sem escolaridade ou baixa escolaridade no Brasil. Na década de 1970, a preocupação com a escolarização, no período militar, era devida a fatores como a necessidade de melhoria na qualificação da mão de obra vigente (TORRES, 1997). Segundo a autora, dados do Departamento do Ensino Supletivo – DSU – do Ministério da Educação e Cultura, no ano de 1970, mostravam que havia “uma população de aproximadamente 21.000.000 de pessoas na faixa etária dos 15 aos 39 anos de idade e 14.000.000 de adolescentes e adultos na faixa etária compreendida de 15 a 24 anos”, que estavam fora da escola e que portanto poderiam ser considerados clientela em potencial para o Ensino Supletivo no Brasil (TORRES, 1997, p. 86).

Torres (1997) relata, ainda, que parte dessas pessoas já estava engajada no mercado de trabalho e encontravam dificuldades em conciliar trabalho e estudo, aliado a profissões em que a regularidade de horário é um complicador (viajantes, caminhoneiros, vendedores, aeroviários etc.). Esse quadro levou a equipe técnica do MEC, ligada a ensino supletivo, a elaborar um novo modelo de ensino – os Centros de Educação Supletiva – para atender a essa população. A modalidade de ensino alia: número de professores reduzido, estrutura física mais simples (não requer sala de aula), utilização de tecnologias educacionais (vídeos, TV etc.) e uso de “novas e diferenciadas metodologias de ensino aplicáveis ao processo ensino-aprendizagem” (BRASIL⁵, 1979/80 *apud* TORRES, 1997, p. 88).

A educação brasileira, nas últimas décadas, “passou por diversas mudanças, precisando sempre responder aos diferentes momentos vividos”. Na década de 1950, “o ensino de Ciências e a educação de jovens e adultos passam a ser considerados importantes para o

⁴ No Estado de São Paulo, a partir de 2009, esses locais passaram a designar-se como CEEJA (Centro Estadual de Educação de Jovens e Adultos).

⁵ BRASIL; MAFRA, M. S. **Conhecendo um Centro de Estudos Supletivos**. MEC/SEPS, 2ª edição, Brasília, 1979/80.

desenvolvimento econômico e social do Brasil”. Nesse período o discurso “sobre os objetivos do ensino de Ciências é declaradamente o da formação de elites, enquanto o da educação de jovens e adultos é aquele da alfabetização para a formação de mão-de-obra melhor qualificada” (VILANOVA e MARTINS, 2008, p. 342-343).

Vilanova e Martins (2008) ressaltam que, historicamente, a EJA tem voltado seus esforços institucionais e investimentos para projetos de alfabetização. Aqueles já alfabetizados e que buscavam continuidade para seus estudos “não encontravam respaldos educacionais para essa modalidade de ensino, com materiais adaptados e malfeitos dos cursos regulares, infantilizando os alunos e utilizando materiais educativos repletos de erros conceituais” (p. 343).

Com as garantias de educação plena aos jovens e adultos asseguradas na Constituição de 1988 e com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996, projetos pedagógicos que atendam às especificidades dessa educação passam a aparecer. Segundo Vilanova e Martins (2008), “a literatura e os profissionais especializados em ensino de Ciências para esta modalidade são, entretanto, escassos”. As autoras analisam a Proposta Curricular para a educação de jovens e adultos com base em documentos do MEC e identificam a “questão do conhecimento útil como uma marca discursiva desta proposta, preocupada em relacionar o ensino de Ciências à promoção da saúde pública, à educação para o trabalho e para a cidadania”. As duas últimas são mencionadas de maneira bastante inespecífica, podendo “indicar ausência de proposta neste sentido” ou “desinteresse institucional no desenvolvimento destas habilidades” (p. 343).

Estas considerações sugerem a necessidade de um maior diálogo entre a Educação de Jovens e Adultos e a Educação em Ciências, entendidas nas suas dimensões de campos de investigação e intervenção, no sentido de problematizar objetivos e práticas e, conjuntamente, caminhar buscando superar limites e efetivar uma proposta de formação comprometida com a emancipação e participação plena dos sujeitos em sociedade (VILANOVA e MARTINS, 2008, p. 344).

Rummert e Alvez (2010), ao analisarem programas de caráter específico para EJA, como o programa PROEJA (Programa Brasil Alfabetizado) e o PROJOVEM (Programa Nacional de Inclusão de Jovens), que “vieram somar-se a ações já implementadas predominantemente no âmbito público, mas também no privado, nas esferas municipal, estadual e federal”, alertam,

apoiadas em Kuenzer⁶ (2005) que, apesar dessa variedade de ofertas, “não constitui uma efetiva democratização de acesso às bases do conhecimento científico e tecnológico, correspondendo, no mais das vezes, à ampliação dos processos de ‘certificação vazia’” (p. 522).

Citando Di Pietro, Jóia e Ribeiro⁷ (2001), Vilanova e Martins (2008) consideram que “a educação de jovens e adultos pode ser considerada terreno fértil para inovações práticas e teóricas” e o investimento na formação de professores para essa modalidade de ensino “pode contribuir, em longo prazo, para a superação da concepção de ensino propedêutico e voltado para as elites, ainda muito presente na prática educativa do ensino de Ciências no Brasil” (p. 344).

A escola na qual a pesquisa foi realizada localiza-se na parte norte da cidade de Campinas e funciona desde 1986. Foi criada a partir de reivindicações de organização de trabalhadores interessados em complementar sua formação básica em unidade educacional próxima ao local de trabalho. Anos depois, a escola foi procurada por estudantes procedentes de todas as regiões de Campinas e da Região Metropolitana. Nos últimos anos, a quantidade variou de 1.000 a 1.500 alunos, que a frequentam de forma flexível, isto é, podem estar na escola em horário, dia e tempo de duração planejado pelo próprio aluno. A escola atende somente alunos da EJA do segundo ciclo do ensino fundamental e do ensino médio.

Um dos diferenciais desse modelo de escola é o respeito ao ritmo de estudo do aluno. Isso, a meu ver, traz vantagem aos alunos da EJA devido à menor pressão para um aprendizado *aligeirado* comum em cursos tradicionais para adultos com horário fixo.

Torres (1997) recorre a documentos do MEC da época da criação dos Centros de Educação Supletiva para assinalar que a escola deve “desenvolver-se por meio de técnicas e métodos que fogem substancialmente ao processo tradicional de ensino, com adoção do ritmo próprio do aluno e do seu padrão de velocidade, sem a preocupação e a exigência de que cada um acompanhe a mesma trilha e a mesma velocidade simultaneamente” (p. 88).

Os alunos que frequentam a escola perfazem o perfil heterogêneo característico dos alunos da EJA, porém uma característica particular, nesse tipo de escola da EJA é o

⁶ KUENZEN, A. Exclusão incluyente e inclusão excluyente: a nova forma de dualidade estrutural que objetiva as novas relações entre educação e trabalho. In: LOMBARDI, J.; SAVIANI, D.; SANFELICE, J. (Org.). **Capitalismo, trabalho e educação**. 3ª edição. São Paulo: Autores Associados; HISTEDBR, 2005.

⁷ DI PIERRO, M. C.; JÓIA, O.; RIBEIRO, V. M. Visões da educação de jovens e adultos no Brasil. **Cadernos Cedes**, v. 21, n. 55, p. 58-77, 2001.

desenvolvimento de sua capacidade de interação com o material auto-instrutivo e o desenvolvimento de disciplina de estudo pelo próprio aluno.

Após anos trabalhando nesse tipo de escola, observo que a aprendizagem se vincula ao estímulo afetivo da relação professor-aluno. Quando é possível vencer obstáculos tais como a desconfiança, o medo, a vergonha e a baixa auto-estima dos alunos, torna-se possível constituir um ambiente favorável e romper barreiras criadas pelo fracasso escolar.

Os professores, nesse tipo de escola, são responsáveis pela elaboração de parte do material didático a ser entregue ao aluno bem como as avaliações, materiais de apoio ao estudo, materiais de reforço, além de materiais especiais confeccionados para alunos com necessidades especiais que frequentam a escola (deficientes auditivos, visuais, cognitivos e físicos).

O aluno recebe um roteiro contendo as várias unidades de estudo, que na verdade corresponde à divisão dos conteúdos da disciplina em curso. A disciplina é cursada de modo contínuo até o término, isto é, sem fragmentação em séries. O aluno comparece à escola após o estudo de cada uma das unidades do roteiro, que pode ser feito em local de sua livre escolha ou na própria escola. Nos momentos presenciais, o aluno recorre ao professor para esclarecer dúvidas, executar atividades propostas, aulas práticas etc., e para fazer avaliação de verificação da aprendizagem. Depois de verificada sua aprendizagem, dá prosseguimento nas próximas unidades de estudos. Comumente, nesse modelo de escola, o aluno cursa uma disciplina por vez, o que favorece a aprendizagem dos conteúdos graças ao contato mais próximo, contínuo e exclusivo com o professor, além do estímulo ocasionado pela conclusão de uma etapa de seu currículo. Usa-se um livro didático de apoio e nele são feitas adequações que bem atendam aos alunos.

Os momentos de correção dos exercícios propostos e das avaliações processuais são estratégicos nesse modelo de escola, pois estreita-se o contato professor-aluno; a interação é utilizada para verificar o aprendizado do aluno, bem como desencadear novas estratégias para proporcionar o aprendizado. Uma avaliação final é realizada para comprovar a aprendizagem e a escola é autorizada oficialmente a certificar os alunos na própria unidade.

Importante destacar que a escola possui um pequeno laboratório utilizado pelas disciplinas de Ciências, Biologia, Química e Física. Com o tempo, a partir do empenho dos

professores de Química da escola e verba pública recebida, foi sendo mais bem equipado. Isso incluiu a aquisição de mobiliário adequado, vidrarias, reagentes e equipamentos para a realização de alguns experimentos escolhidos pelos professores para melhor estudar os fenômenos destacados. Temos no laboratório, por exemplo, aparelho de destilação aquecido com manta elétrica, balança semi-analítica, equipamento para realizar eletrólise, papel de pH universal de boa precisão, aquecimento através de bico de bunsen, pipeta e bureta volumétrica, além de vidrarias básicas como funil, béquer, tubo de ensaio, proveta etc. e vários reagentes. Constato, em minha experiência didática com alunos da EJA, que o uso da experimentação traz-lhes motivação e entusiasmo pelo aprendizado e pode ser ferramenta importante na construção do conhecimento. O acesso, por parte dos alunos, aos experimentos previamente estruturados pelos professores de Química da escola, depende do tempo disponível deste aluno. Assim, pode haver aluno que ao cursar todo o ensino médio de Química, tenha tido acesso a um ou mais experimentos disponíveis. Devido ao tempo gasto ser menor, a maioria dos experimentos é realizado pelo professor e amplamente discutido com o aluno. Observo que oportunizar o acesso a diversificados recursos didático pode ser estratégia eficaz para atingir o heterogêneo grupo formado por alunos jovens e adultos.

CAPÍTULO 2. CONTRIBUIÇÕES PARA A ORGANIZAÇÃO CURRICULAR

2.1. O ENSINO DE CIÊNCIAS

Izquierdo (2005) enfatiza que um dos problemas do Ensino de Ciências é determinar o que ensinar; considera importante lembrar que os conteúdos não se acham pré-definidos e que podem mudar de acordo com necessidades dos alunos e objetivos de aprendizagem.

A primeira questão que se coloca na escolha de um modelo de Ensino de Ciências é ideológica. O debate internacional sobre reformas educativas tem reivindicado “uma alfabetização científica e tecnológica como parte essencial da educação básica e geral de todas as pessoas” (ACEVEDO *et al.*, 2003, não paginado). Segundo autores, que se apoiam em Holbrook⁸ (2000), tais reformas devem conduzir a currículos nos quais os “objetivos e as capacidades a serem desenvolvidas deverão ser mais holísticos e terem autêntica relevância social para os alunos, inclusive os valores éticos e democráticos que se põem em jogo quando a ciência e a tecnologia envolvem a sociedade”⁹ (não paginado). Holbrook (2000) explica que o ensino em Ciências “precisa tornar-se mais holístico na cobertura de objetivos educacionais e, portanto mais interdisciplinar na abordagem para a aprendizagem. E com isso, o conceito antigo de ‘*ciência para o cientista*’ seja abandonado em favor de ‘*ciência para o cidadão*’” (HOLBROOK, 2000, p. 11, grifo do autor).

Apoiados em Fensham¹⁰ (1985, 2000¹¹); Hodson e Reid¹² (1988); Reid e Hodson¹³ (1989); Rascoe *et al.*¹⁴ (1999); Tippins *et al.*¹⁵ (1998), Acevedo *et al.* (2003) argumentam que a

⁸ HOLBROOK, J. School Science Education for the 21st Century - Promoting Scientific and Technological Literacy (STL). **Wirescript Magazine – Education**, 2000.

⁹ Todas as traduções deste trabalho foram realizadas pela autora da dissertação.

¹⁰ FENSHAM, P.J. Science for all: A reflective essay. **Journal of Curriculum Studies**, v. 17, n. 4, 1985.

¹¹ FENSHAM, P.J. Providing suitable content in the "science for all" curriculum. En R. Millar, J. Leach y J. Osborne (Eds.): **Improving science education: The contribution of research**, Buckingham, UK: Open University Press, 2000.

¹² HODSON, D. y REID, D.J. Science for all: motives, meanings and implications. **School Science Review**, v. 69, 1988.

¹³ REID, D.J. y HODSON, D. **Science for all**. Londres: Casell. Traducción de M.J. Martín-Díaz y L.A. García-Lucía (1993): **Ciencia para todos en Secundaria**. Madrid: Narcea, 1989.

¹⁴ RASCOE, B., CHUN, S., KEMP, A., JACKSON, D., Li, H., OLIVER, J.S., TIPPINS, D.J., NICHOLS, S.E. y RADCLIFFE, L. (1999). **Scientific Literacy: Interpretations of a Cross-Section of Our Society**. Paper Presented

idéia de ciências para todas as pessoas significa um ensino de Ciências que não exclua ninguém e que está “intimamente associado aos princípios educativos de inclusão e equidade” (não paginado). As questões postas para a Ciência são: como tornar a Ciência escolar mais acessível, interessante e significativa e, sobretudo, dar relevância para cada aluno. Em nota de rodapé Acevedo *et al.* (2003) explicam que o significado de *relevância* aqui colocado remete às seguintes questões ideológicas: “é necessário precisar para *quem* é relevante (por exemplo, alunos, professores, pais, políticos, cientistas, engenheiros, empresários...) e sobretudo *para quê* (por exemplo, a vida cotidiana, exercer a cidadania, prosseguir estudos posteriores, conseguir um emprego, ser cientista ou engenheiro...)” (ACEVEDO *et al.*, 2003, não paginado, grifo dos autores).

O desafio do ensino de Ciências, em um país de dimensões continentais como o Brasil e em pleno processo de desenvolvimento, segundo Pacca e Villani (2000), é permitir que os estudantes, ao finalizarem a sua formação escolar, “saibam *utilizar* os conhecimentos científicos multidisciplinares, para poder compreender o que está em jogo na construção do conhecimento específico do aluno” (p. 95, grifo do autor). Desta forma, “será possível compreender falhas e omissões pessoais e institucionais mais amplas, bem como tomar decisões e formular critérios para planejamento e gestão do desenvolvimento da sociedade” (PACCA e VILLANI, 2000, p. 95).

O viés político e o atendimento ao apelo de grupos com interesses contrários a uma aprendizagem que possa levar à alfabetização científica e tecnológica movem o ensino de maneira geral e o ensino de Ciências de forma particular. Isso ocorre em muitos lugares do mundo e no Brasil em especial. Para se contrapor a isso, é necessário buscar propostas que estimulem a efetiva aprendizagem quando o desejo é integrar os cidadãos na sociedade atual e dar-lhes ferramentas para compreensão das complexas teias que a movem. Abrem-se, assim, as possibilidades de acesso a reflexões no sentido de ampliar as visões do mundo atual, como

at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA. [Versión electrónica] en <http://www.educ.sfu.ca/narstsite/conference/rascoeetal/rascoeetal.html>

¹⁵ TIPPINS, D.J., Oliver, J.S., JACKSON, D., CHUN, S., KEMP, A., LI, H., RASCOE, B., NICHOLS, S.E. y RADCLIFFE, L. **Scientific literacy: Exploring the metaphor**. Paper presented at the Annual Meeting of the Association of Educators of Teachers of Science, Minneapolis, MN, 1998.

defendido por Santos e Mortimer (2002), apoiados em Fourez¹⁶ (1995): “não se trata de mostrar as maravilhas da ciência, como a mídia já o faz, mas de disponibilizar as representações que permitam ao cidadão agir, tomar decisão e compreender o que está em jogo no discurso dos especialistas” (p. 3). A escola, tomando para si essa tarefa, pode ajudar os estudantes que têm acesso a ela. De outra forma, o que se faz é mascar e o ocultar essas possibilidades. Muitos documentos oficiais tendem a perpetuar um ensino desestimulante, descontextualizado e muitas vezes desnecessário.

Um panorama do ensino de Ciências pode ser encontrado em Santos (2007), que retrata o resultado de pesquisas internacionais para avaliar comparativamente os níveis de alfabetização científica¹⁷ entre diferentes nações. Nesse relato encontramos:

De maneira, geral, o que se pode afirmar com os resultados desses exames é que a educação científica não vai bem, mesmo em alguns países com elevado grau de escolarização de sua população, tanto no que diz respeito à compreensão dos conceitos básicos como do papel social da ciência. Shamos¹⁸ (1995) aponta vários índices que evidenciam uma crise na alfabetização científica dos Estados Unidos. No Brasil, a situação é das mais críticas. Os estudantes brasileiros tiveram, em 2003, o segundo pior desempenho em ciências entre 41 países pesquisados pelo PISA (SANTOS, 2007, p. 486).

Santos (2007) analisa a escola brasileira e critica o sistema desigual, formado por currículos que não valorizam a prática social:

A escola brasileira continua com caráter elitista, apesar de a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) preconizar uma educação básica firmada no princípio da igualdade de condições. Na prática, o que se tem é ainda um sistema dual: uma escola para a elite e outra para as camadas populares. Enquanto existem escolas, em sua maioria de caráter privado, que têm destino determinado socialmente para a preparação para o acesso aos melhores cursos superiores, existem outras escolas, geralmente públicas, destinadas às classes populares que anseiam exclusivamente pela certificação básica para garantir o acesso ao mercado de trabalho. Em ambos os casos, o parâmetro de referência para os currículos não inclui o que é essencial para o letramento científico (SANTOS, 2007, p. 486).

A análise de Santos (2007) destaca características desse tipo de ensino nas escolas e os efeitos dessas escolhas para os estudantes:

¹⁶ FOUREZ, G. **A construção das ciências**: introdução à filosofia e à ética das ciências. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

¹⁷ Nesse artigo, o autor descreve a diferenciação de significado para os termos alfabetização científica e letramento científico. Para ele, “alfabetização científica tem sido considerada na acepção do domínio da linguagem científica, enquanto o letramento científico, no sentido do uso da prática social” (SANTOS, 2007, p. 479).

¹⁸ SHAMOS, Morris Herbert. **The myth of scientific literacy**. New Brunswick: Rutgers University Press, 1995.

Em síntese, o ensino escolar de ciências, de maneira geral, vem sendo desenvolvido de forma totalmente descontextualizada, por meio da resolução ritualística de exercícios e problemas escolares que não requerem compreensão conceitual mais ampla. Isso corresponde à alfabetização superficial no sentido do domínio estrito vocabular de termos científicos. Esse processo escolar, tanto das escolas preparatórias para o vestibular quanto das que se restringem aos saberes escolares básicos, tem sido conduzido de maneira enfadonha, sem despertar o interesse dos estudantes pelo seu estudo, de forma que as disciplinas de ciências têm sido, frequentemente, odiadas pela maioria dos estudantes (SANTOS, 2007, p. 486-487).

O Ensino de Ciências deve ser um projeto de Educação, no sentido que Morin (2005) nos coloca: “a Educação deve contribuir para a autoformação da pessoa (ensinar a assumir a condição humana, ensinar a viver) e ensinar como se tornar cidadão” (MORIN, 2005, p.65). E o Brasil precisa fortalecer sua frágil, recente e pouco exercida democracia, bem como nos lembra Houaiss e Amaral¹⁹ (1995, p.119 *apud* AULER e BAZZO, 2001, p. 8): “a história contemporânea fortalece os pactos de elite – e o exílio histórico do povo”. “O autoritarismo tem sido a regra, a ditadura, a norma; a exceção é a ‘democracia’” (idem). Precisamos fazer esforços para superar essa condição de “estranha democracia de massas sem povo” (idem). A escola pode e deve ser local de pleno exercício de participação, da liberdade de expressão, em que possamos superar a cultura do silêncio, da estagnação.

Para Pacca e Villani (2000), o professor de ciências no Brasil deve poder trabalhar de modo competente, de acordo com a realidade escolar em que está inserido. Para tanto, “deve conviver com metas aparentemente conflitantes: desenvolver a possibilidade de utilizar o conhecimento científico e adaptar-se a tradição de respeito e tolerância cultural ao conhecimento alternativo e de senso comum” (p. 96).

Auler (2007) defende que *participação se faz participando*, que o ensino de ciências não pode omitir-se do papel de colaborar na construção da cidadania e para tanto as propostas de ensino devem orientar-se no sentido de “superar concepções lineares de ensino”:

Busca-se superar a concepção de que é preciso primeiro saber sobre para depois colocar em prática, dissociando o processo de pensar do atuar. Os processos de conhecer e intervir no real não se encontram dissociados. Em síntese, aprende-se participando. No campo da educação científica, defende-se a superação da concepção linear a qual postula que primeiro o aluno precisa adquirir uma cultura científica (estar alfabetizado científico-tecnologicamente), para depois participar da democratização de processos decisórios. Entende-se que a constituição de uma cultura científica não é independente

¹⁹ HOUAISS, A.; AMARAL, R. **A modernidade no Brasil**: conciliação ou ruptura? Petrópolis: Vozes, 1995.

da participação social, mas dimensões estreitamente vinculadas, sendo processos que se realimentam mutuamente. Em síntese, o aprender tem uma dimensão individual, subjetiva, mas não ocorre num vazio social. A cidadania não é um conceito, uma prática que pode ser construída à margem da prática social mais ampla (AULER, 2007, não paginado).

As questões levantadas encaminharam a busca de propostas curriculares que ofereçam estratégias de acesso ao conhecimento científico e que possam estimular a participação mais ampla dos alunos no tecido social.

2.2. O SURGIMENTO DO MOVIMENTO CTS

O esforço para conduzir os alunos a observar a natureza e, ao mesmo tempo, contribuir para formar uma visão crítica diante da Ciência implicou tomar o movimento de *ciência, tecnologia e sociedade* (CTS) como referência permanente que se manteve no horizonte das preocupações desta pesquisa.

Disputas pelo poder sempre impulsionaram o desenvolvimento da humanidade e a Ciência, como parte importante desse domínio, não poderia ficar de fora. É assim que, em momentos de rivalidades históricas, como o período pós-Segunda Guerra Mundial, a disputa em programas espaciais entre grandes potências como os Estados Unidos da América e União Soviética, potencializou a busca pela melhoria do Ensino de Ciências. Nos Estados Unidos novos currículos e programas foram elaborados para formar cientistas (SANTOS, 2007, p. 477).

No final da década de 1960 e período seguinte, havia por parte de intelectuais e educadores europeus e norte-americanos a preocupação com os rumos tomados pela Ciência no que diz respeito aos agravamentos dos problemas ambientais pós-guerra, às questões éticas, a qualidade de vida da sociedade industrializada e o controle cada vez maior do conhecimento científico pelas elites, conforme indicado por Santos e Mortimer (2002, p. 4). Aliados a esses fatores, o medo e a frustração decorrentes dos excessos tecnológicos e a necessidade de participação popular são levantados por Waks²⁰ e Yager & Roy²¹ (1990 *apud* SANTOS, 2007, p.

²⁰ WAKS, Leonard J. Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales. In: MEDINA, Manuel; SANMARTÍN, José (Eds.). **Ciencia, tecnología y sociedad**: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión política y social. Barcelona: Anthropos; Leioa (Vizcaya): Universidad del País Vasco, 1990.

477) como motivadores do surgimento de propostas curriculares de ensino, em diversos países, com ênfase nas inter-relações ciência-tecnologia e sociedade (CTS).

Outros autores salientam que as reformas curriculares desse período “desenvolveram currículos escolares de Ciências centrados nos conteúdos com objetivos de formar os mais capazes, consolidando assim a finalidade propedêutica do ensino de Ciências” (VÁZQUEZ-ALONSO *et al.*, 2005); isso parece estar de acordo com os interesses de disputa e dominação científica e tecnológica frente ao inimigo que se fazia presente. Os autores argumentam que os currículos e projetos da década de 1960 promoveram a metodologia científica e o método de ensino por “descobrimento” de conceitos, inspirado pelo empirismo indutivo – o que na literatura brasileira foi denominado método da redescoberta.

Vários projetos curriculares são representativos desse período, entre eles o norte americano *Chem Study*- Chemical Education Materials Study, *PSSC*- Physical Science Study Committee-, *BSCS*- Biological Sciences Curriculum Study-, *ESCP*- Earth Science Curriculum Project-, e os da fundação britânica *Nuffield*.

Santos e Mortimer (2002) completam que “estudos na área da epistemologia da ciência, que incorporaram questões relativas aos aspectos econômicos e políticos da ciência, também contribuíram para o aparecimento dessa ênfase” e que “os trabalhos curriculares em CTS surgiram, assim, como decorrência da necessidade de formar o cidadão em ciência e tecnologia, o que não vinha sendo alcançado adequadamente pelo ensino convencional de Ciências” (não paginado). Vázquez-Alonso *et al.* (2005) relata importante momento em que o modelo convencional de ensino de ciências foi colocado em debate:

Em 1979 Laurence Viennot defendeu em Paris sua tese de doutorado, considerada o início das investigações didáticas sobre as concepções alternativas dos estudantes, cujas consequências têm sido demolidoras depois de vinte cinco anos de estudos empíricos. Seus resultados provocaram uma crise no ensino de ciências pois demonstram que a aprendizagem de ciências é deficiente do ponto de vista da lógica propedêutica. A Ciência e a Tecnologia não se aprendem de modo significativo e, em geral, os

²¹ YAGER, Robert E.; ROY, R. STS: most pervasive and most radical of reform approaches to “science” education. In: YAGER, Robert E. (Ed.). **The science, technology, society movement**. Washington: National Science Teachers Association – NSTA, 1993.

conhecimentos adquiridos não se aplicam fora da escola (DUIT e PFUND²², 1998 *apud* VÁZQUEZ *et al.*, 2005, não paginado).

Bazzo (1998, p. 34) reforça a perspectiva de que “o cidadão merece aprender a ler e entender a ciência e a tecnologia, com suas implicações e consequências, para tornar-se elemento participante nas decisões de ordem política e social que influenciarão o seu futuro e o dos seus filhos” (BAZZO²³, 1998 *apud* PINHEIRO *et al.*, 2007, p.72).

Santos e Mortimer (2001) argumentam que a “necessidade de controle público da ciência e tecnologia contribuiu para uma mudança nos objetivos do Ensino de Ciências, que passou a dar ênfase na preparação dos estudantes para atuarem como cidadãos no controle social da ciência” (p. 96).

Em Santos (2007) encontramos que, além do aparecimento dos currículos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), outros enfoques para a educação científica continuaram a surgir e “passaram a defender a compreensão da natureza da atividade científica como aspecto central na educação científica”, tendo sido nomeados de Alfabetização Científica (AC) e Letramento Científico (LC) (p. 478). Esclarecem Santos e Mortimer (2001) que o termo letramento ao invés de alfabetização, versão para o Português da palavra da língua inglesa *literacy*, vem sendo usado em Educação e nas Ciências Linguísticas com o significado de “estado ou condição de quem não apenas sabe ler e escrever, mas cultiva e exerce práticas sociais que usam a escrita” (Soares²⁴, 1998, p. 47 *apud* Santos e Mortimer, 2001, p. 96, nota de rodapé). Continuam os autores que, nesse caso, o “letramento científico e tecnológico seria a condição de quem não apenas reconhece a linguagem científica e tecnológica, mas cultiva práticas sociais que usam tal linguagem” (SANTOS e MORTIMER, 2001, p. 96, nota de rodapé).

Diferentes enfoques foram desenvolvidos para esses currículos, mas basicamente o autor distingue dois grandes domínios “centrados em compreender o conteúdo científico e no

²² DUIT, R. y PFUNDY, H. **Bibliography “Students' Alternative Frameworks and Science Education” Printed version and database.** Kiel: IPN, 1998.

²³ BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: e o contexto da educação tecnológica.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.

²⁴ SOARES, M. **Letramento: Um tema em três gêneros.** Belo Horizonte: Autêntica. 1998

compreender a função social da ciência” (SANTOS, 2007, p. 478). Santos (2007) citando Aikenhead²⁵ (1997) esclarece:

O movimento CTS surgiu em um contexto diferente do movimento de LCT²⁶. Enquanto o primeiro movimento surgiu pelo contexto marcado pela crítica ao modelo de desenvolvimento científico e tecnológico, o segundo nasceu por pressões sociais pelas mais diferentes razões, desde as econômicas até as práticas. Apesar da diferença de contexto, tanto os estudiosos de CTS quanto os de LCT apresentam pontos em comum, quando destacam a função social do ensino de ciências (AIKENHEAD, 1997 *apud* SANTOS, 2007, p. 481).

Auler (2003) explica que o movimento CTS esteve apoiado em pesquisadores como Luján *et al.*²⁷ (1996), Aikenhead e Ryan²⁸ (1992) e Acevedo (1995²⁹, 1996³⁰ e 2001³¹) e que defendem que constitui um dos objetivos centrais desse movimento colocar a tomada de decisão em relação a Ciência-Tecnologia (CT) num outro plano, reivindicando decisões mais democráticas, com a participação de mais atores, e menos tecnocrática (AULER, 2003, p. 3).

Essa preocupação motivou examinar sugestões da literatura que ajudassem a delimitar e organizar o conteúdo de Química a ser desenvolvido para alunos adultos, bem como selecionar atividades práticas a serem realizadas.

2.2.1. OS CURRÍCULOS CTS

Pinheiro *et al.* (2007) destacam que, desde seu início no campo educativo, o movimento CTS trata de investigação e ação social. Para tanto, os autores reforçam que é preciso “renovação na estrutura curricular dos conteúdos, de forma a colocar a ciência e tecnologia em novas concepções vinculadas ao contexto social” (p. 74).

²⁵ AIKENHEAD, Glen S.; STL and STS: common ground or divergent scenarios? In: JENKINS, Edgar (Ed.). **Innovations in science and technology education**. vol. VI. Paris: UNESCO Publishing, p. 77-93, 1997.

²⁶ Letramento Científico e Tecnológico.

²⁷ LUJÁN, J. L. et al. **Ciencia, Tecnología y Sociedad**: Una Introducción al Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología. Madrid: TECNOS, 1996.

²⁸ AIKENHEAD, G. S. e RYAN, A G. The Development of a New Instrument: “Views on Science-Technology-Society” (VOSTS). **Science Education**, v. 76, n. 5, p. 477-491, 1992.

²⁹ ACEVEDO-DÍAZ, J. A. A. Educación tecnológica desde una perspectiva CTS: Una breve revisión del tema. **Alambique**: Didáctica de las Ciencias Experimentales. Barcelona, año II, n.3, Enero, 1995.

³⁰ ACEVEDO DÍAZ, J. A. A. La Tecnología em las Relaciones CTS. Una Aproximación al Tema. **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona, v. 14, n. 1, p. 35-44, 1996.

³¹ ACEVEDO-DÍAZ, J. A. **Publicar ou Patentear?** Hacia una Ciencia cada vez más ligada a La Tecnología. www.campus-oei.org/salactsi/acevedo4.htm, 18 de agosto de 2001.

Os objetivos a serem seguidos, segundo Medina e Sanmartín³² (1990, *apud* Pinheiro *et al.*, 2007), quando se pretende incluir esse enfoque no contexto educativo são: questionar as formas herdadas de estudar e atuar sobre a natureza, as quais devem ser objetos de constantemente reflexão; questionar a distinção convencional entre conhecimento teórico e conhecimento prático; combater a segmentação do conhecimento, em todos os níveis de educação; promover autêntica democratização do conhecimento científico e tecnológico, de modo que a democracia não só se difunda, mas que se integre na atividade produtiva das comunidades de maneira crítica (p. 74).

Designado por Robert³³ (1991, *apud* Santos e Mortimer, 2002) de “Ciência no contexto social”, os currículos CTS são “aqueles que tratam das inter-relações entre explicação científica, planejamento tecnológico e solução de problemas, e tomada de decisão sobre temas práticos de importância social” (p. 3). As concepções de ciência, sociedade, aluno e professor dentro do enfoque CTS são: *ciência* como atividade humana que tenta controlar o ambiente e a nós mesmos, e que é intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais; *sociedade* que busca desenvolver, no público em geral e também nos cientistas, uma visão operacional sofisticada de como são tomadas decisões sobre problemas sociais relacionados à ciência e tecnologia; *aluno* como alguém que seja preparado para tomar decisões inteligentes e que compreenda a base científica da tecnologia e a base prática das decisões; *professor* como aquele que desenvolve o conhecimento de e o comprometimento com as inter-relações complexas entre ciência, tecnologia e decisões (p. 3, grifo dos autores).

O professor, nesse contexto, adquire crucial importância pois as mudanças a serem efetivadas em relação aos currículos tradicionais vão muito além de simplesmente “maquiar currículos com ilustrações do cotidiano”. Contemplam-se nesses currículos desde “a preocupação com a formação de atitudes e valores em contraposição ao ensino memorístico de pseudopreparação para o vestibular”, integram “a abordagem temática em contraposição aos

³² MEDINA, M.; SANMARTÍN, J. El programa Tecnología, Ciencia, Natureza y Sociedad. In: **Ciencia, Tecnología y Sociedad**: estudos interdisciplinares en la universidad, en La educación y en la gestión pública. Barcelona: Anthropos, 1990.

³³ ROBERTS, D. A. What counts as science education? In: FENSHAM, P., J. (Ed.) **Development and dilemmas in science education**. Barcombe: The Falmer Press, 1991.

extensos programas de ciências alheios ao cotidiano do aluno” e passam por um “ensino que leve o aluno a participar, em contraposição ao ensino passivo, imposto sem que haja espaço para a sua voz e suas aspirações” (SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 18). Os autores, apoiados em diversos autores da bibliografia internacional reafirmam a relevância do papel do professor e a necessidade de formação de professores para utilizar currículos CTS.

Pacca e Villani (2000) ressaltam, entre outros, o importante papel do professor na interação com os alunos. Chamada pelos autores de *competência dialógica*, refere-se à capacidade de estabelecer e conduzir uma interação pessoal com os alunos, levando-os a se envolver no processo de aprendizagem e a uma posição pessoal autônoma frente ao conhecimento científico. “A competência dialógica do professor parece ser fundamental nesse processo”; isso implica a disponibilidade de acompanhar, em estreita colaboração, as atividades e o modo de pensar dos alunos, avaliando e orientando a aprendizagem, afastando-se quando necessário, para que os alunos possam adquirir suas próprias perspectivas. Dessa forma, “a interação no processo de ensino-aprendizagem deve garantir a dinâmica que caracteriza a construção do conhecimento” (PACCA e VILLANI, 2000, p. 96, grifo dos autores).

A competência dialógica mencionada ajuda a aproximar e desenvolver o movimento CTS dentro de escolas de EJA, sobretudo no caso dos CEES. O professor pode acompanhar seu aluno, interagir com ele e propiciar reflexão sobre funções aplicadas, éticas e econômicas do conhecimento científico.

Freire e Shor (1987) denunciam o caráter dos currículos oficiais, e os efeitos provocados nos professores e alunos que, com certeza, atuam no enfraquecimento do ensino que leve à participação e ao fortalecimento da cidadania.

A estrutura do conhecimento oficial é também a estrutura da autoridade oficial. É por isso que predominam o programa, as bibliografias e as aulas expositivas como formas educacionais para conter os professores e os alunos nos limites do consenso oficial. O currículo passivo baseado em aulas expositivas não é somente uma prática pedagógica pobre. É o modelo de ensino mais compatível com a promoção da autoridade dominante na sociedade e com a desativação da potencialidade criativa dos alunos (FREIRE & SHOR, 1987, p. 21).

Freire (1996), ao tratar do saber indispensável à prática docente e dos intrínsecos elos dessa ação, reafirma a “impossibilidade de desunir o ensino dos conteúdos da formação ética dos

educandos. De separar prática de teoria, autoridade de liberdade, ignorância de saber, respeito ao professor de respeito aos alunos, ensinar de aprender” (FREIRE, 1996, p. 106).

Muitas propostas de ensino dos currículos CTS se articulam, em vários pontos, com a pedagogia crítica de Paulo Freire. Nascimento e Von Linsingen (2006) exploram três pontos de convergência que são: (i) abordagem temática e a seleção de conteúdos e materiais didáticos; (ii) perspectiva interdisciplinar do trabalho pedagógico e o papel da formação de professores; (iii) papel do educador no processo de ensino-aprendizagem e na formação para o exercício da cidadania (p. 97). Os autores acreditam que articulações entre propostas de ensino CTS e a pedagogia crítica de Freire possam resultar em ganhos para os alunos e sua formação crítica.

Para Pinheiro *et al.* (2007), os enfoques educativos dos currículos CTS abrem novas possibilidades para o ensino-aprendizagem e o trabalho em sala de aula se modifica a partir das interações entre professores e alunos e da construção de novas concepções de ciência e tecnologia.

2.2.2. OS TEMAS SOCIAIS

Aikenhead³⁴ (1994, *apud* Santos e Mortimer, 2002) ressalta que os materiais de ensino numa abordagem CTS se organizam nas seguintes etapas: (1) introdução de um problema social; (2) análise da tecnologia relacionada ao tema social; (3) estudo do conteúdo científico definido em função do tema social e da tecnologia introduzida; (4) estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado e (5) discussão da questão social original (SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 12-13).

O que se faz, metodologicamente, nesses currículos é: “parte-se dos temas sociais para os conceitos científicos e destes retorna-se aos temas”, segundo Santos³⁵ (1992, *apud* Auler, 2007, não paginado).

Auler (2007) coloca que há razoável consenso em defesa de configurações curriculares “pautadas em abordagens por temas/problemas de relevância social, no âmbito do

³⁴ AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J., AIKENHEAD, G. **STS education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994.

³⁵ SANTOS, W. L. P. **O Ensino de Química para Formar o Cidadão**: Principais Características e Condições para a sua Implantação na Escola Secundária Brasileira. Campinas: UNICAMP. 1992. Dissertação. (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade de Campinas, 1992.

enfoque CTS” (p. 2). Santos (1992), ao fazer levantamento bibliográfico sobre o movimento CTS no campo educacional, destaca:

A inclusão de temas sociais é recomendada por todos os artigos revisados, sendo justificado pelo fato de eles evidenciarem as inter-relações entre os aspectos da ciência, tecnologia e sociedade e propiciarem condições de desenvolvimentos nos alunos de atitudes e tomadas de decisão (SANTOS, 1992, p. 139 *apud* AULER, 2007, não paginado).

Cachapuz³⁶ (1999, *apud* Auler, 2003) denomina de *Ensino de Ciências no Pós-Mudança Conceitual* como uma nova orientação de educação em Ciências, que não se limita a construção de conceitos mas toma como ponto de partida para a aprendizagem as ‘situações-problema’, de preferência aquelas relativas a contextos reais. Em termos de organização curricular, esta nova orientação aponta para a valorização de ensino CTSA, “em particular a variante Ambiente/Ciência/Sociedade (A/C/S), em que as “‘envolventes’ como ‘Ambiente’ e ‘Sociedade’ não surgem como meras aplicações, mas, ao contrário, como ponto de partida””. O autor reforça que nesta orientação “está incorporada a dimensão axiológica (relativo à ética e aos valores)” (CACHAPUZ, 1999, *apud* AULER, 2003, p. 7- 8, grifo do autor).

2.2.3. O TEMA GEOLÓGICO- CONTRIBUIÇÕES PARA A VISÃO AMBIENTAL

A temática ambiental tomada a partir dos estudos da Terra complementa preocupações do movimento CTS. Carneiro *et al.* (2004) defendem a inclusão de temas geológicos que podem ser adotados tanto no ensino fundamental e médio. Os autores ressaltam que isso se deve à crescente interação das atividades humanas com a dinâmica do meio natural e o crescente aumento populacional dos séculos XX e atual. Assim reforçam os autores:

A complexidade de ambas – as atividades humanas e a dinâmica natural – determinam que as questões de natureza ambiental passem a integrar o corpo de conhecimentos básicos que uma pessoa deveria possuir, para exercer, ao longo de sua vida, aquilo que se entende por cidadania responsável e consequente (CARNEIRO *et al.*, 2004, p. 553).

O desenvolvimento de cultura geológica, para Carneiro *et al.* (2004), “estende-se para além do mero domínio dos avanços de Ciência & Tecnologia, por ser via de mão dupla: permite trazer o mundo real para a sala-de-aula e, sobretudo, permite levar a sala-de-aula para o mundo

³⁶ CACHAPUZ, A F. Epistemologia e Ensino das Ciências no Pós-Mudança Conceptual: Análise de um Percorso de Pesquisa. *Atas do II ENPEC*, Valinhos, 1999.

real”. Com isso, busca-se “um ensino mais prático e eficaz, apoiado em realidade vivencial”, possibilitando “que as pessoas contem com essa bagagem ao longo de toda a vida” (CARNEIRO *et al.*, 2004, p. 553).

Compiani (2005) citando autores como Paschoale³⁷ (1989); Compiani e Paschoale³⁸ (1990), fala-nos da contribuição da Geologia na formação de uma visão da natureza e do planeta que colabora para formação dos alunos nas questões ambientais:

A crise sócio-ambiental obriga-nos a um entendimento, o mais claro e global possível, da interdependência sociedade/ natureza. A Geologia tem papel de destaque junto às Ciências para formar uma visão de natureza abrangente, histórica e orgânica, pois, em função de ser um tipo específico de racionalidade que explica o planeta, auxilia a compreensão da dinâmica da própria interação dos seres humanos com seu habitat. Isso permite levar os alunos a serem conscientes da história e do desenvolvimento do planeta, permitindo também pensar os interesses e o papel dos seres humanos, organizados socialmente, nas transformações do ambiente (COMPIANI, 2005, p.18).

Coerente com argumentos levantados por Carneiro *et al.* (2004) e Compiani (2005) sobre os problemas vividos pela escola devido à desvinculação entre o “mundo da vida” e o “mundo da escola” (grifo nosso), Forgiarini e Auler (2009) explicam que o “‘mundo da vida’, marcado por problemas, por temas polêmicos e/ou sociais, pela crise social do desemprego, pela fome, pela violência” e que, por isso, citando Forgiarini³⁹ (2006), “há a necessidade de ‘mexer’ no currículo, torná-lo mais sensível diante de temas e problemas contemporâneos marcados pela Ciência-Tecnologia (CT)” (p. 400). Sugerem os autores, frente a essa proposição, “que o ‘mundo da vida’ adentre o ‘mundo da escola’ mediante configurações curriculares baseadas em temáticas contemporâneas vinculadas à comunidade escolar” e ainda mais, “que os componentes curriculares contribuam para a compreensão e problematização de problemas sociais/loais, visando seu enfrentamento e, se possível, sua superação” (FORGIARINI e AULER, 2009, p. 400, grifo dos autores).

³⁷ PASCHOALE, C. **Geologia como semiótica da Natureza**. 1989. 138 p. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica, São Paulo.

³⁸ COMPIANI, M.; PASCHOALE, C. Geologia como forma de conhecimento sintético e histórico sobre o planeta e sua adequação ao ensino de Ciências. In: SIMP. ENS. GEOL., 6., 1990, Tenerife- Espanha. **Anais...** Tenerife: Universidad de la Laguna, 1990.

³⁹ FORGIARINI, M. Aproximação entre o “mundo da escola” e o “mundo da vida”: uma reformulação curricular na EJA. Em: **Anais do VI Encontro sobre Investigação na Escola**. Rio Grande: RS, 2006.

Carneiro *et al.* (2004) reforçam os aspectos do conhecimento geológico que podem ajudar no desenvolvimento da cidadania e na superação da fragmentação nos currículos escolares integrando-se a outras disciplinas para compor a totalidade: ambiente, natureza e planeta.

O conhecimento de Geologia proporciona compreensão mínima do funcionamento do planeta e lança as bases do efetivo exercício da cidadania. Para atingir os objetivos pretendidos de formar cidadãos conscientes, capazes de avaliar e julgar as atividades humanas que envolvem a ocupação e o uso do ambiente e dos materiais naturais, é necessária a introdução de Geologia/Geociências como ciência integradora da Física e da Química e que inclui muitos aspectos biológicos, não como fragmentos, tal como é sugerido nos PCNEM, mas como um todo íntegro (CARNEIRO *et al.*, 2004, p. 559).

Morin (2005) explica como organizar o conhecimento para ligar as disciplinas e conduzir ao entendimento global: “o processo é circular, passando da separação à ligação, da ligação à separação, e, além disso, da análise à síntese, da síntese à análise” e conclui “o conhecimento comporta, ao mesmo tempo, separação e ligação, análise e síntese (p. 25). Para ultrapassar os limites analíticos recorre-se às novas ciências capazes de responder as inquietações humanas a fim de entender: o cosmo, a natureza, a vida e, a rigor, o ser humano. Ecologia, Ciências da Terra, Cosmologia são disciplinas com essa perspectiva, segundo Morin (2005) pois:

[...] são poli ou transdisciplinares: têm por objeto não um setor ou uma parcela, mas um sistema complexo, que forma um todo constituído, a partir de interações, retroações, inter-retroações, e constituem complexos que se organizam por si próprio. Ao mesmo tempo, ressuscitam entidades naturais: o Universo (Cosmologia), a Terra (ciências da Terra), a natureza (Ecologia), a humanidade (pela visão em perspectiva da nova Pré-história do processo multimilênar de hominização) (MORIN, 2005, p. 26-27).

Carneiro *et al.* (2004) afirma que a Geologia oferece “formação sobre causas dos riscos geológicos e suas consequências para a humanidade” (p. 553). Além disso, os autores salientam o importante caráter interdisciplinar de Ciência do Sistema Terra (CST) para favorecer currículos:

Em Ciência do Sistema Terra, barreiras disciplinares tradicionais foram derrubadas para propiciar novos campos integrados de pesquisa para o estudo das chamadas “mudanças globais”. O enfoque sistêmico de CST favorece currículos de Educação Básica capazes de articular o entendimento dos processos naturais com o das atividades humanas. A idéia de risco geológico possui profundas raízes nessas relações; sua apropriação didática contribuirá significativamente para o entendimento do papel do Homem no funcionamento do planeta (CARNEIRO *et al.*, 2004, p. 555).

Cuelo Gijón (1988) esclarece o papel da Geologia no estudo do meio, em que “todos os elementos e recurso do entorno formam parte de um complexo sistema de ciclos biológicos e geológicos, de modo que qualquer estudo do meio é um problema interdisciplinar” (p. 378). A Geologia, “oferece uma base essencial sobre a qual se pode estruturar esse estudo” (idem). E explica que essa ciência se fundamenta em três características: (1) oferece uma “visão dinâmica da realidade e uma teoria que fundamenta esse dinamismo”; (2) possui uma “concepção tridimensional do espaço permitindo-lhe uma análise mais global”; (3) faz uso de um “sistema de técnicas de trabalho especialmente útil para a apresentação e interpretação espacial multifatorial” (p. 378).

Gostaria de assinalar que os temas geológicos oferecem modos de aproximar temas da Química para compreender a natureza. Nós professores de Química temos pouquíssimo acesso a conhecimentos que dizem respeito ao funcionamento da natureza. Mozeto e Jardim (2002) reivindicam a relevância da Química Ambiental para o ensino: “todas as questões abordadas que digam respeito a processos naturais e/ou afetados por ações antrópicas, quer da atmosfera, hidrosfera e geosfera/pedósfera, têm que ser tratadas de forma holística e integrada” e “esse tratamento foge do tratamento convencional, ligados a fenômenos de laboratório” (MOZETO e JARDIM, 2002, p. 8) que tem sido o mais conveniente, o privilegiado. Além de se pensar na integração entre áreas do conhecimento para dar conta da complexidade dos sistemas ambientais, é necessário que projetos de pesquisa dessa área adquiram caráter inter-multidisciplinar “pois passam a ser desenvolvidos em cooperação com diversos outros profissionais da Biologia, Ecologia e Geologia, entre outros” (idem, p. 7).

As referências citadas serviram para organizar, contextualizar, selecionar e sequenciar os conteúdos de Química por meio da Ciência do Sistema Terra. Na tentativa de oferecer ensino de Ciências com abordagens interativas que perseguiu uma atitude dialógica e que possa possibilitar a compreensão mais abrangente e integrada do ambiente em que vivemos.

CAPÍTULO 3. A INOVAÇÃO CURRICULAR

As propostas de ensino de Ciências apresentadas a seguir abrem um panorama para perspectivas diferenciadas do ensino tradicional com possibilidades de um ensino contextualizado, que busca temas de interesse dos alunos para motivá-los à aprendizagem, para a compreensão e aproximação da vida real, que busca construir um diálogo constante entre educando e educador e fortalecer elos afetivos e de aprendizagem. Busca também a não-fragmentação do ensino para o entendimento mais global do mundo em suas relações de complexidade; ajuda a desvendar as reais motivações das construções humanas no que diz respeito à ciência e à tecnologia e, acima de tudo, tem o propósito de formar cidadãos pois propõe o exercício de participação e a tomada de decisão pelos estudantes em questões que envolvem ciência e tecnologia.

A experiência didática mostra que os alunos geralmente possuem fraca percepção da natureza no ambiente urbano. O esforço empreendido por este trabalho está vinculado à tentativa de aproximar o olhar do estudante para a natureza. Nos limites da exposição indicamos que o conhecimento químico é intrinsecamente artificial; é uma perspectiva analítica para examinar certos fenômenos parametrizados para tratamento em laboratório. Gonçalves (2000) assinala a diferença entre ciências experimentais e históricas. Uma utiliza os procedimentos analítico, indutivo e dedutivo enquanto a outra enfatiza o uso de raciocínios abduzidos, permitindo compreender o planeta e o ambiente de modo integrado.

Pretendeu-se utilizar parcela desses parâmetros para conduzir o olhar do estudante para a natureza e, ao mesmo tempo, contribuir para conscientizar os alunos sobre como o conhecimento da Terra aclara a presença da natureza no ambiente urbano e ajuda a resolver problemas cotidianos.

3.1. METODOLOGIA DE ENSINO DA INOVAÇÃO CURRICULAR

A construção da inovação curricular seguiu uma trajetória que buscou, em primeiro lugar, um tema que tivesse um componente social de relevância e interesse dos alunos da EJA. Pensou-se que o tema moradia atendesse a esses requisitos já que a moradia é um problema e, pode-se dizer, um projeto de vida, planejado e sonhado pela maioria dos alunos. A história dos

moradores de Cajamar, que perderam ou tiveram casas danificadas devido ao colapso de solos gerado por um evento natural, serviu de inspiração para construir a inovação. A história pareceu ser adequada pois atendia à expectativa de focar o ambiente terrestre.

O segundo momento foi pensar na organização dos conteúdos curriculares em função dessa temática social e ambiental. Os conteúdos de Química foram selecionados e organizados para explicar um evento natural e portanto sob a perspectiva de uma interação de disciplinas (Geologia, Geografia, Sociologia e História) para fornecer a visão mais integrada possível do ambiente natural. Trata-se de um modo de vincular os conhecimentos escolares para discutir e interpretar os fenômenos do cotidiano.

Para ajudar na compreensão de eventos naturais ligados à dinâmica terrestre, alguns caminhos trilhados mostraram-se essenciais: um deles foi o meu contato com duas disciplinas cursadas no Instituto de Geociências da Unicamp, que contribuíram para a visão geológica do ambiente e o outro foi o contato com a bibliografia indicada. Dois livros de Geologia Introdutórios, Press *et al.* (2006) e Teixeira *et al.* (2000), foram importantes para entendimento do sistema cárstico⁴⁰ e um artigo técnico de Geologia de Engenharia exposto em congresso na época do evento em pauta (Prandini *et al.*, 1987), ajudou a revelar as particularidades do fenômeno, além de visita ao local e conversa com um dos moradores das casas afetadas.

O outro caminho importante para a construção da inovação curricular foi o meu contato com o currículo de Ciências da Terra denominado *Investigando a Terra*, elaborado pelo ESCP (1973). Dentre os objetivos desse projeto encontra-se que “destina-se a um curso integrado, interdisciplinar de ciências e em sua elaboração foram observados vários critérios, dentre os quais um estreito relacionamento do aluno com o meio natural em que vive, a Terra” (ESCP, 1980, p. 1). No livro, são utilizados os conhecimentos teóricos e metodológicos de várias áreas, principalmente Física, Química e Geologia para o entendimento dos fenômenos naturais.

⁴⁰ Sistema Cárstico: sistema constituído por três componentes principais, que se desenvolvem de maneira conjunta e interdependentes: 1) sistemas de cavernas – formas subterrâneas acessíveis à exploração; 2) aquíferos de condutos – formas condutoras de água subterrânea; 3) relevo cárstico – formas superficiais. São formados pela dissolução de certos tipos de rochas pela água subterrânea. Considera-se rocha solúvel aquela que ao sofrer intemperismo químico produz pouco resíduo insolúvel. Entre as rochas mais favoráveis à carstificação encontram-se as carbonáticas (calcários, mármore e dolomitos, por exemplo) cujo principal mineral calcita (e/ou dolomita), dissocia-se nos íons Ca^{+2} e/ou Mg^{+2} e CO_3^{2-} pela ação da água. Os calcários são mais solúveis que os dolomitos, pois a solubilidade da calcita é maior que a da dolomita (TEIXEIRA *et al.*, 2000, p. 130).

No material didático, muitos exemplos encontrados, de integração das disciplinas, serviram de orientação para a construção da inovação curricular. Além disso, o livro utiliza uma linguagem coloquial e que contribui para o entendimento do assunto exposto, além de valorizar a compreensão dos fenômenos ocorridos no meio natural, sem excesso de termos técnicos e abordagem acadêmica. A metodologia utilizada no material, a abordagem interdisciplinar, a linguagem coloquial e a importância de compreender os fenômenos serviram de inspiração para construção do texto da inovação curricular pois acredita-se que, para um aluno da EJA o material didático precisa ser o mais facilitador possível. A metodologia empregada no material didático do projeto norte-americano pareceu-me ser adequado para os alunos e para o propósito do estudo enfocado. Além disso, o material serviu de orientação para organizar a sequência dos conteúdos, tendo sido perseguido o entrelaçamento contínuo e crescente ao longo dos capítulos (currículo em espiral).

Os conteúdos de Química que poderiam colaborar no estudo do sistema natural, em geral, e no colapso de Cajamar, em particular, foram pesquisados em livros didáticos de Química para o ensino médio. As reações de formação de cavernas em ambientes cársticos, por exemplo, foram encontradas em conteúdos como: equilíbrio químico em Santos e Mol (2005, p. 472), Peruzzo e Canto (2002, p. 371), reações reversíveis em GEPEQ (1998, p. 89), e solubilidade em Mortimer e Machado (2002, p. 207). Optei por adotar o modelo da solubilidade pois a caverna constitui-se como sistema aberto tanto em relação à matéria quanto para a energia. A dinâmica da caverna, em que ocorrem trocas constantes de matéria e energia em processos cíclicos é chamada em Geologia de equilíbrio dinâmico. Então, adotei o estudo do modelo da solubilidade como ponto de partida para explicar as transformações que modelam o sistema cárstico, bem como a concepção de natureza a partir da visão das Geociências (ESCP, 1980, p. 4-5). Este conceito se aproxima da ideia de *equilíbrio no ambiente natural* exposto por Rosa e Rocha (2003): se o equilíbrio for “deslocado por algum impacto, o ambiente sempre reagirá de forma a atingir outro estado de equilíbrio, trocando matéria e energia entre os reservatórios” (ROSA e ROCHA, 2003, p.17). Tal visão de ambiente é coerente com a interpretação de Amaral (2006, p. 116) que atribui às Geociências uma ideia de transformação natural que se dirige para o equilíbrio.

Nesse método de exposição dos conteúdos, buscando-se a não-fragmentação dos mesmos e sim a exposição dos conteúdos diante da dinâmica em curso, espera-se contribuir para uma visão global do que acontece no ambiente em contínua transformação em função de leis naturais e refletir sobre a interação do homem nessas dinâmicas e equilíbrio. Para tanto foi feita a aproximação de duas áreas do conhecimento, Química e Geologia, a fim de tornar mais claras as complexas interações do meio natural. O entendimento da transformação da matéria, sua conservação e dinâmica natural e o conceito do Tempo Geológico⁴¹, explorados na inovação curricular, podem dar sentido à necessidade do uso racional dos recursos disponíveis na crosta terrestre pela humanidade. A forma desequilibrada e inconsequente de extração de água subterrânea no local estudado podem ser alerta para conscientizar os alunos sobre o desconhecimento do meio físico e sobre o descaso diante do ambiente por causa de demandas econômicas, políticas e sociais. O conhecimento das ciências voltado para a compreensão da Terra em sua dimensão sistêmica deve contribuir para o aluno refletir sobre inter-relações existentes das esferas terrestres (atmosfera, hidrosfera, crosta e antroposfera) e perceber que é preciso conhecer essas dinâmicas.

Outra referência utilizada foi o material didático Chem-Study (Chemical Educational Material Study), projeto educacional de ensino de Química para o nível médio, já mencionado neste trabalho, que valoriza a compreensão dos fenômenos químicos, linguagem acessível e experimentação. A compreensão do fenômeno de solubilidade, baseada no modelo microscópico exposto nesse material e também no livro didático para o ensino médio de Mortimer e Horta (2002) contribuíram para delimitar o programa da inovação curricular. Na segunda parte da atividade curricular, a utilização do modelo microscópico da partícula nos seus estados físicos sólido, líquido e gasoso apóia o estudo das transformações utilizando o modelo entrópico, envolvendo os estados mais favoráveis para a ocorrência de uma transformação a partir da energia envolvida. O estudo da entalpia da reação de dissolução e formação da rocha carbonática serviu para explicar as transformações ocorridas no sistema natural aqui estudado, bem como outros conceitos químicos que foram revisados e estruturados no percurso.

⁴¹ Tempo Geológico: (1) Uma linha de tempo baseada em uma *sucessão estratigráfica* que fornece um registro geológico da história de uma região. (2) O intervalo de tempo desde que a Terra se formou (PRESS *et al.*, 2006). As divisões do tempo geológico, em ordem decrescente de importância são: Era, Período, Época (LEINZ e LEONARDOS, 1977).

As atividades práticas realizadas pelos alunos foram chamadas no material didático elaborado de *investigação*⁴². Têm o propósito de fazer aproximação com os materiais da litosfera despertando interesse e curiosidade e proporcionam reconhecimento de algumas propriedades que permitem identificá-los e diferenciá-los e que ajudam na compreensão do fenômeno naturais estudado. Outro propósito foi permitir que os alunos tivessem contato e pudessem manipular alguns instrumentos de medida tais como balança, vidrarias de laboratório, etc.; segundo defendem Bonito e Trindade (1999, p. 304) as atividades de laboratório são oportunidades para desenvolver atitudes científicas nos alunos, que podem perseguir o rigor e a cautela para medir, pesar etc. e, com base em suas observações, generalizar ideias. Isso inclui introduzir honestidade intelectual e abertura de espírito nos alunos. Além disso, os experimentos podem ser importante ferramenta metodológica para compreender conceitos em estudo a partir de dados e observações. Preocupei-me em buscar experimentos que pudessem “guardar relações de similaridade” com a problemática estudada, arquitetando conceitos relevantes que “emergem em um contexto epistemologicamente significativo” (GIORDAN, 1999, p. 47). No contexto ambiental, experimentos que possam representar, minimamente, a dinâmica natural em sua diversidade de variáveis, podem ajudar na construção desse olhar. O experimento utilizado para essa proposição foi retirado de Farias e Pinto (2005) e simula a dissolução do calcário frente a variáveis de pH e temperatura. Parte da ideia de que a experimentação escolar não tem o intuito de reproduzir a atividade do cientista, mas contribui para o diálogo com o conhecimento teórico; promove discussão e debate em um processo de socialização do conhecimento entre os pares (GIORDAN, 1999, p. 46).

Fiz uma programação que alterou o vínculo dos alunos com o currículo tradicional da escola e deslocou-os para acompanharem a nova proposta. Isso foi feito em determinado momento que corresponderia, na escola tradicional, ao terceiro semestre cursado pelos alunos da EJA. O roteiro conta com três partes distintas: a primeira é o relato resumido do fenômeno ocorrido em Cajamar, a segunda parte é composta do estudo químico do caso para o entendimento do fenômeno ali ocorrido e a terceira parte contém um relato de extração de água subterrânea na Região Metropolitana de Curitiba. Nos dois locais (Cajamar-SP e Curitiba-PR) os

⁴² Tratam-se de atividades práticas, ou de laboratório, realizadas pelo aluno, em que o mesmo manipula materiais a fim de observar e analisar características, propriedades, fenômenos e transformações.

problemas ambientais estão diretamente associados ao substrato rochoso formado por rochas carbonáticas.

O modelo da escola requer como estratégia a leitura e estudo prévio dos alunos do material de estudo, e assim procedeu-se. Na proposta de inovação, o aluno faz o estudo prévio das partes do roteiro, em local de sua livre escolha. A cada parte estudada o aluno apresenta-se a mim e como professora, oriento, interfiro, faço ajustes, esclareço, explico, discuto e provoco discussões.

A segunda parte do roteiro de inovação curricular é a mais extensa e foi construída objetivando caminhos metodológicos para o entendimento de conceitos químicos para explicar fenômenos naturais e sociais ocorridos em Cajamar. Isso envolve entender a dinâmica e exploração de água que pode ter desencadeado o colapso. Para tanto se procurou desencadear uma sequência de conteúdos mostrando os caminhos percorridos pela água através da atmosfera, hidrosfera e crosta, alcançando o mar. Nesse percurso, a água interage com várias substâncias, sofre transformações que lhe conferem propriedades novas, permitindo a formação de ambientes como o sistema cárstico, contendo água subterrânea, grutas, cavernas, dolinas, estalactites e estalagmites. A partir daí explora-se a continuidade do caminho percorrido por uma partícula fictícia para mostrar o ciclo da rocha carbonática e as relações sistêmicas existentes na natureza. O ciclo da água é bastante enfatizado durante o percurso da inovação. O programa foi dividido em momentos.

Primeiro momento: Leitura da história ocorrida em Cajamar em que uma extensa cratera se formou e levou consigo algumas casas de um bairro popular (tema social e geológico).

Segundo momento: o estudo em casa dos itens: as rochas, o movimento, a solubilidade, a tentativa de resolução dos exercícios propostos e pesquisa sobre calcários (estudo inicial para entender o evento ocorrido).

Terceiro momento: comparecimento à escola para fazer as atividades de laboratório, discussão dos exercícios propostos e esclarecimento das dúvidas, entrega do levantamento sobre calcário ou fazê-lo na escola com material fornecido pelo professor (estudo para entender o evento ocorrido).

Quarto momento: estudo em casa dos itens: a água passando pelo solo, a água chegando à rocha carbonática, o carste e tentativa de resolução dos exercícios propostos (estudo para entender o evento ocorrido).

Quinto momento: comparecimento à escola para fazer a atividade prática proposta no roteiro, discussão dos exercícios e esclarecimento de dúvidas (estudo para entender o evento ocorrido).

Sexto momento: estudo em casa dos itens: a caverna, a conservação, o tempo e tentativa de resolução dos exercícios propostos (estudo para entender o evento ocorrido).

Sétimo momento: comparecimento à escola para fazer a atividade prática proposta no roteiro, discussão dos exercícios e esclarecimento de dúvidas (estudo para entender o evento ocorrido).

Oitavo momento: leitura, resolução das questões propostas a partir da leitura e discussão do texto sobre a história de extração de água subterrânea da região metropolitana de Curitiba (retorno ao tema social e geológico).

Nono momento: realização da avaliação final, correção e discussão da mesma, que contém questões relativas ao tema social e geológico e os conteúdos químicos. Inclui verificação e reforço aos conhecimentos propostos.

O roteiro contém 18 exercícios que devem ser feitos em casa ou na escola, dependendo da disponibilidade de horário e local do aluno. Todos os exercícios devem ser discutidos e corrigidos por mim a cada sessão presencial e esses são momentos em que atuo explicando, solucionando dúvidas e construindo a aprendizagem junto com o aluno. Há quatro atividades práticas (que foram chamadas de investigação A, B, C e D) e um levantamento sobre a utilização do calcário que deve ser feito em casa ou na escola, depois discutido comigo como forma de incentivar a pesquisa escolar para obtenção, discussão e troca de informação. O roteiro também conta com onze figuras (fotos, mapas e figuras representativas dos modelos microscópicos em estudo), duas tabelas e um glossário que colaboram na construção do conhecimento.

A terceira parte do roteiro da inovação apresenta relato de extração de água subterrânea. A história foi retirada de Lopes (2002). Relata o impacto da extração predatória de

água subterrânea do aquífero cárstico na Região Metropolitana de Curitiba. A diminuição da produção de água re-equilibrou as dolinas e cessou o colapso de superfície. O que se pretendeu, em termos educacionais, foi comparar dois casos de locais distintos.

A inovação foi aplicada a seis alunos com idade variando de 31 a 48 anos. Suas profissões são: motorista de ônibus intermunicipal, retificador de motor, autônomo em serviços para informática, motorista de caminhão, operador de máquina em indústria de artefatos plásticos. Um dos alunos é deficiente visual e todo material didático foi traduzido para Braille e algumas atividades foram adaptadas considerando sua limitação perceptiva.

Ao final da atividade, foi aplicada uma avaliação aos alunos. Em primeiro lugar, visa cumprir as funções de certificação atribuídas à escola. Em segundo, verificar e reforçar os conhecimentos propostos através de diálogos efetuados na interação professor-aluno, bem como ter indicação do aproveitamento do ensino, aprendizagem e adequação a interesses e necessidades dos alunos.

3.2. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO CURRICULAR

3.2.1. PRIMEIRA PARTE: O TEMA SOCIAL E GEOLÓGICO

A construção de texto, entregue aos alunos, relata a história ocorrida na cidade de Cajamar no ano de 1986, onde extensa “cratera” foi formada no bairro Lavrinhas, levando consigo algumas casas construídas no local. Esse texto foi utilizado como tema social e geológico. Geologicamente o que ocorreu foi à subsidência de uma dolina em carste⁴³ coberto. A circulação de solução ácida formada pela interação da água da chuva com o gás carbônico do ar e do solo é o ponto de partida de uma série de reações químicas que formam e modificam cavernas. Segundo relato de Ponçano e Santos (2002, p. 60-65), na avaliação da equipe técnica composta de geólogos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e do exterior, uma das principais causas deve-se a retirada excessiva de água subterrânea. Naquele ano, 1986, uma fábrica de bebidas instalada no local expandiu acentuadamente a produção e somado ao volume extraído pela empresa de abastecimento de água da cidade, houve grande demanda de extração de água

⁴³ Carste: Tradução do termo alemão *karst*, originado da palavra *krarz*, denominação dada pelos camponeses a uma paisagem da atual Coácia e Eslovênia (antiga Iugoslávia), marcada por rios subterrâneos com cavernas e superfície acidentada dominada por depressões com paredões rochosos e torres de pedra (TEIXEIRA *et al.*, 2000, p. 130).

subterrânea. Os técnicos não conseguiram definir a responsabilidade civil pelas perdas materiais ocorridas devido ao colapso do carste, mas indicaram a necessidade de monitoramento das dolinas e suspensão de extração de água em poços e pedreira. A interpretação “atual” do problema sugere que foi esse excesso de exploração a causa imediata do colapso.

Durante a atividade didática, foi assinalado que em 1986 implantou-se o Plano Cruzado. Na época, houve congelamento de preços e aumento da capacidade de compra da população. Isso implicou o aumento do consumo. A fábrica de bebidas construiu nova unidade para atender à demanda e isso gerou super exploração de água subterrânea. Dessa forma, anedoticamente, diz-se que o Plano Cruzado foi, em última instância, a causa do colapso do carste.

Essa parte do roteiro contou com pequeno glossário de termos geológicos que aparecem na narrativa histórica do colapso e perda de moradias ocorridas em 1986. Nessa primeira parte da inovação, os alunos somente lêem a história.

Inicialmente não se objetivava, com a atividade, explorar o conceito de *Tempo Geológico*, já que demandaria muito tempo e implicaria deixar de tratar outros conteúdos considerados prioritários. Porém, o que se percebeu ao longo da inovação, é que esse conceito foi sendo construído na interação com os alunos. O contexto do fenômeno do colapso de Cajamar implicou a explicação de ideias de tempo por causa do interesse dos alunos. A Escala do Tempo Geológico foi consultada em alguns momentos.

O conceito de dolina, embora possa ser considerado específico em termos de tópico de Geologia Introdutória, foi crucial para entender o sistema cárstico. Os conteúdos geológicos interligados aos conhecimentos químicos compõem uma estrutura de conhecimento para compreender a temática levantada.

3.2.2. SEGUNDA PARTE: O ESTUDO QUÍMICO

O propósito dessa parte é utilizar conceitos e estudos químicos para compreender dinâmicas, processo e fluxos de matéria estratégicos para entender o colapso do carste. Assume o pressuposto de que o conhecimento químico (conceitos e procedimentos) contribui para os alunos formarem ideia mais clara dos fenômenos ambientais e suas inter-relações sociais, econômicas e culturais. Contempla pesquisa, feita em casa ou na escola, sobre utilização de calcário. Conta

com quatorze exercícios que devem ser feitos pelos alunos. Contem quatro atividades práticas, sete figuras e duas tabelas. Possui nove itens de estudo.

O fluxo da água pelo sistema permitiu explorar os aspectos da dinâmica da matéria pelos três sistemas (ar, solo e água) assim como a energia envolvida nesses movimentos.

Os nove itens estudados são reproduzidos aqui. Em seguida será feita a descrição de cada um deles. São eles: as rochas, os movimentos, a solubilidade, a água passando pelo solo, a água chegando à rocha carbonática, o carste, a caverna, a conservação, o tempo.

3.2.2.1. As rochas

A inserção do item *rochas* tem como objetivo explorar definições e propriedades de algumas rochas que sustentam nosso planeta. Para tanto, utilizou-se um kit de rochas e minerais em que os alunos testaram propriedades como dureza, cor do traço, efervescência em contato com solução de ácido clorídrico diluído, cor e brilho. A atividade visa despertar interesse e curiosidade dos alunos e noções de gênese, ciclo e transformações e que podem ajudar no entendimento das dinâmicas terrestres.

Além da exploração das propriedades de identificação das rochas e minerais, foi proposto um experimento para comparar a solubilidade de diferentes minerais. Os alunos fizeram uso dos instrumentos de medida de massa (balança semi-analítica) e volume (proveta) e utilizaram vidrarias de laboratório simples como béquer e bastão de vidro. Essa atividade prática visou discutir com os alunos a diferença na solubilidade dos diferentes minerais da natureza e como a água interage com essas substâncias. Isso permitiu também discutir as condições em que o experimento foi realizado. Mudanças das condições de energia, de tempo, da composição da água, por exemplo, produziram resultados diferentes daqueles constatados pelo experimento.

No item *rochas* estão inclusos também duas fotos de formações rochosas em diferentes locais (Cajamar e Itu) e que colaboram com o contexto da atividade.

3.2.2.2. Os movimentos

O objetivo do item foi chamar atenção para a movimentação contínua da matéria e interpretar a energia envolvida nesse deslocamento. O texto incluiu movimento das grandes massas (rotação e translação da Terra), bem como das pequenas massas (átomos).

3.2.2.3. A solubilidade

A explicação do conceito de solubilidade exposto nesse item da inovação curricular visa compreender o movimento da matéria nesse e em outros fenômenos ocorridos em função das leis que atuam na natureza. Para o entendimento do modelo microscópico de solubilidade, a professora lançou mão do estudo dos três estados físicos da matéria em sua interação com a energia. Obteve um vídeo didático⁴⁴ produzido na Universidade Federal de São Carlos sobre a caverna do Diabo em que, utilizando recursos de animação, representa o modelo microscópico estudado na inovação curricular sobre dissolução e precipitação do carbonato de sódio. Muitas cavernas são formadas de carbonato de sódio. Esse recurso foi utilizado com alguns alunos. A solubilidade de gases e sólidos foi estudada e sua relação de dependência com a energia e pressão. Cinco exercícios foram propostos para conduzir alunos a formular hipóteses e/ou para aplicar esse modelo em situações do cotidiano. As relações envolveram o intercâmbio com soluções, mudanças de estado físico e fluxos de líquido-gás. Uma figura ilustrando o movimento microscópico do cloreto de sódio em água, retirada de Peruzzo e Canto (2002, p.102) e outra figura mostrando os três estados físicos em função dos seus estados de agregação, retirada de Santos e Mól (2005, p. 113) foram colocadas para montar o contexto explicativo. Uma tabela, retirada do livro didático de Wilhelman *et al* (2002, p. 130), contendo os valores de solubilidade para diferentes substâncias sólidas e gasosas, visou auxiliar na análise de dados de tabelas e na utilização dos dados para construção de hipótese, por parte dos alunos, sobre as diferentes solubilidades das substâncias da tabela a partir das explicações dadas pelo modelo de solubilidade exposto no texto. A elaboração solicitada é complexa e fez essa abordagem com a intenção de solicitar um exercício mental dos alunos. A intervenção pode colaborar na estruturação do aprendizado. No item anterior, explorou-se uma atividade de laboratório, testando-se a solubilidade de diferentes substâncias para promover a discussão do modelo teórico na interação com a atividade prática.

⁴⁴ CAVERNAS: sob o olhar da Química. Direção/Roteiro: Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira, Roberta Guimarães Corrêa. Narração/Animação/ Filmagem/Edição: Roberta Guimarães Corrêa. Desenhos/Supervisão: Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira. Produção: Laboratório de Ensino e Aprendizagem de Química do Departamento de Química/USFCAR. Apoio Pró-Reitoria de Pós Graduação e Pesquisa da UFSCAR. 21 minutos. 2006.

3.2.2.4. A água passando pelo solo

Nesse item, o texto relata a interação da água com ar e solo, adquirindo propriedades novas que permitem, por exemplo, a dissolução da rocha carbonática que sustenta o subsolo de Cajamar. São tratados conceitos de substâncias ácidas, força dos ácidos, íons, pH e solubilidade de gases. Alguns conceitos já haviam sido estudados anteriormente. Trata-se de revisão, ampliação, reforço e aplicação ao novo contexto. São apresentadas as reações da água com o gás carbônico, o caráter do ácido formado, a intensificação dessa acidez ao passar pelo solo, bem como a dissolução de gases e outras substâncias presentes no sistema ar, água e rocha. O texto explica que as interações formarão uma solução aquosa com características próprias. Foi inserida a figura que ilustra um perfil do solo retirado de Rosa e Rocha (2003, p. 11), mostrando os diferentes horizontes e a relação estreita com a solução formada. Inclui, além dessa figura, uma tabela com a constante de dissociação de alguns ácidos, retirada do Chem-Study (1997, p. 278). Informações da composição de gases do solo e a concentração elevada de dióxido de carbono foram extraídas de Karmann (2000).

3.2.2.5. A água chegando à rocha carbonática

Nesse item, dá-se prosseguimento ao movimento da água pelo sistema: a solução aquosa formada chega à rocha carbonática e interage com ela. As características de solubilidade dessa rocha já foram anteriormente estudadas e isso contribui para facilitar o entendimento das transformações que se seguem devido à reação da solução aquosa com a rocha carbonática formando bicarbonato de cálcio, composto muito mais solúvel que o carbonato de cálcio. Nessa etapa é feita uma nova atividade laboratorial extraída de Farias e Pinto (2005, p. 7), que mostra as possíveis transformações ocorridas pela interação da água com a rocha carbonática em diferentes condições de energia e acidez. Três amostras de calcário são pesadas e na primeira adiciona-se água pura, na segunda, água com gás e na terceira, o conjunto água com gás e rocha é aquecido. Espera-se um tempo para que as interações aconteçam e comparam-se as transformações ocorridas nas três amostras de calcário. O importante desse experimento, que é chave para o entendimento das transformações na inovação curricular, é alertar o aluno para o fato de que na natureza múltiplas variáveis se alteram ao mesmo tempo e o que favorece a dissolução do carbonato são, principalmente, mudanças na temperatura e pH. A interpretação dos resultados foi

induzida pelos diálogos ocorridos e a discussão assinalou a função do dióxido de carbono dissolvido na água e a importância da temperatura na dissolução de gases em líquidos. O experimento permitiu estruturar conteúdos sobre solubilidade de gases e sólidos por meio de uma atividade prática que os integrou. O carbonato de cálcio inicialmente utilizado para o experimento tinha pureza alta, relação granulométrica muito baixa, e a reação não ocorreu conforme desejado e foi preciso testar várias amostras de calcário. Obteve-se melhor resultado com amostra triturada de calcário de Cajamar. Adaptações específicas foram feitas para o aluno deficiente visual.

3.2.2.6. O carste

Agora o texto da inovação continua o caminho da dissolução da rocha e apresenta ao aluno o sistema cárstico. Há uma figura retirada de Press *et al.* (2006, p. 331) ilustrando o sistema e o primeiro exercício a ser feito pelo aluno tem a finalidade de explorar aspectos desse sistema como: características e utilização da água nesses locais, características para a formação do sistema, definição de dolina e aspectos da caverna. A discussão sobre o sistema continua e explora o problema da velocidade de retirada de água subterrânea do local e um exercício sobre o assunto deve ser feito pelo aluno. Espera-se com isso colaborar na discussão de aspectos importantes relacionados às causas físicas do desmoronamento das casas em Cajamar como, por exemplo, a retirada rápida e excessiva de água subterrânea do sistema e a reação natural de equilíbrio dinâmico.

3.2.2.7. A caverna

O texto continua descrevendo o caminho da água e salienta as características desse novo ambiente, a caverna, com temperatura e pressão próprias e chama a atenção do aluno para mudanças na dinâmica da reação em função das novas condições. A reação de formação do carbonato de cálcio é evidenciada nas estalagmites e estalactites presentes na caverna. Como temos um gás participando do processo, além do fator energético que influencia a reação, as condições de pressão alteram o caminho da reação, favorecendo a saída de gases. Portanto dois fatores influenciam o fluxo da reação. Nessa etapa o estudo traz o conceito de entalpia utilizando as reações de dissolução e precipitação do carbonato de cálcio. Uma atividade prática foi colocada para ajudar no entendimento do conceito de entalpia. Trata-se da reação de desidratação

(endotérmica) e hidratação (exotérmica) do sulfato de cobre. O experimento, retirado de Ambrosi *et al.* (1987) é significativo para demonstrar a absorção e liberação de energia, na forma de calor, da transformação ocorrida. Outra vantagem desse experimento é o seu efeito visual e isso facilita a apreensão do conteúdo.

3.2.2.8. A conservação (de massa)

O ciclo da água, com seus fluxos e intercâmbios, evidencia a conservação de massa. A utilização de um terráreo, que se encontrava na escola, serve como modelo simplificado para o estudo da conservação de massa do Planeta. O caminho hipotético do íon de cálcio dissolvido na água subterrânea do sistema cárstico, proveniente da rocha carbonática, é utilizado para mostrar o ciclo da rocha carbonática e seu caráter sistêmico.

3.2.2.9. O tempo

O pequeno texto, com vários exemplos de transformações ocorridas em períodos de tempos diferentes, serve de parâmetro para a percepção da dimensão temporal, principalmente aquelas fora do tempo de existência da humanidade (Tempo Geológico) e que ocorrem fora do alcance da nossa percepção. Para finalizar, algumas interrogações/reflexões são levantadas quanto ao uso dos recursos naturais e a relação exploração/reposição/conservação, usando como parâmetro o caminho do íon cálcio em seu ciclo temporal.

3.2.3. TERCEIRA PARTE: O MODELO DE COMPARAÇÃO

A última parte é um breve relato de caso de exploração excessiva de água subterrânea da Região Metropolitana de Curitiba. O serviço público de água passou a produzir água extraída do sistema cárstico de modo semelhante ao que ocorreu em Cajamar. Dessa forma, o aluno pode comparar procedimentos dos dois locais estudados para formar juízo sobre o problema ambiental e social.

A Região Metropolitana de Curitiba teve problemas semelhantes àqueles observados em Cajamar: súbito desenvolvimento de dolinas, rachaduras em casas e outros aparelhos urbanos. A avaliação geológica indicou que o fenômeno estava associado à superexploração de água subterrânea. Os serviços públicos diminuíram o volume de água bombeada e isso atenuou a

dinâmica cárstica, ou seja, um uso mais racional do manancial disponível resolveu o problema ambiental.

Quatro questões são formuladas com o objetivo de promover a reflexão e discussão quanto aos procedimentos de retirada de água, atitude dos órgãos responsáveis e formas de mobilização da população.

3.3. OS ALUNOS DA INOVAÇÃO

Convidei alguns alunos para realizarem a inovação curricular devido características apresentadas pelos mesmos, tais como: interesse em assuntos de ciência e tecnologia, interesse em temas ambientais, curiosidade, capacidade de interpretação e compreensão de tópicos químicos e adesão ao convite. Pude observá-los durante período anterior em que cumpriam o currículo tradicional da escola. O deslocamento dos alunos se deu a partir de um determinado ponto da grade curricular usualmente adotada no CEES.

Os alunos⁴⁵ foram identificados como A1, A2, A3, A4, A5 e A6 para os alunos um, dois, três, quatro, cinco e seis e a professora foi identificada com a letra P.

O aluno A1 é motorista de ônibus intermunicipal (Campinas-Paulínia), tem 48 anos de idade, é proveniente do interior do estado de São Paulo, mas morou no estado de Mato Grosso dos 8 aos 20 anos. Havia cursado as disciplinas de Geografia, História e Educação Artística na escola em que foi realizada a pesquisa (CEES) antes de acompanhar Química.

O Aluno A2 tem 31 anos, é autônomo na área de informática, proveniente da cidade de Maringá-PR e há dois anos reside em Campinas. A disciplina Química é a primeira cursada na escola. Manifestou interesse por assuntos ligados a tecnologia. Relatou episódios sobre tecnologia e sobre natureza de programas assistidos em canais de TV paga durante os diálogos com a professora.

O Aluno A3 é motorista de caminhão em uma empresa transportadora, tem 40 anos, é nascido em Campinas, fez o ensino fundamental no próprio CEES. Cursou anteriormente duas disciplinas na escola (Biologia e Matemática) e Química é a terceira disciplina. Entrou no ensino médio no primeiro semestre de 2009.

⁴⁵ Os dados obtidos dos alunos e que constam dessa pesquisa foram coletados no ano de 2009.

O Aluno A4 tem 34 anos, trabalha como operador de máquina em uma indústria de artefatos de plástico. Nasceu em Campinas (SP). A disciplina Química é sua última disciplina para concluir o ensino médio. Está na escola desde 2003. Devido à carga de trabalho consegue frequentar a escola somente uma a duas vezes por semana, no período noturno.

O aluno A5 é eletricitista/enrolador em uma oficina de manutenção de motores elétricos, tem 42 anos, nascido em Campinas. Ingressou em 2007 e já fez disciplinas do ensino médio. Manifesta muito interesse pelas Ciências da Natureza. Traz questões relativas à sua profissão e discute com os professores com desenvoltura e conhecimento de sua área de trabalho.

O último aluno a realizar a atividade, aluno A6, é deficiente visual total há nove anos (em 2009) devido a uma doença chamada de retinose pigmentar. Conserva apenas a capacidade de perceber resíduos visuais de luz que o fazem perceber a intensidade da claridade. Tem 46 anos, foi músico profissional e frentista. Já concluiu sete disciplinas do ensino médio na escola, lê e escreve em Braille, usa os recursos de informática disponíveis para pessoas com deficiência visual oferecidos pela escola. Tem interesse pelos estudos. É crítico e exige atenção dos professores. As atividades práticas foram adaptadas para ele e o resultado foi satisfatório. O aluno A6 manifestou desenvoltura durante os experimentos. O roteiro da inovação curricular foi transcrito para Braille. Usou, ainda, o computador próprio da escola para deficientes visuais. Dessa forma, pôde fazer a leitura e responder exercícios no período em que permaneceu na unidade escolar; em casa usou o material em Braille.

3.4. O QUE FOI ENCONTRADO NA INOVAÇÃO

A descrição do trabalho que serve de base para organizar a pesquisa foi fundada em técnicas de pesquisa comuns de pesquisa qualitativa. Em termos resumidos, o foco foi procurar perceber qual foi o aprendizado de um dos alunos durante o processo educativo. O aluno A2 foi escolhido na etapa de “afunilamento” dos dados colhidos, depois de feita a seleção de eixos (categorias) para análise a partir do tratamento dos dados obtidos de todos os alunos. Segundo Bogdan e Biklen (1994), é preciso que os pesquisadores tomem decisão, em determinado momento da pesquisa, a respeito dos aspectos específicos do contexto, indivíduos ou fonte de dados que irão estudar. A área de trabalho deve ser delimitada; de uma fase de exploração

alargada passa-se para uma fase mais restrita de análise (p. 89-90). A trajetória do aluno A2 contemplou de forma mais completa as categorias levantadas e por isso seu caso foi detalhado.

Os diálogos gravados e transcritos registraram a interação professor-aluno durante as atividades presenciais. Além dos diálogos gravados, a coleta de dados para esta pesquisa inclui anotações em meu caderno de campo, registros escritos e recolhidos dos trabalhos realizados pelos alunos como exercícios e atividades práticas, além de avaliação ocorrida no final do módulo.

3.4.1. O ALUNO A2

Orientações foram dadas a esse aluno com relação aos objetivos da inovação curricular, da organização e divisão das etapas a serem cumpridas, das atividades práticas e da avaliação final.

O aluno compareceu à escola trazendo a tarefa combinada anteriormente. Nessa etapa já havia lido a primeira parte da inovação curricular e que relata a história ocorrida em Cajamar e fez alguns exercícios referentes à segunda parte. Iniciei a correção dos exercícios. Em função da resposta dada pelo aluno e da explanação feita por mim sobre o assunto, o aluno formulou questão relativa ao clima e sobre as correntes marítimas, tais como:

A2: O clima depende de quê?

A2: O Sol tem muita relação com o mar também, né?

A2: A água sai de uma parte do planeta e vai pra onde está frio e aquece aquela água...

O aluno trouxe informação sobre correntes marítimas que controlam o clima do oceano. Havia perguntado anteriormente sobre as correntes marítimas e informou que sabe que levam energia do continente mais quente para o mais frio. Assistiu a programa de televisão sobre o assunto. Expliquei rapidamente a função das correntes de ar e marítimas na regulação do clima.

Na execução da atividade prática sobre rochas e minerais (Apêndice A, Investigação A) fiz uma pequena introdução explicando sobre a gênese dessas formações na natureza, dos diferentes tipos de rocha em função das diferenças na composição, temperatura e pressão a que estão submetidos esses materiais. O aluno fez algumas interrogações como:

A2: A época em que foi formada tem a ver com isso aí?

A2: É porque no caso do carvão e do diamante, no caso, mudou a temperatura né?

Depois da explicação sobre as diferenças de condições em que são formados esses minerais e a diferença que resulta no arranjo estrutural e portanto nas propriedades, o aluno concluiu:

A2: É tudo carbono, mas só que com outras ligações, né?

Quando expliquei ao aluno a origem desses minerais em função das condições de temperatura e pressão de sua formação, perguntou:

A2: A origem das duas rochas é a mesma [rocha ígnea intrusiva e extrusiva], mas o modo que ela veio para a superfície é que foi diferente?

O aluno, ao entrar em contato com a amostra da rocha sedimentar analisada e após ouvir a explicações sobre a formação desse tipo de rocha, perguntou:

A2: Onde dá pra ver isso é em certo leito de rio. Dá pra ver isso. Na época em que eu ia na chácara do meu avô, eu pensava: caramba, mas terras diferentes, uma mais escura, outra mais clara!

A correção dos exercícios contidos na segunda parte da inovação curricular gerou vários diálogos para a compreensão dos conceitos e a efetivação da aprendizagem. Alguns deles são apresentados a seguir para compor o percurso percorrido na trajetória curricular.

Quando perguntei ao aluno a respeito da figura que representa o modelo microscópico de solubilidade do cloreto de sódio contido no texto da inovação curricular (Apêndice A, Figura 3), respondeu:

A2: Pelo que eu tinha visto naquelas aulas do telecurso [referindo-se ao livro didático adotado no trajeto do currículo tradicional da escola], aquelas aulas de íons lá, deu pra entender isso aqui. Como eu fiz aquela aula lá eu consegui entender mais um pouco. Aí que eu visualizei mais um pouco nesse desenho, eu fiquei mais ligado do que foi na aula que falou sobre isso aí. Esse aqui [referindo-se à figura] deu pra visualizar mais a ação dos íons da água com os íons do cloreto.

A2 salientou que a figura ilustrativa do fenômeno microscópico ajudou-o no entendimento do fenômeno da dissolução. Confirmou também que a maneira utilizada para estruturar o seguimento curricular foi favorável e ajudou na compreensão dos fenômenos apresentados na nova atividade curricular. No currículo tradicional, o aluno já havia estudado o conceito de íons e isso o ajudou no entendimento dos novos conceitos apresentados. Nesse momento fiz uma intervenção para explicar mais detalhadamente o fenômeno. Corrigi a fala anterior do aluno quanto à separação da molécula de água em seus íons, que nesse caso, ocorre em pequena proporção e o fenômeno de atração se dá entre os íons dissociados e os pólos da

molécula de água. O aluno está fazendo tentativas na aquisição do conhecimento e adequando-se à linguagem química. Formulou, então, a seguinte questão:

A2: Por que aí não teve aquela divisão da água e não ficou H^+ e OH^- , né? Não teve né? [o aluno quer saber por que a água não sofreu a separação em seus componentes como já havia visto anteriormente na eletrólise].

Nesse momento travei um debate com o aluno sobre as propriedades da água em função do seu grau de dissociação, baixa constante de solubilidade e condutividade. Fiz a comparação com a dissociação do sal de cozinha para falar das diferenças na quantidade de íons gerados e na condutividade elétrica. Nesse momento o aluno perguntou:

A2: Então é isso que torna ele [o sal de cozinha] solúvel, então no caso professora?

Expliquei:

P: O que torna ele solúvel nós vamos explicar com esse modelo de solubilidade [da termodinâmica] mas o que estou explicando pra você é que o que aumenta a condutividade em água é em função desses íons que você coloca nela. Sais dissolvidos em água aumentam muito a condutividade porque você aumenta a proporção dos íons ali presentes.

Falei sobre a água destilada e sua baixa condutividade e o aluno mostrou que entendeu:

A2: Se na água comum tem baixa, na água destilada tem menos ainda.

Continuei a discussão com a seguinte questão:

P: O sal sólido, você acha que vai conduzir eletricidade?

A2: Eu acho que não porque nesse caso aqui [do sal] ele tem um pólo positivo e outro negativo. Pra ele conduzir energia ele tem que ter ou só positivo ou só negativo, né? Ou só negativo? [está com dúvida].

P: Não, não.

A2: Não?

P: Na verdade não é esse o problema. Você, quando você tem o sal sólido, os íons não estão livres, não estão soltos, estão atraídos um pelo outro.

A2: Uhm... [expressa que entendeu]. Está tudo ligado, tudo NaCl ainda.

P: Isso. Não estão disponíveis pra ir pra corrente. Se você coloca na água vai mudar a situação. Vai ter movimentação. Aqui tem muito mais movimento.

A2: Entendi.

Quis explorar melhor essa abordagem e perguntei:

P: Que movimento você percebe que está acontecendo quando você coloca sal em água? Aqui ele explicou [referindo-se ao texto e ao desenho ilustrativo contido nele] um modelo com movimento. Só pelo desenho dá pra você perceber?

A2: É. Que as moléculas de sal estão se dividindo, né?

P: É, os íons...

O aluno interrompeu-me para se recolocar:

A2: É. Os íons estão se dividindo.

Fiz a correção da linguagem química.

P: Estão se separando.

A2: E atraindo os íons oxigênio que estão aqui [aponta para a figura].

Reforcei o conceito tratado anteriormente sobre as condições de equilíbrio químico em que se encontram as moléculas de água nessa situação.

P: Aqui não tem separação. A molécula está inteira.

A2: Aqui é como está aqui [mostra a figura]. Por isso ele tá atraindo só a molécula de oxigênio e outro só a molécula de hidrogênio.

P: É. O lado da molécula, na verdade.

Expliquei a polaridade da molécula de água e as atrações existentes ali, a movimentação dos íons em função da orientação, o interesse atrativo entre as partículas, sempre utilizando a figura ilustrativa. O aluno mostrou que entendeu:

A2: Então cada lado está atraindo um pólo, né?

P: Isso!

A2: É isso que faz a substância ficar... A solubilidade dela né?

P: Pelo interesse [atração] das partículas de sal pela molécula de água e vice e versa.

Iniciei a explicação do modelo de solubilidade segundo a termodinâmica. O aluno colocou-se:

A2: Nesse caso engloba lá aquela parte lá, de..., de...[tentando lembra-se do conceito do modelo da termodinâmica].

P: Estado de maior energia.

A2: De maior desordem, né?

P: Isso mesmo! Aqui ele só abandonou porque você tem energia suficiente, né, para ir para esse novo estado e esse novo estado, esse novo conjunto, ganha em termos de estabilidade.

A2: Mas o atrito, por exemplo, do sal caindo na água, favorece também professora, ou não?

Fiquei em silêncio por um tempo, pensando em o quê responder. Em seguida coloquei-me:

P: Sim, a agitação favorece o movimento das partículas, tá?

A2: Porque na hora, por exemplo, que o sal tá caindo na água, no copo com água, vai acontecer isso aí. Porque na hora que ele bate, com o atrito vai, vai ter um movimento ali com a água. Então ele vai batendo com as moléculas de água.

P: Sim, tem uma energia potencial que tá se transformando em energia cinética, energia de movimento.

Falei da energia envolvida nas interações, na busca de estabilidade das estruturas, da mudança das condições ambientais em termos de energia e as transformações em função da estabilidade e energia. Na questão do atrito, parece que o aluno está tentando encontrar uma explicação para a dissolução no movimento macroscópico.

Continuei a explicação e abordei o limite da solubilidade:

P: Aqui, no caso, ele foi buscar um estado de maior energia quando fez esse abandono do seu cristal. Isso tem limite, né? Você viu que a solubilidade do sal em água tem um limite. Chega um ponto em que já satura. Cada um que você coloca lá, vai...

A2: O que vai fazer que... Acontece que a água vai ficar pesada também, né? Ou não, a água vai ficar muito...

P: Ah, a água salobra, com muito sal?

A2: Fica meia pesada.

P: Muda a densidade. O conjunto sal e água é mais denso que a água sozinha.

A2: Aí nesse caso será que é porque tem mais lado da molécula de oxigênio aqui e hidrogênio que está ligada com um íon sozinho de sal que faz a água ficar mais pesada ou não tem nada a ver, ou é a quantidade..., né?

P: É a quantidade. A densidade do sal é maior que a da água. Então se você tá fazendo uma mistura em que um dos componentes tem maior densidade, o conjunto terá maior densidade.

Os diálogos acima mostraram que o entendimento do fenômeno da dissolução depende de vários conceitos estruturados a partir de modelos microscópicos e esse apoio o aluno não tem consolidado. Por isso, tentou explicar macroscopicamente o fenômeno, um modo de raciocínio que é mais familiar ao aluno. Se por um lado a inovação curricular trouxe os aspectos termodinâmicos do fenômeno, de outro o estudo das novas interações que se estabelecem entre o soluto e o solvente em nível microscópico está sendo explorado para o entendimento do fenômeno.

De fato, o modelo microscópico do funcionamento dos arranjos estabelecidos, embora seja capaz de explicar propriedades e comportamento microscópico dos materiais, é dependente de uma rede imbricada de modelos, experimentos e descobertas decisivos e que o diálogo professor-aluno ajuda a aclarar no nível de representação oral do fenômeno. Muitas lacunas permanecem,

no entanto, em termos da linguagem formal da Química (analítico-matemático), quanto conceitual, trata-se de limites difíceis de superar no limitado tempo disponível para EJA.

Continuei a discussão sobre a densidade dando o exemplo do Mar Morto e do ovo na água. E o diálogo continuou, agora com a colocação a seguir, por conta de uma menção ao DVD disponível para ser utilizado pelos alunos durante a atividade:

P: Esse DVD que está falando aqui é que vai mostrar o modelo do movimento das partículas do sal.

A2: Uma animação daquela reação ali [do desenho ilustrativo] praticamente?

P: Isso. É, na verdade é um outro sal interagindo com a água, mas o movimento é o mesmo. É o carbonato de sódio.

P: Esse DVD tem... Você já entrou numa caverna? Você é da região lá das cavernas, né? Você já entrou em cavernas, né? Qual caverna você já entrou?

A2: Eu fui naquela lá que tem em Vila Velha, lá perto de Curitiba. Eu fui naquela que tem em Apucarana. Que eu acho que é uma dolinha.

P: Dolina!

A2: É uma dolinha.

P: Dolina.

A2: Eu acho não, só pode ser. Não tem... Depois vou estudar direitinho. Fui eu e meu primo, já faz muito tempo. Meu primo trabalha com esse negócio de caverna. Ele sabe direitinho onde é. Aí vou perguntar.

P: Porque a dolina, você percebe, está na superfície.

A2: Ah... não, então não é uma dolina. É como se fosse uma gruta. E é essa ação da água ácida que fez, que aconteceu isso aí.

P2: Isso! É isso aí.

A2: E isso, na época, até depois eu lembrei... O próprio guia estava explicando isso aí. Eu nem dei bola pra isso aí [faz gesto e barulho batendo os dedos das mãos]. Agora eu vi que tem fundamento. Eu falei: Ah..., isso aí é tudo papagaiada.

P: É, ele não tava inventando tanta coisa, né [rindo].

A2: Não, tem fundamento!

O diálogo acima trouxe informações sobre locais registrados na memória do aluno e a impressão causada por eles e ajudou a reforçar os conhecimentos sobre esse ambiente e as dinâmicas ocorridas. Este movimento relevante é propiciado pelo afastamento do modelo microscópico do fenômeno para a observação direta da natureza. O diálogo professor-aluno tem como fio condutor as Ciências da Terra. Em outros termos, o aluno pode recorrer à memória de acontecimentos vividos que foram até certo ponto aclarados pelo modelo microscópico trazido pelo conhecimento químico.

Aproveitei para deixar com A2 um dos recursos didáticos disponíveis (DVD-Cavernas) e que não foi utilizado devido a pouca disponibilidade de tempo do aluno naquele momento.

Expliquei os estados de desordem, a solubilidade dos gases em função da temperatura e comparei-os [os gases] aos sólidos.

O aluno direcionou a discussão para o processo de envasamento de gases pois já havia trabalhado em um desses locais.

A2: Isso tem a ver então, no caso, por exemplo, pra liquefazer um gás, então tem que baixar a temperatura dele. Então é isso que eles fazem então? Para fazer o oxigênio e o argônio?

P: Pressão e temperatura.

A2: Pressão e temperatura juntos né, e não isolados?

P: Os dois juntos.

A2: Eu trabalhei numa firma que vendia gás.

P: Ah, tá.

A2: Aí a gente tinha que estudar boa parte do que acontece quando entra na atmosfera, prá ficar no estado líquido. E cada um desses gases tem um método diferente na hora de cilindrar ele. Um tem que estar num lugar muito quente, outro num lugar refrigerado, um tem que tá no líquido.

A2: É que nem como o gás acetileno. Pra cilindrar ele tem que colocar todos os cilindros dentro da água. Se ficar na temperatura ambiente, com o ar que tá em volta ele pode explodir. E até mesmo o próprio cilindro dentro d'água dá pra ver as bolinhas subindo. O cilindro tá ficando quente, tem que ficar duas ou três horas lá dentro ainda pra resfriar.

P: Na verdade você faz troca de energia com o ambiente em que você está.

Expliquei o conceito de troca de calor. Utilizei o exemplo de duas barras de ferro com temperaturas diferentes e colocadas próximas uma à outra.

O aluno voltou a falar do gás acetileno.

A2: O próprio acetileno não tem peso. É usado tanto em solda como em corte junto com o oxigênio. Quando quer cortar, coloca mais oxigênio. Quando quer soldar coloca mais acetileno.

P: A temperatura da chama formada com o acetileno é uma das mais altas.

A2: Ele só perde para o plasma.

Na discussão acima o aluno trouxe o contexto de locais já trabalhados, desejou aproveitar a discussão para sanar dúvidas e complementou com informações adquiridas desse local. Poder recorrer ao contexto do trabalho é uma particularidade dos alunos da EJA. Mas isso

revela a importância de o professor construir diálogos estruturados pelo eixo curricular (trazidos pelo material didático) e por perguntas que conduzem o aluno a buscar sua experiência vivida. Tais condições dependem do clima intelectual e da aprendizagem induzida por perguntas feitas pelo professor.

Na correção do exercício quatro, iniciou-se uma discussão comparando a solubilidade do sal de cozinha e açúcar.

P: O açúcar é um composto molecular e o sal é iônico. Só que porque o açúcar abandona mais [dissolve em maior quantidade] do que o sal na água.

Expliquei a afinidade entre o açúcar e a água por conta das pontes de hidrogênio, a forte interação entre as duas substâncias moleculares e comparei às interações estabelecidas entre a molécula de água e os compostos iônicos.

Iniciou-se a discussão do exercício seis e sete (Apêndice A) e que trata da dissolução dos gases em função das condições de pressão e temperatura.

P: Quando eles encontram um ambiente com maior espaço...

A2: Os gases se misturam com o ar existente e espalham.

P: Vamos supor que eles estão dissolvidos em um estado de menor energia, de menor liberdade. Sob pressão estão lá...

A2: Sob pressão estão quietinhos.

P: Quietinhos, quietinhos, nunca estão. Sempre estão em movimento.

A2: Quietinhos entre aspas, né?

P: É.

P: Agora você abriu o gás que estava confinado no cilindro [usando o exemplo trazido anteriormente pelo aluno] ou no refrigerante. Você abriu para o ambiente.

A2: Ele fica no ar.

P: Ele vai procurar que estado? Estado de maior o quê?

A2: Estado de maior estabilidade pra ele, né?

P: Ele vai procurar o estado de desordem. Um estado no qual ele ocupa um espaço maior.

P: Ele está num estado de menor energia lá na água.

A2: Aí ele vai para um estado de maior energia, de maior desordem.

P: Então os gases vão sempre buscar esse estado de maior desordem. Por isso é que os gases têm dificuldade de ficarem aprisionados, dissolvidos na água. [...] Os gases têm comportamento completamente diferente da maioria dos sólidos, você viu?

A2: Completamente diferente.

P: Isso sempre pro equilíbrio, viu?

A2: Então em tudo tem esse equilíbrio, então, né, professora? Mais dia, menos dia, ele busca esses estados de equilíbrio.

P: Busca um estado de equilíbrio.

No diálogo acima o modelo termodinâmico de solubilidade dos gases é discutido e notou-se que o aluno está tentando construí-lo. Tentei ajudá-lo nessa trajetória.

O exercício oito (Apêndice A) contém vários itens relacionados ao sistema cárstico e uma figura desse sistema (Figura 6) foi colocada no texto escrito da inovação curricular no intuito de auxiliar o entendimento. A discussão se inicia sobre as características do relevo nesses locais e sua capacidade de receber diferentes quantidades de água. O aluno lançou uma dúvida sobre as características da água nesses locais:

A2: Mas, a água, ela... Ela fica uma água tipo ácida, como toda água aqui [no sistema em estudo], em todo o Planeta, ou só em determinadas áreas, hein... professora?

P: Então, a água...

A2: Acho que a água vai pegando o que tem no solo até chegar lá...

P: Isso. O solo tem muitas outras substâncias. Não tem só gás carbônico. A gente falou só do gás carbônico. Aí vai depender do solo que ela passa.

A2: Depende da concentração que tá no solo, né, também?

P: Depende do mineral que tá no solo. Por exemplo, tem mineral que favorece a formação de substâncias básicas. Tem solos que tem íons que vão favorecer a liberação do hidróxido.

P: A gente só citou um tipo de substância pra gente entender o que está acontecendo com a rocha carbonática. Mas cada solo tem um monte de outras coisas. A água solubiliza um, não solubiliza outro. Depende do tempo de permanência dessa água no solo. Depende de outros fatores. A gente só tá vendo um fator. Tá bom?

Na discussão acima parece que o aluno, ao entender uma dinâmica específica que confere características particulares para a água subterrânea, deseja saber se pode utilizar esse conhecimento para caracterizar toda água do Planeta. Chamei a atenção para a dimensão complexa desse sistema, o solo, em que várias substâncias e fatores interferem nas suas características e na água que passa por esse solo. Isso deve ajudá-lo a construir a dimensão sistêmica do ambiente.

Em outro item do mesmo exercício, item c, ainda sobre o relevo, o aluno perguntou:

A2: E a água aqui some do nada, né professora?

P: Por que a água some?

A2: Por que tá entrando na cavidade.

P: Por que está em contato com isso [mostra a figura do sistema cárstico]. Isso tá tudo em contato. Aqui não está aparecendo bem isso, esses canais estão em contato.

A2: Como se fossem veias, né?

P: Na verdade, isso está abastecendo esse sistema, a água subterrânea. Na verdade, a água que tem no nosso subsolo é nossa maior reserva de água. Não é a água do rio, do lago. É a água que está no subsolo.

Recorri à figura contida na inovação curricular sobre o sistema cárstico, expliquei o deslocamento dos níveis de água deste local por causa do desgaste constante da rocha em contato com a água. Discuti também as formas de interligação entre a água que circula interna e externamente no sistema. Em seguida lancei uma questão:

P: Qual o destino de toda água, você tem ideia? Essa água vai percorrendo um caminho e aonde ela vai parar? Tem um exercício que pergunta isso, o que você colocou?

A2: Ela vai tanto para o abastecimento de água para a população, como pode ser para o rio.

P: Tá. Vai para o rio. Do rio vai para onde depois?

A2: Corre pro mar.

P: Por que o mar?

A2: Porque, aí...[mostra que não sabe]

P: Qual o nível mais baixo da Terra?

A2: É o nível do mar, né? Automaticamente a água vai descendo pro nível do mar.

P: Por gravidade.

A2: É, por gravidade.

P: Você entendeu o fluxo de água no nosso sistema [sistema Terra]?

A2: Entendi.

O aluno lembrou que a água está sempre passando no sistema. Chamei a atenção para o caminho da água na Natureza e o fiz pensar no fator gravitacional interferindo nesse caminho. O caminho da água indica que parcela da dinâmica pode ser observada diretamente (água superficial) e outra parcela depende do modelo, cujas dimensões espaciais e temporais não podem ser observadas (água subterrânea). O modelo cárstico reforça a ideia de senso comum de que abaixo da superfície há cavernas, com lagos e rios (basicamente uma extrapolação direta do que pode ser observado em superfície). Mas como mostra o diálogo, A2 teve dificuldade de imaginar as dimensões espaciais envolvidas no modelo do ciclo da água com destaque para entender que o oceano é o nível de base do continente. De fato, o exemplo que parte da

circulação do sistema cárstico facilitou o raciocínio do aluno mas não tornou mais complexo seu entendimento do ciclo da água.

No item *e* do exercício oito, foi perguntado sobre a contaminação da água desse sistema. Depois um breve diálogo para abordar os vários tipos de contaminação possíveis, tais como coliformes fecais, metais pesados, produtos dos lixões, agrotóxicos, o aluno perguntou:

A2: O interessante é que uma quantidade mínima de água contaminada pode contaminar uma grande quantidade de água pura, potável, né professora? Como é que pode?

P: Você tem que ver como está a concentração, né?

A2: Por exemplo, 100 ml [de contaminante] podem contaminar um rio, mais de 10000 litros d'água.

P: É mas... Você tem que pensar também que isso se dilui nesse sistema, também, né? Dependendo...

A2: É mas... em concentração. Mas tá contaminado, né?

P: É. Se a quantidade de material [contaminante] que você considera for pequena mas o suficiente para estar contaminado [o sistema]...

Chamei novamente a atenção do aluno para a dimensão do ambiente, diluições, concentrações, contaminantes. Em seguida, a partir da pergunta do aluno, explorei os vários papéis da água na natureza:

A2: E pode provocar outras reações, também, né?

P: Ah... sim, a água com esses componentes. É isso que você falou, está junto, pode reagir [...]. Por que a água, além de ser veículo, transportar partículas de lá para cá, é também reagente. Ela pode reagir com essas partículas que estão ali.

A compreensão do papel da água na Natureza, funcionando ora como solvente, ora como reagente é contemplado no diálogo acima. É preciso notar que motivado pelo eixo curricular do material didático, A2 fez perguntas que conduzem ao entendimento sistêmico dos fenômenos. De fato, implica descrever trajetórias, fluxos e balanços de materiais para interagir com a água. O conhecimento químico do comportamento da água ajuda a entender suas interconexões com problemas ambientais (contaminações), mas nem sempre foi possível desenvolvê-lo devido ao ritmo exigido pelas atividades da EJA.

O próximo exercício, exercício nove (Apêndice A), envolveu o problema da estabilidade do teto da caverna em virtude da diferença de pressão atmosférica provocada pela extração de água do aquífero cárstico. O aluno quis entender outros sistemas naturais e sua relação com o sistema estudado e perguntou:

A2: Parei pra pensar também, como aquelas cavernas que tem água, que não desmoronam também?

P: Qual caverna você fala?

A2: Não... Tem muitas cavernas lá pro lado do Nordeste, lá pra cima. Que ela tá aberta. Onde eu vi também, lá no Mato Grosso. Era parecida com uma gruta, mas era uma caverna. Tinha uma abertura pequena, embaixo tinha um lençol d'água. Água limpinha, limpinha. E em cima dava pra ver as estalactites. Até hoje não sei como aquela rocha não caiu também.

P: Mas abriu pra fora, tem um equilíbrio de pressão, né?

A2: E, apesar que, em cima, tem muita rocha pesada, né?

P: Tá sustentando aquele sistema...

A2: É. Ou então pode ser o sistema de ar [circulação de ar] também que criou, que vai ajudando...

P: É, quando tá aberta, não tem mais...

A2: Essa variação de pressão. O vento [circulação de ar] compensa isso.

P: Isso!

Aproveitei o exemplo levantado pelo aluno para tratar do equilíbrio de pressão desse sistema. O aluno demonstrou que entendeu. Em seguida estendi a discussão para falar do exemplo de Cajamar, em que o sistema se desestabilizou devido à retirada rápida de água e a busca de estabelecimento de um novo equilíbrio do sistema, “puxando” o solo, provocando desmoronamentos.

P: Imagine que lá dentro está cheio de água, que está sustentando aquele sistema, de repente você tira rápido essa água, que vai acontecer?

A2: Varia a pressão.

P: Ali dentro tem uma pressão menor, então você vai ter uma tendência a equilibrar essa pressão.

A2: Em relação à gruta que estou falando, não faz diferença, tá aberta, tirando mais água, menos água, tá aberta né?

Nesse momento recorri a outro exemplo de retirada de água subterrânea de sistema cárstico e que ocorreu na China. A solução para interromper o desmoronamento das rochas foi fazer o equilíbrio entre a pressão interna e externa desse sistema utilizando tubulações. Então o aluno confirmou o que eu já havia dito:

A2: Foram espertos.

Antes de realizar, no laboratório da escola, o experimento de desidratação e hidratação do sulfato de cobre (Apêndice A, Investigação D), conversei com o aluno sobre o experimento a ser realizado e os conceitos envolvidos nessa prática:

P: O sulfato de cobre vai mostrar essa transformação pela mudança de cor. Então, pra essa transformação ocorrer, precisou o quê? É um processo que requer energia pra essa transformação? Ou ele libera energia pra se transformar?

O aluno ficou em silêncio. Então escrevi a reação na lousa e comecei a explicar-lhe:

P: Sulfato de cobre hidratado, esse aqui é azul, pra ele se transformar num sulfato de cobre branco, o que ele precisou pra isso?

A2: Ele precisou energia.

P: Então a gente vai colocar energia aqui, ó, [escreve na lousa a palavra “energia” no lado dos reagentes] tá? Mais energia. Sem energia...

A2: Ele fica do jeito que ele tá.

P: Ele fica lá como sulfato de cobre azul.

P: Então, é isso que a gente vai fazer. Vai fornecer energia para ele e vamos observar essas transformações aqui.

P: Aí, nós vamos observar outra coisa. Vamos pegar o sulfato de cobre branco e vamos ver a volta dele como sulfato de cobre hidratado. Aí a gente vai adicionar água. Porque essa reação é muito lenta. Se eu deixar o sulfato de cobre desidratado aí, naturalmente, esse é o estado natural dele, naturalmente ele vai agregar essas águas. Mas é um processo lento. A gente vai acelerar isso, a gente vai adicionar a água aqui...

A2: Então ele vai pegando essa água da umidade do ar, na copa das árvores, da terra onde ele tá?

P: Isso!

Citei o exemplo dos sais usados nos “galinhos de chuva” e que mudam de cor conforme o grau de umidade do ar e falei que o processo é semelhante ao do sulfato de cobre. Em seguida, retornei a discussão falando sobre a transformação do sulfato de cobre desidratado em hidratado.

P: Aí ele vai formar o sulfato de cobre azul. O que você acha que vai acontecer? Aonde vai entrar energia aqui. É o processo inverso. Aqui pra se transformar no branco, ele precisou energia. Porque o estado natural dele é esse, de menor energia. Aí eu precisei adicionar energia pra ele ir pra esse estado aqui [apontando pra a reação que está na lousa]. Então esse é o estado mais energético, então, certo? Quando eu...

O aluno interrompeu-me, pois já sabia a resposta à pergunta anterior – *O que vai acontecer no processo inverso?*

A2: Ele vai liberar energia pra esse lado aqui [aponta para o lado dos produtos].

P: Exatamente. Ele vai... mais energia aqui [professora coloca o sinal de adição e a palavra energia, no lado dos produtos]. Você vai perceber isso [referindo ao experimento que vai ser realizado].

Em seguida, o aluno fez sua previsão sobre o que aconteceria no experimento.

A2: Porque a água vai esquentar, né?

P: Isso! O conjunto vai esquentar, tá? Vai liberar energia aqui. Ele não precisou mais da energia.

A2: *Tá liberando ela, tá mandando embora.*

P: *Isso. Eu posso usar essa energia tá?*

A2: *Entendi.*

Em seguida realizei o experimento com o aluno. Os exercícios referentes a reações endotérmicas e exotérmicas foram feitos acertadamente pelo aluno (Apêndice A, *Exercício 12*). Nesse caso, o experimento realizado após a discussão mostrou-se adequado ao aprendizado desse aluno.

A discussão a seguir é sobre as reações de formação do carbonato de cálcio dentro da caverna referentes ao exercício 13 (Apêndice A) e que trata da dinâmica da reação do carbonato de cálcio em função das condições ambientais encontradas na caverna. O aluno havia errado a resposta. Iniciei o diálogo:

P: *Se tem um ambiente lá na caverna, né, maior espaço, saída de gás e também de maior energia, ele vai favorecer a outra transformação. Essa transformação de voltar a ser carbonato de cálcio é favorecida pelo aumento da energia, entendeu?*

A2: *Entendi.*

P: *Então é uma reação o quê? Endotérmica ou exotérmica?*

A2: *Qual?*

P: *A da formação das estalagmites e estalactites. A solução lá com o gás dissolvido que tem cálcio, quando entra na caverna, vai formar o carbonato de cálcio.*

A2: *Ela é endotérmica, então?*

O aluno respondeu corretamente porém, como ficou inseguro em sua resposta, resolvi ampliar a discussão e o fiz utilizando um exemplo da Natureza.

P: *Em águas mais quentes, você tem a formação de corais...*

A2: *É cálcio então aquilo ali?*

P: *É carbonato de cálcio precipitado.*

A2: *Alterou o processo mesmo.*

P: *O caminho da água... está chegando um monte de coisas, a água tem um monte de íons dissolvidos lá, tem íons de cálcio, de carbonato...*

A2: *É por isso que perto da costa forma mais recifes, não é professora? Com certeza, que tem contato mais direto com o continente.*

P: *Você tem energia também.*

A2: *Quando perto do continente, a água do mar fica mais quente. Uhm...*

P: *Água mais profunda, água mais fria... Águas geladas não têm formação de corais.*

A2: É verdade. Só mesmo nas águas de regiões tropicais é que temos formação de corais. Nunca tinha pensado nisso. Isso é a prova do ciclo da água mesmo. Interessante...

P: Ela vai carregando coisas e conforme o ambiente que ela chega, as condições: temperatura, pressão, outros componentes, vai favorecendo um caminho ou outro [sentido da reação química ou sua reversão].

P: Tem lugar que é o contrário, em água mais fria, p.ex. tem mais ou menos gás dissolvido? Em água fria?

A2: Em águas frias, tem mais.

P: Então você tem uma dissolução maior de carbonato de cálcio.

A2: Ele não tem igual capacidade de se aglomerar como nas águas mais quentes.

P: Não, em águas mais quentes favorece a formação. Depende também de outros fatores, como pH. Mas um dos fatores é a energia.

A2: É o principal, ou é um dos... [fatores].

P: É um dos fatores. Porque essa reação também é favorecida em águas menos ácidas. Não adianta ter água quente e muito ácida, percebeu? Você tem um fator combatendo o outro. Então não vai adiantar.

A2: O que favorece?

P: Águas mais quentes, menos ácidas, básicas, pH de 10, p.ex., águas dos oceanos podem ter essas propriedades.

A2: A quantidade de sais dissolvidos na água também favorece?

A2: Em Recife, p.ex., o tipo de coral em uma região é diferente da outra.

P: Coral é sempre carbonato de cálcio, não é não?

A2: As cores são diferentes...

P: As cores dependem dos tipos de íons que estão na água.

P: Ficou mais consolidado esse conceito aqui?

A2: Ficou, ichiii.

Os exemplos de fenômenos cuja variação das condições ambientais interferem na solubilidade do carbonato de cálcio foram simplificadas para facilitar a compreensão da dinâmica do carste, mas, ao mesmo tempo, oferecem exemplos para ajudar a enfatizar os fatores predominantes que atuam nas cavernas de calcário.

Na correção do exercício 14 (Apêndice A) e que trata do destino final da água que circula pelo carste, após ler a resposta do aluno, levantei a questão:

P: Qual o destino, onde ela vai parar?

A2: Abastecimento da população.

P: Não, mas qual o lugar final dela?

A2: Como assim?

P: O caminho dela. Lembra que nós falamos, o caminho da água na natureza. Por onde ela vai caminhando... Ela finalmente chega aonde?

A2: No mar.

P: No mar, né.

A2: Eu acho que não tem como a água potável acabar, por causa disso aqui, né professora? O final é o mar, ela vai afundar, acumular na rocha, vai subir de novo...

P: É o ciclo né? Eu acho que o problema da água é a água útil para nós. A disponibilidade você vai ter, mas que tipo de água? Será que dá para beber, regar a planta? Ou ela pode estar em outro local... E se a gente não contaminar a água, não retirar de forma desordenada, a gente vai ter água sempre. O problema é que a água que tem volume grande é a água salgada e a água das geleiras.

A2: Mas teve época que teve mais, por exemplo, água doce que água salgada? Ou esse...

P: Ah... não... Ah... A Terra já passou por muitos ciclos aí diferentes. Não sei dizer... Teve um tempo que Terra era bastante ácida, porque você tinha muita erupção de vulcão. As erupções vulcânicas eram intensas. Então os óxidos de enxofre em quantidade muito grande, quando caía a chuva, era muito ácida.

A2: Exato. É. E isso contribuiu também para a formação dos minerais que existem hoje, né professora?

P: Também, é tudo isso que está armazenado aqui. Então é isso que eu ia falar pra você, sobre a conservação da massa. As partículas que estão aí. Os elementos, a quantidade deles, é a mesma.

A2: A massa é a mesma, só mudou a molécula, a matéria mudou.

P: Isso. Houve transformação da matéria, mas a quantidade de partícula e o tipo de partícula é a mesma. Como Lavoisier...

A2: Se a Terra naquela época pesava hum trilhão de tonelada, hoje ela pesa hum trilhão de tonelada, do mesmo jeito.

P: Variação assim muito pequena em relação à massa total, né. Aí tem conservação de massa.

A2: Aí a gente pensa que o mundo civilizado agora, com essas construções de tudo, que a Terra tá mais pesada, mas não tá. A gente tirou do que tava na Terra pra construir, aqui, ali. Tirou água, cimento, areia... então tá tudo virando ali mesmo.

P: O problema todo, A2, é que aquele recurso que está disponível aqui pra gente na crosta, a gente tá retirando ele, a gente joga ele no lixo, etc... Ele vai fazer esse ciclo todo, mas esse ciclo de transformação é lento ou é rápido?

A2: É lento, muito lento.

P: Se você pensar numa partícula de cálcio [...], sendo coberta por outras camadas [...].

A2: Compactando.

P: Compactando, [...]. A rocha vai afundando, afundando... Por esses movimentos tectônicos, aí uma hora essa rocha vai de novo...

A2: Subir.

P: Se disponibilizar na crosta novamente. E aí de novo sofrer o desgaste da água. E essa partícula...

A2: Vai acontecer [com a partícula] o mesmo sistema.

A2: Aí não é só o ciclo da água, também é o ciclo da partícula, das moléculas todas, né. Tudo no planeta tem um ciclo, né professora?

P: É. Justamente.

P: Os gases também. Você viu que o gás dissolveu na água, aí compôs a rocha carbonática...

A2: Aí depois foi liberado.

P: Foi liberado. Nas erupções vulcânicas também é liberado gás carbônico.

P: E você tem esses ciclos passando pela atmosfera, hidrosfera, parte sólida da Terra. Porque a massa, as partículas mudam de lugar, vão para lá e para cá.

A2: As partículas não param.

P: A energia também, ela se conserva. Ela só se transforma de uma forma em outra. Mas a quantidade que entra de energia no Planeta é também a quantidade que ele perde. Nosso sistema aqui é fechado em termos de massa.

A2: Putz, é interessante né?

P: Não é legal?

A2: Interessante, muito interessante!

P: O problema é que tem ciclos muito longos em termos de tempo. Uma partícula de cálcio, disponível aí e precipitada como carbonato de cálcio, demora quanto tempo pra estar disponível de novo?

A2: Tem um processo de milhões e milhões de anos, né professora?

P: Então, eu acho que a gente também tem que pensar um pouco na retirada dos recursos. Para o nosso tempo eles são finitos. Para o tempo de existência do Planeta, nos ciclos mais longos, aí tudo bem.

Vários conceitos são tratados no debate acima: ciclos e seus tempos, conservação da matéria, conservação da energia do Planeta, retirada e renovação dos recursos em função dos seus ciclos. Embora possa ser objetado que as conceituações não foram precisas, é preciso notar o esforço investigativo que articula o diálogo e motiva o aluno a aclarar fenômenos da natureza. Isso sugere que o ponto de partida de fenômenos naturais (próprio dos estudos da Terra) ajudou a dar sentido e coerência a conceitos e explicações químicas e, ao mesmo tempo, explora relações sistêmicas que auxiliam ao entendimento mais realista do ambiente e suas transformações.

O trecho mostrado a seguir ocorreu após a leitura, efetuada por mim, das respostas dadas pelo aluno às perguntas contidas na terceira parte do texto da inovação curricular (Apêndice A), contendo o relato de extração de água subterrânea na Região Metropolitana de Curitiba.

A2: Eu acho que eles tiram base de Cajamar também. E como depois que aconteceu em Cajamar pra não deixar a proporção que aconteceu em Cajamar, eles tiveram que tomar uma posição...

P: Acho que tinha mais conhecimento desses casos, né? Também um monitoramento maior.

A2: Aí os próprios engenheiros sabendo disso, ficaram mais espertos da onde tirar água, né?

P: E que caso, o de Cajamar, que chegou lá aos moradores de Curitiba! Deve ter deixado os moradores de orelha em pé.

A2: Assustados, ficaram muito assustados.

P: Parece que lá é uma região, um bairro que estava crescendo justamente por uma indústria automobilística grande que se implantou lá na região. O bairro cresceu justamente por conta de levar pessoas pra lá.

A2: Parece que foi naquela época que a Peugeot entrou na região.

P: Ah... Você conhece então aquela região!

A2: Fica na região metropolitana de Curitiba, ali. Aquilo ali é grande, ehm...

P: É?

P: Você viu a extração de água, a quantidade?

P: A vazão é muito maior do que aquela [referindo-se à vazão de água em Cajamar].

A2: Mas aí professora, não é água do Aquífero Guarani?

P: Não sei não. É região cárstica lá.

A2: Ali tá em cima do Aquífero Guarani.

P: Eu acho que o aquífero fica em uma região mais profunda.

P: Pelo que estão falando [no texto utilizado na atividade], não tem rio que abastece a região, né?

A2: Não tem. Vai ter rio só lá pro lado do norte, que é pro lado de Londrina, Maringá, Cascavel. Ali que vai ter rio só.

Depois desse diálogo conversei com o aluno sobre os objetivos da avaliação final e perguntei-lhe:

P: O que você achou do material, A2?

A2: Foi bom professora. Tem muita coisa que eu nem imaginava que tinha a ver com isso e matou a charada.

P: É legal porque desfocou um pouco dessa produção industrial [referindo à trajetória curricular anterior adotada na escola]. Para você que gosta da natureza.

A2: Eu gosto. Aquilo também que envolve tecnologia eu também gosto, tanto que eu trabalho com informática.

Iniciei a correção da avaliação final do aluno (Apêndice B). As duas primeiras questões são adequadamente respondidas e não fiz comentários a respeito delas. Na resposta à primeira questão o aluno demonstrou o conhecimento adquirido sobre o sistema natural em questão e sobre as causas do desmoronamento de casas em Cajamar. Eis sua resposta escrita:

A cidade foi construída num terreno carbonático. Houve uma extração de água desordenada pela companhia de águas e pela fábrica de bebidas. E com isso o nível da água

baixaria rapidamente e a pressão nas galerias também. E com isso a terra ficou sem sustentação e desmoronou levando parte da cidade.

Com relação à segunda pergunta sobre se o desastre poderia ser evitado, o aluno respondeu:

Sim. Estudando o terreno, as condições das galerias, fluxo consistente para a retirada de água.

A resposta do aluno à terceira questão sobre a responsabilidade dos três envolvidos no acidente foi:

Total. Foram negligentes em não avaliarem o que estava acontecendo quando começaram os primeiros sinais da natureza: rachaduras nas paredes, portas emperradas, calçadas avariadas e os estrondos que ocorriam a todo instante.

Quis ampliar o debate em torno das responsabilidades do envolvidos no problema e iniciei o diálogo com o aluno:

P: A responsabilidade também no planejamento, né, da instalação da fábrica, porque...

A2: Porque a própria instalação da fábrica foi feita de modo desgovernado.

P: Isso. É porque se tem uma fábrica de bebida que vai extrair água do subsolo, deveria ter um conhecimento, alguém deveria ter trazido esse conhecimento, do subsolo. Você mora em uma cidade, construída em um terreno, aquilo que tem embaixo do terreno precisa ser conhecido. Esse conhecimento alguém deveria ter, a prefeitura, a parte de secretaria de urbanismo, meio ambiente, os mapas. Esse conhecimento tem que estar na mão da prefeitura.

P: Uma fábrica, por exemplo, uma indústria, vai ser construída nesses locais. Tem que ter conhecimento para mexer ali, senão fica complicado, né? Lá em Curitiba, com certeza eles já tinham esse conhecimento. Por isso que a SANEPAR foi, mas ela foi monitorando. Ela sabia que ali tinha um...

A2: O importante desse caso é que eles já estavam com mais conhecimento.

P: Eles já tinham esse conhecimento, a ciência já tinha, o sistema cárstico, em outros países, já teve muitos casos de desmoronamento, os geólogos já sabiam. Precisa ver como a prefeitura né..., os critérios que ela usa pra estruturar o conhecimento dela lá. O que ela tem de conhecimento, o que ela valoriza, o que ela não valoriza, os impactos ambientais. Naquela época, acho, tinham prefeitos e prefeitos que passaram na cidade e não deram importância pra isso.

A2: É. Não deram importância pra isso.

P: Algumas secretarias, pelo menos, deveriam procurar esse conhecimento. [...] Não só porque não monitoraram esses sinais, mas porque não tinham levantamento desse local.

A2: Eles tinham conhecimento mas não aplicaram, né professora?

P: Ou não tinham responsabilidade. Você tem um conhecimento disponível e não usa? Você é responsável por isso.

A2: Ele [órgão público] está responsável pela população, né?

P: [...] A indústria que vai tirar do solo, será que não tinham cálculos, engenheiros, ninguém que tinha conhecimento daquilo?

A2: Eles pra fazer a perfuração, eles tem que fazer treinamento, não sabe que tipo de solo que tem ali. Aí tem que aplicar um certo tipo de broca pra furar aquela terra ali. Mas mesmo assim, eles vêm e não tomaram conhecimento.

P: Não tomaram conhecimento. Deixaram tudo por conta da Natureza.

A2: Ao leo. Ainda mais a água ali, além de perfurar, tem que ver a composição dessa água, tudo.

P: Se não tá contaminada. A cidade é conhecida na região com água de boa qualidade. Tem gente da região que vai buscar água ali.

P: Então pra fábrica de bebida foi uma mão na roda, tem um monte de água, com qualidade. Olha que beleza. Cadê o conhecimento, a responsabilidade? Você chega e vai extraíndo, já vai desmatando, vai tirando, vai derrubando, vai fazendo tudo...

A2: Eles não fizeram também um levantamento da quantidade de água que poderia ser tirado.

P: A própria Natureza vai dar conta de tudo. Aquela idéia assim: vou explorar o quanto posso e o máximo que posso.

A2: Aquele pensamento humano momentâneo, né? Só pensa no agora e não pensa futuramente.

O diálogo revela tratamento de vários assuntos e põe no foco do problema a difusão pública do conhecimento científico (ponto crítico do debate CTS), bem como de *quem* detinha conhecimento das condições geológicas (empresa que perfurou os poços de água) e deveria ter alertado para os riscos potenciais da produção de água subterrânea. Os exemplos tratados (Cajamar e R.M. de Curitiba) aclararam o acúmulo de conhecimento nacional sobre a exploração de água do aquífero cárstico, mas as minhas limitações e as do aluno deixaram à margem alguns dilemas do conhecimento científico e da identificação de responsáveis pelo acidente gerado pela produção inadequada de água subterrânea.

Na correção à quarta questão da avaliação final, que tratou sobre a importância do acesso da população aos conhecimentos da ciência e como isso poderia ser feito, o aluno respondeu:

Antes da ocupação da população nesses terrenos, ter palestras sobre o terreno, o que pode acontecer e os métodos de segurança para evitar problemas futuros.

Após ler a sua resposta, resolvi estender o debate em torno da importância do acesso ao conhecimento por parte da população e da participação popular:

P: Já que você tem uma população habitando nessa região, eu acho que esse conhecimento tem que chegar à população. Porque depende desses sinais para ver o que está acontecendo. Esse é um alerta da Natureza, esse é um conhecimento que interessa e deve estar na mão da população também.

A2: A própria população fica mais atenta, né professora? Pra saber o que está acontecendo, e aí evita até... O monitoramento, por exemplo, não precisa estar constantemente na região, gastando tempo de estar fazendo outra coisa [os técnicos]. E a população também torna, entre aspas, como um técnico, um Geólogo, né?

Para valorizar a participação popular, relatei um caso verídico, obtido em reportagem assistida por mim em programa de TV, e que tratou da ocupação de um morro no Rio de Janeiro (Morro da Formiga) onde a população, com a ajuda de uma ONG ambiental (Novo Horizonte), precisou tomar decisões a respeito do local onde havia ocorrido um escorregamento com vítimas. A população se organizou e passou a monitorar a região, plantar árvores, impedir novas construções, desocupar casas em situação de risco. Foi o resultado de acordos, conscientização dos moradores e conhecimentos sobre o local. O aluno A2 não fez comentários sobre o caso relatado.

Ao corrigir alguns erros ocorridos na sexta questão da avaliação final (Apêndice B), que trata das condições do solo, o aluno argumentou comigo sobre os motivos que o levaram àquela resposta. Concordei com os argumentos do aluno e reconheci que a pergunta poderia ser reformulada de modo a contribuir com a resposta esperada. O diálogo a seguir mostra a interação ocorrida:

P: [...]. Solo em região mais chuvosa, você acha que ajudaria ou não? Por que você acha que não ajudaria? Passando água mais continuamente nesse solo...

A2: Mas aí, o solo em regiões mais chuvosas, tem que ter essa condição também, tem que ter mais matéria orgânica.

P: Mas então, vamos pensar. Esse pode ser junto, entendeu? Quais as condições que ajudariam a solubilizar a rocha carbonática? Essa poderia ser uma [solo mais rico em matéria orgânica] e essa [solo em região mais chuvosa] não poderia ser outra?

A2: Nessas condições sim.

P: Então, também, essa seria mais uma condição. Acho que a pergunta poderia ser assim: Quais as condições que, em conjunto, poderiam ajudar a solubilização?

A partir dessa nova colocação, o aluno entendeu o critério da questão e passou a acertar os outros itens que havia errado:

P: E solo mais profundo? É um solo com mais camadas de solo.

A2: Ajudaria também.

P: É um solo que passando...

A2: Quanto mais profundo, pega mais gás carbônico.

P: Mais ácido ele fica. Lá em Cajamar, parece que é um solo bem profundo, solo antigo, tem muitas camadas de solo ali.

A sétima questão da avaliação final (Apêndice B), o clima serviu de contexto para discutir o modelo termodinâmico da solubilidade dos gases. O aluno escreveu:

Nas regiões tropicais são geralmente muito quentes, favorecendo a formação de evaporação e a maior desordem, e nas regiões frias com temperaturas extremamente baixas, as moléculas economizam energia ficando mais ordenadas.

Iniciei o diálogo:

P: Isso mesmo! Isso está sendo favorecido. A molécula só vai para o estado gasoso, de maior energia, se ela tiver energia. Quando a molécula de água, que condensa na nuvem, ela está mais energética. O que ela faz com essa energia quando se condensa?

A2: Ela consome [utiliza na produção de chuva] em chuva.

P: Ela devolve essa energia pro ambiente.

A2: Ela devolve pra Atmosfera.

P: Isso!

A2: Ahhhh!!! [fica admirado com essa informação].

P: É essa energia que ajuda no transporte do ar, no vento. De onde pode vir a energia para o movimento do ar?

A2: Desse processo, né. Uhummm! [expressando que entendeu]

P: É um dos mecanismos que ele tira. Tira também do Sol.

Na correção da oitava questão da avaliação final, sobre as condições de favorecimento da reação de cristalização dentro da caverna, a resposta escrita do aluno foi:

Com pressão e temperatura internas, na caverna, aumentados. Esses fatores favorecem a reação de cristalização.

Há dois fatores interferindo simultaneamente nessa reação e a análise é mais complexa. Tanto nesta análise, quanto na realizada durante o experimento com a rocha carbonática (Apêndice A, Investigação C), o aluno ficou em dúvida para responder minhas interrogações quanto às condições do experimento. Após o diálogo ocorrido, o aluno demonstrou rapidamente o seu entendimento. As discussões realizadas nesses momentos compõem as estratégias didáticas para ajudar o aluno na análise, que é complexa, não intuitiva e nem habitual para os alunos.

A discussão que se segue iniciou-se com a minha observação sobre as condições climáticas da caverna, da baixa troca de calor naquele ambiente, do aumento da temperatura. Falei sobre o aumento de temperatura em função da profundidade, do calor geotérmico. Surge o interesse do aluno pelo assunto e então perguntou:

A2: Isso também ajuda nos movimentos da Terra, de rotação e translação, ou não?

P: Não. Esses movimentos dependem da gravidade. A massa da Terra em relação à massa do Sol.

A2: O magma também ajudava, contribuía pra isso?

P: Acho que não. Na Terra a energia gravitacional, a energia do Sol...

A2: A Terra no espaço, né... com a atração do Sol.

A curiosidade e a insistência do aluno pelo assunto e meu pouco domínio sobre ele, levou-me a buscar respostas com o professor de Física, presente na sala, que ajudou a esclarecer algumas dúvidas. Há interesse da parte desse aluno por entender o calor interno da Terra, como essa energia se relaciona aos movimentos da Terra, como o magma está relacionado à gravidade terrestre. São questões complexas tanto para mim, quanto para o professor de Física e não conseguimos esclarecer de maneira satisfatória as questões trazidas pelo aluno. Expliquei-lhe que a energia interna da Terra ajuda em outro processo, como o ciclo das rochas, nos movimentos das massas de rochas aquecidas no interior da Terra, na erupção de rochas para a crosta e na subducção de outras para o manto. Falei, ainda, sobre a formação das montanhas, a compactação dos sedimentos e os movimentos tectônicos, os tempos longos desses ciclos, o Tempo Geológico. A certa altura da discussão o aluno perguntou:

A2: Putz! Com esse negócio dá pra entender uma parte da formação da Terra, no Havaí. A Terra tem uma região lá que sai massa constante.

A discussão voltou-se para as regiões vulcânicas e o aluno identificou o ciclo das rochas:

A2: É o legal, que eu acho, a parte onde o vulcão está mais ativo e a lava tá indo, tá pra bem dizer, como se fosse o principio da Terra. E quanto mais vai se afastando, aquelas camadas vão se esfarelando, virando pedrinhas, mas depois vai virando areia, aí depois vira terra, e depois vem as plantas, a vegetação... É muito legal.

A questão dez da avaliação final (Apêndice B) refere-se às transformações endo e exotérmicas. O aluno errou o fenômeno de condensação e de solidificação da água. Ajudei-o nesse processo.

P: Solidificação. Para ficar sólido, ele absorve ou libera energia? Vamos pensar: ele estava no estado líquido, tem maior ou menor energia que o estado sólido?

A2: Tem maior energia. Então ele perdeu energia para ficar no estado sólido.

P: Então é endotérmica ou exotérmica? Ele liberou a energia que estava a mais ou precisou dessa energia?

A2: Ele liberou energia, né?

P: Então é endo ou exo?

O aluno nada respondeu. Continuei o diálogo.

P: Exo. Ele liberou energia. Tá liberando essa energia para o ambiente. Vai ser aproveitada em algum processo.

P: É só você pensar nos estados de maior e menor energia. Estado líquido é o estado de maior energia. Ele vai liberar essa energia. Se está no estado de vapor e vai para o estado líquido, ele libera também essa energia. Sempre lembrando do estado inicial e final.

A2: É verdade.

Precisei relemburar os estados físicos e as energias envolvidas em cada um deles e questionar sobre esse novo estado físico adquirido após a transformação em termos de energia. O caminho da vaporização e liquefação foi mais facilmente percebido pelo aluno. O caminho inverso, de condensação e de solidificação, precisou de minha ajuda para a reflexão e consolidação do novo conceito.

A discussão abaixo ocorreu a partir de uma pergunta do aluno no final da correção da avaliação.

A2: A senhora falou lá, que..., da lei de Lavoisier lá, a quantidade da Terra é sempre a mesma. Tudo. Tanto o ciclo da água, o ciclo do ar, ciclo das rochas, é tudo igual.

A2: Os ambientalistas precisavam saber isso aí.

P: O que muda de um ciclo para outro? Por exemplo, o que muda em relação ao ciclo das rochas?

A2: Para acontecer o processo? Mais ou menos o tempo, né?

P: Exatamente.

A2: Muito diferente de um para o outro.

P: Isso muda bastante coisa na disponibilidade do que a gente tem aqui.

P: A água no estado de vapor a todo momento indo para o estado líquido, pro estado sólido. O ciclo é curto.

A2: Por isso que eu acho que é uma mentira, que inventaram [os ambientalistas] que a água do mundo está acabando. Porque a mesma água que tinha há 5 milhões de anos atrás é a mesma quantidade que tem agora.

P: É. O problema não é: a água não está acabando. O problema é a água...

A2: Que tem mais água salgada, né?

P: E tem outra coisa. A gente tem uma reserva pequena de água doce. E outra coisa. O maior reservatório de água doce nosso, é que a gente não estudou isso a fundo, é o reservatório subterrâneo. A água é armazenada em muito maior quantidade no subsolo. E a gente pensa que não..., que é...

A2: No rio.

P: Não, é a água do subsolo.

P: O ciclo da água passa pelo subsolo. Você viu a água subterrânea, aparecendo lá na bica, secando o lago deles [Curitiba]. Quando você puxa a água subterrânea com muita intensidade, ela vai secar, inclusive o que está em cima, porque está ligado.

A2: Perfeito.

P: Se você começa a ter contaminação, por exemplo, o aquífero é um volume enorme de água que a gente tem.

A2: O Aquífero Guarani.

P: Se você começar a contaminar esse sistema. E você tiver o solo contaminado você vai contaminar seu aquífero. O seu reservatório de água, que é uma parte muito importante desse ciclo, que tem contato com outros sistemas...

A2: Ai vai virar uma cadeia de acontecimentos.

P: E se você também começa a extrair a água desse subsolo, tem várias camadas... Você viu ali, esgotou a primeira camada, a água da chuva vai passando, primeiro encharca e a água começa a se deslocar para outras regiões. Secou ali...

A2: Houve muita extração.

P: Isso. Houve muita extração. Em regiões mais profundas, você pode não conseguir mais extrair.

P: E a água da chuva, por exemplo, não tem espaço para penetração, está tudo asfaltado. Ela corre direto para o rio e depois pro mar. Como você vai alimentar esse sistema?

A2: É verdade.

P: Você tem toda uma rede de contato...

A2: Interligado.

P: Se você não fizer um planejamento, uma estratégia, uma preocupação. Por isso a preocupação não é com a quantidade. A quantidade é realmente a mesma.

P: Mas é com o ciclo da água, os reservatórios que a gente tem, né?

A2: É verdade.

O diálogo acima se volta à temática de retirada dos recursos naturais, agora mais focado na água. O aluno tem desconfiança do papel dos ambientalistas pois não havia entendido a preocupação desse grupo, principalmente depois do conhecimento quanto à quantidade fixa de água no Planeta. O ciclo interno e externo, preservação, contaminação e recarga foram debatidos nesse diálogo.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

4.1. PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

As etapas percorridas pela pesquisadora para compor a análise dos dados obtidos são destacadas a seguir:

1) Seleção de alunos que iriam participar da análise.

Na primeira fase de tratamento dos dados coletados na pesquisa, esses foram organizados e explorados levando-se em conta os seis alunos convidados. O tratamento dos dados permitiu levantar três eixos (categorias) para análise. A partir da escolha dos eixos, a fase seguinte compreendeu rever como esses eixos estavam configurados na trajetória de cada um dos alunos. A constatação de que a trajetória percorrida pelo aluno A2 oferecia mais elementos para trabalhar com os eixos selecionados permitiu escolhê-lo para ser analisado em um estudo de caso, possibilitando observar de forma detalhada a trajetória de aprendizagem desse aluno frente aos eixos escolhidos.

2) Conhecimentos sobre o funcionamento do Sistema Terra.

A construção da inovação curricular seguiu um caminho em que uma dinâmica natural precisou ser explicada. A integração de duas áreas do conhecimento (Química e Geologia) para explicar o fenômeno permitiu-me, como professora e pesquisadora neste estudo, adquirir confiança para abordar outros fenômenos naturais. O clima foi colocado em destaque na forma de questões contidas nas atividades e avaliação final dos alunos. Na interação com o aluno A3, primeiro a realizar toda a inovação curricular, percebi que havia problemas e dúvidas quanto à abordagem sistêmica para tratar o clima. Para diminuir as insuficiências e dificuldades, recorri ao orientador e as disciplinas cursadas (Ciência do Sistema Terra I e II) para ampliar minha visão sistêmica. Isso facilitou os diálogos com os alunos seguintes sobre fenômenos naturais. Tornou-se possível, então, incluir questão sobre clima na avaliação final dos alunos A5 e A6 para reforçar ideias de interações sistêmicas da natureza. Prestei atenção às perguntas feitas pelos alunos durante o processo de aplicação da inovação curricular e que, muitas vezes precisei refletir sobre elas e recorrer ao auxílio do orientador para, durante a trajetória em curso, melhorar os meus

próprios conhecimentos sobre o funcionamento da Terra e assim melhorar a interação com os alunos.

Pela forma com que os diálogos transcorreram e pela metodologia da inovação curricular, percebi que havia interesse e curiosidade dos alunos para entender as formações terrestres, dinâmicas e ciclos. Resolvi então adicionar mais dois itens na segunda parte da inovação a partir do terceiro aluno participante da pesquisa. Os itens adicionados foram: a *conservação da massa e o tempo*. Isso permitiu discutir o ciclo completo das massas que circulam na natureza e o tempo desses ciclos, ajudando a refletir sobre a sustentabilidade dos recursos naturais.

3) **Transcrição do material gravado**

A transcrição do material gravado foi realizada por mim. Essa etapa demandou tempo longo já que havia muito material. Ao ouvir, por diversas vezes, os diálogos realizados com os alunos, pude perceber os momentos de dúvidas, pausas, ansiedades, diferentes entonações nas vozes, risos, além de expressões de surpresa e entusiasmo. Essa etapa, além de permitir a transcrição dos diálogos, ajudou a compor um espectro do percurso ocorrido com cada um dos alunos e do conjunto. Tal processo, embora lento, propiciou refletir sobre como foi o ensino e criou condições para questionar a aprendizagem dos alunos e problemas comuns que afetam a EJA. Na etapa seguinte, classifiquei todos os diálogos ocorridos conforme a temática desenvolvida em cada um deles. Inicialmente foram destacados em torno de dez temas. O trabalho seguinte foi reagrupá-los em três eixos principais (categorias) e que estavam de acordo com os referenciais teóricos escolhidos.

4) **Material escrito**

Junto com a transcrição do material gravado, o material escrito serviu como fonte de dados para a análise. Exercícios e avaliação final feitos pelos alunos e entregues a mim, como professora, e as anotações no diário de campo feitas por mim, como pesquisadora, foram atentamente e cuidadosamente lidos e relidos várias vezes e que, entrecruzados com o material gravado, conduziram a uma visão de conjunto que ajudaram a definir os eixos adotados para a análise.

5) Diálogos ocorridos

Os diálogos compuseram importante fonte de dados nessa pesquisa. A interação professor-aluno por meio de diálogos ocorridos permitiu coletar dados sobre a interação dos alunos com a metodologia desencadeada e verificar a eficácia dos diálogos na construção do aprendizado dos alunos dentro da trajetória desencadeada. Devido a minha experiência didática com os alunos da EJA inseridos em escola de atendimento individualizado, verifico que essa estratégia metodológica, chamada por Pacca e Villani (2000) de *competência dialógica*, é um importante instrumento na construção do conhecimento dos alunos. Os alunos da EJA, em sua maior parte, já possuem experiências significativas de vida e o efetivo diálogo aliado a materiais didáticos adequados permitem potencializar a aprendizagem desses alunos.

4.2. EIXOS ANALISADOS

A inovação curricular foi construída em torno do tema moradia. Para revelar, aclarar e aprofundar o debate em torno das causas do colapso de Cajamar, o estudo químico foi estruturado para entender a dinâmica natural. Conhecimentos sobre o funcionamento do planeta Terra foram postos para descrever dinâmicas, tempos, ciclos e trocas de matéria e energia no ambiente natural. A intervenção humana, acelerando o desmoronamento do teto da caverna, serviu de componente para o debate em torno de questões sociais, econômicas e políticas que envolvem a complexa relação homem e natureza.

Três focos dirigiram a inovação curricular: **aprendizado químico, visão de ambiente, aprendizado sócio-ambiental**. Estes servem de indicadores para descrever e examinar a inovação curricular desenvolvida.

Os diálogos ocorridos da interação com o aluno A2 foram reproduzidos em alguns momentos e em outros, quando o diálogo analisado é extenso, indicou-se a página em que o mesmo pode ser encontrado na dissertação. Constituíram importante fonte de dados. Como já foi mencionado, outras fontes analisadas foram: as respostas escritas de exercícios propostos no roteiro escrito da inovação curricular, respostas obtidas na avaliação final da inovação curricular e anotações no diário de campo. Foi feita classificação e seleção para serem aqui expostas. Cada um dos eixos será analisado a seguir.

4.2.1. APRENDIZADO QUÍMICO

Dois aspectos foram analisados nesse item: a) **aprendizado do modelo da termodinâmica** e b) **uso do modelo da termodinâmica para compreender as reações do carbonato de cálcio**. As respostas escritas dos alunos à questão sete e oito da avaliação final e os diálogos realizados em torno das questões serviram para a discussão do item.

A- APRENDIZADO DO MODELO DA TERMODINÂMICA

A sétima questão contida na avaliação final e que serviu de análise para esse item foi: *Podemos afirmar que em regiões tropicais, onde há maior incidência de luz solar, há maior quantidade de moléculas de água no estado de vapor (estado gasoso) comparado às regiões onde prevalece o clima frio. Discuta essa afirmativa e justifique-a recorrendo ao modelo usado na atividade referente aos estados de menor energia ou maior desordem.*

O clima serviu de contexto para descrever o aprendizado do modelo da termodinâmica da solubilidade dos gases. No momento de corrigir a avaliação, interagi com o aluno para ampliar e fortalecer o seu aprendizado. O diálogo ocorrido foi apresentado na página 64. O aluno, na sua resposta escrita, demonstrou que compreendeu as alterações do estado de agregação da matéria em função da energia do ambiente. Conseguiu utilizar os novos termos *ordem, desordem, favorecimento* de maneira adequada e usou a expressão *economizam energia* para expressar a relação de dependência dessas transformações físicas em função da disponibilidade de energia. Quando estendi a discussão utilizando novamente o contexto climático para exemplificar o caminho oposto ao anterior, de condensação, o aluno ficou admirado com a informação trazida e demonstrou que entendeu esse mecanismo de utilização da energia liberada. No currículo tradicional da escola, aos conteúdos que abordam a relação entre as transformações ocorridas na matéria e a energia recebem tratamento superficial. A metodologia utilizada na inovação curricular possibilitou o estudo das transformações em função da termodinâmica. Isso levou à efetivação do aprendizado.

Na inovação curricular, a discussão do experimento de desidratação e hidratação do sulfato de cobre com o aluno A2 estimulou o debate em torno da utilização da energia liberada nas transformações exotérmicas. O aluno fez uma previsão correta do que aconteceria no

processo de hidratação do sulfato de cobre. A transcrição do diálogo está localizada na página 56. O experimento com o sulfato de cobre, bem como aquele em que se analisaram as condições para a reação de precipitação ou dissolução da rocha carbonática, estão sendo utilizados para discutir a dinâmica da reação química em função da energia. O aluno já havia realizado o experimento com o calcário (Apêndice A, Investigação C) e isso facilitou a análise do fator energético presente na reação do sulfato de cobre.

A questão dez da avaliação final (Apêndice B) requisitou do aluno a análise das transformações em endo e exotérmicas (página 67). O aluno errou, dentre os onze, o fenômeno de condensação e de solidificação da água. Precisei relembrar os estados físicos e as energias envolvidas em cada um deles. Percebo que o caminho da vaporização e liquefação é mais estimulado tanto na escola como no cotidiano do aluno e, portanto, mais facilmente compreendido pelo aluno. O caminho inverso, da condensação e da solidificação, requer do aluno uma reflexão maior para consolidação do novo conceito aprendido. Os exemplos utilizados no exercício dez foram retirados, em sua maior parte, de transformações que ocorrem na natureza. A valorização do contexto ambiental e o deslocamento do contexto tradicional, voltados para processos industriais, ajudam os alunos a compreender o importante papel da Química para o entendimento dos processos naturais e não somente voltados para os processos artificiais, como normalmente é conhecida essa ciência. Isso possibilita dimensioná-la de forma mais rica e ampla.

B- USO DO MODELO DA TERMODINÂMICA PARA COMPREENDER AS REAÇÕES DO CARBONATO DE CÁLCIO

A questão oito da avaliação final tem o seguinte texto:

Dentro da caverna, a reação de cristalização do carbonato de cálcio foi favorecida. Explique as causas desse acontecimento.

A escolha dessa questão, para servir de análise na compreensão do modelo da termodinâmica, leva em conta os aspectos termodinâmicos que precisam ser postos para entender as formações de carbonato de cálcio no ambiente da caverna. A reação modifica sua dinâmica em função dos fatores apresentados no novo ambiente e esse contexto deve favorecer a discussão em torno do aprendizado químico. Na correção da resposta do aluno, encontrada na página 65, observei que o mesmo errou na análise do fator pressão. A elaboração da resposta deve levar em

conta a análise das condições ambientais a que estão submetidos os componentes da reação, antes e depois de entrarem na caverna. Os parâmetros precisam estar claros para o aluno no momento da análise. O fator pressão pode gerar dúvidas, já que no solo a pressão é maior pois o espaço é menor, enquanto na caverna, a pressão é menor, pois o espaço é maior. Fiz a correção e o aluno rapidamente entendeu seu erro, que pareceu ser mais decorrente de distração e menos de desconhecimento. No transcorrer da inovação curricular, houve um diálogo com o aluno A2, no momento de correção do exercício treze e que diz:

Pensando no fator temperatura, qual transformação é favorecida – dissolução ou cristalização do carbonato de cálcio, dentro da caverna?

O aluno ficou inseguro em sua resposta e resolvi ampliar o debate (página 57) para fortalecê-lo e o fiz utilizando outro contexto natural. Nesse diálogo, outro ambiente natural está servindo para análise de fatores favoráveis para a precipitação do carbonato de cálcio e enriqueceu o debate em torno dos conhecimentos químicos que estão sendo estruturados e no entendimento da dimensão ambiental, que é sistêmica, cíclica e realiza constantes trocas de matéria e energia em seu ambiente. As características foram contempladas no debate analisado. O aluno expôs seu interesse e motivação pelo local exemplificado, trouxe questionamentos pertinentes e avaliou que o debate ajudou-o a consolidar os conceitos estudados.

4.2.2. ANÁLISE GLOBAL DO PRIMEIRO EIXO

O clima serviu de contexto natural para avaliar a aprendizagem do aluno A2 do modelo da termodinâmica das partículas em seus estados físicos. Por meio da questão sete foi possível identificar como o aluno expressa as mudanças ocorridas na matéria.

Em vários momentos da interação com os alunos, não só nas questões que diretamente enfocaram o contexto climático, utilizei o clima para contextualizar os conteúdos de química e a interação facilitou o aprendizado dos alunos. Durante os diálogos em torno desse contexto surgiram dúvidas, esclarecimentos, questionamentos que levaram à exploração de aspectos do fenômeno climático e que nos ajudaram a entender o funcionamento da natureza. O clima, bem como outros fenômenos ambientais, é sistêmico, seu entendimento depende da abstração que envolve componentes de acúmulo temporal (históricos) e distintas escalas espaciais (regional e global).

O aprendizado dos conceitos da ciência nos contextos ambientais revelou-se importante em vários aspectos. Primeiro, como já dito, possibilitou efetivar o acesso a conhecimentos relevantes da ciência. A análise ambiental demandou o desenvolvimento de habilidades para dar conta da complexidade do ambiente em análises que integram conhecimentos de múltiplas ciências para a compreensão de seu funcionamento. Como já foi mencionado, Gonçalves (2000) assinala as diferenças entre as ciências experimentais e históricas. Uma utiliza os procedimentos analítico, indutivo e dedutivo enquanto a outra enfatiza o uso de raciocínios abduzidos, permitindo compreender o planeta e o ambiente de modo integrado. Segundo Morin (2005), ciências como a Ciências da Terra podem ultrapassar os limites analíticos e colaborar no entendimento de sistemas mais complexos pois são poli ou transdisciplinares (p. 26-27).

Devido a minha formação disciplinar e por estar aprendendo também nessa trajetória, não consegui, inicialmente, incorporar satisfatoriamente componentes trazidos por alguns alunos sobre o clima. Guimarães (2004), em pesquisa para conhecer o perfil de professores da Educação Básica no Distrito Federal em relação a conhecimentos sobre a Terra, no enfoque das Geociências, constata que os educadores “apresentam deficiências nas habilidades e competências para o estudo contextualizado e interdisciplinar das Ciências Naturais” (p. 93). Piranha e Carneiro (2009) destacam a importância da formação dos profissionais de educação básica e que, segundo os autores:

Deverão compreender a complexidade dos conceitos, processos e materiais geológicos a fim de orientar a prática pedagógica interdisciplinar que valorize a compreensão da interdependência existente entre os componentes do Sistema Terra. Assim poderão conduzir ao desenvolvimento de uma educação compromissada com a vida e com um desenvolvimento que possa ser sustentável (p. 135).

A orientação de práticas pedagógicas interdisciplinares e que explicitem a relação de interdependência entre os componentes do Sistema Terra, destacada na citação acima, orientou a construção e aplicação dessa inovação curricular. Na interação com o aluno A2, para esclarecer dúvidas a respeito da contribuição energética na reação de formação do calcário, dentro da caverna, recorri à formação de corais na natureza. O diálogo estabelecido contempla a dimensão sistêmica do ambiente, as relações de interdependência e de ciclicidade. Assim como o ambiente da caverna, os corais exibem condições específicas para sua formação, dependentes de múltiplos

fatores que se interligam para manutenção das estruturas que desenvolvem. Compiani (2005) ressalta a importância da análise dos múltiplos contextos para o desenvolvimento da capacidade cognitiva e da tomada de decisão consciente e fundamentada dos alunos:

A contextualização é inseparável da cognição e da ação. É através do conhecimento de uma variedade comparável de contextos que se começa a entender similaridades e diferenças e, assim, pode-se antecipar o que acontecerá em situações similares e, diante de cada nova situação, estar mais apto para decisões e cada vez mais apto para as decisões criativas e com uma maior fundamentação prático-teórica (p. 16)

O aluno A2 interagiu com as explicações, enriqueceu o diálogo com perguntas que ajudaram a aprofundar o debate e mostrou-se satisfeito com o aprendizado novo nesse contexto. O aprendizado ganhou contexto mais amplo, pudemos ir além de estratégias restritas a experimentos de laboratório e buscar locais naturais conhecidos, admirados e que podem ser compreendidos de forma mais profunda, pelo acesso aos conhecimentos da ciência. Orion (2009) destaca a importância desse aprendizado, em que os tópicos de Física e Química, contextualizados no Sistema Terra, servem como ferramenta para compreender a ciência em um nível mais profundo e mais abstrato. São abordagens diferentes daquelas em que o currículo se organiza obedecendo à sequência de conteúdos; a organização se dá a partir de aprendizagens vivenciadas pela vida das pessoas.

É preciso superar a concepção de certas políticas educacionais oferecidas para alunos de EJA, excluídos do acesso a currículos que efetivem seu aprendizado científico. Segundo Vázquez-Alonso *et al.* (2005), a “máxima de ciências para todas as pessoas é a resposta mais direta a uma ciência escolar para minorias”. Acostumados a currículos de ciências empobrecidos, muitas vezes provenientes de adaptações malfeitas dos cursos regulares, infantilizados e com erros conceituais (VILANOVA e MARTINS, 2008), os alunos da EJA, a exemplo do aluno A2, respondem positivamente a currículos de ciências estruturados em eixos que sejam do seu interesse e que possam motivá-los para o aprendizado de ciências. Explicam Vásquez-Alonso *et al.* (2005) que o currículo inclusivo e com relevância para todos os estudantes se refere àqueles que respondam melhor a como fazer mais acessível, interessante e significativa a ciência escolar e sobretudo como fazer-se relevante para cada aluno.

Isso sugere que as ideias de Young (2007) indicam um caminho que interessa a alunos e à própria instituição escolar: os diálogos, perguntas e dúvidas de A2 foram apoiadas em

suas experiências profissionais e culturais (trabalhos já realizados, o que aparece nos meios de comunicação etc.). Porém a escola precisa ultrapassar essas informações e ajudar o aluno a construir procedimentos de raciocínio para formular um conhecimento próprio diante da *babel* de múltiplas e diversificadas experiências.

Essa constatação vem ao encontro da minha prática didática que, ao exercer atividade docente em escola de atendimento individualizado e flexível, verifico diariamente que, quando respeitados em seus diferentes tempos de aprendizagem, os alunos adquirem motivação diante de ensino contextualizado em temas de seu interesse e mostram-se aptos a adquiri-los.

Para avaliar o aluno A2 e as mudanças introduzidas no ensino em decorrência da utilização do novo currículo, recorreu-se aos instrumentos utilizados por Johnson *et al.* (2006). Considera-se que esse aluno atingiu o nível de *instrução exemplar* com relação ao aprendizado dos conteúdos químicos. Segundo os autores, nesse nível de instrução, todos os estudantes são altamente engajados todo o tempo e o trabalho é significativo; a aula é bem planejada e criativamente implementada de acordo com necessidades e interesses dos alunos (p. 377). A inovação curricular contou com recursos diversificados para a aprendizagem dos alunos: textos, exercícios, consulta bibliográfica, diálogos, atividades práticas e avaliação final. Em todas as etapas o aluno A2 esteve motivado e engajado no novo currículo, aplicou adequadamente os conceitos químicos ensinados no contexto do clima e da caverna e com esse novo conhecimento pôde aclarar, em um nível mais profundo, as causas do desmoronamento de casas dos moradores de Cajamar.

Os alunos A3 e A5 apresentaram baixa dificuldade na aquisição do aprendizado químico estruturado na inovação curricular e tiveram acerto alto na avaliação final em questões envolvendo o eixo. Os alunos A4 e A6 apresentaram mais dificuldade e muitos foram os diálogos desencadeados e que buscaram esse aprendizado. As respostas apresentadas na avaliação final dos alunos A4 e A6, com relação ao eixo, foram mais incompletas e com imprecisões. Todos os alunos realizaram as atividades propostas da inovação curricular e estiveram motivados para os debates, trazendo dúvidas, fazendo colocações pertinentes e contribuindo com experiências cotidianas relativas ao aprendizado proposto.

4.2.3. VISÃO DE AMBIENTE

Nesse item serão analisadas as contribuições trazidas pela inovação curricular para a formação de uma cultura ambiental sob ponto de vista da Ciência do Sistema Terra. Carneiro *et al.* (2008) destacam que o projeto norte-americano de ensino ESCP, da década de 1970, “foi um marco na mudança de ensino dos aspectos naturais do planeta” (p. 37). Segundo os autores do projeto ESCP (1980), “ensinar ciências através de um estudo do meio em que vive o homem é um procedimento das Geociências que possibilita uma unificação, uma inter-relação que inclua tudo o que houver sobre o meio em que vivemos”; “esta abordagem considera a Terra, seus materiais, processos, história e ambiente no espaço” (ESCP, 1980, p.1). Nela as disciplinas são selecionadas para compreender ambiente:

Focalizando do átomo ao Universo, permite uma compreensão de escala nos sistemas de referência, de espaço e de tempo. A conservação da massa e da energia, a uniformidade dos processos e a adaptação do meio estão reunidas naturalmente. Matéria, energia, espaço e tempo são colocados em foco através de um estudo centralizado na pesquisa do meio em que o estudante vive na Terra. Tal esquema engloba e correlaciona todas as ciências. A Biologia, a Química, a Matemática e a Física são fundamentais para a discussão dos materiais e processos responsáveis pelo aspecto do nosso ambiente (ESCP, 1980, p.1).

Nessa perspectiva de ensino de Ciências, colabora-se para “*revelar o Ambiente e desvelar a Ciência*” (AMARAL, 2006, p. 113, grifo do autor). Segundo Amaral (2006), o significado de “*revelar o Ambiente* é apresentá-lo na multiplicidade de suas dimensões cognitivas e espaço-temporais, bem como na totalidade das relações entre ser humano e restante da natureza, contrapondo-se a ideia de sociedade sustentável à de desenvolvimento sustentável”. Para o autor, “*desvelar a Ciência* implica desmitificá-la, apresentando-a como atividade humana em todos os seus aspectos e implicações e estabelecendo aproximações entre a verdade científica e a verdade social” (AMARAL, 2006, p. 113, grifo do autor).

O diálogo da página 52 ocorreu a devido a uma dúvida levantada pelo aluno A2 no momento da correção do exercício oito, contido no roteiro da inovação curricular. No momento, o debate tratou das características da água que circula pelo sistema cárstico. O aluno procurou generalizar princípios sobre água subterrânea. Assinalei a dimensão complexa desse sistema, o solo, e esclareci a relação de dependência entre os materiais que o constituem e as propriedades adquiridas pela água que atravessa o solo. As especificidades de cada um dos sistemas que

constitui o Planeta e o conhecimento de que as propriedades dos materiais dependem de relações de trocas de matéria e energia no interior dos sistemas e entre os sistemas é um dos princípios que devem ser explicitados para o conhecimento do funcionamento do sistema Terra (PIRANHA e CARNEIRO, 2009).

Em outro item do mesmo exercício, item *c*, sobre o relevo, transcrito nas páginas 52 e 53, o aluno perguntou sobre o “desaparecimento da água” no sistema em estudo. A história dos moradores de Cajamar e da região de Curitiba trouxe informações sobre desaparecimentos de água de fontes externas (passagem da água subterrânea para superficial). A ocorrência de fontes secando em Cajamar e o rebaixamento dos níveis de água de poços-caçimba, esgotamento de água em uma mina e abaixamento do nível de água de um lago em Curitiba revelam esses desaparecimentos. O estudo do aquífero de Cajamar e de Curitiba proporcionou conhecimento sobre reservatórios subterrâneos. O diálogo propiciou condições de explicar a conexão entre os reservatórios internos e externos, quantidades e localidades foram destacadas. Bem-zvi-Assarf e Orion (2005) assinalam que vários subciclos do ciclo da água não são percebidos pelos estudantes. Isso inclui a água subterrânea. O diálogo sugere que A2 começou a reconhecer relações de água superficial e subterrânea. Trata-se de um passo do entendimento sistêmico.

Ao perguntar sobre o destino final da água na Natureza (página 53), precisei induzir o aluno a identificar o nível do mar como nível de base da superfície terrestre. Chama atenção que A2 talvez nunca havia pensado sobre isso. Na escola, não é usual utilizarmos exemplos da Natureza para tratar de conceitos da ciência, como a gravidade. O uso e aplicação de conceitos aprendidos na escola para entender o Planeta são importantes para “um estreito relacionamento do aluno com o meio natural em que vive, a Terra” (ESCP, 1980, p. 1). Piranha e Carneiro (2009) destacam que essa educação, “que permita ao indivíduo reconhecer o que é o planeta, como ele funciona e como, nesse espaço e ao longo do tempo, se processam as relações da Vida”, pode conduzir à “formação de um cidadão responsável e sensível às questões afetas à Vida e ao planeta” (p. 131).

No item *e* do mesmo exercício, foi perguntado sobre contaminação da água subterrânea. Depois de discutirmos os vários tipos de contaminação possíveis tais como coliformes fecais, metais pesados, produtos dos lixões e agrotóxicos, o aluno perguntou sobre

fluxos e quantidade de matéria envolvida e expôs o senso comum sobre contaminação de água (página 54). Chamei a atenção para a dimensão do ambiente, diluições, concentrações, contaminantes. Em seguida, a partir da pergunta do aluno, os vários papéis da água na natureza foram explorados.

A compreensão do papel da água na Natureza, funcionando ora como solvente, ora como reagente foi contemplado no diálogo da página 54. Esse aprendizado é importante para compreender a relevância da substância para a manutenção da vida, não só para satisfazer as necessidades humanas de saciedade, mas no entendimento do papel que a água exerce e exerceu na história planetária, em suas interações, transformações e transporte de materiais terrestres.

O próximo exercício envolveu o problema da estabilidade do teto da caverna em virtude das diferenças de pressão atmosférica provocadas pela extração de água do sistema cárstico. O aluno desejou entender outros sistemas naturais e sua relação com o sistema estudado (página 55). Aproveitei o exemplo dado pelo aluno (de caverna que já visitou e, agora pergunta pela resistência dos materiais rochosos) para tratar do equilíbrio de pressão do sistema. O aluno mostrou que entendeu. Estendi a discussão para falar de Cajamar, em que o sistema se desestabilizou devido à retirada rápida de água e a busca de um novo equilíbrio de pressão, pelo sistema, “puxando” o solo e provocando o desmoronamento de casas.

Recorri a outro exemplo de retirada de água subterrânea de sistema cárstico e que ocorreu na China. A solução para interromper o desmoronamento das rochas foi estabelecer o equilíbrio entre a pressão interna e externa desse sistema utilizando tubulações. Então o aluno confirmou o que eu já havia dito:

A2: Foram espertos.

O conhecimento do mecanismo de equilíbrio de pressão nesse sistema natural serve de contexto para ajudar a entender as causas do desmoronamento de casas em Cajamar. Na história ocorrida em Cajamar, o conhecimento não foi utilizado pelos técnicos que avaliaram e diagnosticaram o problema. A área foi isolada, os moradores que não perderam suas casas ficaram alguns meses fora delas e ao retornarem, nenhuma providência foi tomada. Atualmente o local do colapso está coberto e abriga uma praça. Os mecanismos utilizados pela natureza para buscar seus estados de equilíbrio dinâmicos foram exemplificados por meio do estudo das causas

que provocaram a aceleração da queda do teto da caverna. Revelar esse aspecto natural, “em que a transformação represente o movimento da matéria e/ou energia no sentido de um novo estágio de equilíbrio dinâmico” são importantes para a construção da visão de ambiente desejada nessa inovação curricular (AMARAL, 2006).

Na correção do exercício 14, contido no texto da inovação curricular (Apêndice A), iniciei o diálogo (páginas 58, 59 e 60), que se focou em questões de abastecimento de água e não no percurso natural da água na Terra. Nesse diálogo, a interação efetuada chamou a atenção para as transformações ocorridas no Planeta ao longo de sua história e que explicam a constituição dos materiais existentes no presente. O aluno teve dúvida sobre o balanço entre água doce e salgada ao longo da história planetária, apresentou suas concepções anteriores sobre o aumento da massa do Planeta. Expliquei-lhe o ciclo da rocha carbonática utilizando o exemplo do caminho de uma partícula fictícia de cálcio pela natureza. O texto da inovação curricular do aluno não continha esse item, que foi pensado e adicionado posteriormente. Isso ajuda a explicar a conservação da massa no planeta, fluxos e processos, enfim a reversibilidade das transformações em função de fatores energéticos e das condições encontradas na natureza. Durante a discussão, o aluno acompanhou a explicação e complementou-a com os conhecimentos adquiridos. Em outros momentos da trajetória curricular já haviam sido debatidos os movimentos de formação e decomposição dos materiais rochosos. Orion (2009) argumenta sobre a importância do estudo dos ciclos no ensino. Segundo o autor, esses ciclos organizam os sistemas terrestres: o ciclo das rochas, o ciclo da água, a cadeia alimentar e o ciclo do carbono, enfatizam as relações dos subsistemas por meio da transferência de matéria e energia e devem ser discutidos dentro do contexto de sua influência na vida, ao invés de serem estudados isoladamente em uma disciplina científica (ORION, 2009, p. 275). Na inovação curricular, o estudo dos ciclos ocorre em decorrência da história dos moradores de Cajamar, afetados pela intervenção do homem na dinâmica natural.

O trecho iniciado na página 60 ocorreu em decorrência à correção das respostas apresentadas pelo aluno e que dizem respeito à terceira parte do roteiro da inovação curricular (Apêndice A), que contempla o relato de extração de água subterrânea na Região Metropolitana de Curitiba.

No diálogo surgiu o paralelo entre os dois casos: a necessidade de retirada de água para atendimento da expansão populacional por conta da instalação de um empreendimento privado na região. O aluno conhecia a região e ajudou na identificação e informação sobre os locais e a empresa. A pergunta sobre o Aquífero Guarani pegou-me desprevenida pois não conhecia a distribuição espacial (geológica) da feição de água subterrânea mais mencionada pela imprensa. Também foi possível notar, na interação, que a inovação curricular abarca outras áreas do conhecimento, além da Química e Geologia. Apareceram elementos relacionados à hidrografia, formas de abastecimento de água das populações, demandas e interesses no abastecimento e retiradas de água. A discussão do tema geológico, que é ambiental e social traz para si outras disciplinas que colaboram no entendimento da dimensão do ambiente. Carneiro *et al.* (2004) destacam o papel da Química nesse contexto:

A sobrevivência do ser humano, individual e grupal, demanda cada vez mais conhecimento químico para utilização competente e responsável dos materiais, reconhecendo-se as implicações sociais, políticas, econômicas e ambientais desse uso. Enquanto Química ou Física geralmente tratam de materiais isolados do meio natural, Geologia é a ciência que pode integrar as transformações químicas mencionadas e possibilita avaliá-las, junto a outros campos do conhecimento. Surge aqui outro exemplo da importância da interdisciplinaridade (p. 558).

Cuello Gijón (1988) salienta que “qualquer estudo do meio é um problema interdisciplinar, em que a Geologia oferece uma base essencial sobre o qual se pode estruturar tal estudo”, e explica que “os conceitos e interpretações geológicas são naturalmente necessárias para a compreensão global de qualquer região que se queira estudar” (CUELLO GIJÓN, 1988, p. 378).

Na inovação curricular, os conhecimentos químicos são postos para aclarar a dinâmica geológica natural sob influência e com repercussão social. A Ciência passa a integrar-se no conjunto de disciplinas que colaboram, com seu corpo de conhecimento próprio, para a compreensão de problemas ambientais, de natureza complexa e portanto interdisciplinar.

A discussão contida na página 67 ocorreu a partir de uma pergunta do aluno ao final da correção da avaliação. Ao abordar o tema água, o diálogo abrangeu vários itens tratados em diálogos anteriores como a contaminação do Aquífero Guarani, funcionamento dos reservatórios subterrâneos, alimentação, retirada e esgotamento de reservatórios, ciclo da água, preocupação ambiental com a água. O debate reforça o estudo sobre o comportamento e as transformações da

matéria, aqui representado pela substância água, envolvendo conhecimentos sobre dinâmicas, envolvimento da energia, reversibilidade e conservação.

O aluno manifestou desconfiança com os ambientalistas, reforçada pelo novo conhecimento sobre a quantidade fixa de água que circula no Planeta. Não havia entendido o apelo desses grupos. O diálogo revelou o problema ambiental do uso e exploração da água e de como a substância interage e transforma-se em sua dinâmica natural. Permite o conhecimento mais aprofundado sobre a substância água em seu processo natural e ajuda a refletir sobre as formas de utilização desse recurso mineral. Isso “fornece base para a implementação de práticas de desenvolvimento sustentável” (PIRANHA e CARNEIRO, 2009).

4.2.4. ANÁLISE GLOBAL DO SEGUNDO EIXO

O aluno A2 demonstrou interesse pelo tema ambiental. Foi o que permitiu maior exploração das inter-relações entre matéria e energia no ambiente terrestre. O enfoque sobre a circulação e as interações que a água realiza na Natureza foi bastante acentuado. Os diálogos estabelecidos, muitos deles constituídos a partir de questões trazidas pelo aluno e desenvolvidos pela contribuição de outras levantadas por ele no transcorrer dos diálogos, dinamizaram o debate.

O aluno trouxe queixas da ação dos ambientalistas e ficou mais indignado com esses grupos quando soube que a massa de água se conserva no Planeta. O estudo do sistema cárstico provocou debates sobre circulação de água nesse sistema, “desaparecimento” da água superficial, acidez da água subterrânea, destino da água que circula pelo sistema, aparecimento de água subterrânea na superfície, contaminação da água, extração de água na região metropolitana de Curitiba e a formação dos corais em águas salgadas. Utilizando a abordagem das Ciências da Terra para o entendimento do ambiente, o estudo desencadeado com o Aluno A2 permitiu diálogos para revelar o funcionamento dos ciclos no sistema terrestre, intercâmbios de matéria e energia neles realizados, com destaque para o funcionamento dos reservatórios subterrâneos (alimentação, retirada e esgotamento) e a relação de exploração desses reservatórios pelo homem. Orion (2009) defende que o principal objetivo de uma ciência de abordagem ambiental, no ensino, é desenvolver a visão ambiental. Esse *insight*, segundo o autor, inclui o desenvolvimento de dois princípios: “vivemos em um mundo cíclico, construído sob uma série de subsistemas (geosfera, hidrosfera, biosfera e atmosfera) e que interagem por meio de trocas de matéria e

energia. O outro princípio é: “compreender que as pessoas são parte da natureza e, portanto, devem agir em harmonia com suas ‘leis’ de ciclicidade” (p. 275).

O diálogo efetuado com o aluno A2 para esclarecer a interferência da energia nas formações de carbonato de cálcio no interior da caverna permitiu o debate sobre as formações de corais (páginas 57 e 58). Nele, foram explicitadas as relações sistêmicas e cíclicas ocorridas no ambiente e as trocas de matéria e energia efetuadas nos sistemas terrestres para o equilíbrio dinâmico. Segundo Piranha e Carneiro (2009), esse conhecimento contribui para a construção de uma cultura de sustentabilidade, devido às perspectivas de mudanças que se operam no ser humano a partir dessa visão:

Ao se constatar a natureza cíclica, e de constante busca de equilíbrio dinâmico, que se opera em toda a matéria planetária – aspecto que a natureza sistêmica da Ciência da Terra comporta de forma incontestavelmente superior – as perspectivas de mudança emergem como condição natural e essencial para a busca constante do equilíbrio (p. 135).

A possibilidade de terem existido períodos na história da Terra com diferentes proporções de água doce e salgada foi debatida com esse aluno por causa das perguntas levantadas por ele. Trata-se de temas importantes para compreender o funcionamento da Terra pois conduzem a tópicos tais como: transformações e conservação da matéria durante o Tempo Geológico e as mudanças na história da natureza. Esse conhecimento, de acordo com Compiani (2005), contempla a dimensão temporal e histórica e pode ajudar na formação de uma visão abrangente sobre a natureza em “função de ser um tipo específico de racionalidade que explica o planeta, auxilia a compreensão da dinâmica da própria interação dos seres humanos com seu habitat”. O autor ressalta a importância dessa visão no contexto educacional, argumentando que “isso permite levar os alunos a serem conscientes da história e do desenvolvimento do planeta, permitindo também pensar os interesses e o papel dos seres humanos, organizados socialmente, nas transformações do ambiente” (COMPIANI, 2005, p. 18).

Os diálogos realizados com o aluno A2 exploraram a dimensão do homem no contexto planetário, no uso e exploração dos recursos naturais. Pedrinaci (2002) destaca a importância do conhecimento no ensino, dos recursos disponíveis para a sustentabilidade do planeta. Segundo o autor, “com exceção da madeira, fibra vegetal, lã e couro, todos os materiais que utilizamos são minerais ou rochas mais ou menos transformadas”. Isso reforça a necessidade

de conhecê-los, saber sua disponibilidade e reservas e a necessidade de avaliar a utilização desses recursos, limites de consumo, substituição e reciclagem (PEDRINACI, 2002, p. 129).

Pode-se destacar que o aluno A2 atingiu o nível máximo de instrução, *instrução exemplar*, de Johnson *et al.* (2006), no eixo analisado. Devido seu interesse pelo ambiente, proporcionou diálogos que permitiram explorar a dimensão do ambiente: complexo, histórico, sistêmico, dinâmico, cíclico, que realiza trocas de matéria e energia entre suas esferas e busca o equilíbrio dinâmico. Segundo Johnson *et al.* (2006), nesse tipo de instrução, todos os estudantes são altamente engajados o tempo todo e o trabalho é significativo; a aula é bem planejada e criativamente implementada, de acordo com necessidades e interesses dos alunos (p. 377). As dúvidas levantadas por A2, devido ao seu interesse pelo tema, permitiram a ocorrência de vários diálogos que puderam atender às necessidades deste aluno. Conceitos como conservação e transformação da matéria e os fatores relacionados a essas interações puderam ser entendidos nesse contexto bem como o papel da substância química água na natureza. A metodologia desencadeada pela inovação curricular e os conteúdos químicos dispostos para compreender o colapso de Cajamar ajudaram no entendimento sobre o funcionamento da Terra; a visão proporcionou debates para discutir o uso e extração dos recursos minerais. Acredita-se que a inovação curricular colaborou no desenvolvimento de uma cultura ambiental essencial para a sustentabilidade do planeta.

Os debates ocorridos com os alunos A3, A4, A5 e A6, em torno do eixo analisado, ficaram mais restritos ao entendimento do sistema cárstico. As formações rochosas chamaram a atenção dos alunos e ocorreram debates para esclarecer as dinâmicas de formação e decomposição destes materiais na Natureza. Nos diálogos, foi possível explorar questões que dizem respeito o uso e exploração dos recursos terrestres e a necessidade de maior conhecimento sobre o ambiente em que vivemos e a convivência mais equilibrada.

4.2.5. APRENDIZADO SÓCIO-AMBIENTAL

A análise desse item levou em conta a discussão de quatro questões da avaliação final (Apêndice B) e que dizem respeito ao desmoronamento de casas ocorrido em Cajamar. São elas: (i) *Faça um pequeno texto explicando as causas do desmoronamento das casas de Cajamar*; (ii) *Em sua opinião, esse desastre poderia ser evitado? De que maneira?*; (iii) *Qual a*

responsabilidade da empresa de saneamento básico, da empresa de bebidas e da prefeitura no desmoronamento de casas e os outros danos causados à população?; (iv) Os conhecimentos gerados pela ciência, e aqui, no caso, os conhecimentos geológicos, são necessários na ocupação de um terreno urbano ou rural, na extração de água subterrânea ou na perfuração de um túnel subterrâneo. Em quais momentos a população deve ter acesso a eles?

As questões escolhidas para a análise contemplaram a problemática social decorrente do desastre ocorrido com os moradores de Cajamar, o entendimento das causas físicas que levaram ao desmoronamento das casas e de que maneira a intervenção humana afetou a dinâmica natural, maneiras de evitar acidentes desse tipo, responsabilidades dos envolvidos e a importância do acesso, pelos moradores, ao conhecimento da ciência.

Os diálogos ocorridos com o aluno A2 e outras questões que contribuíram para o entendimento da temática são analisados neste item.

O aluno explicou adequadamente as causas físicas e a interferência humana ao responder à primeira questão (página 61). Esclareceu o tipo de rocha, detalhou a causa física (desequilíbrio de pressão causado pela extração excessiva de água) e citou os responsáveis. Defendeu que o acidente poderia ter sido evitado mediante o controle da retirada da água (página 62). Criticou as autoridades devido à negligência diante dos primeiros sinais de colapso (página 62).

Para ampliar o debate em torno das responsabilidades dos envolvidos no problema, iniciei o diálogo da página 62 com A2. Debates as responsabilidades dos órgãos públicos, representados pela prefeitura e empresa estatal de saneamento básico e do setor privado, representado pela indústria de bebidas. O aluno participou ativamente, opinou, contribuiu com observações pertinentes e trouxe novas informações. Esteve atento e colaborativo o tempo todo. A discussão ficou restrita aos acontecimentos anteriores, à prevenção, e não na tomada de decisão posterior ao acidente. O conhecimento prévio do local, do subsolo, foi valorizado na discussão, bem como a responsabilidade daqueles que detêm o poder sobre o uso e a exploração do solo. Lacreu (2009) defende um tipo de alfabetização envolvendo questões geológicas, chamada pelo autor de alfabetização geocientífica e que “permite ‘desnaturalizar’ e ‘humanizar’ as causas de muitos danos erroneamente advindos de processos naturais” (p. 755). Ainda que, segundo o

autor, isoladamente a alfabetização seja insuficiente, é condição necessária e essencial para o cidadão tornar-se um sujeito político capaz de melhorar sua qualidade de vida e mais consciente para avaliar as ações políticas dos seus agentes, contribuindo para a qualidade da democracia. O autor destaca a intenção dessa alfabetização:

Não se trata de impedir qualquer atividade econômica ou social, trata-se de exigir que as mesmas sejam sustentáveis, ou seja, se orientem claramente para o bem comum e junto com o desenvolvimento econômico, aumente a equidade social e preserve o equilíbrio ecológico no local de influência. Ao mesmo tempo, será necessário que essa competência geocientífica seja exercida com responsabilidade social e solidariedade a fim de evitar que as ações sejam, aparentemente sustentáveis apenas localmente e não respondam à sustentabilidade regional e global (LACREU, 2009, p. 755-756).

Diante da importância da população dominar e refletir sobre conhecimento científico (resposta do aluno na página 63e diálogo na página 64), A2 reafirmou sua confiança na ação técnica. Segundo ele, a preparação dos moradores para prevenção de acidentes é suficiente para evitar os acidentes. A fim de valorizar outro tipo de participação popular, relatei um caso verídico (página 64), obtido em reportagem assistida em programa de TV e que tratou da ocupação de um morro no Rio de Janeiro (Morro da Formiga) com problemas sérios de desmoronamento. A2 não fez comentários sobre o caso. Dos diálogos pode-se admitir que o aluno rejeite formas de atuação e participação popular.

A diferença de atitude e participação comparativas entre moradores de Cajamar e Curitiba sugerem que A2 evita discutir esses aspectos e ao invés disso, procura indicar que técnicos devem orientar a população e esta deve seguir as medidas sugeridas. Em outras palavras, o aluno manifesta desconfiança diante da atuação popular.

4.2.6. ANÁLISE GLOBAL DO TERCEIRO EIXO

O aluno entendeu a intervenção humana na dinâmica natural. Destacou a extração excessiva de água do sistema como fator que acelerou o processo e explica como se dá a busca do equilíbrio dinâmico de pressão. Lacreu (2009) reforça a importância do conhecimento geocientífico, que contribua na formação cidadã. Entre outros aspectos, isso ocorre por permitir ao estudante distinguir os danos geo-ambientais dos processos geradores, suas causas e consequências. Salienta que a análise é complexa devido à multiplicidade de fatores intervenientes, mas é necessária para evitar a confusão entre a realidade e os modelos que a

explicam. No caso de Cajamar, o modelo utilizado pelos técnicos para explicar o abatimento da dolina, naquele momento, não conseguiu confirmar a retirada excessiva de água como fator decisivo, mas apenas colaborador. A decorrência disso foi a inexistência de responsabilização civil diante dos danos causados pela extração de água subterrânea.

O estudo químico desencadeado na inovação curricular focou-se no estudo das dinâmicas de dissolução e precipitação da rocha carbonática. Ajudou a aclarar as causas do colapso de Cajamar. A2 demonstrou, em sua resposta, que o conhecimento sobre a constituição química da rocha presente na região do colapso foi relevante, quando escreveu: *“a cidade foi construída num terreno carbonático”*. A análise de um problema ambiental é complexa e em geral polêmica. O caso estudado exigiu esforço no entendimento das dinâmicas ocorridas em cada ambiente e nas trocas efetuadas entre ambientes. Além disso, precisou ser contemplado o estudo de fatores atuantes nas dinâmicas, naturais ou antrópicos. A motivação para o aprendizado, que exigiu desenvolvimento de raciocínios com maior exigência cognitiva, pode ser decorrente da relevância do tema escolhido pela inovação curricular (SANTOS 2007). O conjunto de fatores desencadeados no estudo abre possibilidades de elevar o conhecimento científico dos alunos, sobretudo para capacitá-los a aplicar conceitos, estratégias e procedimentos científicos e tecnológicos em sua vida diária, em seu trabalho, na cultura e na sociedade (ACEVEDO-DÍAZ *et al.*, 2003).

O desastre poderia ser evitado. Essa foi a opinião do aluno ao responder à segunda questão analisada. Sugeriu a necessidade de estudo técnico do local bem como do fluxo e exploração de água subterrânea. Piranha e Carneiro (2009) ressaltam a dimensão do conhecimento da Ciência do Sistema Terra para o desenvolvimento de práticas sustentáveis no uso dos recursos naturais da Terra:

Entende-se que à Ciência do Sistema Terra cabe, em grande parte, o compromisso elementar de ampliar e difundir os conhecimentos relativos aos recursos naturais da Terra. O conhecimento dos constituintes geológicos do meio físico e dos processos geológicos fornece bases para implementação de práticas de desenvolvimento sustentável, no tocante ao uso de recursos naturais e apropriação do espaço disponível (PIRANHA E CARNEIRO, 2009, p. 133).

O debate em torno do tema social e ambiental engloba os aspectos políticos, podendo levar a “uma compreensão melhor dos mecanismos de poder dentro das diversas instâncias

sociais” (SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 10). Quanto às responsabilidades dos envolvidos com o evento, A2 salientou que houve responsabilidade da empresa de saneamento básico, de bebidas e da prefeitura nos danos causados à população. A discussão sobre o papel dos envolvidos com o desastre ocorrido em Cajamar, responsáveis pelo uso e pela gestão dos recursos naturais está ligada ao papel que a humanidade está atualmente desafiada a assumir. Segundo Morin (2002), a Humanidade precisa assumir o seu novo papel:

A Humanidade deixou de constituir uma noção apenas biológica e deve ser, ao mesmo tempo, plenamente reconhecida em sua inclusão indissociável na biosfera; a Humanidade deixou de constituir uma noção sem raízes: está enraizada em uma “Pátria”, a Terra, e a *Terra é uma Pátria em perigo*. A Humanidade deixou de constituir uma noção abstrata: é realidade vital, pois está, doravante, pela primeira vez, ameaçada de morte; a Humanidade deixou de constituir uma noção somente ideal, tornou-se uma comunidade de destino, e somente a consciência desta comunidade pode conduzi-la a uma comunidade de vida; a Humanidade é, daqui em diante, sobretudo, uma noção ética: é o que deve ser realizado por todos e em cada um (MORIN, 2002, p. 111, grifo do autor).

Os alunos devem ser conduzidos à reflexão sobre o futuro da humanidade. O enfoque nos currículos CTS pode proporcionar o debate em torno do papel da Ciência e Tecnologia. Os dilemas, envolvimento de questões éticas, financiamentos e interesses que permeiam as atividades dessas áreas estão estreitamente ligados ao destino da sociedade. A escola e o ensino de Ciências devem assumir responsabilidades efetivas perante a sociedade.

A quarta questão analisada, sobre a importância do acesso ao conhecimento geológico, por parte da população, obteve resposta do aluno A2 no sentido de valorizar as informações que dizem respeito à preparação da população para prevenção de riscos locais. Por encontrar-me também em processo de aprendizagem, fiz tentativas para valorizar outro tipo de participação popular, em organizações comunitárias, por exemplo. Obtive baixa adesão do aluno em alguns diálogos realizados para explorar essa perspectiva. Piranha e Carneiro (2009) discutem a necessidade de investimento na formação das pessoas em geral, inclusive da pesquisas em educação em ciências. Segundo os autores, “em diferentes contextos, estudos revelam embaraços para que a educação contribua na construção da *cidadania*”, aqui definida segundo Valle (2000, p. 26, *apud* PIRANHA e CARNEIRO, 2009) como aquela que permite ‘participação total na fixação do sentido da vida coletiva e na deliberação acerca do destino comum da sociedade’ (p. 129). Compiani (2005) propõe modelos de ensino que, diferentes daqueles que fomentem a

passividade, pratiquem e concebam a “construção ativa do conhecimento, a ação, a participação e a tomada de decisões na solução de problemas que têm implicações políticas, sociais e ambientais” (p. 17). O ensino de ciências não deve ficar de fora de uma educação que colabora na construção da cidadania, especialmente em um país como o nosso em que historicamente a população sempre esteve excluída de participação (AULER e BASSO, 2001).

Considera-se que o aluno A2 atingiu o nível de *instrução eficiente*, de acordo com Johnson *et al.* (2006). Justifica-se a atribuição de um nível mais baixo a esse aluno pois não apresentou sinais de que a inovação curricular tenha sido suficiente para fazê-lo confiar na efetiva participação da população em questões que afetam suas vidas, semelhante à ocorrida com os moradores de Cajamar. Apesar do envolvimento nos debates, as soluções encontradas pelo aluno para impedir a ocorrência do evento foram de ordem técnica ou envolvendo medidas de controle de risco. Parece depositar muita confiança na área tecnológica. Quando, em determinado momento da inovação curricular, foi-lhe perguntado se estava gostando do enfoque dado, desfocado da produção industrial e mais voltado para a natureza, falou: *Eu gosto. Aquilo também que envolve tecnologia eu também gosto, tanto que trabalho em informática*. O aluno A2 exerce a profissão de autônomo em informática e provavelmente está atribuindo crédito maior aos técnicos do que à população pois sabe do esforço necessário na aquisição de conhecimentos em áreas complexas como a informática ou a geologia.

Todos os alunos que realizaram a inovação curricular entenderam a intervenção humana na dinâmica natural e acreditam que o desastre poderia ser evitado caso fossem tomados os devidos cuidados na extração de água e no respeito aos sinais apresentados pela natureza. Citaram a provável relação entre a extração excessiva de água e a busca de equilíbrio do sistema natural provocando rachaduras nas casas e outros eventos. Quanto à participação dos moradores na intervenção e acesso ao conhecimento sobre o local, houve baixa adesão dos alunos para explorar essa perspectiva. O aluno A6 foi o mais enfático em suas respostas quanto à relevância do papel dos moradores, destacando a importância do conhecimento prévio sobre terrenos designados à habitação, monitoramento dos riscos e impedimentos de medidas prejudiciais a população local.

O esforço em popularizar o acesso ao conhecimento da ciência como fator de direito e acréscimo na cidadania e tomada de decisão na atuação em sociedade e a dificuldade do aluno A2 nesse entendimento, demonstram que é preciso investir em currículos de Ciências que ofereçam estratégias que estimulem formas de participação social nos dilemas atuais postos para a sociedade.

4.3. POTENCIALIDADES E LIMITES DA AÇÃO

A pesquisa examinou uma inovação curricular em que os conceitos químicos foram dispostos estrategicamente para explicar uma situação urbana decorrente da interação entre a dinâmica natural e as atividades humanas. Trouxe a história dos moradores de Cajamar como tema de relevância social, tratando o problema da moradia. O tema moradia é bastante amplo. Alguns aspectos sociais relacionados a essa temática foram levantados na inovação curricular. Chamou minha atenção, desde o início, a possibilidade de explorar a participação dos moradores nos eventos ocorridos em Cajamar e Curitiba e a intervenção humana na extração de recursos naturais. Atraiu-me a possibilidade de debater com os alunos formas de participação e mobilização popular em questões de interesse coletivo e que estão diretamente relacionadas à moradia e a exploração da água subterrânea. Percebo que o cidadão brasileiro, em geral, tem baixa participação em questões que afetam a vida em sociedade e conhecem pouco o ambiente em que vivem. O debate foi estimulado e pude constatar que é possível promovê-lo. O aluno A2 não manifestou sua confiança na participação dos moradores, mas participou de todos os debates expondo sua opinião de forma livre e aberta. Os alunos da EJA, normalmente excluídos de estratégias de ensino significativas, sobretudo na área de Ciências da Natureza, revelaram possibilidades de aprendizado voltado para a perspectiva cidadã.

As interações efetuadas através dos diálogos realizados mostraram-se importante estratégia na construção e efetivação do aprendizado. O respeito pelo estágio psico-sócio-cognitivo dos alunos, o esforço de escutar para entender, aproveitaram a experiência trazida pelos alunos. A colaboração e boa vontade destes para realizar todas as atividades propostas pela inovação curricular constituíram um ambiente propício para o processo de ensino-aprendizagem.

A justificativa para o desmoronamento de casas para o interior de uma dolina urbana é proveniente da Geologia. A estratégia desencadeada despertou o interesse dos alunos pelo tema,

ao mesmo tempo social e ambiental. O contexto ambiental não causou estranheza aos alunos da EJA, ao contrário, revelou-se próximo e conhecido e isso desencadeou o interesse em explorá-lo, trazendo suas experiências, recordações de locais visitados, de paisagens terrestres observadas e não entendidas e muitas questões surgiram dessa aproximação. Os conhecimentos da Geologia explicam a distribuição dos materiais rochosos e os problemas ambientais tratados nas aulas. Aprendi a utilizar conceitos químicos no contexto natural. A minha formação fragmentada e disciplinar, contextualizada em situações localizadas e particulares, não colabora com a compreensão da organização da matéria na dimensão planetária. Conhecimentos de Ciência do Sistema Terra foram necessários para habilitar-me a explorar os conteúdos de Química de forma inovadora. A Terra serviu de contexto para aclarar, revelar e facilitar o aprendizado dos conteúdos de Química a serem ensinados. As análises revelam que o contexto ambiental facilitou o processo de ensino-aprendizagem dos alunos participantes da pesquisa.

A metodologia usada na construção do novo currículo, em que o tema trouxe a problemática de retirada excessiva de água subterrânea do sistema natural, permitiu refletir a respeito da intervenção do homem na natureza. Os alunos participaram ativamente do debate, propondo modos de atuação a partir de suas experiências de vida e da interação com o conhecimento novo sobre o ambiente. Nessa troca foi possível opinar, criticar e construir parâmetros para interpretar as relações sociais, econômicas e políticas envolvidas na complexa interação homem/natureza. Foram discutidas formas sustentáveis de retirada dos recursos naturais a partir da dimensão cíclica e temporal do ambiente terrestre. O currículo apresentado sugere a possibilidade de aproximação com várias áreas do conhecimento no estudo do uso e exploração dos recursos naturais. A história de excessiva extração de água de Cajamar permitiu conexão com o momento histórico e econômico do País e a relação de consumo ocorrida naquele período (1986), os locais de extração de água subterrânea e a necessidade de abastecimento de água da população, a exploração, manutenção e contaminação dos reservatórios de água subterrânea e a exploração de minérios como o calcário.

O conceito de transformação da matéria utilizado na inovação curricular foi explorado para o entendimento do funcionamento da Terra. O ambiente terrestre é apresentado como algo em total e permanente transformação, que realiza interações e integração em suas

várias escalas espaço-temporais. A transformação pode representar o movimento da matéria e/ou energia no sentido de um novo estágio de equilíbrio dinâmico. Essa maneira de conduzir a trajetória curricular abriu perspectivas para explorar a dimensão do ambiente, dinâmico, complexo, sistêmico, interativo, cíclico, temporal e histórico.

Pude ter acesso, em disciplina cursada no mestrado, a conhecimentos sobre ensino de ciências em uma abordagem CTS. A aprendizagem colaborou na construção da inovação curricular, nos debates realizados com os alunos em torno da problemática social e ambiental. A inovação curricular propiciou o debate sobre a importância do acesso democrático ao conhecimento científico em questão que afetam a vida das pessoas. Alunos puderam indagar sobre os direitos dos habitantes das áreas de risco e sobre seus próprios direitos.

A inovação curricular, do modo como foi estruturada, poderia servir para o debate em questões que envolvem dilemas entre os diferentes modelos apresentados pela ciência para a extração de água subterrânea. O modelo de extração apresentado pelos chineses, baseados no alívio de pressão do sistema cárstico, apresenta-se como possibilidade de debate e permite confrontá-lo com o modelo apresentado pelos geólogos chamados para solucionar o caso de Cajamar. Em Cajamar a população precisou ser isolada e retirada temporariamente do local, alguns perderam ou tiveram suas casas danificadas e o local foi aterrado. O modelo chinês, caso tivesse sido implantado, ofereceria menor risco à população que voltou a morar no local. A sugestão apresentada abre novas possibilidades de utilização da inovação curricular para promover o debate sobre a natureza da ciência, em currículos CTS.

CONCLUSÃO

A gestão pública da escola básica brasileira tem sido beneficiada por iniciativas isoladas, não sistematizadas e não generalizadas que favoreçam caminhos objetivando o desenvolvimento e autonomia do professor na escolha e construção de currículos adequados às especificidades dos alunos. O desenvolvimento de propostas curriculares de ensino de ciências adequadas à realidade dos estudantes menos favorecidos, excluídos de ambientes estimulantes para o processo de ensino-aprendizagem, deve constituir esforço de muitos que desejam o acesso universal ao conhecimento de ciências no Brasil. A oportunidade de oferta de vagas a todos, importante para o desenvolvimento da nação, não é condição suficiente e não exime a instituição escolar da responsabilidade em oferecer ou fazer esforços para oferecer educação de qualidade. O Ensino de Ciências, nas escolas públicas, continua em situação desfavorável ao aprendizado dos alunos. Professores pouco valorizados, vítimas do baixo investimento na sua formação e atualização, espaços físicos pouco estimulantes para o aprendizado de ciências, pequeno número de aulas por turma, salas com número excessivo de alunos são alguns exemplos de descaso com o aprendizado. A valorização do Ensino de Ciências como disciplina que colabora não somente na inserção dos alunos no conhecimento científico e tecnológico, mas no conhecimento sobre o Planeta em que vivemos e do qual depende nossa sobrevivência, colabora, a meu ver, para a preservação e atuação cidadã.

A aproximação com o programa de Ensino de História e Ciências da Terra do Instituto de Geociências trouxe a perspectiva de ensino de ciências interdisciplinar. O conhecimento das Ciências da Terra foi estimulante e revelador. Há tempos havia percebido que minha formação fragmentada e disciplinar não era adequada para que os alunos pudessem desenvolver conhecimentos de química significativos, por causa disso buscava estratégias inovadoras. Estratégias de ensino que colaboram na efetivação desse conhecimento são, a meu ver, dependentes das escolhas de conceitos químicos estruturantes e capazes de agregar outros conceitos para dar-lhe completude. Compete à instituição escolar reunir esforços para que o aluno possa adquirir esse conhecimento “poderoso” (YOUNG, 2007). Esta foi, enfim, a motivação da inovação curricular, relatada na dissertação, que se pautou pela escolha e utilização de contextos

adequados; estruturação de conceitos químicos na temática enfocada e de interesse dos alunos, uso de linguagem científica acessível; apoio e estímulo à interação e participação dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. Tais elementos compõem as estratégias que colaboraram na aquisição de conhecimentos significativos.

A inovação curricular dispôs os conteúdos químicos para explicar as interações ocorridas no percurso da água na natureza e que permitiram esclarecer os modos de operação de um sistema natural. O estudo da solubilidade, o modelo da termodinâmica para explicar as interações entre a matéria e a energia e o estudo termodinâmico das reações de dissolução e precipitação do carbonato de cálcio mostraram que esse conhecimento é relevante, pois generaliza e ajuda a explicar o movimento da matéria na natureza e a interação com a energia.

A possibilidade de discutir com os alunos a problemática dos moradores de Cajamar e Curitiba, que têm suas casas construídas sobre o sistema cárstico, ao mesmo tempo instável e invisível aos olhos dos moradores, chamou-me a atenção desde o início. O desconhecimento da maioria de nós sobre o que acontece no nosso subsolo, tão importante para a manutenção do equilíbrio de vários subsistemas bem como as interações, trocas e dinâmicas ocorridas entre eles, permitiu-nos novas formas de olhar a natureza. Além dos benefícios já mencionados, a discussão sobre as responsabilidades dos envolvidos e a participação dos moradores, embora não tenha sido aprofundada, permitiu explorar aspectos da intervenção do homem na natureza e a implicada rede envolvendo a gestão do uso e ocupação do solo pelos habitantes das cidades. O tema moradia desenvolveu-se sob essa perspectiva e a problemática levantada, embora ampla e com extensa possibilidade de enfoques, ocorreu de forma a explorá-lo na dimensão ambiental, geológica.

A maioria dos alunos da EJA tem procurado a escola para obter certificação. O certificado em si, não lhes basta. A escola deve ser local privilegiado no oferecimento de estratégias que possibilitem acesso a conhecimentos que esclareçam, expliquem e ajudem no entendimento da complexidade do mundo físico e social, permitindo a inserção cada vez mais digna e justa dos que dela participam. O esforço coletivo na superação da condição de precariedade é urgente já que muitos de nós desejamos o desenvolvimento de um país com menos desigualdade social e mais participação da população.

Gostaria de ressaltar a importância dessa pesquisa em minha prática diária como professora que, ao enriquecer-me e modificar-me nesse trajeto percorrido, possibilitou incorporar novas abordagens para os conteúdos de química. Não resta dúvida de que a utilização do contexto ambiental contribui para que os alunos da EJA possam compreender os conteúdos de forma mais ampla e conectados com as questões sociais e políticas envolvendo o ambiente terrestre.

Espero que a inovação curricular apresentada nessa pesquisa possa contribuir como proposta que abre perspectiva para a efetivação do aprendizado de Ciências para o maior contingente de estudantes que procuram a escola pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-Díaz, J. A.; MANASSERO-Mas, M. A.; VAZQUEZ-Alonso, A. Papel de La educación CTS em uma alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 2, n. 2, 2003.

AMARAL, I. A. do. Os fundamentos do ensino de ciências e o livro didático. In: FRACALANZA, H.; MEGID-NETO, J. (Org.). **O livro didático de Ciências no Brasil**. Campinas: Editora Komedi, 2006.

AMBROGI, A.; VERSOLATO, E.; LISBÔA, J. F. **Unidades modulares de química**. São Paulo: Hamburg, 1987.

ARROYO, M. G. Experiência de inovação educativa: o currículo na prática da escola. In: MOREIRA, A. F. B. (Org.). **Currículo: políticas e práticas**. Campinas: Papirus, 1999.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução de Ignez Caracelli... [et al.]. Porto Alegre: Bookman, 2001.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**. v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 5, n. 1, p. 1-16, 2003.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**. v. 1, número especial, p. 1-20, 2007.

BEM- ZVI-ASSARF, O.; ORION, N. A Study of Junior High Student’s Perceptions of the Water Cycle. **Jornal of Geoscience Education**. v. 53, nº 4, 2005.

Disponível em: <http://www.nagt.org/nagt/jge/abstracts/sep05.htm>
Acesso em 25/06/2011.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Suplementos-Aspectos Complementares da Educação de Jovens e Adultos e Educação Profissional-2007, 2009.
Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao.php?id_noticia=1375.
Acesso em: 20/07/2010.

BRASIL, Ministério de Educação, Conselho Nacional de Educação. Processo CEE nº 1108/99, 1999.
Disponível em: http://www.ceesp.sp.gov.br/Deliberacoes/de_09_99.htm.
Acesso em: 19/07/2010.

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.; TRINDADE, V. M. As Actividades Práticas Laboratoriais em Geociências: importância, metodologia e práticas. In: TRINDADE, V. M. (Coord.). **Metodologia do ensino das ciências**: investigação e prática dos professores. [sl.]: Secção de Educação, Departamento de Pedagogia e Educação, Universidade de Évora, p. 303-326, 1999.

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

CARNEIRO, C. D. R.; CUNHA, C. A. Da S.; NEGRÃO, O. B. M.; GONGALVEZ, P. W. A experiência docente nos trabalhos de campo das disciplinas Ciência do Sistema Terra I e II da Unicamp. In: I SIMPÓSIO DE PESQUISA EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA. III SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE ENSINO DE GEOLOGIA NO BRASIL. CAMPINAS, SP, 2007. p. 31-39.

CHEM-Study. **Química**. Tradução de Anita Rondon Berardinelli e Andrejus Korolkovas. Revisão e adaptação de Angélica Ambrogi. São Paulo: EDART. 2ª edição, v. 2, 1971.

COMPIANI, M. Geologia/Geociências no Ensino Fundamental e a formação de professores. **Revista do Instituto de Geociências – USP**. v. 3, p. 13-30, 2005.

CUELLO GIJÓN, A. La Geología como área interdisciplinar. **Henares, Revista de Geología**. n.2, p. 367-387, 1988.

ESCP (Earth Science Curriculum Project). **Investigando a Terra**. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, v. 1, 1973.

ESCP (Earth Science Curriculum Project). **Investigando a Terra**. Guia do Professor. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, v. 1, 1980.

FARIAS, A.; PINTO, M. D. Acção das Águas Acidificadas sobre o Calcário: um contributo para o desenvolvimento do trabalho laboratorial. Centro de Formação de Almada Ocidental Proformar, 2005.

Disponível em: http://www.proformar.org/revista/edicao_12/aguas_acidificadas.pdf

Acesso em: 19/07/2009.

FORGIARINI, M. S.; AULER, D. A abordagem de temas polêmicos na educação de jovens e adultos: o caso de “florestamento” no Rio Grande do Sul. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 8, n. 2, 2009.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra (Coleção Leitura), 23ª edição, 1996.

FREIRE, P.; SHOR, I. **Medo e Ousadia: o cotidiano do professor**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GEPEQ - Grupo de Pesquisa em Educação Química. **Interações e Transformações II: Química - Ensino médio: livro do aluno**. São Paulo: EDUSP, 2ª edição, 1998.

GIMENO SACRISTÁN, J. **O currículo: uma reflexão sobre a prática**. Tradução de Ernani F. da F. Rosa. 3ª edição, Porto Alegre: ArtMed, 2000.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**. v. 10, p. 43-49, 1999.

GONÇALVES, P. W. História e epistemologia: bases para organizar o ensino de campo em ciências da Terra. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DA INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION, 2000.

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.

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.

KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA... [et al.] (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

LACREU, H. L. Importancia para el mejoramiento de la enseñanza de ciencias de la tierra para el nivel básico..., y las dificultades para lograrlo. 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. 753-761. 1 CD-ROM.

LEINZ, V.; LEONARDOS, O. H. **Glossário Geológico**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1977.

LOPES, J. A. U. Problemas geotécnicos na exploração do aquífero “Karst” para abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba. In: SANTOS, A. R. dos. (Org). **Geologia de Engenharia: conceitos, métodos e prática**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: ABGE- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2002.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Tradução de Catarina Eleonora F. da Silva e Jeanne Sawaya. Revisão Técnica de Edgard de Assis de Carvalho. São Paulo: Cortês, 2ª edição, 2000.

MORIN, E. **A cabeça bem feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. Tradução de Eloá Jacobina. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 11ª edição, 2005.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química para o ensino médio**: volume único. São Paulo: Scipione, 2002.

MOZETO, A. A.; JARDIM, W. F. de. A Química Ambiental no Brasil. **Química Nova**, v. 25, Suplemento 1, 7-11, 2002.

MUENCHEN, C.; AULER, D. Configurações Curriculares Mediante o Enfoque CTS: Desafios a serem enfrentados na Educação de Jovens e Adultos. **Ciência & Educação**. v. 13, n. 3, p. 421-434, 2007.

NASCIMENTO, T. G.; LINSINGEN, I. von. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o Ensino de Ciências. **Convergência (Toluca)**. v. 13, p. 95-116, 2006.

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

PEDRINACI, E. La Geología en el bachillerato: un análisis del nuevo curriculum. **Revista de la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**. v. 10, n. 2, p. 125-133, 2002.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. do. **Química na abordagem do cotidiano**, volume único. São Paulo: Moderna, 2ª edição, 2002.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**. v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PIRANHA, J. M.; DEL LAMA, E. A.; BACCI, D. L. C. Geoparques e a educação em ciências da terra. 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. **Relação de trabalhos**. São Paulo: Instituto de Geociências, 2009. p. 539-543. 1 CD-ROM.

PIRANHA, J. M.; CARNEIRO, C. O ensino de geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Geociências**, América do Norte, v. 39, set. 2009.

Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/rbg/article/view/11103/10306>.

Acesso em: 26 Dez. 2010.

PONÇANO, W. L.; SANTOS, A. R dos. Colapso e subsidência de origem cárstica na área urbana de Cajamar-SP. In: SANTOS, A. R dos. (Org.). **Geologia de Engenharia: conceitos, métodos e prática**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: ABGE- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2002.

PRANDINI, F. L.; PONÇANO, W. L.; SANTAS, A. M. Cajamar- Carst e urbanização: a experiência internacional (síntese bibliográfica). In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, São Paulo: ABGE, 1987, v. 2, p. 431-441.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para Entender a Terra**. Tradução de Rualdo Menegat (coord.) [et al.]. Porto Alegre: Brookman, 4ª edição, 2006.

ROSA, A. H.; ROCHA, J. C. Fluxos e matéria e energia no reservatório solo: da origem à importância para a vida. **Química Nova na Escola- Cadernos Temáticos de Química Ambiental**. v. 5, p. 7-17, 2003.

RUMMERT, S. M.; ALVES, N. Jovens e adultos trabalhadores pouco escolarizados no Brasil e em Portugal: alvos da mesma lógica de conformidade. **Revista Brasileira de Educação**, v. 15, n. 45, p. 511-528, 2010.

SANTOS, W. L. P. dos, MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**. v. 7, n.1, p. 95-111, 2001.

SANTOS, W. L. P. dos, MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade) no contexto da educação brasileira. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 2, n. 2, p. 1-22, 2002.

SANTOS, W. L. P. dos; MÓL, G. S. de (Coord.). **Química e Sociedade**. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SANTOS, W. L. P. dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**. v. 12, p. 474-550, 2007.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. F. (Org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

TRINDADE, I. L.; CHAVES, S. N. A interdisciplinaridade no novo ensino médio: entre o discurso oficial e a prática dos professores de ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005, Bauru. **Anais do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru: ABRAPEC, 2005.

TIEDMANN, P. W.; PARDINI, V. L.; VIVEIROS, A. M. V.; ISUYAMA, R. (Coord). **Telecurso 2000: Química**. Rio de Janeiro: Fundação Roberto Marinho, 2002.

TORRES, E. A. **Uma Abordagem sobre o Ensino Supletivo: o centro estadual de educação supletiva no estado de São Paulo**, Campinas, 1977. Dissertação (mestrado), Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas.

VÁZQUEZ-ALONSO, A.; ACEVEDO, J. A.; MANASSERO, M. A. Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 4, n. 2, 2005.

VILANOVA, R.; MARTINS, I. Educação em Ciências e Educação de Jovens e Adultos: pela Necessidade do Diálogo entre Campos e Práticas. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 2, 2008.

YOUNG, M. Para que servem as escolas? **Educação e Sociedade**. v. 28, n. 101, p. 1282-1302, 2007.

APÊNDICE A - Texto da inovação curricular entregue aos alunos

PRIMEIRA PARTE- RELATO DO CASO “O BURACO DE CAJAMAR”

O caso relatado “O buraco de Cajamar” é verídico, amplamente divulgado em jornais e TV da época e foi aqui extraído e adaptado de dois textos encontrados na literatura⁴⁶. Algumas palavras utilizadas e desconhecidas estão explicadas no **Glossário**, que se encontra no final da primeira parte.

Em 12 de agosto de 1986, o bairro Lavrinhas, em Cajamar (observe a sua localização no mapa abaixo), município integrante da Região Metropolitana de São Paulo, foi afetado por um fenômeno de grandes proporções, com o aparecimento de uma extensa cratera, levando consigo algumas casas construídas nesse local. Na principal área atingida, três casas haviam sido tragadas, enquanto que rebaixamentos e trincas afetaram dezenas de outros imóveis, estendendo-se até ao bairro vizinho - Vila Velha.

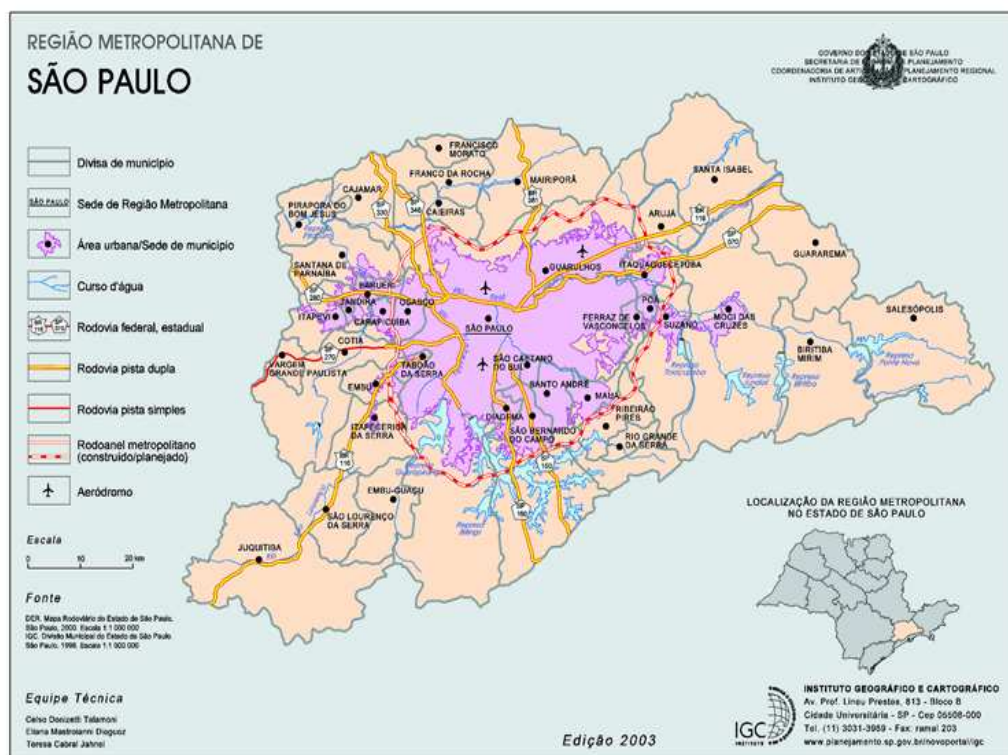


Figura 1 – Localização de Cajamar- SP / Fonte: Instituto Geográfico e Cartográfico

⁴⁶ Teixeira et al. (2000), *Decifrando a Terra* e Ponçano e Santos (2002), *Geologia de Engenharia- conceitos, métodos e prática*, Álvaro R. dos Santos (org.).

Informações colhidas no local, já a partir do primeiro dia do colapso, permitiram estabelecer que ha alguns meses vinham sendo notados “avisos” desse fenômeno tais como ruídos semelhantes a trovoadas, deformação de pisos, trincas em edificações, aumento dos casos de ruptura da rede de distribuição d’água e fontes secando. Esta evolução culminou na madrugada de 12 de agosto de 1986 (Fig.2), quando ruídos semelhantes a trovoadas e explosões foram ouvidos nas imediações do local do colapso, que ocorreu por volta das 9 horas, configurando, no fim da tarde desse mesmo dia, uma cratera com cerca de 10m de diâmetro e 10 m de profundidade. Casas com trincas recentes, provavelmente ocorridas logo em seguida ao colapso, foram detectadas a mais de 400m desse local, em Vila Velha.



*Figura 2 – “Afundamento” iniciado, por sorte, no quintal de uma residência (12/08/86).
Fonte: Arquivo IPT*

Os bairros Lavrinhas e Vila Branca estão localizados em uma região de planície com partes mais baixas, circundadas por regiões de serras com altitudes mais elevadas. O chão dessa região é composto por rochas do tipo carbonáticas (vide glossário), de idade pré-cambriana (glossário). A própria origem do bairro Lavrinhas está relacionada a esse tipo de rocha já que o seu surgimento ocorreu, no início do século XX, em decorrência da exploração de pedreiras de calcário da região.

Após o colapso, geólogos (glossário) levantaram a hipótese de desmoronamento do teto de uma caverna abaixo da cidade, pois esta se encontra sobre calcários. Estudos posteriores realizados por geólogos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) mostraram tratar-se de uma dolina (glossário), desenvolvida no chão que cobre as rochas carbonáticas, devido ao colapso de cavidades profundas da rocha. A diminuição do nível de água do lençol freático que fica abaixo dessas cavidades foi a causa do colapso. Atribuiu-se o rebaixamento da água à somatória de dois fatores principais: aumento significativo da exploração d’ água de dois poços profundos, o da Sabesp que há dois anos já vinha explorando a água subterrânea, e o da Indústria e Comércio de Bebidas Cajamar⁴⁷ (leia a anotação no rodapé dessa página) instalada naquele ano na região, além de contar na época com um período de clima relativamente mais seco, que teria se estendido entre 1984 a agosto de 1986.

⁴⁷ Essa empresa pertence a “Companhia Coca-Cola” de bebidas e se instalou na região, impulsionada, provavelmente, pelo acesso a água de boa qualidade. Nesse ano, houve crescente consumo devido à implantação do plano Cruzado, que congelou os preços pelo período de um ano, aumentou salários, e com isso, melhorou o poder de compra da população.

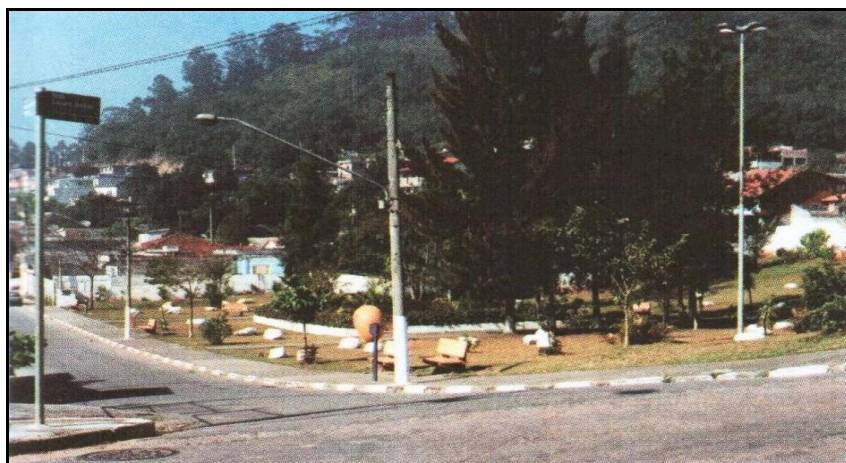
Em meados de setembro a cratera havia atingido 25 m de diâmetro. No início de dezembro havia evoluído para 32 m conservando a profundidade de 13 m, após o que parece ter-se estabilizado (fig. 3). A água subterrânea surgiu em seu fundo em meados de novembro, ascendendo até 7 metros em fevereiro de 1987.



*Figura 3 – Estágio final do dolinização.
A água surge a cerca de 8 metros de profundidade (07/01/87).
Fonte: arquivo IPT*

Formulação de soluções para esse problema levou em conta o caráter imprevisível desse tipo de fenômeno natural, e as soluções propostas pela equipe de especialistas foram essencialmente preventivas e emergenciais, como a evacuação da população do bairro de Lavrinhas e Vila Branca e soluções permanentes como o mapeamento das zonas de risco e das áreas mais seguras para ocupação da população desalojada. Outra solução emergencial proposta foi a suspensão de extração d'água em poços e pedreira e que não foi respeitada por não ser possível garantir que essa ação viesse assegurar a estabilização dos processos de afundamento e colapso.

Após sua estabilização, a área da dolina de Cajamar foi transformada em uma praça pública (fig. 4). A formação de dolinas representa um fenômeno de risco geológico que deve ser considerado no planejamento do uso e ocupação do solo em terrenos carbonáticos.



*Figura 4 – O local após serviços de recuperação.
Hoje a bela e pacata praça Alfredo Sória. Até quando? (julho/2000).
Fonte: arquivo Waldir L. Ponçano*

Este acidente geológico causou muita polêmica na época, pois foi a primeira dolina de colapso no Brasil que afetou uma zona urbana densamente ocupada. Fenômeno semelhante aconteceu em seguida na zona urbana de Sete Lagoas, MG. Aliás, Sete Lagoas deriva seu nome de sete dolinas com lagos.

Glossário

- (1) Rochas Carbonáticas- Rochas que contem como elemento principal, o carbonato de cálcio.*
- (2) Idade Pré-Cambriana- Corresponde ao primeiro período de tempo de existência da Terra, há cerca de 4,5 bilhões de anos. Foi durante o Pré-Cambriano que os eventos mais importantes da história da Terra aconteceram, tais como: início dos movimentos das placas tectônicas que provocaram o afastamento dos continentes, o início da vida na Terra com o aparecimento das primeiras células e o surgimento dos primeiros animais e vegetais e a formação da atmosfera. O aparecimento do homem aconteceu muitos períodos depois do pré-cambriano: há apenas 1,8 milhões de anos.*
- (3) Geólogos- Os geólogos estudam a estrutura e os processos que formaram a Terra, sua evolução ao longo do tempo e os aspectos práticos da aplicação desses conhecimentos no uso dos recursos naturais (água, recursos minerais, petróleo e gás entre outros) e na necessidade de conservar o equilíbrio da Terra.*
- (4) Dolina- Região afundada no chão devido à rocha que sustenta esse chão pertencer àquelas do tipo carbonática.*

SEGUNDA PARTE: O ESTUDO QUÍMICO

1- As rochas

A frase “o que os olhos não vêem o coração não sente” pode revelar uma característica humana que leva pouco em conta o que ocorre fora de nosso campo de visão. Em baixo de nossos pés, várias transformações

estão ocorrendo na Terra. Essas transformações produzem materiais e fenômenos naturais com influência direta ou indireta em nossas vidas. Um exemplo disso é o caso que estudaremos- caso Cajamar, que envolve uma dinâmica natural, com repercussão na vida de alguns moradores que tiveram suas casas destruídas ou danificadas.

Entender, prevenir-se, conviver com os processos naturais que envolvem transformações ocorridas na natureza pode ser uma das chaves para a nossa convivência equilibrada.

O chão que você pisa, faz parte da camada sólida mais externa da Terra, a crosta terrestre. A parte líquida da Terra é chamada de hidrosfera e a parte gasosa, de atmosfera.

Algumas rochas, como as mostradas nas figuras (1) e (2), são os materiais constituintes da nossa crosta terrestre. As rochas são formadas de um ou mais minerais, que por sua vez são formados de elementos químicos.

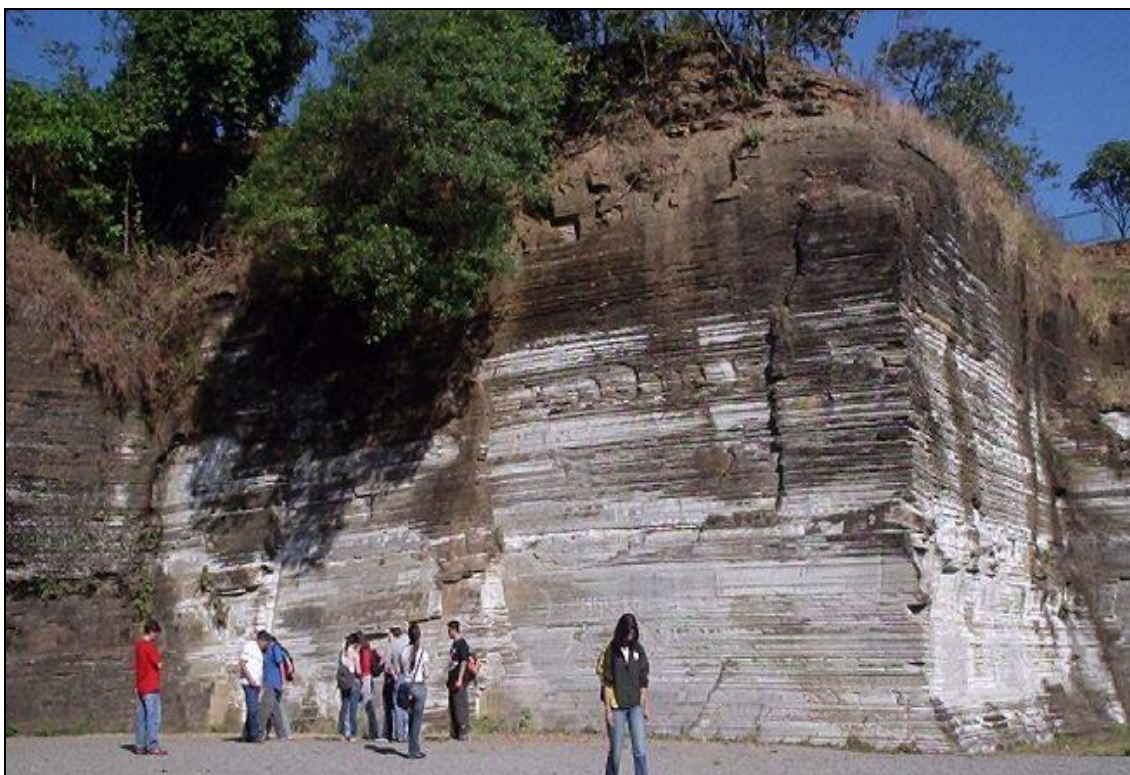


Figura 1 – Rocha Sedimentar (Varvito) - Itú- SP
Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Varvito_itu.jpg



Figura 2 – Rocha Carbonática- Cajamar-SP
Fonte: <http://www.cajamar.sp.gov.br/index.php?pagina=fotos>

As **rochas carbonáticas ou calcários**, que compõem o chão de Cajamar, são formadas pelo mineral **calcita**. A **calcita** é **carbonato de cálcio** (CaCO_3). Você já deve ter ouvido falar sobre os **calcários**.

Exercício (1)

Pesquise quais são os principais usos do calcário e porque é tão importante comercialmente.

Há muitos tipos de rochas: algumas apresentam camadas e outras não; algumas são claras e outras escuras; algumas apresentam granulação grossa e outras não mostram granulação nenhuma. Outras são mais solúveis em água, algumas reagem com as substâncias ácidas presentes na natureza e também há aquelas que se oxidam com mais facilidade. A investigação abaixo vai ajudá-lo a ter mais familiaridade com algumas rochas e algumas de suas propriedades.

Investigação (A)

- 1- *Para perceber como diferem as rochas, peça ao professor amostras de diferentes tipos de rochas e descreva-as tão claramente quanto possível. Peça a lupa para visualizar melhor os minerais de cada uma delas.*
- 2- *Teste agora algumas amostras de minerais quanto aos aspectos: dureza, cor do traço, efervescência em contato com ácido clorídrico, cor e brilho.*

Por causa dos diferentes modos em que são formadas na natureza e dos diferentes materiais que as formam, as rochas apresentam comportamento variado diante dos agentes naturais como água, ar e o gelo.

Ao entrar em contato com a água, alguns minerais se dissolvem facilmente e outros não. A investigação abaixo permite comparar 3 diferentes minerais em relação a essa característica.

Investigação (B)

Pese 2g de cada uma das amostras: quartzo, carbonato de cálcio e cloreto de sódio. Coloque cada uma delas em um béquer contendo 50 ml de água da torneira e mexa bem. Classifique-as em solúvel, pouco solúvel e praticamente insolúvel.

2- Os movimentos

Tudo na Terra e no Espaço está em contínuo movimento. É muito raro e difícil situações sem nenhum movimento. Do ponto de vista científico, esse estado só é atingido em temperaturas muito baixas, quase impensáveis para nós.

Os movimentos da Terra responsáveis pelas estações do ano, pelo dia e pela noite. O vento, em seu movimento, trazendo a chuva, o ar quente e o ar frio. A água, movimentando-se pela atmosfera, hidrosfera e crosta nos seus estados sólido, líquido e gasoso. As partículas do ar movimentando-se na atmosfera, podendo penetrar nos pequenos espaços da terra, espremido entre materiais. As rochas, movimentando-se aquecidas no interior da Terra, provocando a erupção dos vulcões e os terremotos. As reações químicas, com o movimento de seus reagentes transformando-se em produtos e vice e versa. E ainda, a dança das pequeníssimas partículas do Universo compondo o átomo, que compõe os elementos químicos, que se agregam nas moléculas e outros materiais formando as rochas, água, ar, etc..

E a energia, detonadora desses movimentos, atuando nas transformações da matéria, no seu contínuo deslocamento, permitindo a vida na Terra e no Universo.

Ao movimentar-se pelo ar, solo e rocha, a água interage com as substâncias desses locais, proporcionando transformações e ajudando, por exemplo, na construção de ambientes inusitados e belos como as cavernas. A solubilidade é uma propriedade importante para o nosso estudo pois permite compreender como e quais substâncias fazem parte das soluções aquosas que percorrem caminhos na Natureza transformando sua paisagem.

Exercício (2)

De onde provem a energia para a maior parte dos movimentos citados no 2º parágrafo?

3- A Solubilidade

O que permite que uma substância se dissolva em outra?

A solubilidade é normalmente definida como a quantidade máxima (em massa) que uma substância consegue dissolver-se em um solvente. A solubilidade expressa o quanto é possível desmanchar de um sólido, líquido

ou um gás em um determinado volume de solução e é dependente da temperatura. Isto é, se mudarmos a temperatura do conjunto, a quantidade de soluto que consegue dissolver-se também muda. Para substâncias sólidas que estão desmanchando-se em um líquido, geralmente a solubilidade aumenta com o aumento da temperatura.

Solubilidade de sólidos

O fenômeno da solubilidade pode ser explicado por um modelo microscópico⁴⁸ que diz:

Quando um sólido (soluto) dissolve-se num líquido (solvente), seus átomos ou moléculas se movimentam abandonando o sólido e tornando-se parte do líquido.

Para melhor ilustrar esse acontecimento, observe a figura (3) abaixo que mostra a dissolução do cloreto de sódio (Na^+Cl^-) em água. Observe que há separação dos íons que formam o cloreto de sódio e o envolvimento das moléculas de água em torno desses íons. Observe que a atração na molécula de água ocorre entre o seu pólo positivo (hidrogênio) e a partícula negativa (Cl^-) do sal. E também entre o pólo negativo (oxigênio) e a partícula positiva (Na^+) do sal.

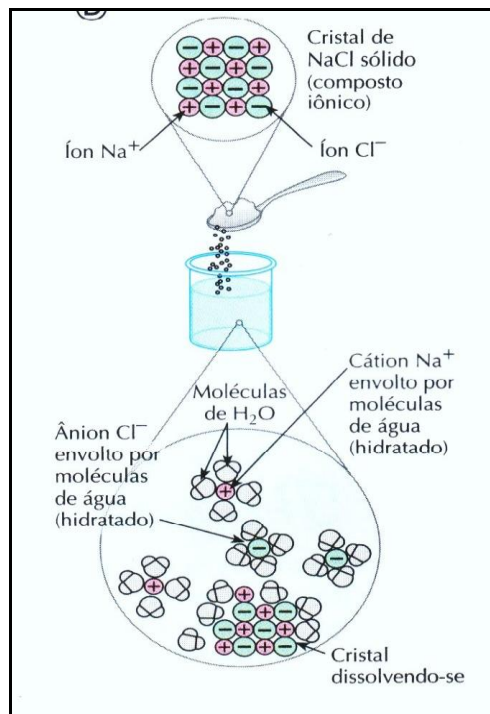


Figura 3- Dissolução do sal cloreto de sódio (Na^+Cl^-) em água.
Fonte: Química na abordagem do cotidiano, volume único, editora Moderna, 2002.

Nesse processo, algumas interações⁴⁹ já existentes **se rompem**:

⁴⁸ Modelo microscópico- Construção de uma explicação para o entendimento do funcionamento das partículas, que são unidades muito pequenas

⁴⁹ Interações- Força de atração existente entre as partículas ou moléculas. Podem ser fortes ou fracas.

1-Interações solvente-solvente. São as interações que mantêm as partículas do líquido unidas entre si. Na molécula de água essas interações são fortes e são sempre interações elétricas.

2-Interações soluto-soluto. São as interações que permitem que as partículas do sólido fiquem unidas entre si.

E novas interações se formam:

1-Interações soluto-solvente. São as ligações que se estabelecem entre as partículas do soluto e do solvente. O soluto é envolvido pelas partículas do solvente.

Para que essas e outras interações aconteçam, dois fatores envolvendo a partícula e sua energia devem ser considerados:

*- O primeiro é que os **estados de menor energia são mais estáveis**, isto é, quando átomos, íons ou moléculas encontram-se em determinada situação e nela estão gastando menos energia, dizemos que estão em situação de estabilidade energética. E a busca desses estados **mais favoráveis energeticamente** é que permitem as constantes transformações da matéria.*

Um exemplo disso é a baixa solubilidade em água pura do quartzo, nas condições ambientes, em comparação com o cloreto de sódio. Isso é explicado pois a estabilidade das partículas que formam o quartzo é muito grande e dessa forma com que se arranjaram nessa estrutura dão a elas uma estabilidade energética (estado de menor energia). Assim não abandonam o seu cristal para se ligarem às moléculas de água. O cloreto de sódio, o açúcar, em compensação, tem afinidade química com a molécula de água e por isso abandonam o seu cristal para se ligarem à água, formando um novo conjunto mais estável energeticamente.

*-O segundo fator é que os “**estados de desordem**” são **favoráveis**. O que isso quer dizer? Que as moléculas ou partículas preferem estados de maior liberdade, maior espaço para seus movimentos, que se intensificam. Por exemplo, o estado gasoso é mais favorável para algumas moléculas em relação aos estados líquido e sólido. Por isso, a **solubilidade dos gases em água é bastante baixa** pois no estado líquido estão em menor desordem.*

A elevação da temperatura tende sempre a favorecer o estado de maior desordem.

Qual a diferença entre o estado sólido, líquido e gasoso, em termos de espaços, desordem, movimento, etc.?

Para você entender melhor, imagine que temos 9 partículas de uma mesma substância nos três estados físicos (sólido, líquido e gasoso), como mostrado na figura(4) abaixo:

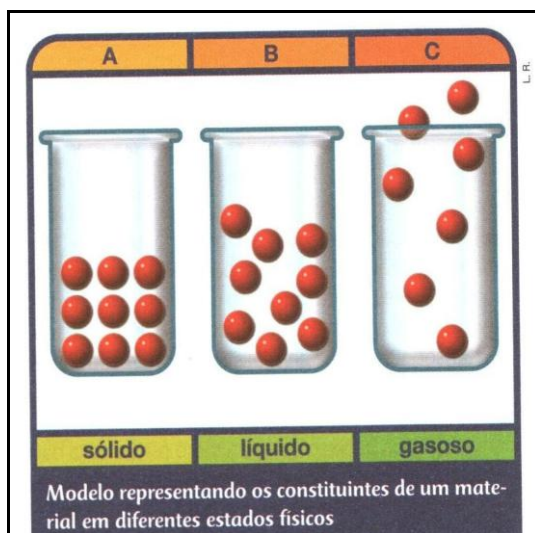


Figura 4- Modelo representando a partícula em 3 estados físicos diferentes.
Fonte: Química e Sociedade, volume único, editora Nova Geração, 2008.

Exercício (3)

- Em qual estado físico há maior liberdade de movimento?
- Em qual deles a ordem é maior?
- Em qual estado físico as moléculas estão com maior energia de movimento (energia cinética)?

Qual o efeito da temperatura na solubilidade?

A elevação da temperatura tende sempre a favorecer o estado de maior desordem já que em temperaturas maiores há maior agitação e movimentação entre as partículas, favorecendo os estados de maior liberdade.

Exercício (4)

A solubilidade do açúcar em água é de no máximo 204g em 100 ml de água a uma temperatura de 20°C. Se aumentarmos a temperatura da água para 50°C, vai aumentar, diminuir ou não se altera a quantidade de açúcar dissolvido nessa água?

Solubilidade de gases

Analisar a tabela (1) abaixo contendo dados da solubilidade de duas substâncias sólidas solúveis e duas gasosas em 100 ml de água a 20°C.

A tabela a seguir mostra as solubilidades de algumas substâncias em água, a 20°C.

SUBSTÂNCIA	SOLUBILIDADE (g/100ml de água)
areia	insolúvel
sal de cozinha	36
açúcar	204
oxigênio	0,004
dióxido de carbono	0,014

Tabela 1- Tabela contendo a solubilidade de algumas substâncias em água a 20°C.

Fonte: Telecurso 2000, Química-2º grau, vol.2.

Exercício (5)

- a- Elabore uma resposta para a diferença de solubilidade observada pelos dados da tabela, entre as substâncias sólidas (cloreto de sódio e açúcar) e as gasosas (gás carbônico e gás oxigênio), baseada no estudo feito anteriormente sobre a solubilidade dos sólidos. Pense nos estados de menor energia e de maior desordem.
- b- Explique, pelo modelo apresentado, por que a areia não se dissolve na água?

Um copo de água, contém uma determinada quantidade de gases dissolvidos. Você pode observar esse acontecimento quando aquece a água em um recipiente no fogão de casa. O que são aquelas bolhas que saem da água logo no início do aquecimento?

A água da chuva, quando passa pelo ar, dissolve gases presente nele e transporta-os para a nossa hidrosfera e crosta. As trocas gasosas efetuadas entre a atmosfera, hidrosfera e crosta permitem que esses gases circulem entre esses locais. Diferente da maioria dos sólidos, a solubilidade dos gases em água é baixa. Os gases estão em estado de desordem favorável e portanto a quantidade dissolvida em água é baixa.

Quais fatores afetam a solubilidades dos gases em água?

Pressão e Temperatura são os fatores que controlam a quantidade de gases dissolvidos em água.

Quanto maior a pressão, maior quantidade de gases dissolvidos. Isso porque à pressões maiores, é favorecida a aproximação entre as partículas dos gases e o estado de menor energia. Quando a água penetra no solo, onde as partículas estão “apertadas” devido ao menor espaço existente nesse ambiente, é maior a solubilidade dos gases.

Com relação à temperatura, o efeito é contrário ao da pressão. Quanto maior a temperatura, menor solubilidade dos gases em água. Isso porque em temperaturas maiores, o movimento das partículas no líquido aumenta e favorece o estado de maior desordem, facilitando a saída dos gases para a atmosfera.

Em águas presentes em locais com temperatura mais baixa, a quantidade de gases dissolvidos é maior do que em águas presentes em locais com temperatura mais elevada.

Os espaços vazios encontrados no solo, entre a parte **sólida** -grãos de rocha, minerais, raízes de plantas- é ocupado pela **água** e pelos **gases** formados pelas trocas gasosas efetuadas entre as raízes das plantas e também pelos gases produzidos na decomposição de restos de plantas. Alguns gases dissolvidos reagem com a água, formando ácidos e outros gases continuam dissolvidos sem reagir.

Exercício (6)

Pensando nesses gases que estão dissolvidos nessa solução aquosa, o que você imagina que aconteça quando encontram um ambiente com maior espaço, com menor pressão? Para ajudá-lo, pense nos gases dissolvidos em um refrigerante tampado. Agora pense o que acontece com eles quando você abre a tampa dessa garrafa.

Exercício (7)

Se essa garrafa for colocada destampada em um ambiente com temperatura maior, o que acontece com a solubilidade dos gases ali presente? E se for destampada em ambiente com menor temperatura? Discuta sua resposta, pensando no modelo microscópico apresentado para explicar a solubilidade.

Em relação à solubilidade dos gases em água, pense na questão abaixo:

Em quais locais aquáticos vão ter mais gases dissolvidos: em baixa ou alta profundidade? Em regiões mais frias ou mais quentes?

4- A água passando pelo solo

A formação de substâncias ácidas ocorre na natureza em diversas situações. A água da chuva quando passa pela atmosfera, além de dissolver gases contidos nela, pode também reagir com uma pequena parcela desse gás, formando ácido carbônico (H_2CO_3), conforme mostra a reação (1).



O ácido carbônico é um ácido fraco (Tabela 2), isto é, apenas pequena proporção de moléculas se ioniza formando íons H^+ e HCO_3^- (bicarbonato). O íon H^+ é responsável pelo aumento da acidez da água, conforme mostrado na reação (2) abaixo.



Como a quantidade de gás carbônico (CO_2) na atmosfera é pequena (0,04%) e também como o ácido formado desse encontro é um ácido fraco, seu pH (número que fornece o valor de quão ácida é uma substância) não se altera muito. Porém, quando essa água passa pelo solo (Figura 5), onde as raízes em seu processo de respiração emitem gás carbônico e somado aos ácidos vindos da decomposição da matéria orgânica do solo, há maior enriquecimento do ambiente em CO_2 (21%). Com isso a água torna-se **mais ácida**, por conter maior quantidade do íon H^+ (íon ácido) provenientes do ácido carbônico. Chamaremos essa água de **solução aquosa ácida**, pois é

constituída de uma mistura de várias substâncias dissolvidas (gases, íons, moléculas, minerais, etc.) provenientes do caminho da água pela atmosfera e solo. Usaremos aqui representá-la por ($\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$).

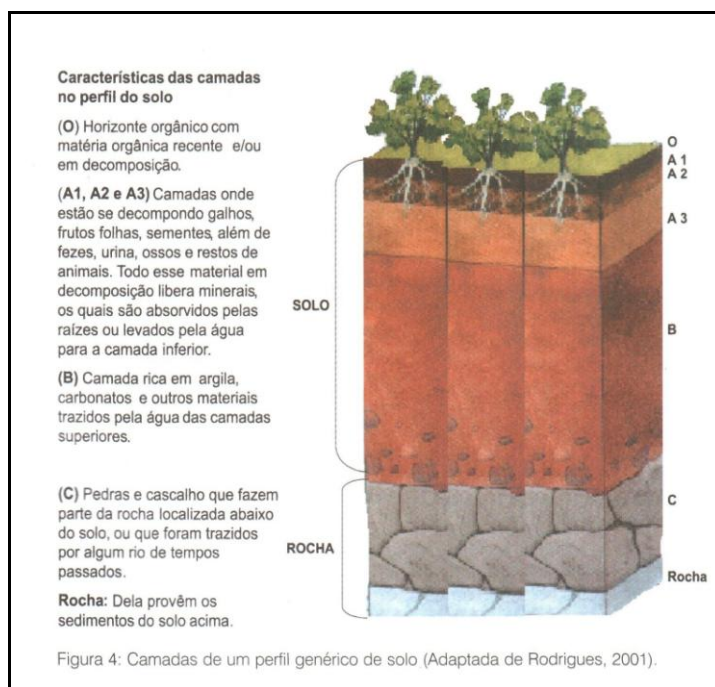


Figura 5- Várias camadas que compõem o solo acima da rocha.

Fonte: ROSA, A. H. e ROCHA, J. C., Cadernos Temáticos: Química Nova na Escola, v.5, 2003

FÔRÇAS RELATIVAS DE ÁCIDOS EM SOLUÇÕES AQUOSAS À TEMPERATURA AMBIENTE			
Ácido	Fôrça	Reação	K_A
HCl	Muito forte	$\text{HCl}(g) \rightarrow \text{H}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$	Muito grande
HNO_3	Muito forte	$\text{HNO}_3(g) \rightarrow \text{H}^+(aq) + \text{NO}_3^-(aq)$	Muito grande
H_2SO_4	Forte	$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}^+(aq) + \text{HSO}_4^-(aq)$	Grande
HSO_4^-	Fraco	$\text{HSO}_4^-(aq) \rightleftharpoons \text{H}^+(aq) + \text{SO}_4^{2-}(aq)$	1.3×10^{-2}
HF	Fraco	$\text{HF}(aq) \rightleftharpoons \text{H}^+(aq) + \text{F}^-(aq)$	6.7×10^{-4}
CH_3COOH	Fraco	$\text{CH}_3\text{COOH}(aq) \rightleftharpoons \text{H}^+(aq) + \text{CH}_3\text{COO}^-(aq)$	1.8×10^{-5}
$\text{H}_2\text{CO}_3 (\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$	Fraco	$\text{H}_2\text{CO}_3(aq) \rightleftharpoons \text{H}^+(aq) + \text{HCO}_3^-(aq)$	4.4×10^{-7}
H_2S	Fraco	$\text{H}_2\text{S}(aq) \rightleftharpoons \text{H}^+(aq) + \text{HS}^-(aq)$	1.0×10^{-7}
NH_4^+	Fraco	$\text{NH}_4^+(aq) \rightleftharpoons \text{H}^+(aq) + \text{NH}_3(aq)$	5.7×10^{-10}
HCO_3^-	Fraco	$\text{HCO}_3^-(aq) \rightleftharpoons \text{H}^+(aq) + \text{CO}_3^{2-}(aq)$	4.7×10^{-11}
H_2O	Muito fraco	$\text{H}_2\text{O}(aq) \rightleftharpoons \text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq)$	1.8×10^{-16}

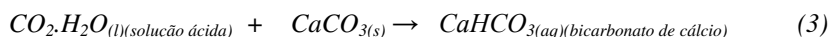
Tabela 2- Força relativa dos ácidos em solução aquosa à temperatura ambiente.

Fonte: CHEM-Study, volume 2, p. 278.

5- A água chegando à rocha carbonática

Essa solução, ao encontrar a rocha que sustenta o solo (fig. 5), vai interagir de diferentes formas, dependendo do tipo de rocha encontrada e das condições físicas dessa rocha. As rochas carbonáticas encontradas na região de Cajamar, além de conter carbonato de cálcio na sua composição, possuem porosidade de fraturas. Essa fratura, nesse tipo de rocha, facilita a entrada de água por esses locais. A solução aquosa ácida vinda do solo

reage com o mineral dessa rocha (carbonato de cálcio) produzindo carbonato monoácido de cálcio (CaHCO_3), comercialmente chamado de **bicarbonato de cálcio**, conforme representado na reação (3). O bicarbonato de cálcio é muito mais solúvel que o carbonato de cálcio da rocha e por isso ocorre um intenso e contínuo processo de **solubilização** da rocha carbonática.



A investigação de laboratório que você fará a seguir pode dar uma ideia da ação de soluções ácidas em contato com o carbonato de cálcio.

Investigação (C)

- 1-Separe 4 tubos de ensaio. No primeiro, adicione 20 ml de água.
- 2-No segundo tubo, adicione 20 ml de água e em seguida coloque 1g de carbonato de cálcio previamente pesado e agite.
- 3-No terceiro tubo, adicione 20 ml de água com gás, adicione 1g de carbonato de cálcio e agite.
- 4-Repita o procedimento usado para o 3º tubo e em seguida aqueça até quase o ponto de fervura.
- 5-Observe e compare com relação à dissolução, os 4 procedimentos realizados e responda as questões propostas.

Questões

- 1-Em qual tubo de ensaio houve maior dissolução do carbonato de cálcio? Justifique sua resposta.
- 2-Quando aquecida a mistura contida no terceiro tubo, houve aumento ou diminuição da solubilidade do carbonato de cálcio? Justifique sua resposta.

6- O Carste

À medida que a dissolução da rocha abre caminho para que a nova solução formada avance rocha adentro através de suas fendas, desenvolve-se uma rede de canais interligados onde a solução circula. Veja a figura (6) mostrando esses locais formados pela ação da água sobre a rocha carbonática. O carste caracteriza-se por conter um relevo especial, presença de grutas e cavernas e um modo especial de circulação de água subterrânea.

O reservatório de água do carste é frequentemente utilizado pela população pois a água é farta e abundante nesses locais.

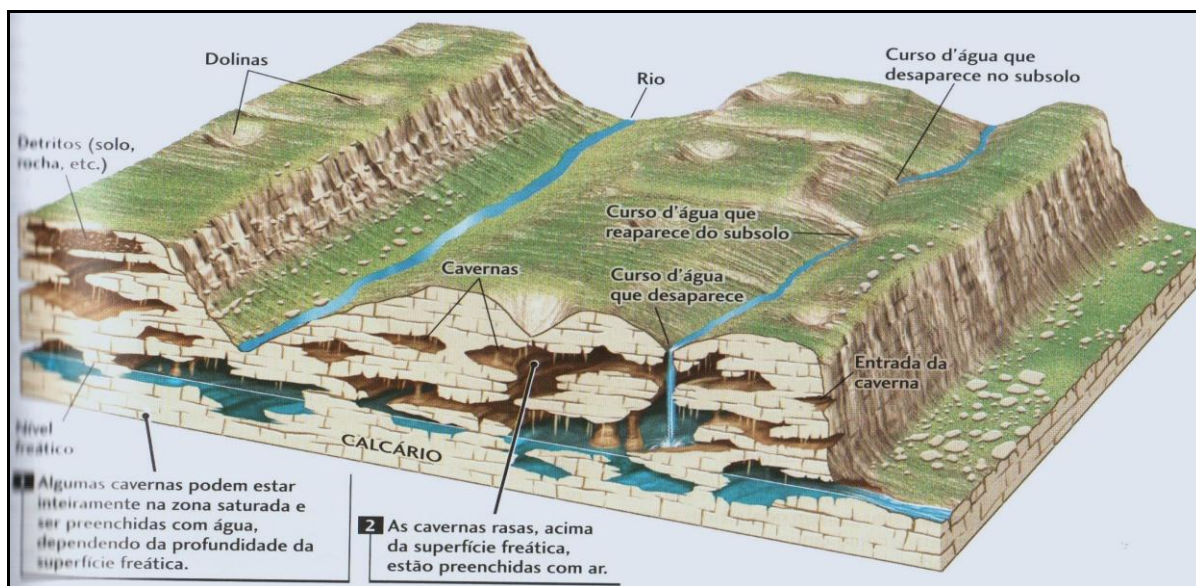


Figura 6- Sistema Cárstico formado de solo, rocha carbonática, grutas, cavernas e água subterrânea.
Fonte: PRESS, F..[et.al.], Para Entender a Terra, 2006.

Exercício (8)

- Quais as condições geológicas para a formação do carste?
- O que são as dolinas?
- Por que o tipo de relevo é importante para a formação desses locais?
- Por que, algumas cavernas estão preenchidas com ar e outras com água?
- A água obtida nesse sistema pode ser utilizada pela população local? De que forma essa água pode ser disponibilizada para a população, além da extração já conhecida por poços subterrâneos?
- Essa água pode estar contaminada de alguma forma? Destaque algumas formas de contaminação da água subterrânea.
- A água presente nesse local é água pura? Como você classificaria essa água?
- O que provou o aparecimento das cavernas?

Observe que a solução aquosa abre espaços na rocha e transita por eles formando uma rede de canais abertos onde essa água⁵⁰(observe, no rodapé dessa página, a explicação sobre essa água) circula. À medida que a solução aquosa continua seu caminho de dissolução penetrando nas fendas que estão mais abaixo, desloca-se deixando vazios nos locais desocupados. Esses vazios são chamados de grutas ou de **cavernas** quando permitem acesso ao homem. A água⁴⁹ (ler a anotação que está no rodapé dessa folha) está constantemente transitando no seu

⁵⁰ Essa água é na verdade uma solução aquosa formada de íons de minerais, ácidos, gases e outros materiais dissolvidos pelo caminho da água pelo ar, solo e rocha.

caminho pelo carste. Com o tempo, as cavernas ou as grutas crescem de tamanho e podem desmoronar-se devido a instabilidade causada por seu volume e pela diferença de pressão entre o ambiente interno e externo da caverna. Esse desmoronamento é um processo natural e lento e vai depender de várias condições da passagem da solução aquosa por esse conjunto.

Vamos pensar em duas situações extremas de retirada de água desses locais e que podem acelerar o processo de desmoronamento.

1-Saída de água muito lenta

2-Saída de água muito rápida

Exercício (9)

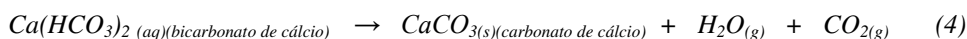
- a) Compare as duas situações de retirada de água. Qual delas colabora para o desmoronamento mais rápido da caverna. Justifique sua resposta.
- b) Qual(ais) ação humana poderia provocar o desmoronamento mais acelerado desses buracos?
- c) Qual(ais) ação natural poderia provocar o seu desmoronamento?
- d) Pense no que está em volta do “buraco” e descubra o que vai ocupar seu espaço, ao desmoronar-se.

7- A Caverna

As rochas carbonáticas estão presentes em muitos locais da crosta terrestre mas as cavernas (Figura) formam-se somente onde essas rochas relativamente solúveis estão na superfície ou muito próxima a ela, em locais onde quantidade suficiente de águas ricas em gás carbônico infiltram-se, para dissolver extensas áreas dessa rocha.

Quando a solução aquosa contendo, entre outros, o produto da reação (3) e essa mistura penetra na caverna, vai acontecer uma nova transformação já que a caverna tem características diferentes dos outros caminhos pelas quais a água⁴⁹ já transitou.

Ao entrar nos espaços da caverna, que tem temperatura, pressão e ventilação adequados, a solução de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (bicarbonato de cálcio) evapora parte de sua água, libera o gás carbônico dissolvido, e com isso a solução concentra-se em carbonato de cálcio (CaCO_3), conforme reação abaixo:



Inicia-se, a partir daí um processo lento de recristalização do carbonato de cálcio com a formação das estalactites (no teto) e de estalagmites (no chão), conforme Figura (7).

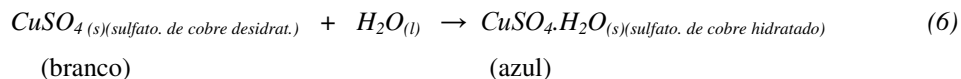
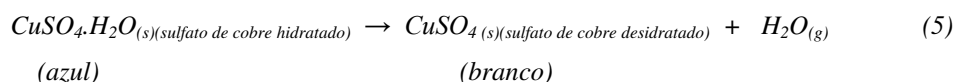
Exercício (10)

Pensando no maior espaço existente dentro da caverna (menor pressão), como esse fator favorece a reação de formação das estalactites e estalagmites? Pense nos estados de desordem e menor energia.

Investigação(D)

Com a ajuda de seu professor, coloque uma pequena quantidade de sulfato de cobre hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) em um béquer e aqueça o conjunto até a desidratação do sulfato de cobre, pela observação de mudança de cor (muda de azul para branco). Esfrie em seguida o conjunto em banho-maria e coloque o béquer frio na palma de sua mão. Adicione água ao sulfato de cobre desidratado para que ocorra a sua hidratação. Observe a troca de calor ocorrida nessa transformação.

Ao absorver energia, na forma de calor, o sulfato de cobre hidratado libera suas águas de hidratação e se desidrata. Quando adicionamos água a esse sal, ocorre o retorno a sua forma hidratada, conforme reação abaixo:



Exercício (11)

Depois de observar as transformações do sulfato de cobre com o seu professor, reescreva a reação (5) e (6) adicionando no lado dos reagentes ou dos produtos a energia gasta ou liberada nas duas situações.

Transformações Exotérmicas e Endotérmicas

Quando a transformação acontece com liberação de energia na forma de calor, dizemos que a transformação é exotérmica (exo significa saída).

Quando a transformação ocorre com absorção de energia na forma de calor, dizemos que a reação é endotérmica (endo significa entrada).

Exercício (12)

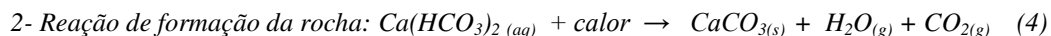
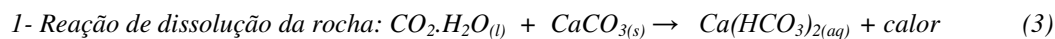
a) Classifique as reações (5) e (6) em endotérmica e exotérmica.

b) Dos exemplos citado abaixo, qual transformação é endotérmica e qual é exotérmica?

Erupção de um vulcão, Derretimento de gelo, Queima de gasolina, Fotossíntese

A transformação (4), de formação da rocha na forma de estalactites, é favorecida pelo aumento da energia já que é uma reação endotérmica.

A transformação (3), de dissolução da rocha carbonática, é favorecida pela diminuição da energia já que é uma reação exotérmica. Colocando os dois caminhos das transformações e a energia nelas envolvida, teremos:



O caminho de dissolução e da cristalização do carbonato de cálcio pode ocorrer em vários locais onde essa reação encontra condições adequadas dentro e fora da caverna. A temperatura é um fator importante na escolha desses caminhos já que, como você viu, o aumento da temperatura favorece um dos movimentos e vice-versa.

Exercício (13)

Pensando no fator temperatura, qual transformação é favorecida- dissolução ou cristalização do carbonato de cálcio, dentro da caverna?

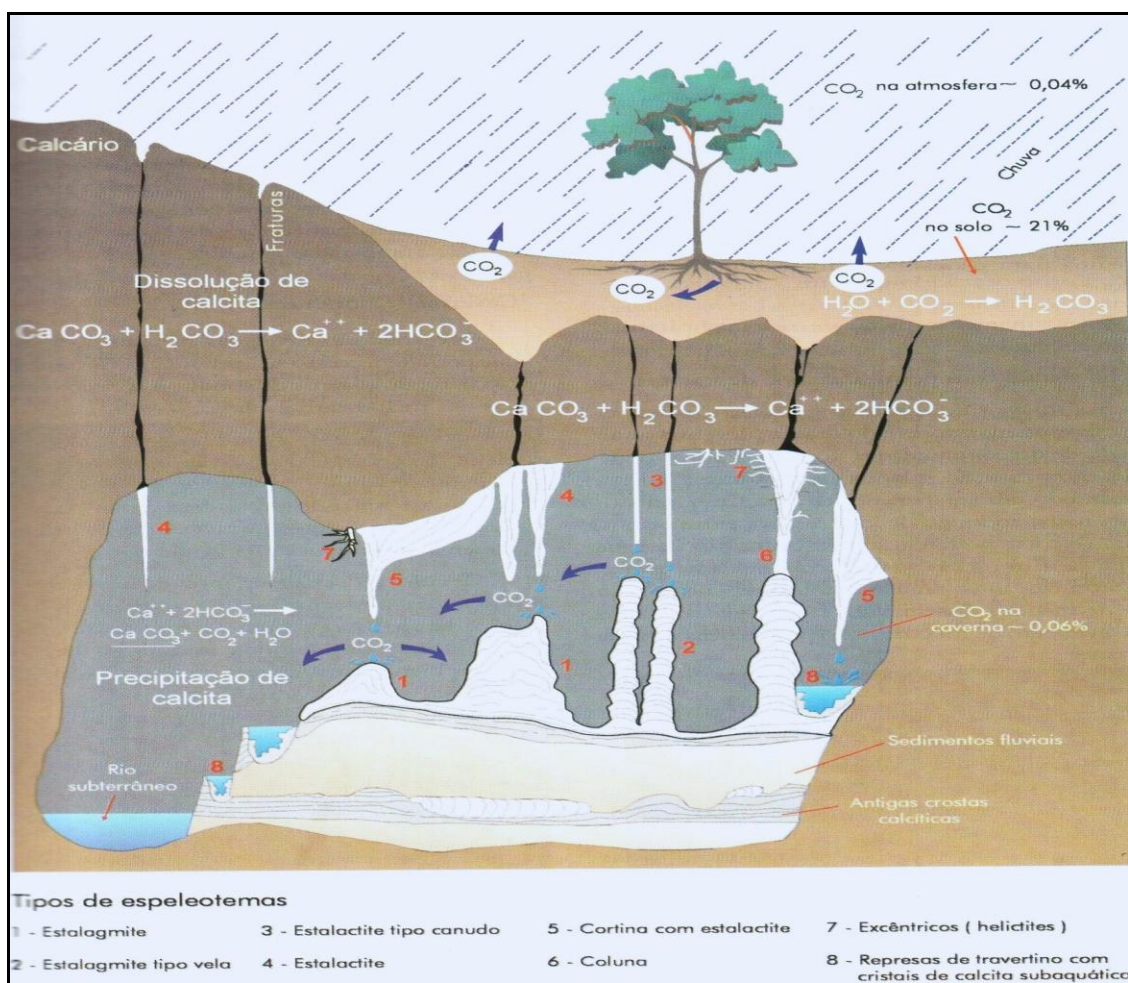


Figura 7- Figura mostrando o caminho da água até chegar a rocha carbonática e as reações químicas de dissolução e precipitação da calcita.
Fonte: TEIXEIRA, W... [et al] (Org). Decifrando a Terra, 2000.

8- A Conservação (de massa)

A água circula pela Natureza. É a substância mais abundante na superfície do planeta, participando na solubilização e transporte de muitas partículas presentes nos materiais terrestres e nos organismos vivos. Atuando, ora como reagente, ou como veículo, a água se movimenta pela atmosfera, hidrosfera e crosta terrestre.

Nessa atividade, você conheceu alguns caminhos percorridos pela água e sua capacidade transformante.

Exercício (14)

Você sabe dizer qual o destino final da água que circula pelo carste?

A água que circula na Natureza é praticamente a mesma há bilhões de anos, desde que a Terra tomou a forma que a conhecemos hoje. Toda a água existente em suas várias formas, acima e dentro da terra, faz parte de um ciclo que pode ser considerado como um sistema fechado pois o seu volume e sua massa tem se mantido constante. O que é um sistema fechado? Para que você possa compreender melhor um sistema fechado, observe o “terrareo” que está no laboratório da escola. Nesse pequeno conjunto fechado, estão representadas as partes que compõem o sistema Terra- a parte sólida, líquida e a gasosa. Após observá-lo atentamente responda as questões abaixo:

1-Como a água circula por esse sistema? Ela se mantém constante?

2-E os gases, como por exemplo, o gás carbônico?

As rochas também fazem parte de um ciclo, isto é, se dissolvermos parte de uma rocha, os componentes dela irão recompor-se em outros locais formando novas rochas. Você sabe que na Natureza nada se perde nada se cria, tudo se transforma. Para você ter uma idéia sobre o ciclo das rochas, vamos imaginar então um íon de cálcio proveniente da dissolução da rocha carbonática de Cajamar e que não tenha participado da formação das estalactites e estalagmites. Qual é o seu caminho pela Natureza?

Dissolvido na água, viaja nela até chegar à parte mais baixa da superfície da Terra, o oceano. Lá pode encontrar condições nesse ambiente para recompor-se, cristalizando-se novamente como carbonato de cálcio, sendo utilizado pelos animais marinhos (conchas e corais) ou precipitar-se no fundo dos oceanos. Quando esses animais morrem, ou mesmo expelem esse material ao longo de suas vidas ou quando são formados pela reação do íon cálcio e íon bicarbonato em condições ambientais favoráveis, acumulam-se no fundo do mar. Passados longos períodos, encontramos o carbonato de cálcio pressionado pelas várias camadas que se acumularam sobre ele, espremido em pequenos espaços, sofrendo pressões e temperaturas bem maiores que as encontradas na superfície da Terra. Nessas condições, afundam-se os depósitos de carbonato de cálcio compactados e cimentados em uma nova estrutura chamada de rocha. No interior da Terra é dessa forma que os compostos encontram maior estabilidade. Chega um tempo em que essas rochas formadas pelo soterramento desses sedimentos de fundo oceânico, irão subir a superfície devido a movimentos naturais (movimentos tectônicos) ocorridos no interior da Terra e depois, devido a

desgaste de materiais que estão acima delas. O cálcio, na forma de rocha de carbonato de cálcio encontra-se novamente na crosta terrestre, sofrendo adaptações a esse novo ambiente, com temperatura e pressão bem mais baixas, sofrendo a ação da água, vento e gelo, que são os agentes corrosivos do ambiente. Assim há um novo caminho a ser percorrido pelas partículas de carbonato de cálcio para encontrar seus estados de favorecimento energético nesse ambiente.

Então, tanto os gases, como a água, como as rochas que circulam pela atmosfera, hidrosfera e camada sólida da Terra, fazem constantes movimentações e transformações entre essas partes na busca de caminhos mais favoráveis.

9- O Tempo

Algumas transformações ocorrem quase instantaneamente, como as que você viu nas aulas práticas ou que você vê, por exemplo, quando um pedaço de papel é queimado, ou quando há uma explosão de fogos de artifício, ou quando um comprimido antiácido é adicionado à água ou na erupção dos vulcões. Outras transformações acontecem em um tempo um pouco maior, como a formação de ferrugem, o amadurecimento de uma fruta ou a formação das nuvens. Outras ocorrem em um tempo mais longo como a degradação dos plásticos, a formação do solo, o desgaste de uma montanha. E ainda há aquelas que demoram muito mais tempo, em tempos maiores que o da existência do homem no planeta, o tempo geológico. Qual é o tempo para formar a rocha carbonática a partir do caminho do cálcio pela Natureza? Se nós retirarmos todo o calcário disponível das rochas que estão na crosta terrestre em um curto período de tempo, como poderemos suprir nossas necessidades de calcário? Você já sabe que a massa se conserva no Planeta, então qual é o problema se ela está se recompondo em outro local? Discuta com o seu professor essas questões.

Terceira Parte- Comparação de casos- Cajamar e Curitiba

Depois de ler atentamente o relato abaixo, que também é um caso verídico, responda as seguintes questões:

- 1) Analisando os casos apresentados, qual a causa evidente dos desmoronamentos?*
- 2) Que atitudes tomadas em Curitiba puderam conter o avanço do colapso?*
- 3) Quais foram os “avisos” da Natureza de que alguma coisa estava acontecendo no chão.*
- 4) Qual a diferença na atitude dos moradores de Curitiba e Cajamar diante dos sinais apresentados?*

Relato: Extração de água subterrânea de Carste na Região Metropolitana de Curitiba⁵¹

A região metropolitana de Curitiba possui uma localização geográfica que não é contemplada com nenhum grande rio para suprir o abastecimento hídrico de sua população. Desse fato, resulta para a região, uma carência hídrica bastante acentuada, não só em função do crescimento explosivo experimentado pela região (de

⁵¹ Texto extraído e adaptado de LOPES (2002), Geologia de Engenharia- conceitos, métodos e prática, Álvaro R. dos Santos (org.), 2002.

uma população, que da década de 60 se situava em torno de 700.000 habitante, no final do século chegava em torno de 2.600.000) como da ocupação e degradação dos mananciais existentes e conseqüente redução da qualidade da água bruta.

Em razão desse fato, a água subterrânea, principalmente a encontrada nas rochas calcárias da região, que era utilizada apenas em alguns locais, passou a tornar-se extremamente tentadora, porque além de sua proximidade e excelente qualidade, apresenta possibilidade de ser captada por gravidade pois encontra-se em local mais elevado. Assim sendo, a SANEPAR (Empresa de Saneamento do Paraná), resolveu investir na exploração da água desses poços.

Em 1981, nos primeiros poços executados e bombeados especificamente para o estudo de um dos aquíferos selecionados, foram extraídas vazões da ordem de 400.000 a 500.000 l/h, sem que qualquer problema geotécnico tivesse sido notificado. Em 1992, foram testados 4 outros poços, tendo-se extraído vazões da ordem de 600.000 l/h. Nesse período, ocorreram os primeiros problemas geotécnicos atribuídos aos bombeamentos (trincas nas casas, afundamento de calçadas e pisos, emperramento de portas e janelas, afastamento entre edifícios, abaixamento dos níveis de água de poços-caçimba, secura de uma mina e abaixamento do nível de água de um lago, etc). Por isso mesmo, foram interrompidos os bombeamentos para análise da situação e negociação com os moradores e a empresa de saneamento básico.

Análise dos geólogos e soluções encontradas para o caso

Com o caráter corretivo e de aplicação imediata, foi recomendada a cessação dos bombeamentos, o estabelecimento de uma rede permanente de monitoramento e a reparação dos danos causados aos moradores e, posteriormente, o reinício dos bombeamentos, aumentando-se gradativamente as vazões extraídas, de modo a obter-se a vazão ótima, isto é, aquela máxima possível em cada poço, sem resultar em problemas similares aos verificados.

Outras medidas implantadas foram a seleção de locais, para a extração da água subterrânea, mais distantes dos habitantes e, antes de qualquer atividade, fossem implantados um sistema de monitoramento ou alerta aos moradores e comunicação por parte deles de qualquer evento anormal, e fossem previstos recursos para recuperação de possíveis danos, negociação ou desapropriação.

Além disso, propôs-se que a região fosse transformada em Área de Proteção Ambiental-APA, de modo a permitir um controle da ocupação humana e das conseqüentes possibilidades de poluição do aquífero.

Algumas medidas foram adotadas pela empresa e outras foram contestadas pelos moradores, principalmente a que se referente a transformação do local em uma APA, com a intervenção do Ministério Público, o que não vem impedindo que alguns poços continuem a ser explorados.

APÊNDICE B - Avaliação final aplicada aos alunos da inovação

CEES Paulo Decourt

Avaliação de Química- Atividade Cajamar

Nome do aluno: _____

Nº de Matrícula: _____ Data: _____

Após completar as três partes da atividade, você estará apto a responder as seguintes questões:

1-Faça um pequeno texto explicando as causas do desmoronamento das casas de Cajamar.

2-Em sua opinião, esse desastre poderia ser evitado? De que maneira?

3- Qual a responsabilidade da empresa de saneamento básico, da empresa de bebidas e da prefeitura no desmoronamento de casas e os outros danos causados a população?

4-Os conhecimentos gerados pela ciência, e aqui no caso, os conhecimentos geológicos, são necessários na ocupação de um terreno urbano ou rural, na extração de água subterrânea ou na perfuração de um túnel subterrâneo. Em quais momentos a população deve ter acesso a eles?

5- Observe a frase que consta na segunda parte da atividade “Entender, prevenir-se, conviver com os processos naturais que envolvem transformações ocorridas na natureza pode ser uma das chaves para a nossa convivência equilibrada.” Você concorda com ela? Argumente.

6- Das condições abaixo, quais permitem acelerar a solubilização da rocha de carbonato?

- () solo mais alcalino
- () solo mais profundo (com mais camadas)
- () solo mais rico em matéria orgânica
- () solo com poucas plantas
- () solo em regiões mais chuvosas

7- Podemos afirmar que em regiões tropicais, onde há maior incidência de luz solar, há maior quantidade de moléculas de água no estado de vapor (estado gasoso) comparado às regiões onde prevalece o clima frio. Discuta essa afirmativa e justifique-a recorrendo ao modelo usado na atividade referente aos estados de menor energia ou maior desordem.

8- Dentro da caverna, a reação de cristalização do carbonato de cálcio foi favorecida. Explique as causas desse acontecimento.

9- Estima-se que a massa do planeta Terra é praticamente constante há muito tempo. Baseado nesse fato explique porque existe a preocupação com o esgotamento dos recursos naturais disponíveis no Planeta.

10- As transformações exotérmicas são favoráveis energeticamente pois envolvem a liberação de energia na forma de calor. Já as transformações endotérmicas são aquelas em que há absorção de energia pelos reagentes para a formação dos produtos. Coloque, para cada uma das transformações abaixo, o prefixo “endo” ou “exo” para designar uma transformação endotérmica ou exotérmica.

- () Formação das estalactites e estalagmites
- () Erupção dos vulcões
- () Fotossíntese
- () Queima da glicose pela planta
- () Evaporação da água
- () Condensação da água
- () Solidificação da água
- () Solubilização do gás carbônico na água
- () Desidratação do sulfato de cobre hidratado
- () Dissolução do açúcar em água

11- ⁵²As propriedades da água fazem com que ela seja o líquido ideal para espalhar a energia solar através do mundo. Sem a água, a vida provavelmente não seria possível na Terra. Ou, mesmo que fosse, os padrões climáticos seriam bem diferentes daqueles observados atualmente. Nem toda água que evapora dos oceanos retorna a eles sob a forma de chuva ou neve. A cada ano cerca de 36×10^{15} kg de vapor de água evaporado do oceano são transportados para outras regiões da Terra e se precipitam como chuva ou neve na sua superfície. Esse processo aumenta a umidade do solo e mantém o fluxo dos rios, sendo também responsável pelo aquecimento das regiões onde ocorre a condensação do vapor de água. Portanto, a evaporação e a condensação da água afetam a temperatura de diferentes partes da Terra por meio de dois processos:

- transferindo energia de baixas para altas latitudes;
- aquecendo o solo através da condensação de vapor de água que vem do oceano.

Baseado no pequeno texto acima, explique como a água pode transferir a energia de regiões de baixa latitude (trópicos) para regiões de altas latitudes, nos seus processos de evaporação e condensação?

⁵² Texto extraído de “Química para o ensino médio: volume único/ Eduardo Fleury Mortimer e Andréia Horta Machado”.