UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

ADRIANA DA SILVA POSSO

A produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem: utilizando a teoria da ação mediada para caracterizar a significação dos conceitos relacionados à solubilidade dos materiais

São Paulo
2010

ADRIANA DA SILVA POSSO

A produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem: utilizando a teoria da ação mediada para caracterizar a significação dos conceitos relacionados à solubilidade dos materiais

Dissertação apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Educação
Linha de Pesquisa: Ensino de Ciências e Matemática.
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giordan

São Paulo
2010

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

375.22 Posso, Adriana da Silva
P856p A produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem : utilizando a teoria da ação mediada para caracterizar a significação dos conceitos relacionados à solubilidade dos materiais / Adriana da Silva Posso ; orientação Marcelo Giordan. São Paulo : s.n., 2010.

183 p. : il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração : Ensino de Ciências e Matemática) - - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

1. Química – Estudo e ensino 2. Ensino e aprendizagem 3. Formação de conceitos 4. Solubilidade – Química 5. Computador no ensino I. Giordan, Marcelo, orient.

Nome: POSSO, Adriana da Silva

Título: A produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem: utilizando a teoria da ação mediada para caracterizar a significação dos conceitos relacionados à solubilidade dos materiais

Dissertação apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Educação

Aprovada em: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo Alexandre

À minha mãe Rosalina

Aos meus irmãos Gláucia, Glédiston,

Andréa, Renata e Davis

Aos meus tios Otacílio e Alcebíades

AGRADECIMENTOS

À CAPES/CNPq pela concessão da bolsa de Mestrado.

Aos alunos do Programa de Iniciação Científica da USP que tornaram possível a realização de nosso estudo e que fizeram dos nossos encontros, tardes muito agradáveis e que deixaram saudades.

À Pró-Reitoria de Pesquisa que organizou o Programa de Iniciação Científica (Pré-IC) e que financiou as bolsas de auxílio aos nossos alunos.

À professora Neusa da Escola Estadual Adib Chammas por ter acompanhado, orientado e motivado os alunos que participaram do Pré-IC.

Ao Alexandre que esteve sempre ao meu lado respeitando minhas escolhas (desde o cursinho pré-vestibular), ouvindo minhas reflexões sobre os textos, auxiliando nos momentos difíceis, comemorando os bons resultados e me encorajando para seguir buscando meus objetivos.

À minha família pelo carinho e pela confiança que depositaram em mim.

Aos meus amigos do LAPEQ: Manuela pela ajuda no primeiro ano de Iniciação Científica; Luciana pela gentileza, pelo companheirismo e pela paciência; Márcia pelo apoio sereno e seguro; Sílvia pela alegria contagiante, Waldmir pela audiência durante o almoço; Dirceu pela amizade tão prestativa e importante para a finalização do Mestrado; Agnaldo pelos momentos de descontração que aliavam as tensões do trabalho; e Jackson pela ajuda tecnológica.

Ao professor Marcelo pela confiança, pelas orientações e pela amizade.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização dessa Dissertação.

"UBUNTU UNGAMNTU NGANYE ABANTU"
"Pessoas são pessoas através de outras pessoas"

(Ditado Xhosa - língua materna de Nelson Mandela*)*

RESUMO

POSSO, Adriana da Silva. **A produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem:** utilizando a teoria da ação mediada para caracterizar a significação dos conceitos relacionados à solubilidade dos materiais. 2010, 183 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2010.

O presente trabalho apresenta o estudo que visou a caracterização do processo de significação de conceitos químicos como domínio e apropriação de ferramentas culturais. O registro dos dados aconteceu durante a aplicação de um ambiente virtual de aprendizagem que tinha a solubilidade dos materiais, como conceito central. Os sujeitos da investigação foram alunos do Ensino Médio da Rede Estadual de Ensino do Estado de São Paulo, que participavam do Programa de Pré-Iniciação Científica da USP. Todo o projeto foi planejado tomando como referenciais teóricos a teoria do desenvolvimento humano de Lev Vigotski, a teoria da linguagem de Mikhail Bakhtin, a teoria da ação mediada de James Wertsch e o modelo de organização do ensino de Marcelo Giordan. Este estudo buscou resposta para a seguinte questão de pesquisa: Compreender o processo de significação como domínio e apropriação de ferramentas culturais, permitirá que caracterizemos a aprendizagem como um processo de produção de significados? Para que pudéssemos responder a esta questão e alcançar nosso objeto, desenvolvemos uma sequência didática problematizadora, acompanhamos o processo de resolução do problema e reconstruímos este processo em busca dos conceitos utilizado para resolver o problema. Depois reconstruímos o processo histórico da significação dos conceitos químicos, analisamos os significados produzidos pelos alunos e caracterizamos esses significados como domínio e apropriação de ferramentas culturais. Verificamos que os alunos dominaram e se apropriaram dos conceitos químicos, da forma de organização dos enunciados própria da esfera científica e do uso de modelos como ferramentas capazes de realizar atividades concretas.

Palavras-chave: significação, domínio, apropriação, ferramentas culturais, solubilidade de materiais, ambiente virtual de aprendizagem.

ABSTRACT

POSSO, Adriana da Silva. **The meaning making in a virtual learning environment:** using the theory of mediated action to characterize the process of meaning of chemical concepts related to the solubility of materials. 2010, 183 f. Dissertation (Master) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2010.

This paper presents a study that aimed to characterize the process of meaning of chemical concepts such as mastery and appropriation of cultural tools. Data registration occurred during the implementation of a virtual learning environment which had the solubility of the materials as a main concept. The subject of the investigation was a group of high school students from a State School in the State of São Paulo, who attended the Program of Pre-Scientific Initiation at USP. The entire project was designed taking as a theoretical framework to human development theory of Lev Vygotsky, the language theory of Mikhail Bakhtin, the mediated action theory of James Wertsch and the organizational model for teaching of Marcelo Giordan. This study sought answer for the following research question: To understand the process of meaning as mastery and appropriation of cultural tools, will we characterize learning as a process of producing meanings? So, in order to be able to answer this question and reach our goal, we developed a didactic problematical sequence, we follow the problem solving process and reconstruct this process in search of the concepts used to solve the problem. Then we reconstructed the historical process of chemical concept meanings, analyze the meanings produced by the students and we characterized these meanings as mastery and appropriation of cultural tools. We found that students have mastered and appropriated themselves of the chemical concepts, the organizational form of the statements used on its own scientific sphere and the use of models as tools capable of performing concret activities.

Keywords: meaning making, mastery, appropriation, cultural tools, the solubility of materials, virtual learning environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema do mecanismo natural de reflexo condicionado mediado.....**43**

Figura 2: Sequência de trocas de respostas e comentários.....**57**

Figura 3: Ava – módulo 1 – página A: início da sequência didática **61**

Figura 4: Tela inicial da animação *Solubilização de sais* **65**

Figura 5: Tela inicial da animação *Polaridade de líquidos* **65**

Figura 6: Tela inicial da animação *Mudanças de estados físicos* **66**

Figura 7: Interface do *Construtor de gráficos* **67**

Figura 8: Banco de respostas da dupla litio visualizado pelo professor **68**

Figura 9: As respostas da dupla aparecem no quadro cinza e comentários do tutor no quadro azul **69**

Figura 10: Gráfico 2 – Coeficiente de solubilidade em água x temperatura para alguns sais. **.99**

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1: Estação de trabalho e de coleta de dados **75**

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Animação da solubilização do cloreto de sódio em água **63**

Quadro 2: Descrição sumariada dos módulos 1 ao 9 do AVA **70**

Quadro 3: Estrutura do quadro de síntese das análises dos episódios **79**

Quadro 4: Respostas das duplas para a questão 3 do módulo 1 ..... **82**

Quadro 5: Síntese da análise 1 ..... **83**

Quadro 6: Respostas das duplas para a questão 4 do módulo 1 ..... **85**

Quadro 7: Síntese da análise 2 ..... **86**

Quadro 8: Respostas das duplas para a questão 2 do módulo 5 ..... **89**

Quadro 9: Síntese da análise 3 ..... **91**

Quadro 10: Respostas das duplas para a questão 3 do módulo 5 ..... **92**

Quadro 11: Síntese da análise 4 ..... **93**

Quadro 12: Respostas das duplas para a questão 3 do módulo 5 ..... **95**

Quadro 13: Síntese da análise 5 ..... **96**

Quadro 14: Respostas das duplas para o item "c" da questão 13 do módulo 7 ..... **100**

Quadro 15: Síntese da análise 6 ..... **101**

Quadro 16: Respostas das duplas para a questão 13 do módulo 7 ..... **105**

Quadro 17: Síntese da análise 7 ..... **106**

Quadro 18: 1ª atividade experimental – primeiro trecho **109**

Quadro 19: 1ª atividade experimental – segundo trecho **113**

Quadro 20: 1ª atividade experimental – terceiro trecho **113**

Quadro 21: 1ª atividade experimental – quarto trecho **114**

Quadro 22: 1ª atividade experimental – quarto trecho **116**

Quadro 23: 1ª atividade experimental – quinto trecho **118**

Quadro 24: Síntese do episódio da 1ª atividade experimental **119**

Quadro 25: Quadro da página C do módulo5 120

Quadro 26: Hipótese da influência da temperatura na solubilização da amostra 121

Quadro 27: Reorganização dos turnos 06, 07 e 08 122

Quadro 28: 2ª atividade experimental – primeiro trecho 124

Quadro 29: 2ª atividade experimental – segundo trecho 125

Quadro 30: 2ª atividade experimental – terceiro trecho 126

Quadro 31: 2ª atividade experimental – quarto trecho 127

Quadro 32: 2ª atividade experimental – quinto trecho 128

Quadro 33: Síntese do episódio da 2ª atividade experimental 129

Quadro 34: Preparação da 3ª atividade experimental – primeiro trecho 131

Quadro 35: Preparação da 3ª atividade experimental – segundo trecho 134

Quadro 36: Preparação da 3ª atividade experimental – terceiro trecho 135

Quadro 37: Preparação da 3ª atividade experimental – quarto trecho 136

Quadro 38: Síntese do episódio da resolução do problema 138

Quadro 39: Resposta dos alunos para a questão 10 do módulo 9 139

Quadro 40: Síntese do episódio da resolução do problema 141

Quadro 42: Trocas entre a dupla Hidrogenio e o Tutor - questão 3 do módulo 1 156

Quadro 43: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 3 do módulo 1 156

Quadro 44: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 4 do módulo 1 157

Quadro 45: Trocas entre a dupla Hidrogenio e o Tutor - questão 4 do módulo 1 157

Quadro 46: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 4 do módulo 1 158

Quadro 47: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 2 do módulo 5 158

Quadro 48: Trocas entre a dupla Hidrogenio e o Tutor - questão 2 do módulo 5 158

Quadro 49: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 2 do módulo 5 158

Quadro 50: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 3 do módulo 5 159

Quadro 51: Trocas entre a dupla Hidrogenio e o Tutor - questão 3 do módulo 5 **.....159**

Quadro 52: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 3 do módulo 5**.....160**

Quadro 53: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 3 do módulo 6**.....163**

Quadro 54: Trocas entre a dupla Hidrogenio e o Tutor - questão 3 do módulo 6 **.....164**

Quadro 55: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 3 do módulo 6**.....165**

Quadro 56: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 13 do módulo 7**.....166**

Quadro 57: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 13 do módulo 7**.....167**

Quadro 58: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 7 do módulo 8**.....168**

Quadro 59: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 7 do módulo 8**.....168**

Quadro 60: Transcrição n. 1 - Preparação para a 1ª atividade experimental (alunos estão na bancada do laboratório de química) **.....171**

Quadro 61: Transcrição n. 2 – O sal que contaminou a amostra não é solúvel em água**.....174**

Quadro 62: Transcrição n. 3 – Alunos resolvem o problema **.....178**

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Quadros de episódios **155**

ANEXO 2 – Instruções para preparação de roteiros e relatórios experimentais **179**

LISTA DE SIGLAS

AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
FEUSP	Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo
LAPEQ	Laboratório de Pesquisa e Ensino de Química e Tecnologias Educativas
LIEA	Laboratório de Informática da Escola de Aplicação da FEUSP
Pré-IC	Pré-Iniciação Científica
SEE-SP	Secretaria de Educação do Estado de São Paulo

CONVENÇÕES DE TRANSCRIÇÃO

Símbolos	Especificação	Exemplo
P, D, L, M, F	Participantes	P = professora D, L, M, F = alunos
/	Pausa breve, interrupção do pensamento por 1 segundo	*sulfato de bário/ e qual que é o outro*?
//	Pausa breve, hesitação, interrupção do pensamento superior a 1 segundo	*ele solubilizou// então o que que tá faltando*?
:	Alongamento de vogal	*então é: tava pensando assim*
(...)	Corte em um trecho do registro	*tem um outro sal certo?* (...) *existe um outro sal na amostra/ e este sal é que pode ter contaminado os pacientes*
( )	Explicação ou comentário do que está acontecendo durante o diálogo	(inaudível) *de solubilização*
[ ]	Interrupção ou fala intercalada de outro participante	P: *a recristalização* [M: *é um procedimento*] *é um procedimento para testar a hipótese*
ah, eh, ih, ahã, humrum	Pausas preenchidas por interjeições	*ah: que tem bário*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 19

1.1. O percurso que levou ao Mestrado 19

1.2. O projeto de Mestrado 22

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 29

3. REFERENCIAIS SOCIOCULTURAIS 41

3.1. Vigotski, a produção de significados e o desenvolvimento humano 41

3.2. O Círculo de Bakhtin, o enunciado e a significação 48

3.3. A Teoria da Ação Mediada 53

4. METODOLOGIA 55

4.1. Escolha do conceito 55

4.2. Desenvolvimento do AVA 56
4.2.1. O Modelo Topológico e o planejamento da sequência didática 58
4.2.2. O problema 61
4.2.3. Produção das animações 62
4.2.4. O banco de respostas 67

4.3. Os participantes 70
4.3.1. Os alunos 70
4.3.2. A professora 72
4.3.3. Usuários do AVA 74

4.4. Coleta dos dados 74

4.5. Tratamento dos dados 76
4.5.1. Seleção dos dados de análise 76

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS 80

5.1. Módulo 1 e a primeira tentativa de resolver o problema 81

5.2. Módulo 2 86

5.3. Módulo 3 87

5.4. Módulo 4 87

5.5. Módulo 5 e a segunda tentativa de resolver o problema 88

5.6. Módulo 6 e a terceira tentativa de resolver o problema 94

5.7. Módulo 7 e a quarta tentativa de resolver o problema 98

5.8. Módulo 8 101

5.9. Módulo 9 e a resolução do problema 107
5.9.1. O primeiro experimento **107**
5.9.2. Segundo experimento **119**
5.9.3. A resolução do problema **130**

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 143

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 149

ANEXO 1 155

ANEXO 2 179

1. INTRODUÇÃO

1.1. O percurso que levou ao Mestrado

Entre os anos de 2004 e 2007, fui aluna de Iniciação Científica do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Tecnologias Educativas da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (LAPEQ-FEUSP). Neste período, participei do desenvolvimento de diversas atividades que tinham por objetivos produzir e veicular diferentes recursos didáticos computacionais para o ensino de Química/Ciências e para divulgação científica. Entre as atividades desenvolvidas estavam:

- A filmagem, edição e digitalização de clipes de vídeos de experimentos químicos, que foram inseridos em hipertextos;
- A produção de hipertextos;
- A organização de um banco de estruturas moleculares tridimensionais na linguagem *php*;
- A edição, classificação e produção de um DVD de episódios de sala aula para a disciplina de Metodologia do Ensino de Química;
- O auxílio na produção de animações de experimentos, correção dos conceitos e adequação dos propósitos de ensino.

O desenvolvimento destas atividades foi acompanhado de discussões com alunos de Iniciação Científica, estagiários (*web designers*, programadores e ilustradores), alunos da Pós-Graduação e meu orientador. As discussões tinham como base as leituras e reflexões das disciplinas da Licenciatura e as leituras semanais no grupo do laboratório.

As leituras feitas nas reuniões do grupo de LAPEQ tinham os objetivos de nos aproximar das idéias dos principais referenciais teóricos do grupo (Vigotski, Bakhtin e

Wertsch); de discutir questões de pesquisa de cada projeto; de promover a discussão e reflexão sobre o conteúdo dos textos; de buscar contribuições dos autores aos projetos de pesquisa que estavam em andamento. Como eu não desenvolvia nenhum projeto de pesquisa, dava outro destino às minhas leituras e tentava compreender o que os autores propunham nos textos, criando situações de ensino em que seria possível aplicar noções do tipo: o desenvolvimento humano se dá primeiro no plano externo e depois no plano interno; o pensamento e a linguagem relacionam-se dialeticamente; a palavra é um instrumento de mediação entre o plano externo (relações sociais) e o plano interno (processos mentais); a análise das interações discursivas permite identificar o significado atribuído às palavras e é um meio de acessar o plano interno (pensamento); a expressão verbal é contextualizada histórica e socialmente e se organiza em enunciados; os enunciados são uma resposta a enunciados anteriores; a análise das ações humanas pode ser estudada pela tensão entre o agente e a ferramenta que media a execução da ação; a interpretação das ações mediadas pode ser feita considerando o domínio e a apropriação das ferramentas. Não me faltava imaginação e muito menos conceitos para aplicar, o que faltava era a oportunidade. Só no final da Graduação, tive de organizar uma sequência didática utilizando dois aplicativos desenvolvidos no LAPEQ (um experimento animado e um construtor de gráficos) e alguns conceitos que estava estudando nos textos do grupo e nas disciplinas.

A oportunidade surgiu no estágio da disciplina de Metodologia do ensino de Química II, o qual realizei em duas turmas do primeiro ano do Ensino Médio da Escola de Aplicação da FEUSP. Depois de dois meses de observação de aulas sobre propriedades dos materiais, em que os alunos já haviam estudado as propriedades de densidade, temperatura de ebulição e temperatura de fusão, planejei, escrevi, editei um hipertexto e apliquei uma sequência de ensino no laboratório de informática da escola (LIEA-FEUSP).

O objetivo da sequência mediada pelo computador era unir duas das três propriedades dos materiais, que foram estudadas separadamente, em um único experimento animado: mudança de estados físicos da água. O experimento consistia em aquecer a água no estado sólido até o gasoso. Para a nossa surpresa, minha e da professora, os alunos não conseguiram identificar as propriedades dos materiais e não reconheceram o significado do conceito "propriedade dos materiais". O que observamos, nas duas turmas, foi uma profusão de palavras e expressões desconexas, que haviam sido utilizadas em aulas anteriores, mas que não se relacionavam com o contexto daquela atividade.

Independentemente da repercussão que a sequência causou na professora e na condução das aulas seguintes, ficou evidente que a organização da sequência didática permitiu o levantamento dos significados que os alunos vinham construindo nas aulas de propriedades dos materiais.

A professora pretendia que seus alunos aprendessem que as propriedades dos materiais são características que permitem identificar os materiais. No entanto, os alunos construíram significados que estavam relacionados aos fatores que, segundo eles, poderiam alterar as propriedades dos materiais (pressão, volume, intensidade da chama, massa, estado físico do material, temperatura inicial do sistema, etc.). Foi a partir desta constatação, que surgiu a ideia de planejar uma sequência didática que envolvesse conceitos fundamentais para o ensino de Química, que utilizasse recursos didáticos e tecnológicos, e que criasse um contexto, diferente do convencional da sala de aula, com oportunidade de aprendizagem e aplicação dos conceitos. Com esta nova sequência didática, pretendíamos caracterizar e analisar o processo de significação dos conceitos relacionados às propriedades dos materiais. Foi desta proposta de investigação que se construiu o projeto de Mestrado, que será apresentado na sequência.

1.2. O projeto de Mestrado

A Química é uma ciência da natureza que estuda, entre outras coisas, a *constituição*, as *propriedades* e as *transformações químicas* dos materiais. Estes três conceitos deveriam estar na base do conhecimento conceitual da Química do Ensino Médio, como sugerem Eduardo Mortimer e Andréa Machado (1997), porque estão interligados e auxiliam a compreensão sobre a forma de organização e os seus objetos de estudo da Química. Além de criar a oportunidade para o aluno de conhecer e interagir com o tipo de observação e interpretação do mundo que nos cerca pela perspectiva de um químico. Estas noções permitem enveredar por outros tópicos importantes para o estudo da Química na escola, como a relação da Química com a sociedade e sua importância para o desenvolvimento tecnológico, político e cultural ao longo da história.

Nas aulas de Química, apresentamos aos alunos uma dimensão da natureza imperceptível aos sentidos (o nível submicroscópico), mas imprescindível para a investigação, a descrição, a explicação e a previsão dos fenômenos naturais, que são perceptíveis aos sentidos (o nível macroscópico). Neste nível, tratamos de mudanças de estados físicos, desprendimento de gases, mudança de cor, liberação ou absorção de calor, formação de precipitado. No nível submicroscópico, versamos sobre os entes químicos que compõem a matéria (átomos, prótons, elétrons, íons, moléculas etc.), sua composição, suas formas de interação, sua estrutura e organização. Transitar entre estes níveis não é uma prática trivial, pois vivemos e nos relacionamos com o mundo dos objetos e fenômenos na escala do tangível e do perceptível aos nossos sentidos. E mais, realizamos a maioria de nossas atividades diárias sem nos darmos conta da existência de uma teoria de partículas. No entanto, o desenvolvimento e as aplicações dessa teoria interferem em nossas vidas, mas esta interferência não é suficiente para que o nível submicroscópico comece a fazer parte do rol de conhecimentos de uma pessoa. É na escola que os jovens tomam ciência da existência de uma

dimensão que não pode ser tocada ou observada diretamente, mas pode explicar fenômenos corriqueiros como: o "desaparecimento" do açúcar adicionado à água ou da naftalina que ficou guardada em uma gaveta ou armário; saber como e porque a panela de pressão diminui o tempo de cozimento dos alimentos; porque um pedaço de isopor, uma gota de óleo e um tronco de árvore fluam em água. A explicação para fenômenos químicos depende do conhecimento acerca dos fenômenos que ocorrem no nível corpuscular e para explicar este fenômeno é necessário o uso de representações próprias da linguagem química.

O "mergulho" que o químico faz na dimensão imperceptível (nível submicroscópico) para estudar os fenômenos que ocorrem na dimensão das percepções sensoriais (nível macroscópico) e os recursos que ele utiliza para tornar o nível submicroscópico manipulável (elementos químicos, fórmulas químicas, distribuição espacial dos átomos, equações químicas, cálculos estequiométricos, etc.) contribui para a dificuldade de ensinar e aprender. A dificuldade dos alunos se estende ao Ensino Superior, como relatam Karina Souza e Arnaldo Cardoso (2008) que investigaram a importância do raciocínio abstrato na construção e manipulação do conceito de equilíbrio químico[1]. Os autores destacam que o estudo do equilíbrio químico requer o estudo de conceitos prévios como a formação de soluções. O estudo da formação de soluções, por sua vez, requer o estudo do processo de solubilização dos materiais e da solubilidade.

O fenômeno da solubilização começa a ser ensinado no Ensino Fundamental quando os alunos estudam os tipos de misturas e os processos de separação de misturas, e é retomado no Ensino Médio no estudo das propriedades dos materiais, tipos de misturas, separação de misturas, formação de soluções, propriedades coligativas, equilíbrio químico, concentração, etc. Este fenômeno é bastante estudado e por diversas vezes retomado ao longo das séries do Ensino Médio, e ao chegar ao Ensino Superior, os alunos continuam com dificuldade em

[1] Pesquisa realizada com graduandos do curso de Farmácia-Bioquímica da UNESP-Araraquara.

reconhecer, representar e explicar como ocorre a solubilização de materiais de uso cotidiano, como é o caso da solubilização do cloreto de sódio em água (EBENEZER, 2001; GABEL, 1993; GABEL et al., 1987).

A solubilidade é uma propriedade dos materiais e sua compreensão requer o estudo de conceitos fundamentais da Química, como: constituição dos materiais, ligações químicas, polaridade, energia de ligação, dinâmica de partículas, entre outros. Além de ser uma propriedade importante para identificar/caracterizar uma substância ou uma mistura de substâncias, a solubilidade tem grande importância social e econômica[2], já que boa parte dos materiais que consumimos encontra-se na forma de solução.

Sendo a solubilidade um conceito básico da Química que está relacionada ao estudo de outros importantes conceitos e que tem relação com situações cotidianas, desenvolvemos uma sequência didática em que o exame de um fato social gera um problema real que desencadeia o estudo e a compreensão de uma rede de conceitos relacionados à solubilidade.

O problema central da sequência de ensino é a intoxicação e morte de pacientes que utilizaram um contraste radiológico à base de sulfato de bário[3], caso veiculado pela mídia e que ficou conhecido como caso Celobar®, nome comercial do medicamento. Explicar o que aconteceu com as amostras do medicamento é o problema que os alunos terão que resolver e para isto, eles terão que estudar o processo de solubilização de sais em água, porque o medicamento é uma suspensão de sulfato de bário (um sal) e água; e estudar as propriedades dos materiais, porque eles identificarão o contaminante do medicamento.

Muitas investigações a respeito da aprendizagem dos conceitos de solubilidade e o processo de solubilização relatam as dificuldades que os alunos têm em relacionar os modelos

[2] Solubilidade é uma das propriedades dos materiais que utilizamos para saber se um dado material pode ou não ser consumido pelos seres humanos sem causar danos à saúde. A água potável é um exemplo de solução essencial a nossa sobrevivência e que pode ser um meio de contaminação caso não seja feito um constante monitoramento de quais materiais estão solubilizados e em que concentração eles se apresentam na água. Além da água consumimos soluções na forma de medicamentos, alimentos, bebidas, cosméticos, produtos de higiene e limpeza, etc.

[3] Sal insolúvel em água utilizado como contraste radiológico em exames do trato digestório.

submicroscópicos com observações macroscópicas e trabalhar com os dois níveis simultaneamente (OLIVEIRA; GOUVEIA; QUADROS, 2009; ÇALÝK, 2005; EBENEZER, 2001; ECHEVERRÍA, 1996; GABEL, 1993; GABEL, SAMUEL; HUNN, 1987). Jazlin Ebenezer (2001) propõe o uso de animações inseridas em ambiente hipermídia para criar situações que representam e articulam o nível das partículas e o fenômeno químico. Desta forma, o uso da animação do processo de solubilização do cloreto de sódio em água é sugerido como uma estratégia para melhorar o ensino do conceito de solubilização, permitindo que o aluno a construa um significado mais próximo ao conceito químico escolar.

O uso de recursos tecnológicos no ensino de ciências tem gerado muita expectativa entre os pesquisadores e professores, devido à potencialidade de agregar diferentes ferramentas (textos, áudio, vídeo, animação, simulação, imagem, acesso/troca/envio de informações, envio/recebimento de mensagens e etc.) em uma única base, que pode ser acessada pelos estudantes e professores em atividades de ensino presenciais no laboratório de informática da escola ou a distância em uma *lan house*, em casa ou um centro de acesso público a computadores conectados à internet. Algumas destas ferramentas permitem que o professor agregue novos recursos didáticos que não podiam ser utilizados quando se utiliza a lousa ou o livro didático. As imagens estáticas da lousa ou do livro podem ser complementadas com animações que apresentam o movimento de átomos e moléculas ou oferecer um novo direcionamento para as observações experimentais ou ainda, interagir com estruturas moleculares tridimensionalmente projetadas, que são tradicionalmente apresentadas em duas dimensões. Os recursos tecnológicos têm grande potencial no ensino de Química, porque permitem fazer correlação dos fenômenos macroscópicos e submicroscópicos em um único meio – é o caso de animações, simulações e vídeos, que possuem representação e movimento de partículas sobrepostas às imagens.

A tecnologia chegou à sala de aula com a promessa de superar problemas tradicionais, como a dificuldade de criar uma representação tridimensional para molécula ou de compreender a dinâmica de um sistema de partículas. No entanto, a chegada da tecnologia não resolve todos os problemas do ensino e da aprendizagem, pois um novo recurso exige uma nova forma de uso e integrar as novas tecnologias em abordagens tradicionais pode limitar suas potencialidades.

Todas as possibilidades de uso da tecnologia exemplificadas acima, são vistas por nós como ferramentas culturais[4] da aprendizagem que devem ser inseridas em atividades de ensino estruturadas para que os estudantes possam interagir com a ferramenta, com seus colegas e com o professor. Estas interações ocorrem no plano das interações sociais, são mediadas por diferentes ferramentas materiais (texto, imagens, animações, computador) e não materiais (fala, gestos, conceitos), iniciam o processo de internalização dos conceitos e passam a fazer parte dos processos que ocorrem internamente (na mente). Por meio das interações sociais (professor/aluno, aluno/aluno, aluno/atividade), os conceitos são "requeridos" para a execução de ações no plano externo e os significados dos conceitos são externalizados pela mediação das ferramentas culturais.

Podemos ter acesso aos significados produzidos pelos alunos quando eles agem com as ferramentas culturais, ou seja, acessamos os significados atribuídos ao conceito quando os estudantes utilizam o conceito para executar ações planejadas pelo professor ou ações em que o estudante reconhece a validade do conceito e o utiliza por conta própria. Para que possamos ter acesso aos significados produzidos no decorrer do processo de ensino dos conceitos químicos, é preciso desenvolver estratégias que favoreçam a produção de significados e permitam as externalização dos significados, ambos mediados pelo uso das ferramentas culturais. Entendemos a aprendizagem como um processo que ocorre do social para o

[4] Utilizaremos o termo ferramenta cultural (WERTSCH, 1999) para designar os meios e os instrumentos utilizados pelo agente para executar uma determinada ação.

individual (do plano externo/social para o plano interno/mental) e a aprendizagem, que decorre desse processo, é avaliada a partir dos significados construídos para os conceitos. Os significados das palavras (ou conceitos) nos remetem a objetos, sensações, emoções e pessoas com quem interagimos e estes significados emergem nas ações que os indivíduos executam com ferramentas culturais.

A sequência didática, que desenvolvemos para contemplar o estudo da rede de conceitos associados à solubilidade dos materiais, foi planejada para promover a interação entre alunos, alunos com o professor, alunos com os conceitos, alunos com as ferramentas mediadas pelo computador. Desta forma, esperamos proporcionar situações distintas para que os significados atribuídos aos conceitos sejam elaborados e possam emergir no fluxo das interações discursivas (oral, escrita ou imagética) ou, como definiu Bakhtin (2000), em uma cadeia enunciativa em que os alunos negociam significados relativos aos conceitos e constroem novos significados para os conceitos. Nossa atenção à promoção do fluxo enunciativo decorre do papel mediador que a linguagem exerce entre os processos externos e internos e da importância da análise das interações verbais para caracterização dos significados associados às palavras.

A análise das trocas de enunciados nos fornece dados sobre como os alunos organizam ações mediadas por ferramentas culturais. Em outras palavras, a análise das trocas de enunciados nos fornece informações que permitem reconhecer o significado atribuído a um conceito durante a realização de uma atividade. Na análise enunciativa, a palavra é o meio pelo qual o significado do conceito emerge e o significado da palavra assume o status de unidade de análise, quando se pretende investigar o significado atribuído ao conceito (VIGOTSKI, 2001).

O principal objetivo desse estudo é a caracterização do processo de significação como domínio e apropriação de conceitos químicos em um ambiente virtual de aprendizagem. Deste objetivo derivam nossos objetivos específicos:

- Desenvolver um ambiente virtual de aprendizagem que promova a aprendizagem dos conceitos relativos à rede conceitual da solubilidade dos materiais.
- Desenvolver uma metodologia que permita caracterizar a produção de significados ocorrida ao longo da sequência didática;
- Utilizar a teoria da ação mediada como aporte teórico que sustente a investigação do processo de aprendizagem numa perspectiva sociocultural;

Este estudo possibilitará a reflexão sobre a seguinte questão: Compreender o processo de significação como domínio e apropriação de ferramentas culturais, permitirá que caracterizemos a aprendizagem como um processo de produção de significados?

Existe uma necessidade de fortalecer o programa de pesquisa que investiga a aprendizagem como um processo de significação de conceitos científicos e que utiliza a análise de interações discursivas como metodologia de pesquisa. O estudo do processo significação vem sendo discutido no meio acadêmico por aqueles que adotam outras perspectivas teóricas e que se encontram em uma encruzilhada teórico-metodológica, pois os referenciais adotados limitam o avanço das pesquisas e não contemplam a análise dos dados obtidos empiricamente. O processo de significação é um caminho promissor a ser trilhado, mas ainda faltam trabalhos que indiquem uma metodologia de caracterização e análise do processo de produção de significados na aula de Ciências. Ao final do projeto e na provável continuidade dele, esperamos contribuir para as pesquisas nesta área.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Quando elegemos a solubilidade como o conceito chave de nossa investigação, buscávamos um conceito que estivesse localizado na base do conhecimento químico e que possibilitasse o estudo de outros conceitos relacionados.

Dissemos anteriormente que a Química é uma ciência que estuda os materiais, as propriedades destes materiais e as transformações químicas que ocorrem nos e entre os materiais; e que a solubilidade é uma propriedade dos materiais e um fenômeno natural que requer, para sua compreensão, o estudo da relação entre nível macroscópico (ou mundo dos fenômenos) e o nível submicroscópico (mundo das partículas). Relacionar estes níveis e utilizar modelos para explicar o fenômeno não é uma característica particular do estudo da solubilidade, mas uma característica do ensino, da aprendizagem e do pensamento químico.

As pesquisas sobre a aprendizagem do conceito de solubilidade vêm acompanhando a tendência das pesquisas no Ensino de Ciências. Na década de 70 e começo da década de 80, segundo Muammer Çalýk, Alipaşa Ayas e Jazlin Ebenezer (2005), foram divulgadas pesquisa que focavam na identificação e avaliação dos erros conceituais (“misconceptions”), das estruturas alternativas (“alternatives frameworks”), ciência da criança (“children’s science”) ou concepções prévias (“preconceptions”) numa tentativa de buscar os obstáculos na aprendizagem dos alunos. Eduardo Mortimer (1996) diz que estas pesquisas se desenvolveram como um desdobramento crítico às pesquisas realizadas por Piaget e seus colaboradores, e que havia uma preocupação com o conteúdo das idéias dos estudantes em relação aos conceitos científicos. Driver e Easley (1978), como indicou Mortimer (1996), foram um marco na crítica dirigida à falta de importância que Piaget deu à variedade de idéias das crianças, em detrimento da excessiva importância dada ao desenvolvimento de estruturas lógicas subjacentes.

Baseados nos erros conceituais e concepções prévias dos alunos acerca do conceito de solubilidade e outros conceitos relacionados, as pesquisas foram se organizando para transformar um conceito inadequado, do ponto vista teórico, em um conceito compatível ao conceito cientificamente aceito, promovendo assim uma mudança conceitual (EBENEZER, 2001; ÇALÝK; AYAS, 2005a; ÇALÝK; AYAS, 2005b). As pesquisas que propõem adequação dos conceitos dos alunos seguem alguns passos, que podem ser encontrados nos artigos dos autores citados acima. O primeiro passo é avaliar ou elicitar as idéias prévias ou erros conceituais dos alunos com questionários, testes, entrevistas e desenhos. O segundo passo é a aplicação de um material instrucional que traz os conceitos científicos que os alunos têm dificuldade de uso. Este material é proposto para corrigir os erros conceituais dos estudantes. O terceiro e último passo é uma nova avaliação, em que se busca os indícios da mudança conceitual. Variações desta metodologia podem ocorrer quando os pesquisadores avaliam as concepções dos alunos em um curso em andamento como fizeram Doroty Gabel, Samuel e Dianna Humm (1987), que avaliaram as concepções sobre a natureza da matéria e as transformações químicas em grupo de professores de Química em formação inicial. Karina de Souza e Arnaldo Cardoso (2008) investigaram as dificuldades dos estudantes do curso de Farmácia-Bioquímica em descrever o nível submicroscópico ao resolver exercícios de equilíbrio químico.

Uma característica da divulgação de pesquisas que se sustentam na perspectiva da mudança conceitual é que, ao final do processo de ensino, detecta-se que parte dos alunos não mudou de um conceito cientificamente inadequado para um o conceito aceito cientificamente, mesmo com todo o esforço dos professores e dos pesquisadores e com a adesão do alunado às atividades propostas. Esta permanência do conceito falho é muitas vezes descrita como um conceito resistente e que deve ter suas origens em uma falha na instrução de séries anteriores. Para superar os problemas descritos na literatura ou em experiências próprias, os

pesquisadores têm buscado recursos didáticos que podem possibilitar a aprendizagem e superação de “misconceptions” muito comuns em situações em que os alunos devem articular o processo de solubilização com a representação no nível submicroscópico (OLIVEIRA; GOUVEIA; QUADROS, 2009; ÇALÝK, 2005; EBENEZER, 2001; ECHEVERRÍA, 1996; GABEL, 1993; GABEL; SAMUEL; HUNN, 1987).

É fato que nossos alunos têm dificuldade de utilizar os conceitos científicos escolares em atividades que requerem a representação e a explicação de fenômenos naturais. Os trabalhos que apresentam as dificuldades e as concepções mais comuns dos alunos são válidos no momento em que planejamos uma sequência didática. Um exemplo de explicação inusitada foi dado por um dos alunos que compôs nosso grupo investigação, o qual respondeu que durante o processo de solubilização ocorre a fusão do sal e que é possível determinar a temperatura de fusão do sal a partir da temperatura de solubilização. A resposta inusitada na situação de aula foi descrita nos artigos de Abraham, Williamson e Westbrook (1994) e de Ebenezer e Erickson (1996).

Para ajudar o estudante a compreender que a solubilização de um sólido em um líquido é um processo diferente da mudança de estado sólido para o estado líquido é preciso recorrer aos modelos que explicam estes dois fenômenos macroscópicos no nível submicroscópico, ou seja, é preciso analisar os fenômenos via modelos de partículas e conceitos como ligação química, interação química e energia de ligação. Na literatura existe um consenso que os alunos têm muita dificuldade em construir um modelo submicroscópico que explique as observações macroscópicas, e que tenha poder de explicação e de previsão. Na prática o que se espera é que o estudante explique o fenômeno de solubilização do cloreto de sódio em água e que a partir desta explicação ele consiga prever a formação de soluções cotidianas, como: a solubilização do açúcar em água (ECHEVERRÍA, 1996), a miscibilidade entre água e gasolina (OLIVEIRA; GOUVEIA; QUADROS, 2009) e a condutividade elétrica

em uma solução aquosa de cloreto de sódio (VERMAAT; KRAMERS-PALS; SCHANK, 2003).

O nível macroscópico é sensível, tangível e concreto, enquanto o nível submicroscópico é exatamente o contrário: imperceptível, intangível e abstrato. Embora imperceptível, é por meio do submicroscópico que o químico interpreta, investiga e explica o mundo que nos cerca. Não basta considerar que a matéria é formada por átomos; é preciso considerar as interações que ocorrem entre os átomos, as propriedades dos átomos e de seus agregados (compostos iônicos, moleculares e metálicos), os movimentos dos átomos, as ligações químicas entre os átomos, as energias envolvidas, a distribuição espacial dos agregados de átomos e outros conceitos que fazem parte do conhecimento dos químicos e do conjunto de conhecimento dos aprendizes químicos. Além dos níveis macroscópico e submicroscópico, fazem parte do conhecimento as formas de representação[5] química (equações químicas, símbolos que representam os elementos químicos, fórmulas químicas, estruturas das moléculas). A aprendizagem de alguns destes conceitos requerem outros recursos didáticos que vão além da bidimensionalidade do papel e quadro de giz. Os modelos de bola e vareta conseguem resolver os problemas da representação das ligações químicas, da distribuição espacial de agregados atômicos com poucos átomos, mas não dão conta de descrever o movimento das partículas e dinâmica das interações químicas. David Jonassen (1998, p. 28) indica que "as ferramentas de visualização em computador ajudam os humanos a representar e transferir imagens mentais" [minha tradução]. William Robison (2003) acrescenta que é necessária uma análise da transformação química nos níveis macroscópico e submicroscópico e dos conceitos químicos envolvidos na transformação para que os alunos consigam resolver problemas estequiométricos, pois a resolução de um problema requer mais

[5] A Química possui diferentes formas de representar a matéria seja no nível fenomenológico, representação das equações químicas, ou no nível das partículas, representação de átomos, moléculas e estruturas atômicas bidimensionais ou tridimensionais. Estas formas de representação são próprias do conhecimento químico e essenciais para a inserção dos estudantes nesta esfera de conhecimento.

do que a aplicação correta de fórmulas algorítmicas, requer a compreensão do processo químico.

As ferramentas de visualização em computador como estruturas moleculares tridimensionais, animações e simulações de transformações químicas podem ajudar os alunos a compreender a complexidade do não visível e a complementar o ensino tradicional (SANDER; BADGE, 2001).

Ebenezer (2002) fez uso de animações inseridas em um ambiente hipermídia para explorar as concepções dos estudantes sobre dissolução de sal de cozinha em água. Um fato estranho neste estudo é que o hipermídia "foi usado pelos estudantes para negociar os significados de suas concepções" [minha tradução] (Ibidem, p. 73). O estranhamento está na incoerência de referenciais teóricos, pois o artigo é a divulgação do projeto de pesquisa que se encaminha na perspectiva da mudança conceitual que tem bases na teoria do desenvolvimento humano de Piaget. No entanto, a autora busca em Derek Edwards e Neil Mercer[6] (1987) a referência para propor um ambiente hipermídia que fomente o desenvolvimento do "common knowledge" sobre do processo de solubilização do sal de cozinha (Ibidem, p. 76). Ao final do artigo, a autora conclui que o hipermídia alcançou um de seus objetivos quando os alunos conseguiram expressar e representar o que eles pensam sobre o processo de solubilização. Os alunos foram bem sucedidos ao representar que entenderam sobre a dissolução do sal em água e dissolução de outros sólidos iônicos em água (Ibidem, p. 87).

No entanto, os professores dos alunos investigados indicaram alguns problemas no hipermídia, como: possíveis erros conceituais ou confusões produzidas pelas animações, dificuldade de participação dos alunos no hipermídia causada pela falta de informações textuais no hipermídia. A limitação textual foi intencional, afirmou a autora, pois a falta de informação exigiria uma pausa nas atividades para que houvesse maior interação entre os

[6] No livro "Common Knowledge - The development of understanding in the classroom", Edwards e Mercer criticam a teoria piagetiana adotada nas escolas britânicas e compara a teoria de Vigotski e Piaget.

alunos. Ela também enfatiza a importância destas pausas para a promoção das "discussões interativas" entre alunos e professores. Nos momentos de discussão e escrita, é possível reconhecer as conexões que os alunos fazem acerca dos tipos de conhecimentos e como eles representam o processo de dissolução. Estas discussões são importantes inclusive para que alunos e professor aprendam a utilizar o ambiente hipermídia (Ibidem, p. 90).

Han Vermaat, Henny Kramers-Pals e Patrícia Schank (2003) também divulgam sua proposta de uso de animações para melhorar os processos moleculares e facilitar as relações entre o mundo macroscópico (ou real) e mundo molecular (nanoscópico[7]). Neste trabalho é proposta uma comparação entre os modelos mentais dos alunos, quatro grupos de pré-universitários (10^{th} grade) de escolas distintas, e os modelos científicos que explicam os processos de fusão do gelo (mais o conceito de densidade) e o processo de condutividade na solução de cloreto de sódio. A hipótese de trabalho é que atividades com uso e produção de animações favoreceriam e transformariam o modelo mental dos alunos em modelos mais próximos do modelo científico. No entanto, a comparação entre os dados dos grupos de alunos indicou que o grupo que fez uso de animações e produziu uma animação não obteve resultados melhores que os demais grupos, inclusive o grupo que utilizou apenas figuras que ilustravam os processos químicos. Os autores avaliaram que a condução das atividades de investigação, as dificuldades dos alunos em contextos escolares diferentes e professores diferentes podem ter sido os fatores que influenciaram no desempenho dos alunos (VERMAAT; KRAMERS-PALS; SCHANK., 2003, p. 439).

Allan Harrison e David Treagust (2000) discutem a importância da modelagem no ensino de Ciências, apresentam uma tipologia conceitual dos modelos em níveis que vão do concreto ao abstrato e discutem a importância do uso de múltiplos modelos para ensinar um único conceito. Os professores devem encorajar os alunos a utilizar múltiplos modelos e

[7] Termo empregado pelos autores. Preferimos empregar o termo submicroscópico quando nos ferimos ao nível das partículas.

propor desafios aos alunos. A superação dos desafios dependerá de uma negociação social de uso e da significação dos modelos e com esta negociação os professores auxiliarão os estudantes a ascenderem para um estágio além do desenvolvimento corrente, ou seja, citando Vigotski, os desafios colocariam os estudantes dentro de uma zona de desenvolvimento proximal (ZPD) (Ibidem, p. 1021). As animações, como exemplos de simulações, fazem parte de uma categoria de modelos dinâmicos múltiplos que descrevem modelos complexos e processos sofisticados que estimulam os estudantes a visualizar a simulação como realidade (Ibidem, p. 1017).

Uma experiência de pesquisa realizada no Brasil com viés sociocultural foi relatada por Augustina Echeverría (1996). No artigo, a autora relata uma parte da pesquisa que foi movida pela problemática e contradição existente no ensino de Química: "esta (a Química) é uma ciência presente no cotidiano – ao mesmo tempo, é bem sabido que os estudantes enfrentam sérias dificuldades na aprendizagem dos conteúdos químicos, o que parece ser uma contradição, dado o caráter 'cotidiano' da matéria" (Ibidem, p. 15). Para entender em que momento a contradição acontece e o que torna a aprendizagem da Química "tão difícil", a autora investigou a aprendizagem do conceito de soluções, tema muito ligado ao cotidiano e que necessita do estudo de aspectos qualitativos e submicroscópicos para uma compreensão adequada. Depois da observação de uma sequência de sete aulas do segundo ano do Ensino Médio, a investigação seguiu com a aplicação de um teste – com questões sobre o entendimento de solução, diferenciação entre a dissolução do sal e do açúcar em água e variação no volume final da solução (volume não-aditivo) – e entrevistas. A partir da análise do conteúdo de uma entrevista, a autora argumenta que

> [...] os estudantes têm certa facilidade na utilização de termos químicos, o que conduz a um discurso de certa forma sofisticado, mas isso não significa necessariamente que tenham uma real compreensão dos fatos. Segundo uma perspectiva sócio-histórica da formação de conceitos, pode-se dizer que, quando os

> alunos se envolvem na aprendizagem inicial dos conceitos – neste caso, dissolução, interação soluto-solvente e outros –, a história desses conceitos para eles está só começando. Nesse processo, as diferenciações e generalizações irão se estabelecendo, permitindo ao sujeito ir recompondo as relações entre conceitos dentro de um sistema. A recomposição dessas relações conceituais dependerá da qualidade das experiências que o ensino oferecer. (Ibidem, p. 16).

Avaliar a aprendizagem dos conceitos químicos em termos de certo ou errado, adequado ou inadequado, fornece uma configuração momentânea de um processo longo, dinâmico e mediado socialmente. O estudo que considera a aprendizagem como um processo precisa caracterizar as etapas de formação dos conceitos que ocorrem ao longo do desenvolvimento de uma sequência de ensino. Um estudo deste tipo foi relatado por do Carmo, Marcondes e Martorano (2010).

As autoras investigaram a evolução dos modelos explicativos para os conceitos de solução e de processo de dissolução e apresentam um instrumento analítico utilizado para identificar a evolução conceitual. O estudo é desenvolvido em três etapas: levantamento de idéias prévias; intervenção pedagógica (planejada a partir dos dados das concepções prévias) com atividades problematizadoras que tinham o objetivo de promover a reelaboração conceitual; e diagnóstico das concepções dos estudantes. O que diferencia este estudo daqueles exemplos de pesquisas de mudança conceitual que analisamos nesta sessão é o fato de haver a construção de instrumento que identifique e interprete a evolução dos conceitos. A necessidade de construir este instrumento é relatada no início do artigo:

> Muito se discute sobre a importância das idéias prévias que os alunos apresentam e a ligação destas com o que se pretende ensinar. [...] No entanto, são representações que cada indivíduo faz do mundo que o cerca, da forma que o observa, e devem, portanto, ser consideradas, pois são conhecimentos. Muitos trabalhos já foram realizados com finalidade de detectar as idéias prévias dos alunos, mas poucos são os estudos que propõem estratégias para sua reestruturação, e mais difícil ainda é encontrar propostas que permitam interpretar o caminho percorrido pelos alunos

> para esta reestruturação, na superação do conhecimento de senso comum. (Ibidem, p. 35-36)

A análise da evolução conceitual tem base em uma teoria de evolução conceitual que interpreta as respostas dos alunos em dois planos: plano observável e não observável da cognição. Daí decorre a capacidade de abstração manifestada nas respostas dos alunos (Ibidem, p. 36). Como conclusões do estudo, temos: os alunos enfrentam, inicialmente, uma grande dificuldade de ultrapassar a barreira do observável e que depois da intervenção, os alunos evoluem das explicações no nível concreto (macroscópico) para um nível mais abstrato (microscópico); os alunos têm dificuldade de se apropriar das palavras que expressam corretamente os conceitos e de estabelecer as relações conceituais no nível microscópico (íons, moléculas, ligações químicas, etc.); o tempo; o comprometimento e a participação dos alunos interferem no processo de reestruturação cognitiva (Ibidem, p. 43-44). Dos relatos deste estudo podemos inferir que o processo de elaboração dos conceitos e das relações entre conceitos exigem a intervenção do professor, a participação dos alunos e tempo (para a reestruturação cognitiva aconteça), porque a aprendizagem é um processo mediado, que necessita da interação entre os agentes e que acontece ao longo do tempo. Disto decorre uma necessidade de superação da concepção de que a aprendizagem decorre da mudança de conceitos não-científicos em conceitos científicos e que se avalia a ocorrência da mudança como um produto de uma intervenção, sem caracterizar o processo que levou os alunos a modificarem, ou não, a forma de conceber os conceitos.

Nesta seção, trouxemos algumas referências que tratam do ensino do conceito de solubilidade com intuito de elencar e superar os problemas de aprendizagem. Todos estes trabalhos apresentam análises do antes e/ou depois da instrução e não avaliam o processo desenvolvido pelos alunos durante a instrução. Percebe-se também que os autores buscam referenciais teóricos que “justificam” a metodologia de pesquisa, mas que são incompatíveis

com os referenciais teóricos que sustentam a pesquisa. Demos dois exemplos de incompatibilidade teórica nos trabalhos de Jazlin Ebenezer (2002) e Allan Harrison e David Treagust (2000). A primeira utiliza o "common knowleged" como abordagem para promover a discussão entre os alunos, mas não considera as discussões na análise das representações que os alunos fizeram para descrever o processo de dissolução do sal de cozinha.

Harrison e Treagust apóiam-se no conceito da ZPD (zona de desenvolvimento proximal) de Vigotski para sustentar que os estudantes necessitam de um "guia epistemológico" para construir e interpretar modelos mais complexos a partir de modelos simples. Por meio da negociação de significados e de novas experiências, os estudantes podem ser conduzidos à construção de modelos mais complexos. Novos desafios, a negociação de significados, novas experiências e a ajuda do professor (ou de um colega) podem criar as condições para que o estudante construa modelos mais complexos e abstratos. Mais uma vez, o referencial é utilizado de acordo com a conveniência dos autores, pois o conceito da ZPD foi desenvolvido dentro de teoria do desenvolvimento humano, proposta por Vigotski, que parte do princípio que o desenvolvimento das funções psicológicas humanas se dá primeiro na interação com o outro, depois internamente e que as interações com o outro e com o mundo são mediadas por instrumentos produzidos e negociados culturalmente. Segundo Lana Cavalcanti (2005, p. 194), "o trabalho escolar com a ZPD tem relação direta com o entendimento do caráter social do desenvolvimento humano e das situações de ensino escolar, levando-se em conta as mediações histórico-culturais possíveis nesse contexto". Como Ebenezer (2002), os autores Harrison e Treagust (2000) não apontam para a necessidade de entender como os alunos constroem modelos mais complexos a partir da mediação de modelos mais simples e como a negociação dos significados feita pelo professor contribui para esta construção.

Nossa proposta de pesquisa se enquadra num contexto de compreensão do processo de formação dos conceitos científicos que acontece nas aulas de Química e tenta superar as propostas de estudos que avaliam se o conceito está sendo empregado de forma correta ou o quanto ele se do aproxima conceito cientificamente correto. Sendo assim, nos aproximamos da proposta de investigação sociocultural de Echeverría (1996) e nos afastamos das demais propostas de investigação apresentadas acima. Nossas intenções de pesquisa vão em direção à caracterização da produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem, que subsidie e crie contextos favoráveis à produção de significados. Este contexto favorável diz respeito à promoção de interação – entre os alunos; entre os alunos e os recursos didáticos; e entre os alunos e o professor – e de externalização dos significados atribuídos aos conceitos. Dentro de nossa intenção de caracterizar a produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem, consideramos relevantes as experiências descritas nos trabalhos que utilizaram aplicativos computacionais em suas pesquisas.

O uso de recursos computacionais tem sido usado como meio para organizar o ensino (ambientes hipermídias) e para tornar possível a visualização de processos químicos no nível submicroscópico (animações) e assim relacionar o mundo das partículas e dos fenômenos. Concordamos que o computador tem grande potencial na organização do ensino e que os ambientes hipermídia permitem o acesso a diferentes aplicativos – textos, sons, imagens, vídeos, jogos, animações, simulações, estruturas moleculares tridimensionais – que podem ser utilizados com diferentes propósitos didáticos. No entanto, o uso de animações como recurso facilitador de visualização de processos químicos tem uso bastante limitado, dado que as animações permitem a realização de outras atividades didaticamente ricas, como: a descrição, a interpretação, a explicação e a previsão de fenômenos naturais. As animações, bem como as simulações e representações estruturais moleculares, são ferramentas construídas com base em conceitos científicos e devem ser utilizadas como mediadores do processo de

aprendizagem de conceitos científicos. Como argumentam César Coll, Teresa Majós e Javier Goñi (2008), na perspectiva sociocultural, as TICs (tecnologias da comunicação e da informação) são um meio de representação e comunicação, cuja utilização pode introduzir mudanças significativas em certos aspectos do funcionamento psicológico dos indivíduos. Os autores propõem que as TICs sejam consideradas como "ferramentas cognitivas" ou "mindtools" (JONASSEN; CARR; YUEH, 1998), ou seja, "como instrumentos que permitem que as pessoas em geral e alunos, em especial, representem de diversas maneiras seu conhecimento e possam refletir sobre ele, apropriando-se de forma mais significativa" [minha tradução]. (COLL; MAJÓS; GOÑI, 2008, p. 3).

O conceito científico é uma ferramenta construída e negociada dentro de um grupo socialmente organizado e historicamente instituído, que permite compreender, explicar, prever, criar novas ferramentas e transformar o mundo e o homem. Na escola, a construção do conceito científico acontece em um processo de elaboração de significados, que decorre das interações sociais que se desenvolvem em um contexto instrucional mediado por diferentes ferramentas culturais (discurso oral, textos, conceitos, diagramas, experimentos, softwares, etc.). Portanto, o conceito científico é uma ferramenta cultural socialmente construída e mediada por outras ferramentas culturais.

Quando concebemos que os conceitos científicos são ferramentas culturalmente construídas, o fazemos com base na teoria da ação mediada (WERTSCH, 1999), que é um desdobramento da teoria sociocultural do desenvolvimento humano de Lev Vigotski.

Na próxima seção apresentaremos os referenciais que dão suporte teórico a nossa concepção sobre o processo de ensino e aprendizagem, e ao estudo que desenvolvemos para caracterizar o processo de significação dos conceitos científicos.

3. REFERENCIAIS SOCIOCULTURAIS

3.1. Vigotski, a produção de significados e o desenvolvimento humano

A nossa compreensão do processo de ensino-aprendizagem tem origem nos estudos que Lev Vigotski (1896 – 1934) desenvolveu na Rússia nas décadas de 20 e 30 do século passado. Apesar de sua morte prematura, morto aos 38 anos por complicações causadas pela tuberculose, Vigotski iniciou uma linha de pesquisa na psicologia do desenvolvimento que repercute com muita intensidade nos dias atuais, especialmente em nossa área de interesse, a educação.

Para começar o estudo sobre a teoria que Vigotski é preciso saber como ele definiu a origem do desenvolvimento humano, intitulada como "lei genética geral do desenvolvimento cultural":

> Qualquer função, presente no desenvolvimento da criança, aparece duas vezes ou em dois planos distintos. Em primeiro lugar aparece no plano social, para depois fazê-lo no plano psicológico. A princípio, aparece entre as pessoas e como uma categoria interpsicológica, para depois aparecer na criança como uma categoria intrapsicológica. Isto é igualmente certo com respeito à atenção voluntária, a memória lógica, a formação de conceitos e o desenvolvimento da volição. Podemos considerar esta argumentação como uma lei no sentido restrito do termo, embora se deva dizer que a internalização transforma o processo em si mesmo, mudando sua estrutura e funções. As relações sociais ou relações entre as pessoas subjazem geneticamente a todas as funções superiores e a suas relações. (VIGOTSKI, 1981, p. 163)

Este pequeno trecho da extensa obra de Vigotski é de extrema importância para compreender como ele entendia o processo de desenvolvimento da criança, ou de qualquer ser humano em formação. Primeiro, existe uma forte relação entre o desenvolvimento cultural e as relações sociais. Segundo, qualquer função mental superior (atenção voluntária, memória lógica, formação de conceitos, desenvolvimento da volição) aparece primeiro no plano das

relações sociais e depois no plano psicológico, ou seja, as funções mentais superiores são primeiramente externas a criança e depois são internalizadas. Terceiro, a criança não internaliza uma cópia exata do processo externo, ao contrário, “internalização transforma o processo em si mesmo, mudando sua estrutura e funções”. Quarto, as relações sociais estão na base da origem de todas as funções e suas relações.

As quatro decorrências descritas acima nos dão uma noção da importância das interações sociais para a teoria que Vigotski propôs. Outro aspecto importante é que as funções mentais apreendidas nas relações sociais são modificadas quando passam ao plano psicológico. Quando transferimos estas observações para o ensino nos damos conta da importância da interação social durante o processo de aprendizagem e que o aluno não apreende os conceitos da mesma forma como ensinamos, pois a formação dos conceitos ocorre internamente a partir da transformação dos processos externos.

A internalização para Vigotski e Piaget é um processo em que certos aspectos da estrutura da atividade realizada no plano externo passam a ser executados no plano interno. Apesar da semelhança entre os autores, Wertsch indica que Vigotski definia a atividade externa como processos mediados semioticamente e que a chave para entender o aparecimento do funcionamento interno está nas propriedades dos processos semióticos (WERTSCH, 1995, p. 78). Wertsch prossegue dizendo que o interesse nos processos sociais levou Vigotski a investigar os sistemas de representação que participam dos processos sociais com ênfase na internalização do discurso. Por outro lado, a ênfase de Piaget se deu na interação da criança com o objeto, e isto o levou a investigar as regularidades das ações dos indivíduos (Ibidem, p. 79).

Antes de nos aprofundarmos a respeito da importância do significado da palavra para Vigotski, faremos uma breve explicação sobre como ele chegou a um esquema que permite explicar função dos instrumentos semióticos na mediação dos processos internos.

Para compreender como ocorrem os processos internos, Vigotski buscou o modelo de reflexo condicionado (conexão associativa direta) para explicar a relação entre os atos naturais e os artificiais[8] (ou instrumentais). O modelo proposto prevê que os processos naturais são mediados pelos processos artificiais, como: "as diferentes formas de numeração e cálculos, os dispositivos mnemônicos, os símbolos algébricos, as obras de arte, a escrita, os diagramas, os mapas, os desenhos, todo tipo de signos convencionais etc". (VIGOTSKI, 2004, p. 93-94). Um exemplo de mediação é descrito no esquema a seguir:

O ato de lembrar é representado pela conexão direta A-B e se refere ao processo natural (A lembra B). O instrumento artificial X, método mnemônico (um nó em um lenço, por exemplo) caracteriza uma lembrança artificial. O instrumento artificial ou psicológico tem a propriedade de substituir a conexão A-B pelas novas conexões A-X e X-B, criando caminhos diferentes que conduzem ao mesmo resultado. (Ibidem, p. 94-95). Como mostra a figura 1.

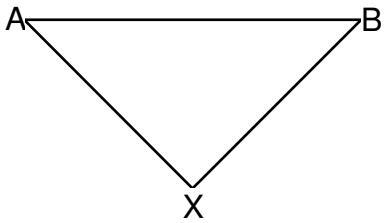

Figura 1: Esquema do mecanismo natural de reflexo condicionado mediado

Portanto, os instrumentos psicológicos promovem a mediação do mecanismo natural de reflexo condicionado. Ao propor o esquema da figura 1, Vigotski exemplifica uma propriedade da ferramenta psicológica "X": mediar as ações internas (mentais) e externas (sociais), promovendo a função de significação que se desenvolve entre o homem e o mundo. A palavra é considerada, por Vigotski, como um tipo especial de ferramenta psicológica e seu

[8] Vigotski diferenciou os atos e processos de comportamento naturais dos atos e processos de comportamento artificiais, afirmando que os primeiros "surgiram e se desenvolveram como mecanismos especiais ao longo do processo da evolução e são comuns ao homem e aos animais superiores". Enquanto os segundos "constituem uma realização posterior da humanidade, um produto da evolução histórica e são a forma específica de comportamento humano" (VIGOTSKI, 2004, p. 94).

significado promove a mediação entre o pensamento e a linguagem. Esta característica mediadora faz com que a palavra seja reconhecida como a unidade de análise que permite compreender a relação dialética entre pensamento e linguagem.

O pensamento e a linguagem se desenvolvem independentemente nos estágios iniciais do desenvolvimento da criança e num dado momento se cruzam e passam a se desenvolver em uma relação de dependência em que "o pensamento *se torna* verbal e a fala *se torna* intelectual" (VIGOTSKI, 2001, p. 133). Esta relação é noção importante para compreender como Vigotski concebeu o processo de desenvolvimento humano.

Vigotski caracterizou os estágios do desenvolvimento como um processo de formação de conceitos (ou processo de significação ou de internalização) em que cada estágio do desenvolvimento humano poderia ser explicado a partir dos meios empregados para realizar uma tarefa. As formas superiores de comportamento humano foram caracterizadas de forma semelhante: a partir dos "meios através dos quais o homem domina o processo do próprio comportamento" (Ibidem, p. 161). Para Vigotski, os objetivos e os fins não explicam uma atividade, pois o fim, o objetivo e o problema direcionam e orientam uma ação, enquanto a estrutura do processo e as ferramentas empregadas ao longo do processo explicam a atividade (Ibidem, p. 160-161).

As funções psíquicas superiores, como já dissemos, são processos mediados e a palavra é uma ferramenta mediadora do processo de formação dos conceitos. Nas palavras de Vigotski, "o estudo do emprego da palavra e do seu desenvolvimento, das suas múltiplas formas de aplicação qualitativamente diversas em cada fase etária (...), pode ser a chave para o estudo da formação de conceitos". (Ibidem, p. 162)

Estudar o emprego e o uso da palavra tem uma importância crucial para os estudos desenvolvidos por Vigotski, porque a palavra é o meio utilizado para interagirmos com o outro e nessa interação somos apresentados aos significados social e historicamente

construídos para representar objetos, sentimentos, valores, e mais, as palavras passam a fazer parte da organização de nossas ações e pensamentos. A palavra participa, no plano interno, da reconstrução dos significados compartilhados no plano das interações sociais e retorna ao plano externo materializando o pensamento. Um estudo sobre o emprego da palavra necessita da análise da interação verbal, porque é na troca verbal entre os sujeitos que os significados das palavras se manifestam e são compartilhados. Esta análise permite investigar a palavra sob duas formas: como fenômeno do discurso (linguagem) e o como fenômeno intelectual (pensamento).

As palavras e seus significados evoluem ao longo do processo de desenvolvimento do pensamento. Acreditando nesta afirmação, Vigotski investigou a evolução do significado dos conceitos científicos em crianças em idade de pré-escolar à adolescência, caracterizando as diferentes fases de desenvolvimento dos conceitos. A criança que ingressa na escola traz consigo conceitos espontâneos, que permitem a descrição empírica de fenômenos. Ao longo do processo de escolarização, os conceitos evoluem para estágios mais desenvolvidos que permitem explicar e abstrair o conceito, em um processo de generalização e descontextualização que leva à formação dos conceitos científicos. No processo de formação dos conceitos a palavra assume a função de signo “que em princípio tem um papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se o seu símbolo” (VYGOTSKY, 2005, p.70 apud GEHLEN, 2009, p. 42).

Ao analisar a formação de conceitos nos adolescente, Vigotski conclui que o processo de formação de conceitos não pode ser reduzido em funções psicológicas, tais como, associações, pensamento, representação, juízo; embora essas funções participem obrigatoriamente do processo de formação dos conceitos. A questão principal desse processo está no

> [...] emprego funcional do signo ou da palavra como meio através do qual o adolescente subordina ao seu poder as suas próprias operações psicológicas, através do qual ele domina o fluxo dos próprios processos psicológicos e lhes orienta a atividade no sentido de resolver os problemas que tem pela frente. (VYGOTSKY, 2005, p.169)

Se a principal questão do processo de formação dos conceitos está no emprego do significado da palavra, porque este é o meio utilizado pelo adolescente para subordinar e dominar suas operações psicológicas e para orientar essas ações no sentido da resolução problemas. Temos que a resolução de problemas passa a ser uma atividade importante para o estudo da significação dos conceitos, pois "a formação dos conceitos surge sempre no processo de solução de algum problema que se coloca para o pensamento do adolescente. Só como resultado da solução desse problema surge o conceito (Ibidem, p.237).

O problema caracteriza-se como um recurso de grande potencial para promover a produção de significados na sala de aula. No entanto, o estudo e a caracterização do processo de significação requerem uma metodologia afinada com o nosso referencial teórico e que seja factível, dadas as nossas condições de investigação.

Vigotski foi um teórico preocupado com o método e sua preocupação foi manifestada em artigos e livros, como em Teoria e Método em Psicologia (2001). O método marxista foi utilizado por Vigotski como referência para propor uma metodologia de investigação para a Psicologia que ele pensava em inaugurar na Rússia pós-Revolução de 1917.

Partindo de uma metáfora de Marx, a qual expressa que "*a anatomia do homem é a chave da anatomia do macaco*", Vigotski propôs o *método inverso* para estudar a gênese do desenvolvimento humano. Newton Duarte (2000) interpretou a frase de Marx pela perspectiva de Vigotski da seguinte maneira:

> Em termos metodológicos, a afirmação de que 'a anatomia do homem é a chave da anatomia do macaco' significa que a pesquisa deve partir da fase mais desenvolvida do objeto investigado para então analisar sua gênese e, depois da análise dessa

> gênese, retornar ao ponto de partida, isto é, à fase mais evoluída [...] (Ibidem, p. 102)

No contexto de nosso estudo, podemos "parafrasear" Marx: a resposta elaborada para o problema do caso Celobar® é chave para caracterizar o processo de significação do problema. Para aplicar este método é preciso eleger a unidade analítica que conserva a essência do fenômeno investigado. Esta unidade deve conservar "as características essenciais da totalidade (...), ela é objetivamente parte de um todo e o processo de conhecimento deve caminhar da análise abstrata dessa unidade para a síntese concreta do todo no pensamento" (Ibidem, 2000, p. 89). A unidade de análise eleita por nós é o significado do conceito, pois os significados produzidos para resolver o problema do caso Celobar® conservam a essência do processo de significação e permitem que seja feita uma análise da gênese dos conceitos utilizados para resolver o problema.

O significado de conceito químico leva consigo todas as possibilidades de significados próprios de um grupo social, que tem seu modo de ver e interpretar o mundo, e que estes significados são construídos e se desenvolvem nas interações sociais que ocorrem na sala de aula[9]. Nas aulas de Química, introduzimos e validamos o conhecimento químico a partir de situações de ensino em que os alunos solucionam problemas utilizando os conceitos estudados nas aulas. A descrição do fenômeno, o levantamento de hipóteses, as discussões, a construção de modelos, as explicações e a resolução de problemas são ações planejadas e mediadas pelo professor e desenvolvidas pelos alunos com o objetivo de promover a significação dos conceitos químicos.

A teoria de Vigotski propõe uma interpretação para o desenvolvimento humano e um método de investigação que permite estudar o processo significação de conceitos. O desenvolvimento humano tem sua gênese na interação social, ocorre ao longo da história do

[9] Não desconsideramos a produção de significados que ocorre na fora da sala de aula, mas as limitações técnicas e metodológicas não permitem acompanhar e estudar as interações sociais que ocorrem nesse ambiente.

indivíduo e é mediado semioticamente. A caracterização do processo de significação dos conceitos científicos deve ser estudada como a caracterização do processo de gênese dos conceitos. Na próxima sessão, apresentaremos as noções desenvolvidas pelo Círculo de Bakhtin (Mikhail Bakhtin, Valentin Voloshinov e Pavel Medvedev) para o estudo da linguagem, que serão utilizadas para desenvolver uma metodologia de caracterização e análise da produção de significados dos conceitos científicos.

3.2. O Círculo de Bakhtin, o enunciado e a significação

A metodologia proposta pelo Círculo de Bakhtin para o estudo da língua assume o fenômeno da interação verbal, realizada através do enunciado, como a unidade da língua (BAKHTIN/VOLOSHINOV, 1997, p. 123). Esta metodologia se contrapunha às concepções da Lingüística, que concebia a frase como unidade de estudo da língua. A diferença de princípios e métodos de estudo da língua foram decisivos para o Círculo desenvolver um conjunto de noções que colocavam o homem e a língua em um processo evolutivo contínuo de transformação mútua: o homem transforma a língua e a língua transforma o homem.

A análise do discurso enquanto expressão verbal contextualizada histórica e socialmente é proposta na teoria que trata dos conceitos do dialogismo e do enunciado. O dialogismo é considerado o princípio constitutivo da linguagem e a condição de sentido do discurso (MARQUES, 2002) e pressupõe que "todo discurso dialoga com outro discurso, manifestando-se em enunciados" (BROCADO; PINTO, 2007, p. 4). Sendo assim, Bakhtin sugere uma análise do discurso contextualizada que leve em consideração mais do que a análise gramatical e fonética da língua, porque "as palavras e as orações são as unidades da língua, enquanto os enunciados são as unidades reais de comunicação" (FIORIN, 2006, p. 168 apud BROCADO; PINTO, 2007, p. 4). O discurso deve ser analisado como um processo

ininterrupto formado por enunciados que se alternam. Um enunciado surge em resposta a um enunciado anterior e incita a resposta que inicia um novo enunciado. O enunciado é considerado a unidade de análise e o elo da cadeia de comunicação verbal e marca a alternância de falantes (BAKHTIN, 2000, p. 298-299).

A análise do enunciado pressupõe que esse faça parte de um fluxo enunciativo que foi desenvolvido em um tempo e em uma situação bem definidas (GIORDAN, 2008, p. 64). A cadeia enunciativa que se observa na interação entre os sujeitos não é considerada apenas no plano externo, mas deve ser tratada como uma fronteira entre os planos interno-externo, ou seja, organismo-mundo exterior.

É na interação contínua e permanente com os enunciados individuais dos outros que a experiência individual do homem se forma e evolui (BAKHTIN, 2000, p. 313-314). Nesta experiência entramos em contato com a fala do outro, assimilamos suas palavras e estas palavras passam a fazer parte de nossos futuros enunciados. É desta forma que nos apropriamos dos enunciados alheios.

Os gêneros do discurso são formas de enunciados relativamente estáveis que compõem a interação verbal. Os gêneros do discurso primário e secundário são formas típicas do enunciado e sugerem diferentes graus de complexidade e evolução das formas de comunicação do grupo social. Os gêneros do discurso primários são empregados nas trocas de enunciados da vida cotidiana, enquanto os gêneros secundários (complexos) absorvem e modificam os gêneros primários, que perdem sua relação imediata com a realidade e passam a fazer parte de novos contextos e esferas da atividade humana (ciências, religião, política, etc.).

O contexto determina o significado da palavra, no entanto, o significado de única palavra pode variar de acordo com os diferentes contextos em que a palavra se apresenta. Esta característica da palavra é discutida em termos da dialética da unicidade e pluralidade da palavra (BAKHTIN/VOLOSHINOV, 1997, p. 106). A polissemia não torna a palavra instável

e efêmera, mas a caracteriza como signo vivo, que se forma e se transforma histórico e socialmente movido pelas condições e pelo grupo social em interação.

O contexto histórico define o tema do enunciado e a significação da palavra naquele enunciado. A significação pode ser retomada em outro enunciado, mas o tema não. Não é possível demarcar uma fronteira entre tema e significação, porque não há tema sem significação, e vice-versa (Ibidem, p. 129). No entanto, é possível distingui-los por meio da interrelação entre tema e significação, isto nos parece bastante útil para os propósitos da investigação da produção de significados na sala de aula. A interrelação ocorre da seguinte forma: o tema constitui o estágio superior real da capacidade linguística de significar e a significação é o estágio inferior da capacidade de significar (Ibidem, p. 131).

Desta interrelação temos que todo o potencial de significar de uma palavra só se materializa, ou realiza, no tema concreto. Isto implica que precisamos desenvolver uma metodologia que investigue o processo de significação dos conceitos químicos com atenção especial ao tema do enunciado concreto. A partir do tema, obteremos o significado que está sendo atribuído à palavra que designa o conceito. Reconhecendo os significados reais do conceito (descrição, explicação ou generalização) dentro do enunciado, teremos condições de acompanhar o processo de significação e evolução do conceito ao longo da sequência didática.

Outras duas noções - compreensão e apreciação - estão associadas às noções de tema e significação e são importantes para a investigação na sala de aula. A compreensão da significação requer uma atitude responsiva entre o locutor e o receptor, porque “a significação pertence a uma palavra enquanto traço de união entre os interlocutores, isto é, ela só se realiza no processo de compreensão ativa e responsiva”. Da mesma forma que a significação, o tema “só é acessível a um ato de compreensão ativa e responsiva” (Ibidem, p. 132).

Além do tema e da significação, a fala possui um acento apreciativo, ou um acento de valor, que está relacionado tanto ao tema quanto à significação objetiva da palavra.

> A significação objetiva forma-se graças à apreciação; ela indica que uma determinada significação objetiva entrou no horizonte de interlocutores – tanto no horizonte imediato como no horizonte social mais amplo de um dado grupo social. Além disso, é à apreciação que se deve o papel criativo nas mudanças. A mudança de significação é sempre, no final da contas, uma reavaliação: o deslocamento de uma palavra determinada de um contexto apreciativo para outro. (Ibidem, p. 135)

A interrelação entre a apreciação e a significação nos ajuda a compreender como o significado da palavra muda com o contexto apreciativo do outro. A evolução da significação está ligada à evolução do horizonte de apreciação de um grupo social. O alargamento do horizonte apreciativo deste grupo social reflete-se na significação, promovendo a reavaliação da significação e consequente mudança na significação.

O processo de significação dos conceitos químicos pode ser entendido dentro de um processo de expansão do horizonte apreciativo dos alunos. Esta expansão de horizontes pode ser promovida com a criação de situações de ensino diferentes daquelas que normalmente ocorrem na escola, onde o professor escreve o conteúdo na lousa e explica, os alunos copiam, exercitam o uso conteúdo e a reprodução correta dos conteúdos é cobrada nas avaliações. Mais do que expandir os horizontes apreciativos, a escola insere novos gêneros de discurso – formas relativamente estáveis de enunciados – que são característicos das diferentes esferas de conhecimento humano, inclusive a escolar. A Química possui um gênero de discurso próprio de sua esfera, que é compartilhado com outras esferas das ciências naturais, como a Física e a Biologia, e que difere do gênero cotidiano.

O significado de um conceito químico está relacionado à forma de conceber e interpretar os fenômenos naturais e ao gênero de discurso que é aprendido na escola, ou seja, aprender Química é, também, “aprender a falar em um novo gênero discursivo” (SANTOS,

2004, p. 16). Esta aprendizagem acontece dentro de fluxos enunciativos e nestes os significados são compartilhados e negociados ativamente entre os interlocutores – professores, alunos e material didático.

Para que possamos caracterizar os significados dos conceitos químicos, teremos que fazer a análise das cadeias enunciativas desenvolvidas ao longo da sequência de aulas, buscando o significado que os estudantes construíram para os conceitos em um dado contexto. A mudança de contexto promovida pela sequência didática ou pelos participantes poderá indicar outro significado para o mesmo conceito científico.

Os significados elaborados pelos estudantes decorrerão de uma compreensão ativa e responsiva e estarão relacionados ao horizonte apreciativo do aluno. Por isso, desenvolvemos uma sequência didática que propõe a resolução de um problema real (Caso Celobar® – contaminação provocada por um medicamento à base de sulfato de bário). Para resolver o problema, apresentamos uma série de conceitos que permitem resolver o problema e os alunos devem fazer uso dos conceitos que consideram mais apropriados para organizar suas ações e propor a solução do problema.

O uso dos conceitos científicos como ferramentas que mediam a realização de atividades na sala de aula, é outra forma pela qual podemos caracterizar o processo de significação dos conceitos. O uso destas ferramentas culturais como instrumento de análise das ações humanas é a contribuição do terceiro referencial utilizado para interpretar as situações em que os significados são produzidos na sala de aula. Este referencial será apresentado a seguir.

3.3. A Teoria da Ação Mediada

A teoria da ação mediada, desenvolvida por James Wertsch, recupera as teorias desenvolvidas por Vigotski e Bakhtin e considera que fatores sócioinstitucionais determinam o desenvolvimento mental humano. Wertsch analisa criticamente as teorias e propõe um método de investigação que considera a ação mediada como unidade analítica dos processos mentais, entre eles o processo de elaboração de significados.

A análise proposta por Wertsch busca interpretar como o indivíduo age por meio de ferramentas, por exemplo: computadores, linguagens, sistemas numéricos, tabelas, gráficos, formas enunciativas etc. Todas estas ferramentas são reconhecidas como mediadoras das ações humanas. O uso que os agentes fazem da ferramenta na execução de atividades em um dado contexto histórico e social é utilizado para identificar/caracterizar os significados associados às ferramentas. Sendo assim, o significado que decorre de um processo interativo entre o agente e seu grupo social "se dá por meio de ferramentas que ele empresta do seu grupo social para utilizá-las em situações variadas, de acordo com funções específicas que elas possam desempenhar" (GIORDAN, 2007).

Dois conceitos importantes propostos por Wertsch para avaliar os níveis de processos de significação e internalização das ferramentas culturais são: o domínio e a apropriação. O domínio é o nível de internalização mais baixo e é definido como "saber utilizar habilmente o meio mediacional" (WERTSCH, 1998, p. 50). Um exemplo de domínio de um conceito é saber resolver corretamente um exercício proposto em aula, ou seja, o agente passa a realizar com destreza tarefas no plano interno que antes só eram realizadas no plano externo.

Saber utilizar uma ferramenta cultural não significa que o agente a tomou como sua, ou seja, como parte do seu horizonte conceitual. No entanto, quando o agente faz uso de uma ferramenta com habilidade, em situações sócioculturais distintas (descontextualizadas), reconhecendo seu valor em diferentes esferas de comunicação e atividade, temos

caracterizado o nível mais elevado de internalização, que Wertsch definiu como apropriação (GIORDAN, 2007, p. 84).

Para que possamos caracterizar e analisar estes níveis de internalização e significação, é preciso organizar atividades de ensino que permitam: verificar a habilidade de uso da ferramenta cultural; o trânsito entre diferentes esferas de comunicação e atividade; posicionamento em diferentes horizontes conceituais; organização das ações; quais ferramentas foram eleitas para a realização das atividades. Além disto, é preciso desenvolver metodologias de registro que permitam coletar as ações dos alunos no processo de produção de significados no ambiente educacional.

A produção de significados na sala de aula requer um ensino planejado e organizado para promover a internalização das ferramentas culturais próprias da esfera escolar com o objetivo de ampliar o horizonte conceitual dos estudantes. A organização do ambiente virtual foi organizada segundo O Modelo Topológico de Ensino (GIORDAN, 2008).

Na sequência deste texto apresentaremos a metodologia utilizada para desenvolver e aplicar o ambiente virtual de aprendizagem e para organizar a coleta, tratamento e análise dos dados.

4. METODOLOGIA

Nesta seção apresentaremos a metodologia que viabilizou a execução deste projeto de pesquisa. Começaremos pela etapa de escolha do conceito, depois o desenvolvimento do ambiente virtual, seguidos pela caracterização do contexto em que o ambiente virtual foi aplicado, a coleta e a tratamento dos dados.

4.1. Escolha do conceito

A escolha do conceito químico que seria estudado no ambiente virtual foi feita considerando dois critérios:

i. Seria uma propriedade dos materiais;

ii. O estudo do conceito seria justificado pela necessidade de solucionar um problema real e próximo aos alunos.

Levamos cerca de dois meses para definir qual propriedade dos materiais seria nosso objeto de investigação e qual problema que forneceria o fio condutor para toda a sequência didática e que demandaria o estudo da propriedade escolhida. Escolhemos a solubilidade dos materiais porque está muito próxima do cotidiano dos alunos e tal proximidade justificaria, em princípio, a importância do estudo do conceito. O problema central da sequência, a intoxicação causada por carbonato de bário em amostras de um medicamento à base de sulfato de bário, o caso Celobar®, surgiu de pesquisas em artigos relacionados à solubilidade de sais em água (SILVA; MARTINS; ANDRADE, 2004; OLIVEIRA et al,, 2005; TUBINO; SIMONI, 2007;) e notas divulgadas na internet pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Notícias da Anvisa, 2003).

O fenômeno da solubilidade está presente no estudo de diferentes conceitos do ensino de Ciências e de Química, por exemplo: no estudo de misturas, na separação de misturas, no estudo dos sais, na formação de soluções, na interação química, nas propriedades dos materiais, etc. Em virtude da gama de possibilidades de intervenção, decidimos centrar nossas atenções no estudo de um fenômeno – solubilidade de sais em água – e a partir deste eleger os conceitos que possibilitariam a interpretação e explicação do fenômeno da solubilização de um sal em água.

Feita a escolha do conceito e do problema, passamos ao desenvolvimento do ambiente virtual de aprendizagem (AVA).

4.2. Desenvolvimento do AVA

O desenvolvimento da sequência didática virtual foi realizado com base em outras experiências realizadas no LAPEQ. Em 2003, o tutorial de química orgânica - TQO - (GIORDAN e ANJOS, 2003) foi objeto de investigação do projeto de mestrado de Edson Anjos (2004). Em 2007, o TQO foi aplicado na Escola Estadual Zuleika de Barros (Zona Oeste da Capital) dentro de um projeto de adaptação do conteúdo do computador para a sala de aula convencional, seguido de aulas na sala de informática.

Ao avaliarmos as duas experiências de uso do TQO, concluímos que poderíamos aproveitar a estrutura do ambiente já existente e modificar o conteúdo de acordo com os nossos propósitos de ensino e pesquisa. A seguir, descreveremos os itens mantidos e os modificados no TQO quando desenvolvemos o AVA de solubilidade:

1. Aproveitamos a plataforma que já estava estruturada e substituímos os antigos aplicativos por novas animações, construtor de gráficos e estruturas moleculares tridimensionais. Modificamos o sistema de envio de resposta dos alunos e incluímos um

campo de envio dos comentários do professor às respostas dos alunos. Um editor de texto é ativado sempre que um novo texto (resposta ou comentário) é editado.

Para melhorar o sistema de envio de respostas, adaptamos um recurso que já era utilizado no serviço de tutoria disponível no site do LAPEQ - Tutor em Rede[10] - que segue o mesmo padrão de salas de bate-papo, onde as trocas de mensagens entre os participantes (aluno e tutor) são organizadas em ordem cronológica e as mensagens mais antigas ficam na parte inferior da tela. Na figura 2, temos um exemplo de trocas de respostas e comentários.

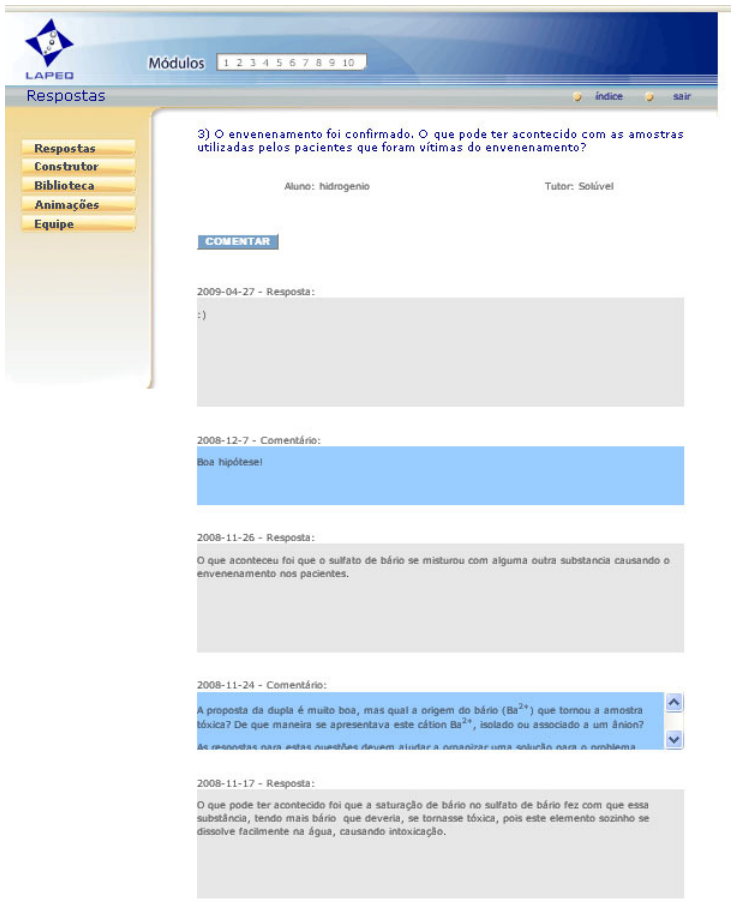

Figura 2: Sequência de trocas de respostas e comentários

2. Modificamos a linguagem dos hipertextos. Iniciamos os textos com uma linguagem mais próxima dos alunos e incluímos definições ou explicações conceituais depois que os

[10] Tutor em Rede. Disponível em: <http://www.lapeq.fe.usp.br/tutor/>. Acessado em 03 jul. 2009.

alunos tiveram oportunidade de construir suas próprias definições e explicações. No decorrer do texto, utilizamos uma linguagem mais próxima do discurso científico e fazemos referência ao conceito, esperando que o aluno tenha dominado o significado da palavra.

3. Mantivemos a linearidade dos hipertextos. Optamos pela linearidade porque se assemelha a organização de ensino que ocorre na sala de aula convencional e permite a condução das ações quando o professor não está próximo dos alunos. No entanto, nada impede que o aluno retome os textos, as atividades e os aplicativos sempre que achar necessário.

4. Mantivemos a organização em módulos, que estão divididos em páginas. A sequência foi pensada para tratar de um conceito geral – a solubilidade – e um grande problema – intoxicação causada pelo Celobar®. Os módulos tratam de conceitos relacionados à solubilidade e de questões pertinentes à resolução do problema. As páginas são subdivisões do módulo. Esta estrutura evita a organização do texto em uma única tela com uma barra de rolagem enorme; e facilita os momentos de retomada e releitura de trechos dos textos.

Todo o AVA foi desenvolvido no LAPEQ desde sua idealização, pesquisa, desenvolvimento e aplicação. O design gráfico e as animações foram desenvolvidos em Flash® e Photoshop®.

O conteúdo dos textos da sequência foi organizado segundo o Modelo Topológico de Ensino (GIORDAN, 2008).

4.2.1. O Modelo Topológico e o planejamento da sequência didática

O Modelo Topológico de Ensino propõe um método de organização das atividades de ensino de Química/Ciências, que concebe “a sala de aula como um organismo social com cultura e identidade próprias, na qual se realizam ações entre pessoas com diferentes visões de

mundo". O Modelo sugere a Teoria de Ação Mediada como "construção teórica para desenvolver um modelo de organização do ensino, por meio do qual o professor se oriente para planejar suas aulas" (GIORDAN, 2008, p. 289). É composto por três eixos:

- *Atividade*: as ações na sala de aula são realizadas por meio de atividades estruturadas, que supõem formas de interação entre os agentes (alunos e professor), o propósito da atividade e o ato em si;

- *Conceito*: as ações mediadas na sala de aula de Química/Ciências têm como objetivo promover a ampliação da visão de mundo dos alunos de modo a levá-los a se apropriar de formas de pensamento como ferramentas culturais (conceitos) que são usadas pelos alunos em um 'cenário' convenientemente construído;

- *Tema*: elemento capaz de ampliar a visão de mundo do aluno, na medida em que se depara com realidades distintas daquelas de seu cotidiano e esta ampliação decorre do embate entre as ferramentas culturais usadas no cotidiano e aquelas usadas nos cenários construídos na sala de aula.

Os três eixos estruturadores do Modelo são utilizados para organizar o conjunto das atividades que compõem uma aula, uma sequência de aulas ou um módulo de ensino. Na prática, a organização do ensino é estruturada a partir de sua unidade fundamental – a atividade de ensino – e o ensino passa a ser planejado como uma sequência de atividades.

Os elementos que compõem a atividade de ensino são: *Tema, Conceitos, Atividade*. O terceiro elemento é pensado considerando o *Tempo, o Propósito, as Formas de interação, os Materiais de apoio, a Situcionalidade e a Descrição (resumida) da atividade.*

As formas de interação referem-se ao tipo de interação discursiva que o professor deseja promover na sala de aula: interativa ou não-interativa, dialógica ou não-dialógica (ou de autoridade). O arranjo entre os tipos nos dá quatro possibilidades de interação na sala de

aula: interativa/dialógica, interativa/de autoridade, não-interativa/dialógica, interativa/ de autoridade (MORTIMER; SCOTT, 2003).

Os materiais de apoio descrevem os meios mediacionais utilizados na realização da atividade. A situcionalidade descreve o contexto de inserção da atividade, ou seja, em que momento da aula será inserida a atividade, quais ações do professor permitirão a realização da atividade e quais atividades devem decorrer desta.

Abaixo temos o planejamento da atividade e texto produzido a partir do planejamento:

MÓDULO 1

Atividade 1 – Para que serve isto?

a) Tema: aplicação prática de conceitos escolares

b) Conceitos: prática cotidiana e a Química

c) Atividade:

- Tempo: 15 minutos

- Propósito: apresentar a sequência de ensino.

- Formas de interação: interativa/dialógica

- Materiais de apoio: texto escrito (hipertexto)

- Situcionalidade: introdução ao curso e apresentação das ações presentes na sequência do módulo

- Descrição da atividade: o curso será apresentado considerando uma dúvida muito recorrente em situações de ensino escolar: qual a aplicação prática dos conceitos aprendidos na escola?Esta dúvida será utilizada para introduzir a proposta da sequência de ensino, solucionar um problema real a partir da organização e articulação de conceitos químicos escolares.

A figura 3 apresenta o hipertexto desenvolvido a partir do planejamento apresentado anteriormente.

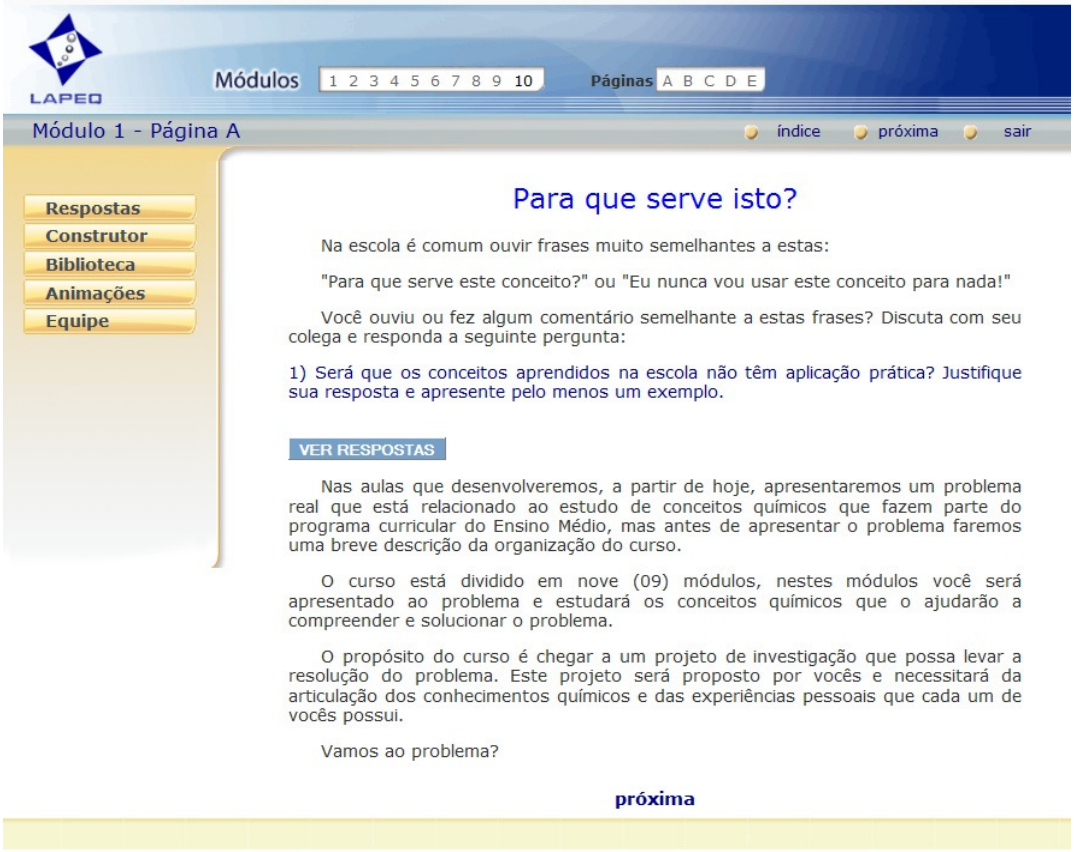

Figura 3: Ava – módulo 1 – página A: início da sequência didática

4.2.2. O problema

O caso Celobar® – intoxicação causada por íons bário, ocorrida em 2003, que levou à morte parte dos pacientes que ingeriram um contraste à base de sulfato de bário antes da realização de exames radiológicos do trato digestório – é o problema apresentado na sequência didática desenvolvida e investigada neste trabalho de mestrado. No primeiro módulo da sequência, o problema é apresentado aos alunos e cria-se um contexto de investigação e aplicação dos conceitos químicos aprendidos na escola.

O tema central e o elemento organizador da sequência de ensino é o problema, que justifica o estudo dos conceitos químicos e todas as atividades desenvolvidas ao longo da sequência didática. Desde o início, os alunos são convidados a lançar hipóteses sobre as

possíveis causas da contaminação dos pacientes que ingeriram o contraste radiológico, e colocam em prática os conceitos químicos aprendidos anteriormente. Ao longo da sequência e após o estudo de um conjunto de conceitos relacionados à solubilidade dos materiais, os alunos lançam novas hipóteses e explicações para o evento ocorrido com a amostra, elaboram procedimentos para testar as hipóteses e aplicam os conceitos estudados.

Este movimento de retomada do problema termina no último módulo, onde os alunos devem organizar atividades de investigação para analisar uma amostra que simula o contraste radiológico que contaminou os pacientes. Nestas atividades, eles devem levantar hipóteses, testá-las e propor uma explicação para o problema.

A problematização foi a estratégia utilizada para planejar a sequência de ensino e o problema é o fio que conduz a sequência e orienta a seleção dos conceitos químicos. No AVA, o problema criou o contexto para o estudo dos conceitos químicos e motivou a participação dos alunos, que encaram a resolução do caso Celebar® como uma meta a ser alcançada.

Além de manter o problema em evidência, as retomadas foram uma estratégia para criar oportunidades de significação para os conceitos e para o problema, que pode ser analisado à luz de um novo conceito a cada reaparição do problema. Para a investigação, cada nova retomada é a oportunidade de caracterizar o processo de ressignificação dos conceitos químicos.

4.2.3. Produção das animações

Além do planejamento das ações e a elaboração dos textos, desenvolvemos algumas das ferramentas utilizadas pelos alunos no ambiente virtual. Uma ferramenta muito importante para encaminhamento do processo de aprendizagem é a animação (GIORDAN,

1999). Em diversos momentos da sequência didática, pedimos para que os alunos acessem animações relacionadas ao conceito estudado. No quadro 1, apresentamos quatro cenas que representam cada etapa da animação do processo de solubilização do cloreto de sódio em água.

***Cena 1*:** **Tela inicial com a descrição do roteiro experimental.**	
***Cena 2*:** **Adição do cloreto de sódio em água seguida de agitação. Solubilização do sal no nível macroscópico;**	
***Cena 3*:** **Interação das moléculas de água e os íons do sal no retículo cristalino. Solubilização do sal no nível submicroscópico;**	
***Cena 4*:** **Íons do sal em solução aquosa. Representação submicroscópica das partículas depois da solubilização.**	

Quadro 1: Animação da solubilização do cloreto de sódio em água

Além desta animação temos as animações das mudanças de estados físicos da água, polaridade de líquidos, solubilização de sais e solubilização da glicose. Todas estas animações são experimentos animados que podem ser utilizados em diferentes atividades dependendo dos propósitos do professor.

O uso das animações permitiu criar diferentes situações de análise dos fenômenos:

- *Descrição* – observação do fenômeno com o propósito de descrever os elementos apresentados (o cenário, as partículas, o movimento, o tamanho, a forma, etc.);
- *Explicação* – utilizar os conceitos estudados para explicar o que está sendo observado;
- *Generalização* – utilizar o fenômeno observado e estudado para explicar outro fenômeno, por exemplo: explicar a recristalização de sais a partir do processo de solubilização em água.

Todas as animações foram produzidas seguindo um roteiro que descreve a sequência das cenas, a disposição dos objetos (utensílios cotidianos, materiais de laboratório e moléculas), os movimentos dos objetos (macroscópicos e submicroscópicos) e o texto do roteiro experimental. Com os roteiros em mãos, os estagiários do LAPEQ desenvolveram o design gráfico e programaram o movimento dos objetos em Flash®.

Outras animações foram produzidas e utilizadas pelos alunos:

- *Solubilização de sais*: massas iguais de três sais diferentes cloreto de sódio (NaCl), sulfato de sódio (Na_2SO_4) e nitrato de bário ($Ba(NO_3)_2$) são solubilizados em água. Com esta animação, os alunos devem analisar o fato de que cada sal necessita de uma quantidade diferente água para solubilizar e que este fato é uma propriedade que permite identificar e caracterizar o material. Na figura 4, temos o início da animação que contém o primeiro passo do roteiro experimental e os objetos que serão utilizados.

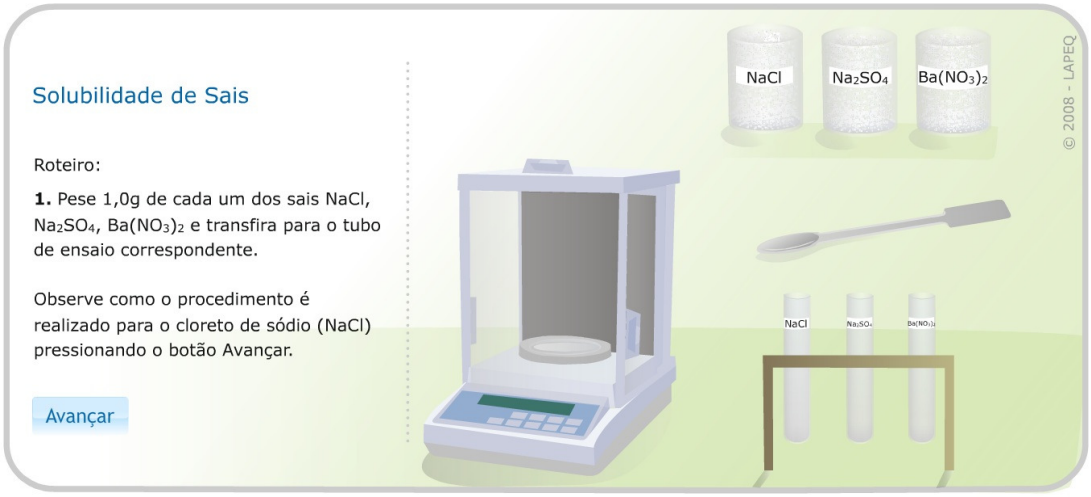

Figura 4: Tela inicial da animação *Solubilização de sais*

- *Polaridade de líquidos*: a polaridade de três líquidos (água, álcool etílico e benzeno) é testada aproximando-se um bastão de vidro eletrizado a um filete do liquido que escoa de uma bureta. A animação foi utilizada para estudar a diferença de polaridade dos líquidos e construir um modelo para molécula de água (angular e com separação de cargas nos pólos da molécula). Na figura 5, temos o início da animação e as primeiras instruções.

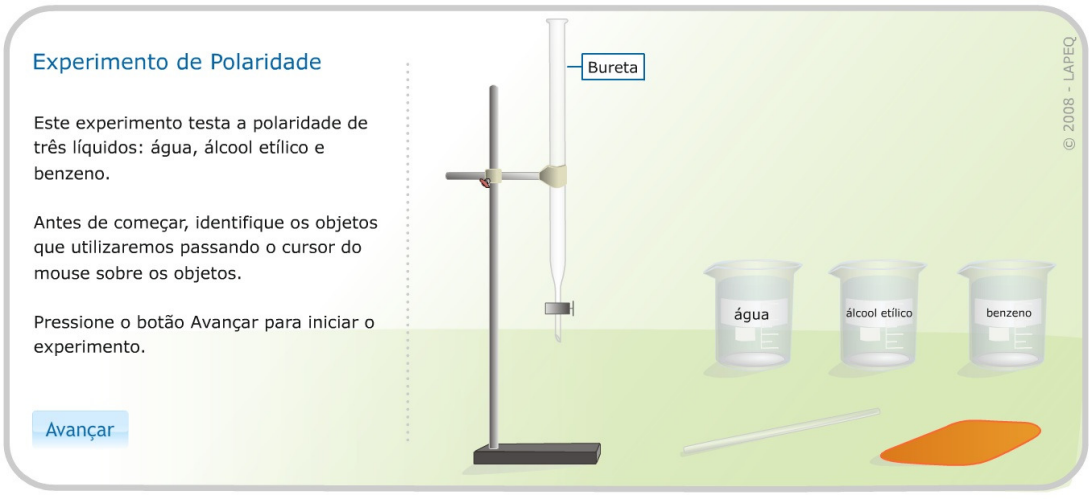

Figura 5: Tela inicial da animação *Polaridade de líquidos*

- *Mudanças de estados físicos*: animação que mostra a variação de estados físicos da água sob aquecimento. Esta animação permite a tomada de dados referentes às variações de

temperatura, tempo e estados físicos da água. A animação foi utilizada no estudo das propriedades de temperatura de fusão e ebulição e para construir um gráfico de variação de temperatura versus tempo. Com este gráfico, analisamos a diferenças de valores de temperatura de ebulição entre os hidretos da família do oxigênio (H_2O, H_2S, H_2Se e H_2Te) e analisamos a influência das ligações de hidrogênio. A tela inicial da animação pode ser visualizada na figura 6.

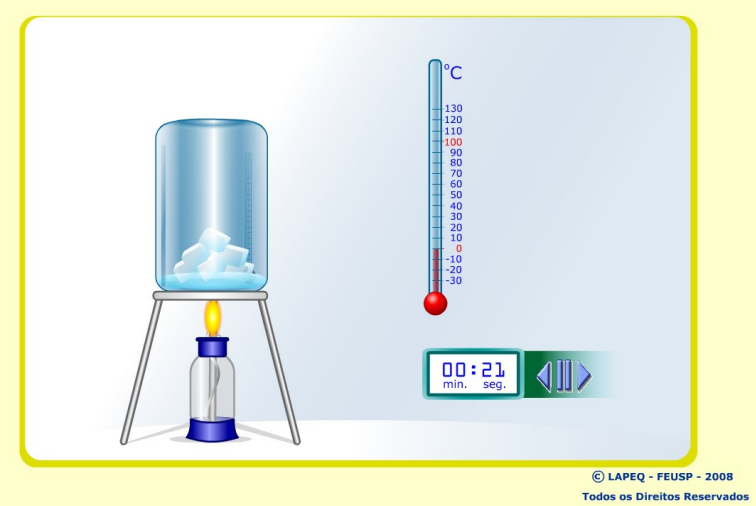

Figura 6: Tela inicial da animação *Mudanças de estados físicos*

As animações desenvolvidas podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto a outros aplicativos, como é o caso do *Construtor de gráficos*, que permite construir um gráfico a partir de dados coletados pelos alunos em atividades experimentais ou utilizando tabelas de dados fornecidos pelo professor. A interface do aplicativo pode ser visualizada na figura 7.

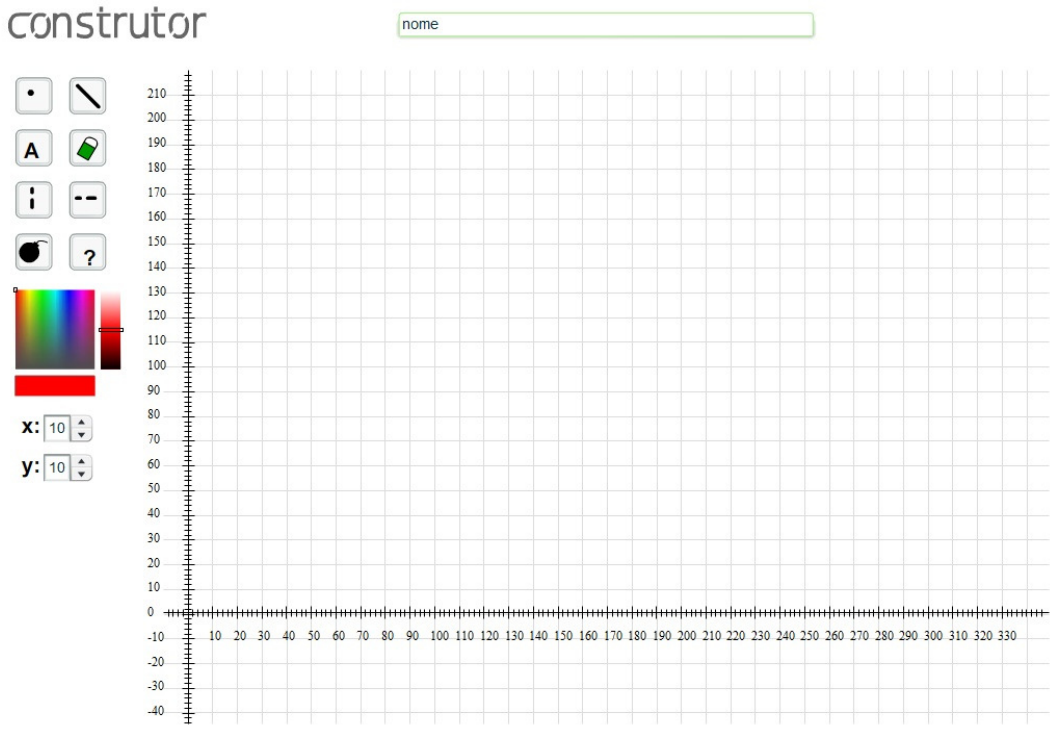

Figura 7: Interface do *Construtor de gráficos*

Todos os aplicativos desenvolvidos e utilizados neste projeto de pesquisa estão disponíveis no Laboratório Digital do LAPEQ (http://www.lapeq.fe.usp.br/labdig/).

4.2.4. O banco de respostas

Todos os módulos apresentam uma série de questões, que são respondidas pelos alunos ao longo da sequência. Todas as respostas dos alunos foram enviadas e armazenadas em um banco de dados, que pode ser visualizado pelo professor e pelos alunos. Além de servir como um arquivo de dados da pesquisa, o banco de dados funciona didaticamente como espaço de interação entre professor e alunos.

O banco de respostas é alimentado, inicialmente, com as respostas que os alunos elaboram para as questões propostas pelo ambiente virtual. As respostas são registros escritos produzidos a partir de interações verbais entre alunos, entre alunos e o professor e entre alunos e o material instrucional. Após o envio das respostas dos alunos, o professor lê, analisa

e comenta as respostas. Depois, os alunos voltam às questões para verificar o comentário do professor e enviar nova resposta, caso seja necessário. Um exemplo de trocas ocorridas entre uma dupla de alunos e professor foi apresentado na figura 2.

No banco de dados, as respostas estão organizadas por módulo e indicam o "status" da resposta. Sempre que uma nova resposta ou um novo comentário foi enviado ao sistema aparece uma indicação: "visto verde" (✓) para nova resposta e "xis vermelho" (✗) quando não houve resposta, como pode ser observado na figura 8.

módulo	exercício	resposta	comentário
1	1	Chegamos a conclus...	✓
1	2	Ao respondermos a primeira via dessa questão ...	✗
1	3	A quantidade de agua era insuficiente para separar o...	✗
1	4	associado a um anion pois o erro estava na qua...	✗
1	5	Iriamos obter tal resultado: o bário estaria ...	✗
1	6	Não pois se apos agitado o sulfato de b&aacut...	✗
1	7	Perdão. Não queriamos dizer qu...	✗
1	8	1ª Etapa:É adicionado o doreto de s&oac...	✗
1	9	Eles ficam envolvidos pelas partículas de &aa...	✗
1	10	O termo fascilidade esta empregada na frase no senti...	✗
1	11	Os íons n&atl...	✓
1	12	A dissoluç&ati...	✓
1	13	Ao analizarmos a Q6 novamente chegamos a conclus&ati...	✗

Figura 8: Banco de respostas da dupla litio visualizado pelo professor

Quando o usuário (aluno ou tutor) acessa uma das respostas, ele pode verificar todo o histórico das trocas enunciativas por data e ordem cronológica identificadas por cores diferentes – um quadro azul para os comentários do tutor e um quadro cinza para as respostas dos alunos. Na figura 9, temos um exemplo organização das trocas entre a dupla Hidrogenio e o Tutor.

Figura 9: As respostas da dupla aparecem no quadro cinza e comentários do tutor no quadro azul

Outros dois espaços presentes no ambiente virtual são a biblioteca e a equipe. A biblioteca contém os textos utilizados no desenvolvimento do conteúdo e um *link* que direciona o usuário banco de estruturas moleculares do site do LAPEQ. A equipe relaciona todas as pessoas que colaboraram para desenvolvimento do AVA de solubilidade.

O desenvolvimento dos aplicativos, a programação em linguagem *php* e o banco de dados despenderam o trabalho de sete meses, de março a outubro de 2008, e uma equipe de seis estagiários.

Em novembro recebemos a turma de alunos que participou da aplicação do AVA e forneceu os dados para nossas análises. O quadro a seguir apresenta como o AVA está organizado.

Módulo	Conteúdo	Meios mediacionais	Nº de páginas	Nº de questões
01	Apresentação do problema	Hipertexto	05	06
02	Propriedades químicas do sulfato de bário; Propriedades químicas dos sais	Hipertexto, animação, desenhos, imagens, tabela, estrutura molecular tridimensional	08	09
03	Retomar o problema; Propriedades químicas da água	Hipertexto, tabela	05	03

04	Propriedades da molécula de água	Hipertexto, diferentes formas de representação estrutural da molécula de água, tabela periódica, animações, desenhos	12	11
05	Retomada do problema; Levantamento de hipóteses para solucionar o problema	Hipertexto, tabela	05	03
06	Ligações químicas e propriedades dos materiais; Ligação e hidrogênio e propriedades dos materiais; Solubilidade e interações intermoleculares	Hipertexto, tabelas, diagramas, diferentes formas de representação estrutural da molécula de água, tabela periódica, animações, gráficos, construtor de gráficos, desenhos	14	10
07	Os modelos e o estudo dos conceitos químicos; retomada do problema; O uso dos modelos para estudar a solubilização dos materiais; Fatores que alteram a solubilidade dos materiais;	Hipertexto, estruturas moleculares tridimensionais, gráfico, desenhos, equações químicas, animação, roteiro e atividade experimental	15	20
08	Revisão dos modelos; Energia de ligação;	Hipertexto, atividade experimental, equações químicas, diagrama de energia, animação e desenhos	15	13
09	Revisão do problema; Proposta de resolução do problema; Análise dos dados e conclusão	Hipertexto, roteiro e atividade experimental	11	19

Quadro 2: Descrição sumariada dos módulos 1 ao 9 do AVA

4.3. Os participantes

4.3.1. Os alunos

Pretendíamos aplicar o AVA de solubilidade na Escola Estadual Zuleika de Barros, pois os contatos com o professor de Química e a Direção apontavam para uma parceria entre o LAPEQ e a escola. No entanto, alguns problemas inviabilizaram o desenvolvimento de nosso projeto de pesquisa na escola:

1º. O laboratório de informática era muito pequeno, havia poucos computadores e teríamos que trabalhar com quatro ou até cinco alunos por máquina.

2º. A escola recebeu novos computadores, mas isto acarretou em outro problema, o laboratório entrou em reforma.

3º. Nosso cronograma de trabalho e o cronograma de atividades da escola eram incompatíveis, já que a escola entraria em férias no início da coleta de dados. A volta às aulas

não garantiria a continuidade dos trabalhos, pois as turmas mudam de horário e os alunos mudam de turma ou de escola.

Em meio ao problema de falta de alunos foi iniciado o Programa de Pré-Iniciação Científica da USP em uma parceria entre a Universidade de São Paulo e a Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. O Programa "visa apoiar projetos de pesquisa nas áreas exatas, biológicas e humanas, que possibilitem despertar e incentivar o interesse de alunos da rede pública de ensino mediante o acompanhamento de atividades e convivência com os procedimentos e as metodologias adotadas em pesquisa científica, oferecendo assim, oportunidades de complemento da formação pessoal, aprimoramento de conhecimentos e preparo para a vida profissional ao aluno participante" (Programa de Pré-Iniciação Científica da USP, 2009).

O projeto enviado pelo prof. Marcelo Giordan foi aceito e seis alunos de duas escolas públicas foram recomendados para o desenvolvimento do projeto, a partir de critérios de desempenho adotados pelas SEE-SP e pelas escolas. Da Escola Estadual Antonio Adib Chammas do município de Santo André, recebemos três alunos, um rapaz e duas moças, que cursavam o 2º ano do Ensino Médio; da Escola de Aplicação da FEUSP, recebemos um rapaz e uma moça, que cursavam o 2º ano do Ensino Médio, e uma moça, que cursava o 1º ano do Ensino Médio. O primeiro contato com os alunos ocorreu no dia 03 de novembro de 2008 e as atividades com o AVA foram iniciadas no dia 17 de novembro.

A aplicação do AVA foi alternada com a atividade de produção de vídeos sobre situações cotidianas que envolvem conceitos químicos escolares. Os alunos – divididos em dois grupos – pesquisaram, discutiram e escolheram produzir vídeos abordando os temas: a ação do detergente na remoção das gorduras e a ação do cafezinho na facilitação do processo de digestão (POSSO; BARBOZA; GIORDAN, 2009).

A maioria dos encontros com os alunos foram realizados às segundas e quartas-feiras das 14h30 às 17h30. Paralisamos nossas atividades nos períodos de férias, pois os alunos de Santo André não tinham direito a meia-passagem no ônibus fretado e isto aumentava os custos com o deslocamento até São Paulo.

As atividades do AVA foram realizadas em duplas (um aluno de cada escola) para que pudessem interagir entre si. Todas as ações dos alunos foram registradas (aluno/aluno, alunos/computador, alunos/professora, alunos/materiais de apoio) e o registro foi autorizado pelos responsáveis pelos alunos. Embora não se conhecessem, os alunos não fizeram objeções em trabalhar juntos, de acordo com a nossa sugestão e com o passar das semanas eles acabaram se relacionando de forma muito satisfatória e não tivemos problemas de relacionamento. Tivemos um afastamento entre os alunos por motivo de saúde. A falta do componente da dupla foi superada pela aluna que passou a trabalhar sozinha, por escolha própria.

A receptividade dos alunos e a desinibição durante a execução das tarefas do AVA e da produção do vídeo foi uma grande surpresa para nós, o que facilitou a tomada dos dados, pois os alunos não se intimidam diante dos equipamentos de coleta de dados.

4.3.2. A professora

No início do projeto pretendíamos que o AVA fosse aplicado por um professor que aceitasse nossa proposta de pesquisa e de intervenção na sala de aula dele. No entanto, a falta de uma oportunidade concreta de entrada na escola Escola Estadual Zuleika de Barros e o Programa Pré-IC nos conduziram a aplicação do AVA dentro no espaço físico do LAPEQ[11].

[11] O LAPEQ possui um Laboratório de Ensino de Química e compartilha com outros laboratórios de pesquisa da FEUSP uma sala com mesas, computadores, quadro branco, impressora e espaço para registro audiovisual.

A falta de um professor que tivesse disponibilidade de horário, além da escola, para receber a formação e aplicar o AVA, nos levou a decisão de ter a pesquisadora atuando como a professora nas interações presenciais. No ambiente virtual, a professora recebeu a função de tutora: *tutor Solúvel*.

Neste estudo, temos o mesmo indivíduo atuando em dois papéis: a pesquisadora que estruturou o estruturou a sequência didática, organizou a metodologia de tomada de dados, fez recortes e interpretou os dados dentro do fluxo dos eventos observados; e a professora que mediou a aprendizagem dos alunos e que participou ativamente da produção dos dados de pesquisa. A combinação de pesquisadora e professora modificou a atuação da professora que passou a estruturar suas ações com o propósito de promover significação e de avaliar a aprendizagem como um processo de ressignificação dos conceitos. Enquanto a pesquisadora planejou a sequência de ensino para atingir os propósitos da professora e utilizou a experiência como mediadora para reconstruir e fazer os recortes dos eventos que caracterizaram a produção dos significados.

Sobre a dialética, como afirmam Rossetti-Ferreira et al. (2008),

> o relato científico é (...) construído na relação com o objeto de estudo por meio de uma dinâmica de segmentação e combinação de fragmentos de percepções presentes, experiências passadas e expectativas futuras, permeadas por formações discursivas ideológicas, com possibilidades e delimitações do discurso científico vigente na área de conhecimento nesse momento histórico". (Ibidem, p. 161)

Embora a professora não seja o objeto da pesquisa, a dialética da relação professora e pesquisadora se manifestou ao longo da coleta de dados e estará presente na seleção e análises destes dados.

4.3.3. Usuários do AVA

Como todo sistema informatizado, o AVA foi programado para ter diferentes usuários com diferentes permissões.

- Os estudantes têm permissão para acessar o ambiente, interagir com os aplicativos, enviar respostas, acessar o banco de respostas da dupla e responder aos comentários do tutor.

- O *tutor* tem permissão para acessar o ambiente, interagir com os aplicativos, acessar o banco de respostas das duplas de estudantes, enviar comentários às respostas. Cada tutor pode ter várias turmas e cada turma pode ser dividida em grupos ou duplas de estudantes.

- O *monitor* tem permissão para acessar o ambiente, interagir com os aplicativos, acessar o banco de respostas das duplas de estudantes e os comentários dos tutores e enviar comentários às respostas das duplas. Cada monitor pode acompanhar o trabalho de um ou mais tutores.

- O *coordenador* possui todas as permissões, pode editar as páginas e acompanha o trabalho de todos os usuários do sistema.

Os alunos foram divididos em três duplas: Hidrogenio, Helio e Litio (todos sem acento) e o tutor recebeu o nome de Solúvel.

4.4. Coleta dos dados

Fizemos, basicamente, dois tipos de registros de dados: os registros em vídeo dos alunos e tela do computador durante a aplicação do AVA, e os registros das respostas enviadas ao banco de resposta do AVA. Os vídeos registraram as interações entre os alunos das duplas, as interações entre as duplas e a professora, e as interações dos alunos com computador, que podem ser acompanhadas pelo registro da tela do computador. O banco de

respostas nos fornece dados na forma de textos e de imagens produzidas pelos alunos, além dos comentários da professora.

O registro das interações utilizou uma técnica da captura sincronizada, desenvolvida por Gois e Giordan, em 2005. Esta técnica consiste no registro simultâneo da tela do computador e das interações dos usuários durante a execução de atividades diante do computador. Este tipo de registro exige o uso de dois softwares, o Camtasia® e Helix®[12], um arquivo programado para iniciar os dois softwares e um arquivo *html*, que permite a visualização dos vídeos da tela do computador e dos usuários.

Para fazer o registro em vídeo das duplas, foram organizadas três estações de trabalho e registro dos dados, uma para cada dupla – Helio, Hidrogenio e Litio. Cada estação foi composta com um computador portátil conectado à internet, uma *webcam* e um microfone. O produto da captura sincronizada foram os vídeos: captura_usuario.rm, que contém os dados da *webcam* e do microfone, e captura_tela.rm, que contém os dados da tela do computador. A Imagem 1 mostra um aluno utilizando uma estação de trabalho e de registro dos dados.

Imagem 1: Estação de trabalho e de coleta de dados

[12] O programa Camtasia Studio4® faz a captura da tela do computador e o Helix Producer® recebe os dados da tela, faz a captura das ações dos usuários (via *webcam* e um microfone) e gera dois vídeos – usuário e tela – no formato rm (real movie).

O registro das respostas escritas que foi armazenado no banco de dados do AVA podendo ser recuperado pelo acesso ao banco de respostas, descrito no 4.2.4 desta sessão. Como já dissemos, as respostas podem ser comentadas pelo professor e reelaboradas pelos alunos em uma plataforma muito semelhante a uma tela de *chat* (textos cronologicamente organizados com interações mais antigas na parte inferior da tela). Além das respostas escritas, os alunos produziram desenhos, que foram digitalizados e armazenados no sistema em arquivos no formato *pdf*.

Algumas situações de aula utilizando a lousa, discussões em grupo, atividades no laboratório experimental foram registradas com uma filmadora digital. Estas situações registradas ocorreram sempre que julgávamos necessário retomar alguns conceitos presentes nos módulos; em situações em que os alunos deveriam socializar idéias e chegar a uma resposta em grupo; e quando os alunos realizaram uma atividade experimental no laboratório de Química.

Todas as formas de registros foram utilizadas na seleção dos dados analisados neste estudo. A seguir apresentaremos como os dados foram selecionados e tratados.

4.5. Tratamento dos dados

4.5.1. Seleção dos dados de análise

A seleção dos dados foi inspirada no método inverso, sugerido por Vigotski e descrito no capítulo, e realizada em duas etapas.

Na primeira etapa, buscamos os conceitos utilizados pelos alunos para realizar as ações no estágio mais desenvolvido do processo resolução do problema, ou seja, iniciamos a análise dos registros em vídeo e o banco de respostas do último módulo do AVA (o módulo

9), no qual os alunos realizaram as atividades de investigação experimental em busca da resposta para a questão: “O que aconteceu com a amostra do medicamento que intoxicou os pacientes?”. A análise dos dados revelou como os alunos organizaram suas ações e quais conceitos foram utilizados para resolver o problema.

No módulo 09, selecionamos os episódios, em vídeo, das atividades desenvolvidas diante do computador e na bancada do laboratório. Esta seleção respeitou os critérios de demarcação das fronteiras entre os episódios sugeridos por Jay Lemke[13] (1990).

Os conceitos selecionados guiaram a segunda etapa da seleção dos episódios, retomada dos conteúdos na sequência didática. Primeiro, encontramos as situações em que cada conceito foi estudado, depois examinamos o banco de respostas e os registros em vídeo, em busca dos episódios que evidenciam a produção de significados dos conceitos estudados. Neste momento de seleção dos dados, fizemos o percurso inverso da produção de significados ocorrida no AVA de solubilidade e buscamos na atividade mais elaborada (resolução do problema) os conceitos-chave que ajudariam a compreender o processo de evolução dos conceitos. Com isto, pudemos retomar a sequência didática e selecionar uma série de episódios que caracterizam o processo, desde o primeiro até o último módulo.

A seleção dos episódios atendeu a dois requisitos: caracterizar o processo de resolução do problema e caracterizar a significação dos conceitos utilizados para solucionar o problema. Devido à quantidade de episódios, selecionamos dois deles: as respostas enviadas ao banco de respostas e as transcrições dos registros em vídeo.

[13] Lemke sugere que os episódios sejam delimitados por atos de fala, que orientam o fluxo discursivo e indicam ao espectador que o falante está finalizando uma atividade e iniciando outra e que o propósito da atividade mudou. Cada episódio configura uma pequena atividade dentro de um conjunto de atividades que ocorrem na sala de aula. Em nosso caso, cada episódio destacará uma atividade em que os alunos executaram uma ação para resolver o problema fazendo uso de conceitos estudados na sequência virtual.

As respostas enviadas ao banco de respostas foram utilizadas para refazer o caminho percorrido pelos alunos ao longo do tempo, para apresentar a organização da sequência didática e para caracterizar o processo de significação dos conceitos estudados a cada tentativa de resolver o problema.

As transcrições foram utilizadas para analisar as atividades que resultaram na solução do problema. Estas análises serão feitas com base nos significados produzidos ao longo dos módulos.

Quatro perguntas orientam a análise dos episódios:

i) Quais conceitos foram apresentados no episódio?

ii) Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?

iii) Qual o contexto de uso da ferramenta? (contextualizado ou descontextualizado)

iv) Qual o nível de internalização da ferramenta cultural? (domínio ou apropriação)

Estas perguntas foram desenvolvidas para que possamos identificar os conceitos e caracterizá-los como ferramentas culturais capazes de executar ações, que são organizadas em contextos criados na interação entre os agentes que participaram da ação. A escolha da ferramenta (pergunta i), a forma é utilizada (pergunta ii), o contexto (pergunta iii) e a habilidade de uso das ferramentas nos fornecem informações que permitem caracterizar o nível de internalização da ferramenta (pergunta iv).

Consideraremos o domínio como um nível de internalização em que o agente utiliza a ferramenta com habilidade e executa ações em um contexto criado pela sequência didática, que atende aos propósitos do professor e que guarda semelhanças com o contexto em que a ferramenta foi significada. Exemplo: após a significação de um conceito, o aluno utiliza o mesmo conceito para responder uma questão do ambiente virtual, com esta resposta espera-se a aplicação do conceito.

A apropriação é um nível de internalização em que o agente reconhece que uma ferramenta pode ser utilizada na execução de atividade. O contexto de uso desta ferramenta deve ser diferente daquele em que foi significado e o agente deve reconhecer, entre outras, a ferramenta que participará da organização de ações que levará a realização de uma atividade. Exemplo: o aluno se depara com uma situação diferente do contexto de significação criado pelo professor, neste novo contexto, ele deverá eleger os conceitos que permitirão realizar uma atividade.

Em cada episódio, indicaremos os conceitos e os significados externalizados nas respostas enviadas ao banco de respostas ou nas transcrições dos vídeos. Apresentaremos o contexto em que estes episódios foram produzidos e analisaremos o nível de internalização dos conceitos. Ao final, organizaremos todas estas informações no quadro exemplificado abaixo:

Duplas	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
Helio				
Hidrogenio				
Litio				

Quadro 3: Estrutura do quadro de síntese das análises dos episódios

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao final de dez meses de interação, iniciamos o processo de análise dos registros do último módulo da sequência didática. De acordo com nosso referencial, deveríamos encontrar, no estágio mais desenvolvido do processo de aprendizagem (episódios da resolução do problema), a chave para compreendermos o percurso desenvolvido pelos alunos desde a apresentação do problema até a sua resolução. Assim o fizemos. Analisamos os episódios e elegemos os significados dos conceitos químicos estudados no AVA como unidades analíticas (as chaves), que permitiram examinar os episódios isoladamente e na totalidade do processo desenvolvido ao longo dos módulos.

Feita a identificação das unidades analíticas, buscamos os episódios que caracterizavam produção de significados dos conceitos estudados no AVA. Nesta etapa, revisitamos os módulos em que os conceitos foram estudados e os contextos em que os alunos responderam às questões relacionadas à resolução do problema. Depois selecionamos, caracterizamos e analisamos os episódios, que serão apresentados na sequência deste capítulo.

Estruturamos a análise dos dados como uma reconstrução do processo de significados e de ressignificação dos conceitos utilizados pelos alunos. Esta reconstrução será apresentada como uma narrativa dos eventos que antecedem e sucedem os episódios e que atende a dois propósitos: descrever como se deu o processo de construção dos significados ao longo da sequência didática; e fornecer informações para a recriar o contexto histórico que definiu o tema e o significado das palavras nos enunciados produzidos pelos alunos.

Iniciaremos a narrativa pelo módulo 1. Neste apresentaremos a primeira tentativa de resolver o problema, após uma breve apresentação do mesmo.

5.1. Módulo 1 e a primeira tentativa de resolver o problema

Quando as três duplas – Helio, Hidrogenio e Litio – iniciaram o AVA de solubilidade, tiveram que elaborar suas primeiras hipóteses acerca do problema ocorrido com a amostra do medicamento que contaminou os pacientes. Duas perguntas bastante semelhantes foram propostas em contextos distintos. A primeira pergunta foi feita logo após uma breve apresentação do problema e das circunstâncias em que poderia ter ocorrido a intoxicação de um determinado número de vítimas. Neste momento, os alunos precisaram recorrer aos conceitos aprendidos em contextos anteriores ao AVA para responder a seguinte questão: "O envenenamento foi confirmado. O que pode ter acontecido com as amostras utilizadas pelos pacientes que foram vítimas do envenenamento?". No quadro 4, temos as respostas[14] das três duplas.

Dupla	***Data***	***Resposta***	***Interpretação do enunciado***	***Conceitos significados***
Helio	2008-11-17	*"As amostras dos pacientes que foram vítimas do envenenamento podem ter apresentado diferenças daquelas dos pacientes que não foram envenenados. Essas diferenças podem ter sido notadas por cor, ou alguma outra transformação que dá para ser notada."*	Diferenças físicas ou químicas entre as amostras, que podiam ser observadas, foram responsáveis pelo envenenamento.	Propriedades físico-químicas das amostras e envenenamento.
Hidrogenio	2008-11-17	*"O que pode ter acontecido foi que a saturação de bário no sulfato de bário fez com que essa substância, tendo mais bário que deveria, se*	O excesso de bário provocou a saturação de bário na amostra. Esse excesso tornou o medicamento tóxico,	Saturação, solubilidade em água e intoxicação.

[14] As respostas escritas são cópias fiéis do conteúdo do banco de respostas e não receberam nenhum tipo de correção gramatical. Deste fato, decorre uma dificuldade natural de compreensão dos enunciados e do significado atribuídos aos conceitos. Para superarmos essa dificuldade, tivemos que fazer a leitura por diversas vezes e buscar outras fontes, como: a análise da sequência de trocas entre tutor e duplas; e a análise dos registros em vídeo das interações entre alunos e alunos e professora.

		tornasse tóxica, pois este elemento sozinho se dissolve facilmente na água, causando intoxicação."	porque o bário se dissolve em água.	
Litio	2008-11-17	*"Pode ter ocorrido a má diluição do bário em água fazendo com que o bário mantesse a carga positiva, iônico (tóxico), tornando o envenenamento confirmado."*	Ocorreu um erro na solubilização do bário, que continuou com carga positiva após a solubilização. Isto causou o envenenamento.	Carga iônica, diluição em água e envenenamento.

Quadro 4: Respostas das duplas para a questão 3 do módulo 1

A dupla Helio elabora sua explicação a partir das diferenças entre as propriedades físico-químicas das amostras que causaram ou não a contaminação dos pacientes. O texto da dupla indica que estas diferenças seriam visíveis. Neste caso os alunos elaboram hipóteses com base em possíveis observações macroscópicas.

A dupla Hidrogenio se refere a um possível erro na formulação do medicamento e indica que existe um excesso de bário na amostra. Por ser solúvel em água, o excesso de bário solubilizou-se e intoxicou os pacientes. Podemos observar que o processo de solubilização é outro conceito presente na explicação da dupla, porque a intoxicação ocorre devido à solubilização do bário em água e porque o excesso de um dos componentes na mistura é chamado de saturação.

A dupla Litio tentou explicar o que aconteceu com a amostra por meio do processo de solubilização, no entanto, eles indicam que o problema está manutenção da carga positiva do íon bário, que é tóxico. Na resposta da dupla fica evidente a tentativa de explicar o processo de solubilização e a intoxicação utilizando o nível das partículas.

Ao tentar responder a questão, que trouxe um contexto novo e diferente daquele em que normalmente se constrói na escola, nossos alunos tiveram a oportunidade articular seus conhecimentos e organizar suas ações com o propósito de elaborar uma resposta a questão. Quando considerarmos que a pergunta contida no AVA criou o contexto para o uso dos

conceitos, temos uma aplicação contextualizada destes conceitos, mesmo que estes conceitos tenham sido estudados fora daquele contexto em que foram aplicados. Portanto, temos caracterizado o nível de domínio do conceito.

Observamos que os alunos tiveram dificuldade para produzir um texto explicativo e utilizar corretamente os conceitos químicos. No entanto, eles elencaram conceitos que são pertinentes a resolução do problema (propriedades dos materiais, solubilidade em água, carga iônicas e mistura saturada) e que serão abordados ao longo da sequência didática, com a exceção do conceito de estequiometria. A síntese de nossas análises foi sistematizada no quadro 5.

Duplas	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
Helio	Propriedades físico-químicas das amostras.	As propriedades dos materiais são observáveis e permitem diferenciar os materiais.	A pergunta do AVA	Domínio
	Envenenamento	Alguma anomalia na amostra pode ter sido responsáveis pelo envenenamento.	A pergunta do AVA	Domínio
Hidrogenio	Saturação	A saturação indica excesso de um dos componentes do material.	A pergunta do AVA	Domínio
	Solubilidade em água	O bário, em excesso, se solubilizou em água.	A pergunta do AVA	Domínio
	Intoxicação.	O bário em solução causou intoxicação.	A pergunta do AVA	Domínio
Litio	Diluição em água	Ocorreu um erro na diluição do bário em água.	A pergunta do AVA	Domínio
	Carga iônica	O bário se manteve com carga positiva, após a diluição em água.		
	Envenenamento	Por ser tóxico, o bário com carga positiva caus		

Quadro 5: Síntese da análise 1

Depois de responder àquela questão, os alunos foram inseridos em um contexto de investigação e foram lembrados da necessidade de buscar evidências e de analisar os fatos antes de apontar "os culpados". As informações a respeito da intoxicação e do medicamento foram apresentadas e, em seguida, as duplas lançaram novas hipóteses com base nos fatos apresentados. Neste contexto, foram elaboradas as respostas para a questão: "Analisando os fatos apresentados até agora, você conseguiria levantar hipóteses com respeito ao que pode ter acontecido com as amostras de medicamento que contaminou os pacientes? Discuta com seu colega e responda". No quadro 6 temos as respostas das duplas:

Dupla	***Data***	***Resposta***	***Interpretação do enunciado***	***Conceitos significados***
Helio	2008-11-17	*"Pode ter acontecido que a quantidade de sulfato de bário colocada para se diluir em água era maior do que a quantidade, da mesma substância, que é solúvel em água. Assim, a substância se tornou tóxica para paciente, pois uma parte do sulfato não foi diluida na água."*	Uma quantidade acima da permitida de sulfato de bário foi adicionada à água. O sulfato que não solubilizou, intoxicou os pacientes.	Solubilização em água e intoxicação.
Hidrogenio	2008-11-17	*"Como dito anteriormente, pensamos que a amostra sulfato de bário estava saturada em bário, este se tornou assim, solúvel em água, causando a intoxicação nos pacientes que a tomaram.Poderia ter ocorrido um erro no cálculo da quantidade necessária de cada substância para ter não 'sobrado' (saturação) nenhum dos elementos.Esses cálculos teriam que ter sido feitos com base na solubilidade do Bário na solução S + O4."*	O excesso de bário proveniente de um erro de cálculo, na preparação do sulfato de bário, causou a intoxicação. Os cálculos deveriam ser feitos com base na solubilidade do bário na solução S + O4.	Saturação, solubilidade em água e intoxicação.
Litio	2008-11-17	*"Uma hipotese do que pode ter ocorrido é que ao ser preparado*	Um erro no preparo do medicamento,	Síntese do medicamento e

		o medicamento, quem o fez colocou uma quantidade muito elevada de Ba+² fazendo com que a solução ficasse muito tóxica."	excesso de Ba^{2+}, elevou a toxicidade do medicamento.	intoxicação.

Quadro 6: Respostas das duplas para a questão 4 do módulo 1

As respostas das duplas indicam que a leitura do texto do AVA direcionou as respostas para o fenômeno químico da solubilização em água. As duplas divergem sobre a origem do erro: a dupla Helio sugeriu que ocorreu um erro na preparação da solução e as duplas Hidrogenio e Litio sugeriram um erro na preparação do medicamento. No entanto, as três duplas compartilham da hipótese de intoxicação causada por excesso de Ba^{2+}, que solubilizou em água.

As três duplas elaboraram textos que descrevem suas hipóteses e depois explicam o que pode ter ocorrido com as amostras. Os alunos, mais uma vez, precisam recorrer aos conceitos aprendidos fora do ambiente virtual e a seus colegas para organizar uma resposta. Todas as respostas foram organizadas para atender a uma demanda criada pelo hipertexto, portanto, o nível de internalização é de domínio. No quadro 7, temos a síntese da análise das respostas das duplas.

Duplas	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
Helio	Solubilidade em água	Existe um limite para que ocorra a solubilização em água.	A pergunta do AVA	Domínio
	Intoxicação	O sulfato de bário, que não se solubilizou, causou a intoxicação.	A pergunta do AVA	Domínio
Hidrogenio	Saturação	O sulfato de bário estava saturado de bário, ou seja, tinha excesso de bário.	A pergunta do AVA	Domínio
	Solubilidade em água	A solubilidade em água deve ser utilizada para fazer os	A pergunta do AVA	Domínio

		cálculos de síntese do medicamento.		
	Intoxicação	O bário em excesso solubilizou e causou intoxicação.	A pergunta do AVA	Domínio
Litio	Síntese do medicamento	Uma quantidade elevada de Ba^{2+} foi adicionada em excesso durante a preparação do medicamento.	A pergunta do AVA	Domínio
	Intoxicação.	O excesso de Ba^{2+} fez com que a solução ficasse muito intoxica.	A pergunta do AVA	Domínio

Quadro 7: Síntese da análise 2

O módulo 1 foi finalizado com a indicação da importância do estudo dos conceitos químicos que estão ligados à resolução do problema.

5.2. Módulo 2

No módulo 2, foi iniciado o estudo das propriedades dos materiais com foco na solubilização de sais em água. O estudo da solubilização de sais em água foi justificado pelos seguintes fatos: o sulfato de bário é um sal, o contraste radiológico é composto por sulfato de bário e água, o uso do sulfato de bário é seguro devido a sua baixíssima solubilidade em água.

Os alunos começam a estudar uma animação que descreve o processo de solubilização do cloreto de sódio em água. Este processo é apresentado como um modelo simples de solubilização de um sal em água. A partir deste foram estudadas as propriedades dos sais e da água, que podem ser aplicadas ao fenômeno ocorrido na interação entre o sulfato de bário e a água. Os alunos analisaram a animação da *Solubilização do cloreto de sódio em água* com os propósitos de descrever e explicar as etapas do processo à luz de conceitos químicos estudos na sequência didática.

O conteúdo do módulo 2 focou no estudo da natureza das ligações que unem cátions e ânions, nas manifestações físicas destas ligações (variação de temperatura de fusão em diferentes sais, organização espacial das ligações químicas no retículo cristalino, estado de agregação das partículas em diferentes estados físicos, etc.) e no processo de solubilização de sais em água. O estudos das propriedades dos sais e construção de um modelo (descritivo, interpretativo e explicativo) para o processo de solubilização de sais em água foram os focos deste módulo, no módulo 3 o foco passa a ser a água e suas propriedades físico-químicas.

5.3. Módulo 3

Depois de uma síntese do problema e dos passos percorridos até aquele momento, iniciou-se o estudo da água a partir de sua capacidade de solubilizar uma quantidade significativa de materiais. Os textos da sequência de ensino revisaram conceitos relacionados às misturas (tipos de mistura, diferenciação entre solvente/soluto e mistura/solução) e evidenciam a capacidade de solubilização da água em comparação a outros líquidos. O conteúdo deste módulo discutiu a propriedade de solubilização da água no nível macroscópico e não apresenta explicações para o fenômeno e para as propriedades da água. Uma abordagem submicroscópica foi empregada no módulo seguinte.

5.4. Módulo 4

No módulo 4, a molécula de água e suas propriedades foram estudadas para construir um modelo, que permite descrever e explicar as propriedades da água que são observadas macroscopicamente. Estudou-se um conjunto de conceitos ligados à composição, ao arranjo

espacial da molécula de água e às interações que ocorrem entre as moléculas de água e as partículas de um soluto – que resultaram, ou não, na solubilização desses materiais.

Para construir um modelo capaz de explicar e interpretar as propriedades da água, foi estudada a composição e a distribuição espacial dos átomos da molécula de água e as ligações químicas (que se formam na molécula e entre as moléculas de água). Para fazer esses estudos foram demandados outros, como: eletronegatividade, polaridade, geometria espacial (moléculas lineares e angulares), distribuição de carga, interação entre moléculas de água e íons, interação intermolecular e intramolecular, e ligação de hidrogênio. Ao final deste módulo, as duplas construíram um modelo para a molécula água, que permitiu explicar a polaridade da molécula, a interação das moléculas de água com cátions e ânions do cloreto de sódio e a orientação das moléculas de água e os íons do sal.

Por ser um módulo conceitualmente grande, complexo e novo para alguns alunos, dividimos o estudo das propriedades da água em dois módulos (4 e 6).

5.5. Módulo 5 e a segunda tentativa de resolver o problema

O problema foi retomado e novas informações sobre o contraste radiológico e o sulfato de bário foram apresentadas aos alunos. O texto do AVA trouxe a definição de contrastes radiológicos (ou radiopacos), descreveu as características de um radiopaco para que ele não ofereça risco à saúde, apresentou as características do sulfato de bário e descreveu como um radiopaco atua nos exames radiológicos.

Duas formas de obtenção do sulfato de bário foram apresentadas aos alunos: a extração do minério e a precipitação de sais bário solúveis em água. Foi pedido aos alunos, que propusessem uma síntese para o sulfato de bário com base em uma tabela de sais de bário

(solúveis e insolúveis em água). Em seguida, foi pedido um teste para detectar a presença de íons bário que restaram na solução ao final da síntese.

A segunda tentativa de resolução do problema surgiu após a descrição do teste para identificar presença de íons bário, que restaram ao final da síntese. Após a descrição do teste, foi pedido as duplas que retomassem as respostas as questões 4 e 5 do módulo 1 e respondessem a nova questão: "Discuta com seu colega e sugira hipóteses que permitam explicar o que pode ter acontecido com as amostras do medicamento, que causaram o envenenamento dos pacientes que ingeriram a suspensão de sulfato de bário?". No quadro 8, temos as respostas das três duplas.

Dupla	***Data***	***Resposta***	***Interpretação do enunciado***	***Conceitos significados***
Helio	2008-12-08	*"As amostras que causaram o envenenamento poderiam conter apenas bário (cátion) ligado a um anion que não sabemos qual é, não sulfato de bário."*	As amostras, que causaram o envenenamento, continham cátion bário e um ânion desconhecido, que não é o sulfato.	Interação cátion-ânion e envenenamento.
Hidrogenio	2008-12-15	*"Pensamos que a solução estava saturada em bário, pois numa solução aquosa equilibrada não haveriam problemas."*	A solução aquosa continha excesso de bário. Se estivesse em equilíbrio não haveria problemas.	Solução, saturação e equilíbrio.
Litio	2008-12-15	*"Pode ter ocorrido de ao ter sido preparadas as amostras, ao ser feito a pessoa que o preparou colocou,para a obtenção de sulfato de bário, cloreto de bário e ao invez de outro sal solúvel em água com sulfato colocou um sal muito pouco solúvel em água com sulfato, e assim o sulfato não atrairia o bário e logo não ha sulfato de bário."*	No preparo das amostras, não houve a formação de sulfato de bário, porque ocorreu um erro e foi colocado um sal de sulfato muito pouco solúvel em água, que não forneceu íons sulfato para reagir com íons bário.	Síntese do sulfato de bário, solubilidade de sais e interação íon-íon.

Quadro 8: Respostas das duplas para a questão 2 do módulo 5

As duplas Helio e Litio consideraram a possibilidade que haver na amostra um sal de bário solúvel em água. A dupla Litio, no entanto, foi além e propôs a explicação para um possível erro na preparação da amostra (adição de um sal de sulfato pouco solúvel em água), que acarretou em problemas na síntese do sal (não havia íons sulfato para atrair os íons bário). Na questão 4 do módulo 1, a dupla Litio declarou que o envenenamento poderia ter ocorrido em virtude de um excesso de íons bário no medicamento.

A dupla Helio fez referência à ligação entre o cátion bário e um ânion desconhecido que causou o envenenamento. Na questão 4 do módulo 1, a dupla propôs que o problema estava na manipulação da amostra, na questão atual (questão 2 do módulo 5), a dupla considerou que o problema estava na síntese da amostra. Esses dados indicam que o contexto criado pelo AVA – síntese de sulfato de bário – promoveu a reelaboração de significados e a reorganização das ações que levaram a realização da atividade de resolução do problema.

O contexto criado pelo hipertexto se refletiu na resposta da dupla Litio, que levantou uma hipótese considerando um possível erro na síntese e produziu uma explicação para o resultado da síntese a partir da interação entre os íons em solução. A dupla demonstrou que os significados construídos permitiram a reorganização da resposta da questão 4 do módulo 1, que trazia o excesso de Ba^{2+} na amostra, como provável causa da intoxicação. Os novos significados produzidos no estudo na sequência contribuíram para a uma explicação acerca da origem desse excesso de íons bário. Os significados expressados pela dupla indicam que o domínio dos conceitos favoreceu a reorganização de pensamento que se aproxima da estruturação da esfera química: levantamento de hipótese e explicação com base na articulação de conceitos.

Entretanto, a dupla Hidrogenio não fez uso dos conceitos químicos no AVA; manteve a hipótese de excesso de bário na solução aquosa e acrescentou o conceito de equilíbrio, que

não foi estudado na sequência didática. A síntese das análises desse episódio encontra-se no quadro 9.

Duplas	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
Helio	**n**	**O envenenamento foi causado por um ligado ao cátion bário. O ânion não é sulfato.**	**Conteúdo do AVA**	**Domínio**
Hidrogenio	**Solução e saturação.**	**A solução apresentava saturação (excesso) de bário.**	**Conteúdo do AVA**	**Domínio**
	Saturação e equilíbrio	**A solução não está em equilíbrio porque existe excesso de bário.**	**Conteúdo do AVA**	**Não apresenta domínio**
Litio	**Solubilidade e síntese do sulfato de bário.**	**A solubilidade da amostra foi alterada durante a síntese do sulfato de bário.**	**Conteúdo do AVA**	**Domínio**
	Solubilidade de sais e interação íon-íon.	**Um sal de sulfato pouco solúvel em água não forneceu os íons necessários para reagir com os íons bário.**	**Conteúdo do AVA**	**Domínio**

Quadro 9: Síntese da análise 3

Depois de lançar suas hipóteses, os alunos organizaram estratégias para testar essas hipóteses. Esta atividade que teve o objetivo de orientar os alunos para a organização de uma atividade de investigação e de resolução do problema via atividade experimental. No quadro 10, temos as respostas das duplas para a pergunta: “Por fim, elabore uma ou mais estratégias que permitam investigar as hipóteses levantadas pela dupla.”

Dupla	***Data***	***Resposta***	***Interpretação do enunciado***	***Conceitos significados***
Helio	2008-12-08	*"Investigaríamos essa hipótese baseando-se qual é o anion que está ligado no cátion (bário). Assim, tirariamos apenas esse anion para estudo."*	A hipótese seria testada a partir da separação do ânion ligado ao bário.	Separação de misturas e ligação iônica.
Hidrogenio	2008-12-15	*"Pode-se analisar uma amostra no laboratório para verificar se a quantidade de bário está adequada e/ou fazer exames para detectar a quantidade de bário nas pessoas contaminadas."*	A hipótese seria verificada a partir da quantificação do bário presente na amostra e nas pessoas contaminadas.	Análise quantitativa.
Litio	2008-12-15	*"A estratégia mais plausivel encontrada pela dupla para a hipótese seria saber se o sal com sulfato, colocado para a abtenção do sulfato de bário, é solúvel ou pouco solúvel em água, para ter certeza de que o sulfato será separado para reagir com o bário."*	A hipótese seria constada a partir do teste da solubilidade do sal de sulfato utilizado na síntese de sulfato de bário.	Solubilidade de sais e síntese do sulfato de bário.

Quadro 10: Respostas das duplas para a questão 3 do módulo 5

As estratégias de investigação adotadas pelas duplas são compatíveis com as hipóteses analisadas anteriormente. No entanto, nenhuma dupla detalhou o procedimento que tornaria possível a realização dos testes das hipóteses. Os alunos conseguiram propor o que deve ser feito, mas não souberam descrever "*como fazer*", ação que exige maior domínio das práticas da esfera científica, principalmente da elaboração de atividades experimentais.

As duplas Helio e Litio demonstraram domínio dos conceitos estudados, interação cátion-ânion e solubilidade de sais em água, respectivamente, e conseguiram propor estratégias para testar suas hipóteses. Os significados atribuídos aos conceitos limitam-se ao contexto criado pela sequência didática, pois as ações e as escolhas dos conceitos ocorreram em resposta a uma exigência da sequência de ensino.

A resposta da dupla Hidrogenio não evidencia o emprego dos conceitos químicos estudados no AVA. Contudo, as alunas demonstraram domínio dos conceitos apresentados no enunciado da dupla, porque elas propuseram um teste quantitativo para analisar a hipótese de excesso de bário na solução.

O quadro 11 apresenta a síntese da análise e caracterização do processo de produção de significados para a questão 3 do módulo 5.

Duplas	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
Helio	Separação de misturas e ligação iônica.	Extraindo o ânion ligado ao cátion bário, descobri-se o contaminante da amostra.	Conteúdo do AVA	Domínio
Hidrogenio	Análise quantitativa.	Sabendo a quantidade de bário presente na amostra e nas pessoas contaminadas constata-se o excesso de bário na solução.	Conteúdo do AVA	Domínio
Litio	Solubilidade de sais e síntese do sulfato de bário.	Os dados da solubilidade do sal de sulfato utilizado na síntese do sulfato de bário permitem testar a hipótese de erro na síntese do sulfato de bário.	Conteúdo do AVA	Domínio

Quadro 11: Síntese da análise 4

O final do módulo 5 sinalizou para a necessidade de continuar o estudos das propriedades dos materiais e para a construção de um modelo explicativo para o processo de solubilização. O hipertexto também indica que as hipóteses lançadas pelas duplas poderão ser confirmadas ou refutadas com a continuidade do estudo.

O modulo 5 foi concluído na última semana de atividades antes do recesso de férias, que aconteceu na segunda quinzena de dezembro até a primeira semana de fevereiro de 2009, data em que os alunos retornaram às atividades da Pré-Iniciação Científica.

5.6. Módulo 6 e a terceira tentativa de resolver o problema

As atividades no ambiente virtual recomeçaram com uma revisão dos módulos 1 ao 5. O módulo 6 deu prosseguimento ao estudo das propriedades da água com especial atenção à teoria das ligações químicas e seu poder de explicação e de previsão das propriedades dos materiais. As primeiras propriedades estudadas pelo prisma das ligações químicas foram as temperaturas de fusão e ebulição.

Também foi feita uma revisão sobre as ligações iônicas e o processo de mudança de estados físicos no nível das partículas. Foi neste contexto que os alunos tiveram mais uma oportunidade de ressignificar o problema do AVA.

A terceira tentativa surgiu depois de analisar a variação dos valores de temperaturas de fusão e ebulição de cinco sais de bário apresentados em uma tabela. O propósito desta análise foi orientar para uma observação importante: cada material possui um conjunto de propriedades que o diferenciam dos outros materiais. Deste fato decorre que a identificação de um material (como a amostra do medicamento) pode ser feita testando-se suas propriedades químicas. Neste contexto, o problema é retomado e analisado. No quadro 12, apresentamos as respostas das duplas para a questão 3 do módulo 6: "Como estas informações podem auxiliar na resolução do problema da amostra de medicamento contaminada?"

Dupla	***Data***	***Resposta***	***Interpretação do enunciado***	***Conceitos significados***
Helio	2009-02-16	*"O que pode ser concluido sobre a amostra é que não vai haver fusão total. Este procedimento pode auxiliar na resolução do problema da contaminação pelo contraste rediológico, de maneira que dependendo da fusão (se ela ocorreu), a substancia pode ser ou nao ser tóxica."*	Se houver outro sal na amostra, não ocorrerá a completa fusão do sal. Dependendo do valor da temperatura de fusão, pode-se concluir se a amostra é tóxica, ou não.	Temperatura de fusão, identificação de materiais e toxicidade da amostra.

Hidrogenio	2009-02-16	*"O que pode ter acontecido, foi que fundiram muito os sais que compoem o sulfato de bário assim eles ficaram em seu estado liquido e conseguiram se solubilizar na água e com isso foi colocado mais sulfato de bário na composição."*	O sulfato de bário fundido ficou no estado líquido e conseguiu se solubilizar em água, com isto, mais sulfato de bário foi solubilizado.	Fusão de sais e solubilização de sais em água.
Litio	2009-02-11	*"essas informações podem auxiliar na resolução do problema pois com a ajuda das informações podemos deduzir que a solução com sulfato de bário não teve temperatura fornecida o suficiente para que o bário tenha mudado completamente de estado (estado sólido para o liquidoFUSÃO)"*	A solução de sulfato de bário não se formou porque não foi fornecida a temperatura suficiente para a fusão completa do bário.	Temperatura de fusão e formação de soluções.

Quadro 12: Respostas das duplas para a questão 3 do módulo 5

A análise da resposta da dupla Helio permite afirmar que os alunos dominam e utilizam os conceitos estudados com habilidade para prever o resultado da fusão da amostra, em caso de contaminação por outro sal, e para apresentar um procedimento de identificação da amostra e de sua toxicidade. A resposta não está totalmente correta, porque a fusão ocorrerá "completamente" se for atingida a temperatura necessária para a mudança de estado físico da amostra (seja ela pura ou uma mistura), mas o uso do conceito é satisfatório, pois o valor da temperatura de fusão pode dar indícios sobre a composição da amostra e a partir desta informação é possível identificar a composição da amostra.

As duplas Hidrogenio e Litio não demonstram domínio dos conceitos neste contexto. A relação construída para os conceitos de temperatura de fusão e do processo de fusão foram associados à solubilidade da amostra em água. Estas são concepções conceituais relatadas pela literatura (ABRAHAM; WILLIAMSON; WESTBROOK, 1994; EBENEZER; ERICKSON, 1996) e indiciam a necessidade de mediação da professora para promover a

significação conceitual mais próxima da cientificamente aceita. Presencialmente, a professora conversou com as duplas, discutiu os conceitos e procurou esclarecer os equívocos.

As três duplas organizaram suas ações de forma contextualizada, em resposta à problemática estabelecida pela narrativa do hipertexto. Os conceitos foram utilizados para explicar como a temperatura de fusão pode auxiliar na resolução do problema. A dupla Helio utilizou os significados dos conceitos de forma apropriada, enquanto as outras duas duplas utilizaram os significados do termo fusão de sais, relacionando-o com a formação de soluções, que implicou na produção de um significado equivocado: os sais fundidos se solubilizam mais facilmente em água. O resultados das análises da 3ª questão do módulo 5 encontram-se no quadro 13.

Duplas	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
Helio	Temperatura de fusão e identificação de materiais.	Não ocorrerá a fusão completa se a amostra estiver misturada com outro sal.	Conteúdo do AVA	Domínio
	Temperatura de fusão e toxicidade da amostra.	A temperatura de fusão pode ser utilizada para identificar a toxicidade da amostra.	Conteúdo do AVA	Domínio
Hidrogenio	Fusão de sais e solubilização de sais em água.	Sais fundidos são mais solúveis em água.	Conteúdo do AVA	Não apresentou domínio
Litio	Temperatura de fusão e formação de soluções.	Para formar uma solução é preciso atingir a temperatura de fusão do sal.	Conteúdo do AVA	Não apresentou domínio

Quadro 13: Síntese da análise 5

Na sequência das interações, quadros 53, 54 e 55 do Anexo 1, o tutor comentou as respostas e aprofundou a relação entre temperatura de fusão e a identificação da amostra, chegando propor um procedimento experimental por parte da dupla Helio. Com as duplas

Hidrogenio e Litio, o tutor fez perguntas para que os alunos refletissem sobre suas respostas e construíssem uma nova resposta. Este procedimento parece ter tido maior sucesso com a dupla Litio, porque a dupla Hidrogenio não conseguiu expressar, em seu texto, as relações esperadas entre a temperatura de fusão e identificação da amostra (Quadros 53, 54 e 55 do Anexo 1). As questões apresentadas nesta sessão foram importantes para encaminhar a resolução do problema central do AVA e para introduzir uma forma de organização do pensamento e das ações próprias da esfera da Química. Mais do que utilizar os conceitos de forma correta, a professora esperava que seus alunos elaborassem um discurso com apresentação das hipóteses e organização dos procedimentos com base em conceitos, pois estas ações auxiliariam na resolução do problema e indiciariam o domínio dos conceitos.

O módulo prosseguiu com o estudo das ligações químicas nos compostos moleculares. As ligações de hidrogênio foram retomadas e os alunos estudaram a influência das ligações de hidrogênio na variação das temperaturas de fusão e ebulição dos hidretos das famílias do nitrogênio, hidrogênio e flúor. Este estudo foi feito com base em curvas de variação de temperatura versus massa molecular, construídas a partir de tabelas que continham dados sobre os hidretos das três famílias citadas.

Na sequência do módulo 6, os alunos estudaram as ligações covalentes (como são formadas, os tipos de ligações covalentes e exemplos de misturas polares e apolares). Neste contexto, os alunos foram convidados a explicar a célebre frase “Semelhante dissolve semelhante” e apresentaram explicações para a capacidade que a água possui de solubilizar compostos iônicos, polares e apolares. Os alunos recorrem ao modelo desenvolvido para estudar os sais, a molécula de água e as propriedades destes materiais e expandiram o modelo de ligações intermoleculares para explicar a interação entre compostos iônicos e moleculares.

5.7. Módulo 7 e a quarta tentativa de resolver o problema

No módulo 7, os alunos estudaram o processo de solubilização. Logo no início do módulo, foi relembrada a importância do uso dos modelos para o estudo da solubilização de sais em água. Antes de promover esta reflexão, as duplas foram inquiridas sobre a importância de utilizar o cloreto de sódio como um modelo para a solubilização de sais em água, no lugar do sulfato de bário. O texto explicou que o cloreto de sódio é um sal muito conhecido e de estrutura bem simples, que sua a solubilização em água é um processo muito estudado e que permite descrever, explicar e prever outros processos de solubilização. Foi neste contexto de uso de modelos explicativos e de sua importância, que o módulo 7 foi introduzido.

As duplas retomaram a animação da *Solubilização do cloreto de sódio* (Quadro 1, página 63) e representaram cada etapa do processo em desenho com legendas. Depois foi pedido que eles descrevessem e representassem o que aconteceu quando um excesso de sal ficou depositado no fundo do recipiente. O propósito desta atividade foi discutir por que as partículas estão em constante movimento, com formação e quebra de ligações entre as partículas do soluto e do solvente, e que os íons movimentam-se do cristal para a solução e da solução para o cristal, em um processo dinâmico. Depois foi pedido para as duplas explicarem como fariam para solubilizar o excesso de sal que não se solubilizou e que ficou depositado no fundo do recipiente. Esta questão foi o ponto de partida para estudar o efeito da temperatura, da superfície de contato, da agitação e da mudança de solvente para a solubilização dos materiais.

Dois procedimentos foram apresentados aos alunos, aumento da temperatura e adição de mais solvente. Pediu-se para que os alunos explicassem como estes procedimentos alterariam a solubilidade, fazendo uso de conceitos já estudados (interação, ligações intermoleculares, movimento das partículas, energia de ligação etc.). Eles apresentaram suas

respostas sob a forma de texto escrito e de desenhos. Depois de explicar os procedimentos, os estudantes começaram a estudar cada um dos fatores que provocam a mudança na propriedade de solubilização. O primeiro fator estudado foi a temperatura.

É importante destacar que até o módulo 6, a solubilidade foi apresentada como uma propriedade dos materiais e um fenômeno resultante da interação entre soluto e solvente. A definição de solubilidade, como a quantidade máxima de soluto que pode ser dissolvida em um determinado solvente a uma dada temperatura e pressão, foi conceituada após a análise da curva de solubilidade de sais em água (Figura 10).

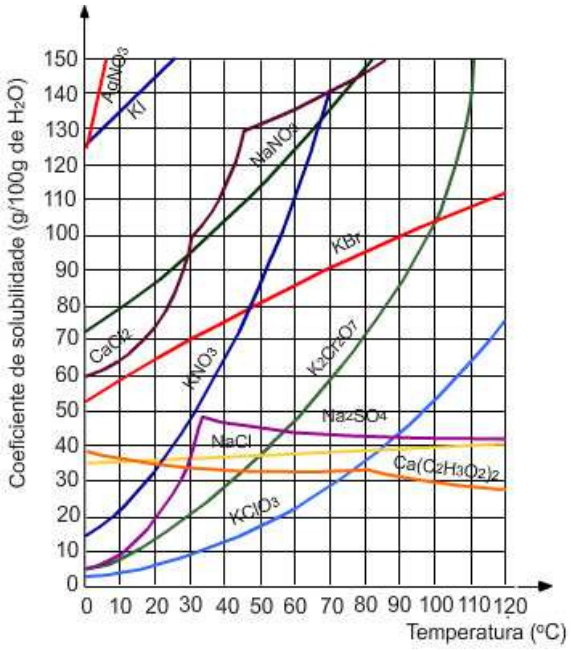

Figura 10: Gráfico 2 – Coeficiente de solubilidade em água x temperatura para alguns sais.

Feita a análise do efeito da temperatura no processo de solubilização de sais em água e a construção do conceito de solubilidade, as duplas utilizaram estas informações para propor um método de identificação de uma amostra desconhecida. Esta atividade não foi apresentada como uma estratégia de resolução do problema, mas ela acabou sendo considerada como se fosse uma estratégia e foi utilizada pelos alunos no módulo de resolução do problema. Por isso, consideramos essa atividade como mais uma tentativa de resolver o problema.

A quarta tentativa foi a resposta ao item "c" da questão 13 do módulo 7, apresentada no quadro 14. A questão possui o seguinte enunciado: "Volte ao gráfico 2 e encontre a solubilidade do KNO_3 (nitrato de potássio) a 40°C. Discuta com seu colega e responda:

a) Explique o que significa o valor encontrado.

b) O que acontece com a solubilidade deste sal quando a temperatura do sistema varia?

c) Como você utilizaria os dados encontrados na tabela para identificar uma amostra de um sal desconhecido?"

Dupla	***Data***	***Resposta***	***Proposição***	***Conceito***
Helio	2009-06-15	*"c) Utilizariamos os dados encontrados na tabel apara identificar uma amostra de um sal desconhecido analisando a composição do material e comporando os valores com o da tabela."*	A identificação seria feita comparando os dados do material com os valores da "curva".	Identificação de materiais e curva de solubilidade.
Hidrogenio	2009-06-15	*"idem dupla Litio"*		
Litio	2009-06-15	*"C)Experimentaria todas as temperaturas e analisaria qual temperatura ele se solubilizaria totalmente, e colocaria dierentes gramas de sais para ter certeza."*	Fazer teste de variação de temperatura, para descobrir a temperatura de solubilização, e teste de variação de massa, para confirmar os dados.	Identificação de materiais e curva de solubilidade.

Quadro 14: Respostas das duplas para o item "c" da questão 13 do módulo 7

Como é possível visualizar no quadro 14, as duplas Hidrogenio e Litio possuem as mesmas respostas. Isto aconteceu porque uma das alunas que compunha a dupla Hidrogênio afastou-se do Projeto, por motivos de saúde, e a outra aluna passou a trabalhar sozinha, por escolha própria. No dia 15/06/09, o aluno que fazia parte da dupla Litio faltou, para evitarmos o trabalho individual nas duas duplas, resolvemos unir as alunas.

Nos enunciados das respostas, as duplas utilizam os mesmos conceitos, mas elaboraram respostas que indicam níveis de domínio conceitual diferentes. A dupla Helio propôs a comparação de dados do material e da curva, mas não conseguiu expressar que valores seriam estes e como obtê-los. A dupla Litio, por sua vez, propôs o teste de variação de temperatura para descobrir qual temperatura o sal desconhecido solubilizaria e os testes com variação da massa do sal. Não temos dados para afirmar que, no primeiro teste, a massa seria mantida constante e que, no segundo teste, a temperatura seria constante, mas é possível considerar que a dupla deu os primeiros passos para elaborar um procedimento experimental, competência importante e necessária para a realização da atividade de resolução do problema. O domínio da ação de elaborar procedimentos experimentais é tão relevante, que a professora encaminhou um comentário para a dupla Helio, solicitando a descrição do procedimento de identificação da amostra. O comentário e o procedimento descrito pela dupla podem ser encontrados no quadro 57 do Anexo 1.

No quadro 15 apresentamos a síntese da análise deste episódio.

Duplas	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
Helio	Identificação de materiais e curva de solubilidade.	A identificação pode ser feita comparando dados do material e valores da curva.	Pergunta do AVA	Domínio
Litio	Identificação de materiais e curva de solubilidade.	A identificação pode ser feita variando-se a temperatura e/ou a massa da amostra.	Pergunta do AVA	Domínio
Hidrogenio	*Idem dupla Litio*	*Idem dupla Litio*	*Idem dupla Litio*	*Idem dupla Litio*

Quadro 15: Síntese da análise 6

O contexto em que ocorreu a organização destas ações foi promovido pela sequência didática, todo o AVA de solubilidade foi desenvolvido para que os alunos construíssem

significados para a rede de conceitos ligados à solubilidade e que este conjunto de conceitos possibilitasse a organização de ações que resultariam na solução do problema. Embora tenha sido planejado para chegar ao momento de resolução do problema, o contexto para a resolução não poderia vir de uma demanda exclusivamente nossa, pois o nível de significação que caracteriza a apropriação de ferramentas culturais precisa vir de um contexto escolhido pelo aluno. Esta situação só aconteceria, em situações ideais, fora da escola, na aula de outro professor ou em uma situação completamente diferente da construída pelo professor, para ensinar ou aplicar um conceito específico. Nestas situações o aluno reconheceria o valor da ferramenta conceitual e a utilizaria na execução de uma atividade descontextualizada.

As circunstâncias em que nos encontrávamos com os alunos, dois encontros semanais para realizar dois projetos – aplicação do AVA e produção dos vídeos de divulgação científica – e passado mais da metade do tempo que tínhamos disponível para realizar os projetos, nos deixou mais atentos para observar possíveis contextos de significação criados pelos alunos, ou seja, indícios de apropriação dos conceitos. Estamos fazendo estas observações, porque foi durante uma conversa entre a professora e os estudantes, que ocorreu durante a mediação da resposta do item c, analisado acima, que surgiu a oportunidade de caracterizar a apropriação de significados.

Ao narrar sua experiência, como aluna universitária, em determinar os sais presentes em uma amostra desconhecida, os alunos ficaram curiosos e perguntaram se poderiam fazer o mesmo com a amostra do medicamento. A professora concordou e propôs que esta poderia ser a atividade que eles realizariam para responder ao problema proposto no AVA. Esta demanda dos alunos criou uma oportunidade de caracterizar a apropriação de significados, pois os alunos iriam elaborar procedimentos experimentais para analisar o medicamento e resolver o problema do caso Celobar®.

Na sequência do módulo 7, os alunos estudaram a influência da temperatura, da agitação e da superfície de contato no processo de solubilização, como estas variáveis contribuem para a rapidez do processo e a influência do solvente (quantidade e tipo de solvente polar ou apolar). Neste momento, aconteceu uma pausa nas atividades no ambiente virtual e os alunos realizaram uma atividade experimental. Nesta atividade, os alunos tiveram que preparar um roteiro experimental para investigar os fatores que alteraram a solubilização de comprimidos de efervescentes. As duplas receberam um material instrucional que orientou a organização do roteiro experimental (em dupla) e do relatório individual (Anexo 2).

Os alunos elaboraram os roteiros em dupla, depois as duplas se reuniram, compartilharam suas propostas e elaboraram um único procedimento, que foi realizado pelo grupo todo. A professora pediu para que os alunos, individualmente, produzissem relatórios sobre os experimentos. Os relatórios deveriam conter introdução (apresentação dos conceitos, hipóteses e objetivos do experimento), materiais e métodos, resultados e conclusões. O relatório foi sugerido como atividade de férias, que deveria ser entregue no segundo semestre.

Com a atividade experimental, pretendíamos aproximar os alunos da Escola Estadual Adib Chammas do laboratório, pois sabíamos que eles não realizavam atividades experimentais na sua escola. Também pretendíamos propor uma atividade experimental que exigiria a realização de ações importantes para a resolução do problema, tais como: levantamento de hipóteses, preparação do roteiro experimental, coleta e análise dos resultados e conclusão.

Depois da atividade experimental, os alunos estudaram a influência das características do solvente no processo de solubilização e foi lançado um exemplo que seria importante para a resolução do problema: o exemplo da alteração da solubilização do bicarbonato de sódio, provocado pela adição de ácido à água. Este foi o último conceito estudado e o módulo terminou com a retomada do problema.

O estudo do AVA de solubilidade foi interrompido e os alunos saíram de férias. As atividades foram retomadas na segunda quinzena de agosto, devido ao surto de Gripe H1N1 ou Gripe A.

5.8. Módulo 8

Neste módulo foi feita a revisão e a aplicação dos conceitos estudados em uma atividade que exigiu a previsão e a explicação para a formação, ou não, de soluções, quando foram misturados dois novos solutos (iodo e iodeto de potássio) e dois solventes (álcool etílico e água). A atividade foi organizada em duas etapas: apresentação dos materiais e formas de obtenção e atividade experimental.

Sobre o iodeto de potássio, o texto do AVA apresentou o método de obtenção comercial do sal, evaporação da água do mar. Os alunos explicaram e esquematizaram o processo de formação de cristais do iodeto de potássio (KI) a partir da água do mar. Depois o texto conduziu a atenção dos alunos para o fenômeno químico relacionado ao processo de obtenção do iodeto de potássio, a recristalização, que é utilizada, também, para identificar e purificar sais e outras substâncias que se apresentam no estado sólido em temperatura ambiente. Neste contexto, os alunos responderam a uma questão que não estava diretamente relacionada ao problema do contraste radiológico, mas que foi retomada pelos alunos nas atividades de resolução do problema. Por isso, analisaremos as respostas das duplas para a questão 7 do módulo 8: “Como é possível identificar uma substância a partir do processo de recristalização? Por exemplo, como você identificaria uma amostra que pode ser cloreto de sódio a partir do processo de recristalização?”

Dupla	*Data*	*Resposta*	*Explicação*	*Conceito*
Helio	2009-09-02	*"A partir do processo de cristalização, podemos identificar uma amostra de cloreto de sódio a partir de suas propriedades que observamos durante o processso de recristalização. Essas propriedades podem ser a solubulização (analisando o coeficiente de solubilização), de temperatura de fusao entre outras."*	A identificação seria feita a partir das propriedades do sal: coeficiente de solubilização e temperatura de fusão.	Identificação de materiais, recristalização, coeficiente de solubilidade e temperatura de fusão.
Litio[15]	2009-09-02	*"Utilzariamos o processo de precipitação do sal."*	Utilizaria o processo de precipitação.	Precipitação.

Quadro 16: Respostas das duplas para a questão 13 do módulo 7

A dupla Helio resgatou conceitos estudados no módulo 7, coeficiente de solubilidade e temperatura de fusão, e explicou como é possível identificar o sal recristalizado a partir de suas propriedades. Além de apresentar domínio do conceito de recristalização, os alunos reconhecem o valor de outros conceitos que poderiam ajudá-los a realizar a atividade.

A dupla Litio, por sua vez, não elaborou uma resposta condizente com o que foi pedido, parecendo que a dupla não compreendeu a pergunta. Este fato motivou a professora a comentar a questão, e a dupla reelaborou uma resposta que se encontra no quadro 59 do Anexo 1. Na nova resposta, a dupla explicou que coletaria os dados do sal e depois verificaria a que sal se refere no gráfico de solubilidade. A dupla também reconheceu que os dados da curva de solubilidade são úteis para a identificação do sal. Embora a resposta não seja tão completa quanto a resposta da outra dupla, a dupla Litio, também demonstrou domínio da ferramenta cultural.

O quadro 17 contém a síntese deste episódio.

[15] No segundo semestre de 2009, a dupla Litio passa a ser forma da por um trio, os dois alunos da dupla mais a aluna da dupla Hidrogenio que passou a trabalhar sozinha, depois do afastamento de sua colega de dupla. No dia 02/09/2009, a dupla Litio foi composta pelas duas alunas, porque o aluno Litio havia faltado.

Duplas	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
Helio	Recristalização e identificação de materiais	É possível identificar uma amostra a partir das propriedades observadas durantes o processo de recristalização.	Conteúdo do AVA	Domínio
	Coeficiente de solubilidade e temperatura de fusão.	O sal recristalizado pode ser identificado a partir de suas propriedades: coeficiente de solubilidade e temperatura de fusão.	Conteúdo do AVA	Domínio
Litio	Precipitação e identificação de materiais.	Utilizaria o processo de precipitação para identificar a amostra.	Conteúdo do AVA	Domínio

Quadro 17: Síntese da análise 7

Depois de resolver esta questão, foi proposta uma atividade em que os alunos tiveram que prever e explicar o que aconteceria com as misturas entre iodo e água, iodo e álcool etílico, iodeto de potássio e água, iodeto de potássio e álcool etílico. Antes da atividade, os alunos conheceram um pouco sobre o iodo e álcool etílico (forma de obtenção, composição química e estrutura molecular). Eles explicaram porque o álcool é solúvel em água e esquematizaram as ligações químicas formadas entre as moléculas. Além disso, propuseram uma estrutura para a molécula de iodo, representaram as interações entre moléculas de iodo no estado sólido e indicaram as características de bom solvente para o iodo. Depois de realizar todas estas atividades, eles voltaram para as previsões e explicações.

As duplas discutiram e preencheram um quadro que continha os componentes das misturas (iodo e água, iodo e álcool etílico, iodeto de potássio e água, iodeto de potássio e álcool etílico), espaços para responder duas perguntas (Solubiliza? e Por quê?) e espaços para representar as interações entre as partículas do solvente e do soluto. Os alunos realizaram todas estas atividade em uma tarde e no encontro seguinte socializaram as respostas. Neste

encontro, a professora levou amostras dos materiais, realizou os experimentos e discutiu os resultados, com representação das interações entre as partículas na lousa. Esta foi a atividade que encerrou o módulo 8.

A professora lembrou à turma que no encontro seguinte seria iniciado o módulo em que o problema seria resolvido.

5.9. Módulo 9 e a resolução do problema

A resolução do problema foi alcançada com base na interpretação dos resultados obtidos em experimentos planejados pelos alunos. Cada dupla recebeu uma amostra de sulfato de bário e uma amostra que simulava o medicamento, ou seja, uma mistura de sulfato de bário e o carbonato de bário (sal que contaminou a amostra). As amostras tinham aproximadamente 10g de sólido e a mistura foi preparada na proporção de 3 partes de sulfato de bário ($BaSO_4$) para 1 parte de carbonato de bário[16] ($BaCO_3$).

A seguir, apresentaremos as análises dos episódios selecionados em diferentes momentos da etapa de resolução do problema.

5.9.1. O primeiro experimento

No módulo 9, o problema e as hipóteses lançadas no decorrer dos módulos 1 ao 8 foram retomadas pelos alunos e o propósito do módulo – investigar uma amostra semelhante à amostra do contraste radiológico para descobrir o que aconteceu com o medicamento que intoxicou os pacientes – foi apresentado. Antes de testar empiricamente suas hipóteses, os alunos responderam quatro perguntas: Quais são os objetivos deste experimento?, Quais as

[16] Devido a toxicidade do carbonato de bário, os alunos foram orientados a utilizar luvas descartáveis, não levar as mãos ao rosto e à boca e lavá-las após a manipulação da amostra. Além destes cuidados, os alunos utilizaram os aventais, cabelos presos e óculos quando trabalharam com ácido ou aquecimento.

hipóteses para o experimento?, Qual o raciocínio usado para chegar as hipóteses? e Quais conceitos químicos estão relacionados ao experimento? Depois as duplas receberam as instruções para a produção do roteiro experimental e começaram a elaborar os procedimentos. A professora mediou a atividade, tirou dúvidas e sugeriu correções nos procedimentos.

No encontro seguinte, no laboratório didático, as duplas corrigiram os procedimentos e a professora os levou à bancada. Como os procedimentos eram muito parecidos, a professora sugeriu que as duplas explicassem como pretendiam proceder. Este episódio foi selecionado e a transcrição encontra-se no quadro 60 do Anexo 1. Aqui analisaremos alguns trechos, o primeiro trecho encontra-se no quadro 18.

No episódio, a professora sabe que os procedimentos possuem semelhanças e diz isto aos alunos, mas, ao invés de apontar as semelhanças, ela pede para a aluna da dupla Helio descrever seu procedimento. A partir da análise deste episódio, identificaremos os conceitos químicos eleitos e articulados pelos alunos para organizar a atividade, destacaremos os significados destes conceitos e caracterizaremos a ressignificação dos conceitos. Vejamos a transcrição deste episódio:

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Observações complementares***
01	P	1. ... o: os dois procedimentos eles têm 2. algumas coisas parecidas tá/ os dois 3. procedimentos/ então quer ver uma 4. coisa/ como que você vai/ qual que é a 5. ideia do seu o: do procedimento da 6. dupla de vocês/ Helio	(a professora pega os procedimentos das duplas e põe sobre a bancada) (a professora aponta para os alunos da dupla Helio)
02	M	7. que tem um sal	---

03	D	8. a gente vai é:/ que a gente tem dois 9. sais misturados na amostra/ aí a gente 10. solubiliza a amostra e como a gente 11. sabe que o sulfato de bário não 12. solubiliza vai solubilizar só o outro/ 13. então quando a gente pega tudo/ tudo 14. que tá lá na água a gente pega e filtra 15. o: pra tirar o bário que não vai ser o 16. sulfato mas a gente vai ficar só com 17. água e o outro sal/ aí a gente vai pegar 18. esse sal e recristalizar/ o que a gente 19. conseguiu recristalizar a gente vai 20. solubilizar ele/ e a partir da 21. solubilização/ como solubiliza em 100g 22. de água a gente vai fazer conta/ e da 23. forma física como ele é a gente 24. descobre que sal é esse	---

Quadro 18: 1ª atividade experimental – primeiro trecho

Na descrição do procedimento experimental, linhas 8 e 9, a aluna "D" apresenta a hipótese da dupla Helio, "*tem dois sais misturados na amostra*". Esta hipótese já havia sido apresentada na segunda questão do módulo 5, que foi analisada no tópico 5.5. deste capítulo. Naquela ocasião, a dupla respondeu que um sal de bário, diferente do sulfato de bário, havia contaminado a amostra. Para testar a hipótese, a dupla sugeriu a identificação do ânion do sal desconhecido[17], mas a dupla não explicou como seria feita a identificação do ânion.

No episódio apresentado no quadro 18, a dupla retomou a hipótese, mas não se preocupou com a identificação do ânion desconhecido, desta vez a dupla pretendia descobrir o sal desconhecido. A dupla organizou seu procedimento com base nos conceitos químicos estudados e estruturou suas ações considerando uma segunda hipótese que está implícita na descrição do procedimento: o sal desconhecido é solúvel em água. Entre os conceitos químicos utilizados pelos alunos estão:

- A solubilidade de sais em água: no enunciado "*como a gente sabe que o sulfato de bário não solubiliza, vai solubilizar só o outro*" (turno 03, linhas 10 a 12), a aluna compartilhou um conceito que é comum a todos: o sulfato de bário não solubiliza em água. Este conceito foi sendo construído desde o início da sequência didática para problematizar o

[17] A hipótese dos alunos foi apresentada na questão 3 do módulo5 e analisada no tópico 5.5.

caso da contaminação, para suscitar a possibilidade de contaminação e para justificar a necessidade de estudar a rede de conceitos relacionados à solubilidade dos materiais. Mas neste trecho do episódio, o conceito será fundamental para sustentar a hipótese da dupla e a execução das próximas etapas do procedimento experimental.

- Quando um sal é solubilizado, seus íons ficam na solução: no enunciado "*a gente pega tudo tudo que tá lá na água; a gente pega e filtra o: pra tirar o bário que não vai ser o sulfato, mas a gente vai ficar só com água e o outro sal*" (linhas 13 a 17), a aluna compartilhou outro conceito: os íons do outro sal (que é solúvel em água) ficam em solução. Já que o sulfato de bário é pouco solúvel em água, como foi dito no enunciado anterior, bastaria separá-lo por filtração e a dupla teria o sal desconhecido na fase aquosa. A próxima etapa é obter o sal e caracterizá-lo.

- A recristalização é um método de obtenção de sais em solução: este conceito é mais uma vez compartilhado quando a aluna diz: "*a gente vai pegar esse sal e recristalizar*" (linhas 17 e 18). O conceito de recristalização fez parte do módulo 8 e na questão 7 (analisada no tópico 5.8.), os alunos propuseram um método de identificação a partir da recristalização. Naquele contexto, a dupla Helio propôs a identificação do sal recristalizado a partir da curva de solubilidade e da temperatura de fusão. No trecho a seguir observaremos que a proposta continua muito semelhante.

- É possível identificar um sal a partir de sua solubilidade em água: nas linhas 18 a 22, a aluna diz como a dupla pretendia a identificar do sal recristalizado: "*o que a gente conseguiu recristalizar, a gente vai solubilizar ele e a partir da solubilização, como solubiliza em 100g de água, a gente vai fazer conta*". A proposição é semelhante àquela apresentada no módulo 8, só que tem mais detalhes e inclui uma "conta" que deve ser feita para calcular o coeficiente de solubilidade do sal em água. No próximo parágrafo veremos que os alunos buscaram um método de identificação diferente da temperatura de fusão do sal recristalizado.

- Um sal pode ser identificado a partir das características do cristal: o enunciado anterior (linhas 18 a 22) é completado com o trecho "*e da forma física como ele é a gente descobre que sal é esse*" (linhas 22 a 24). Aqui a aluna apresenta o segundo método de caracterização do sal desconhecido, identificação da estrutura do cristal, ou como a aluna disse: a "forma física". A estrutura geométrica do retículo cristalino foi apresentada no módulo 2, quando foram estudadas as propriedades dos sais e o retículo cúbico do cloreto de sódio foi apresentado para exemplificar a forma de organização dos íons no estado sólido.

A análise deste episódio mostrou que os alunos da dupla Helio buscaram conceitos de diferentes módulos para organizar o procedimento experimental e que retomaram uma hipótese já lançada anteriormente. No entanto, a organização da atividade experimental revelou a ressignificação dos conceitos que foram estudados separadamente e significados em outros contextos e que, nos enunciados da aluna "D", passaram a ser relacionados e encadeados com o propósito de explicar as etapas do procedimento produzido pela dupla. O uso dos conceitos caracteriza um nível de domínio das ferramentas culturais superior àquele que vinha sendo caracterizado quando o AVA criava o contexto de aplicação dos conceitos estudados. Quando os alunos produzem seus próprios procedimentos experimentais, exige-se deles uma mobilização cognitiva maior, porque todas as suas ações são embasadas em conceitos científicos e estruturadas de acordo com as convenções do gênero científico-escolar, o roteiro experimental. Além do uso dos conceitos, podemos observar que a aluna estruturou um raciocínio lógico, com sentenças de *se... então...*, por exemplo: se "*a gente tem dois sais misturados na amostra*", então "*a gente solubiliza a amostra*"; se "*sulfato de bário não solubiliza*", então "*vai solubilizar só o outro*"; se "*a gente pega tudo/ tudo que tá lá na água*", então "*a gente vai ficar só com água e o outro sal*". Este tipo de construção enunciativa lógica e justificada por conceitos caracterizam um texto do gênero que é muito utilizado pela Química.

A estrutura do enunciado indicia que a aluna “D” ressignificou o modelo de organização de resolução do problema proposto nas questões do AVA, como nas questões do módulo 5: “Discuta com seu colega e sugira hipóteses que permitam explicar o que pode ter acontecido com as amostras do medicamento que causaram o envenenamento dos pacientes que ingeriram a suspensão de sulfato de bário?” e “Por fim, elabore uma ou mais estratégias que permitam investigar as hipóteses levantadas pela dupla.”. Na primeira questão temos as hipóteses e na segunda as estratégias de investigação das hipóteses. A aluna se apropriou deste modelo e produziu um enunciado do tipo: se (hipótese) “*a gente tem dois sais misturados na amostra*”, então (estratégia de investigação) “*a gente solubiliza a amostra*”.

Um detalhe importante que deve ser levado em consideração no enunciado da aluna “D” é a referência ao outro. O termo “a gente” é utilizado para se referir à ação que a dupla pretende executar (exemplo: “*a gente vai é*”, “*a gente solubiliza a amostra*” e “*a gente pega tudo*”) e para se referir a um conhecimento que é comum a todos (exemplo: “*como a gente sabe*”). Construindo o enunciado dessa forma, a aluna não só indicou que o procedimento foi produzido em conjunto, como ela compartilhou os significados produzidos pela dupla e demonstrou que aqueles significados eram comuns aos outros alunos.

Na sequência deste episódio, as alunas da dupla Litio disseram que o procedimento delas é semelhante ao procedimento relatado pela aluna “D”. Porém, a professora sabia que existiam diferenças e incentivou as alunas a descreverem os detalhes sobre o procedimento. No turno 15 do quadro 18, a professora perguntou qual era a “ideia” do grupo, mas a aluna “F” não soube explicar e a professora refez a pergunta em busca da hipótese levantada pela dupla. No turno 18, observamos que a aluna “F” não conseguiu explicar quais eram as hipóteses de sua dupla, apenas indicou que lançou três hipóteses para o problema.

Turnos	*Falantes*	*Enunciados*	*Observações complementares*
15	P	38. e vocês?/ qual que é a ideia qual que é a 39. ideia do grupo Litio?	---
16	F	40. (inaudível) é temos nossa ideia/ a principal é 41. essa daí	---
17	P	42. qual que é a hipótese do Litio?	---
18	F	43. nossas hipóteses são assim/ temos três 44. hipóteses/ tem três L? (riso)	---

Quadro 19: 1ª atividade experimental – segundo trecho

Várias trocas de turnos e intervenções da professora foram necessárias para que a dupla Litio conseguisse explanar suas hipóteses. No turno 42 do quadro 20, a aluna "L", do grupo Litio, apresentou uma hipótese semelhante à hipótese descrita pela dupla Helio: "*a amostra ser contaminada também por outro sal*". No turno 44, a aluna apresentou sua segunda hipótese, "*a água também ser contaminada*", e explicou como a contaminação poderia ter ocorrido, "*o sulfato de bário foi dissolvido em água e a gente acha que tem um sal na água que ele seja solúvel* (...) *e que aí esse sal seja tóxico e ele pode ter contaminado a água*".

Turnos	*Falantes*	*Enunciados*	*Observações complementares*
42	L	74. a amostra ser contaminada também 75. por outro sal	---
43	P	76. ah: agora seria a hipótese?	---
44	L	77. e a água também ser contaminada	---

Quadro 20: 1ª atividade experimental – terceiro trecho

A hipótese de contaminação vinda da água, utilizada para preparar o medicamento, não havia sido levantada por nenhuma dupla. No item 5.5. deste capítulo, vimos que a dupla Hidrogenio (dupla da aluna "F") levantou a hipótese de "saturação" de bário em solução, decorrente de excesso de bário no medicamento. Enquanto a dupla Litio (dupla da aluna "L") afirmou que um erro na síntese do sulfato de bário poderia ter produzido um sal solúvel em água e que este sal contaminou as pessoas. As duas hipóteses, embora diferentes entre si, apontaram para a mesma origem do bário: o medicamento.

A nova hipótese, levou a professora a pedir para a aluna "L" explicar sua hipótese

(turno 55 do quadro 21) e no turno 55, a aluna disse: "*a gente acha que tem um sal na água que ele seja solúvel (...) e que aí esse sal seja tóxico e ele pode ter contaminado a água*".

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Observações complementares***
54	P	89. a água o quê? L?	---
55	L	90. a água que foi preparada (inaudível) o 91. sulfato de bário foi dissolvido em água 92. e a gente acha que tem um sal na 93. água que ele seja solúvel/ [D: ah:] e 94. que aí esse sal seja tóxico e ele pode 95. ter contaminado a água/ (...)	---

Quadro 21: 1ª atividade experimental – quarto trecho

Dos turnos 42 ao 44, 54 e 55, temos o levantamento de uma hipótese plausível, que não foi cogitada pela dupla Helio: a contaminação poderia ter corrido via solvente (água) e não pelo soluto (medicamento). Mesmo tendo dificuldade de diferenciar hipótese e procedimento (turnos 15 ao 18), a dupla Litio apresentou uma visão mais ampla do problema, considerou outras variáveis e não se deteve sua atenção apenas ao soluto (amostra de sulfato de bário contaminado). A transcrição não permite que afirmemos que a dupla Litio não domina os conceitos ou a forma de organização da estrutura do protocolo experimental, mas é possível afirmar que as alunas "L" e "F" não conseguiram se expressar verbalmente e com a mesma clareza que a aluna "D" fez no turno 03.

No quadro 22, temos os turnos em que a professora retomou a hipótese que foi investigada pelos alunos: existe outro sal na amostra (turno 61, linha 102), ele tem cátion bário (turno 64, linhas 112 e 113) e é solúvel em água (turno 66, linha 115). Mesmo tendo reafirmado que existiam duas hipóteses, a professora considerou apenas a hipótese de contaminação da amostra e desconsiderou a contaminação pela água (turno 61, linhas 103 e 104).

Turnos	*Falantes*	*Enunciados*	*Observações complementares*
59	P	99. então as duas hipóteses são 100. semelhantes certo?	---
60	L	101. eu queria	---
61	P	102. tem um outro sal certo? vamos ver 103. se eu se eu captei (riso)/ existe um 104. outro sal na amostra/ e este sal é 105. que pode ter contaminado os 106. pacientes/ a minha pergunta é/ o que 107. é que vocês sabem desse sal?	---
62	M	108. ele é pouco não que nós estamos 109. estudando	---
63	P	110. o que que vocês sabem desse outro 111. sal	---
64	D	112. a gente sabe que o cátion dele é 113. bário	(a aluna lê uma folha de papel)
65	P	114. vocês acham?	(a professora se dirige a outra dupla)
66	F	115. que ele é solúvel em água	---
67	P	116 então deste outro sal vocês já tem 117. algumas informações/ que o cátion 118. dele é	---
68	D	119. bário	---
69	P	120. certo?/ que vocês tem uma hipótese 121. que ele é	(a professora se dirige a dupla Helio)
70	M	122. pouco solúvel é solúvel em água	---
71	P	123. é solúvel em água tá e é isso que 124. vocês vão testar/ tô certa?	---
72	D	125. sim	---
73	P	126. e vocês vão testar por um método 127. muito semelhante que é?	---
74	L/F	128. recristalização	---
75	P	129. e depois que vocês recristalizaram?	---
76	D	130. solubilizar	---
77	M	131. propriedades dos materiais (inaudível)	---
78	L	132. características	---
79	D	133. (inaudível) de solubilização	---
80	P	134. então vocês os dois estão indo é: 135. organizaram os experimentos de 136. forma semelhante né/ e depois que 137. vocês caracterizarem esse sal?/ o 138. que que vocês vão querer?	---
81	D	139. aí a gente vai solubilizar primeiro pra 140. ver se ele é tóxico e se ele for tóxico 141. acabou nós terminamos porque a 142. gente viu o que que foi tóxico	---
82	P	143. humm e vocês?	(a professora se dirige a dupla Litio)
83	F	144. é a mesma coisa	---
84	P	145 aí vocês vão repetir o mesmo	---
85	L	146. é a mesma coisa que agente fez	---
86	P	147. olha que coisa! e eu e eu não falei 148. nada!	---
87	Todos	149. (risos)	---
88	P	150. muito bem então vocês vão fazer 151. apenas/ o que vocês hoje é essa 152. etapa de tentar descobrir o material	---

		153. se caso ele seja solúvel em água/ 154. mas se ele não for ele não for 155. solúvel em água vocês já pensaram 156. [L/F/D: não] o que vão fazer?/ então 157. esta é a próxima atividade caso não 158. dê certo a daqui	

Quadro 22: 1ª atividade experimental – quarto trecho

Na sequência do episódio, a professora fez o resgate das ações planejadas pelos alunos a partir do encaminhamento de uma série de perguntas retóricas que retomou enunciados anteriores ("*vamos ver se eu se eu captei (riso)/ existe um outro sal na amostra/ e este sal é que pode ter contaminado os pacientes/*"), buscando a participação dos alunos ("*vocês acham?*", "*e depois que vocês recristalizaram?*") tendo como propósito elaborar um procedimento experimental único a partir das semelhanças encontradas nos roteiros de cada dupla. Com esta estratégia enunciativa conseguiu as sugestões dos alunos: utilizar o método da recristalização (turnos 73 e 74) para isolar o sal e testar de solubilidade (turnos 75 a 79) para identificar o sal desconhecido. Pelo teste da solubilidade do sal, no turno 81, a aluna "D" acreditava que seria possível, também, caracterizar a toxicidade do sal.

Ao final do episódio, a professora fez uma brincadeira e disse que ela não interveio nos procedimentos e que mesmo assim eles foram organizados de forma semelhante (turnos 145 a 149). Depois ela explicou o que seria feito naquele dia e introduziu uma pergunta que os alunos não esperavam: "*mas se ele não for ele não for solúvel em água, vocês já pensaram (...) o que vão fazer?*" (turno 88, linhas 154 e 156). Além de introduzir uma questão que estava diretamente ligada à hipótese que orientou a atividade organizada pelos alunos (o sal de bário que contaminou a amostra é solúvel em água), a pergunta ofereceu uma pista para a sequência das atividades experimentais (turno 88, linhas 156 e 158).

Neste episódio, temos uma série de significados que foram externalizados quando a professora criou uma estratégia de socialização do conteúdo das atividades organizadas pelos alunos. Além da socialização, a professora fez perguntas que muitas vezes foram redundantes,

mas que promoveram a participação dos alunos e externalização dos significados construídos por eles. Infelizmente, a professora acabou se perdendo na condução das perguntas e deixou de lado algumas respostas dos alunos, como foi o caso das hipóteses da dupla Litio: a segunda hipótese que não foi considerada no momento de retomar as etapas do procedimento experimental (turno 61) e terceira hipótese, que não foi apresentada pela dupla.

O nível de domínio dos conceitos químicos apresentados pelas duplas é bastante alto, aproximando-se da apropriação. A análise dos enunciados nos mostrou que os alunos elegeram entre todos os conceitos estudados aqueles que permitiam elaborar hipóteses e organizar procedimentos viáveis e sustentados pelas teorias estudadas. Pelos enunciados, verificamos que os alunos conseguiram articular diferentes significados, que foram estudados separadamente, e conseguiram reconhecer o valor destes conceitos, quando foi solicitada a elaboração seus próprios procedimentos experimentais. A aluna "D" demonstrou sua habilidade em elaborar enunciados com raciocínio lógico e justificado por conceitos.

O contexto da significação foi originado pelas perguntas feitas pela professora e pelo contexto da atividade experimental, que seria realizada na sequência, por isso o nível de significação das ferramentas culturais é de domínio.

Um fato que deve ser considerado neste episódio é que a professora e os alunos dialogaram utilizando conceitos químicos que passaram a fazer parte de gênero de discurso da química-escolar. A professora não apresentou as definições dos conceitos e quando um dos alunos cometeu um engano, ele foi corrigido por outro aluno, como fez a aluna "D" (turno 34 do quadro 23) ao corrigir o engano cometido pela aluna "F" (turno 32) – que respondeu à professora que a recristalização era uma das hipóteses da dupla Litio.

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Observações complementares***
28	P	57. então qual que é a hipótese de 58. vocês?	(a professora se dirige a dupla Litio)
29	F	59. bom a gente vai é tem essa	---

30	P	60. essa qual é?	---
31	L/F	61. (risos)	---
32	F	62. é essa da recristalização	---
33	P	63. sua hipótese é a recristalização?	---
34	D	64. hipótese não procedimento!	---

Quadro 23: 1ª atividade experimental – quinto trecho

No quadro 23 temos a síntese da análise dos significados encontrados no episódio da primeira atividade experimental realizada para analisar a amostra que simulou a amostra do medicamento.

Duplas	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
Helio	Solubilidade de sais em água e contaminação da amostra	Um sal de bário solúvel em água contaminou a amostra do medicamento	Mediação da professora e atividade experimental	Domínio
	Separação de misturas	A amostra será misturada à água para separar o sal desconhecido do sulfato de bário.	Mediação da professora e atividade experimental	Domínio
	Recristalização	A recristalização foi escolhida como método de extração do sal da solução.	Mediação da professora e atividade experimental	Domínio
	Identificação de materiais, a curva de solubilidade de sais em água e o coeficiente de solubilidade	O sal pode ser identificado a partir do cálculo do coeficiente de solubilidade em água.	Mediação da professora e atividade experimental	Domínio
	Identificação de materiais e as características do retículo cristalino	O sal pode ser identificado a partir das características do cristal.	Mediação da professora e atividade experimental	Domínio
Litio	Solubilidade de sais em água e contaminação do medicamento	Um sal de bário solúvel em água contaminou a amostra do medicamento. A água utilizada para preparar a amostra foi contaminada por um sal de bário solúvel em água;	Mediação da professora e atividade experimental	Domínio

	Recristalização e separação de misturas	A recristalização foi escolhida como método de separação do sal da amostra	Mediação da professora e atividade experimental	Domínio
	Curva de solubilidade de sais em água	O sal será identificado a partir de sua solubilidade em água.	Mediação da professora e atividade experimental	Domínio

Quadro 24: Síntese do episódio da 1ª atividade experimental

Por sugestão da professora, antes do experimento, os alunos pesaram a amostra do material analisado (~5,0g), o papel de filtro e o béquer, que recebeu o filtrado. Após a filtragem, os alunos utilizaram a estufa para evaporar a água do sólido retido no papel de filtro e ebuliram a água do filtrado utilizando uma chapa de aquecimento. Depois pesaram o papel de filtro mais o sólido e o béquer que continha o filtrado, e constataram que houve pouca variação de massa entre a amostra inicial e o sólido retido pelo filtro. Também foi observada uma pequena variação de massa entre o béquer antes e ao final do procedimento. As variações foram inferiores a 0,05 gramas.

Estes fatos impediram a continuidade do procedimento, pois não havia material recristalizado o suficiente para os testes de identificação do contaminante da amostra. No encontro seguinte, os alunos analisaram os dados e, por sugestão da professora, organizaram um novo procedimento experimental.

5.9.2. Segundo experimento

O segundo procedimento foi elaborado para caracterizar o ânion do sal, solúvel em água, que contaminou a amostra. Os alunos consultaram o conteúdo do AVA e encontraram um quadro que continha a solubilidade de cinco sais de bário (quadro abaixo). Desta tabela, eles reconheceram os sais solúveis em água e tentaram organizar um procedimento experimental, inicialmente, a presença de cloreto de bário na amostra.

Quadro 3: Solubilidade de alguns sais de bário.		
Substância	Composição química	Solubilidade qualitativa
Carbonato de bário	$Ba(CO_3)_2$	Muito pouco solúvel em água e solúvel em ácido
Cloreto de bário	$BaCl_2$	Solúvel em água
Nitrato de bário	$Ba(NO_3)_2$	Solúvel em água, etanol e acetona
Sulfato de bário	$BaSO_4$	Muito pouco solúvel em água e etanol
Sulfeto de bário	BaS	Solúvel em água

Quadro 25: Quadro da página C do módulo5

Como os alunos não sabiam como caracterizar o ânion do sal, a professora ensinou o método analítico de identificação por precipitação de cátions e ânions, e este método foi utilizado no segundo dia de experimentos, junto ao teste de solubilização com variação de temperatura da água[18].

O contexto de inclusão do teste de variação de temperatura da água foi incluído no procedimento quando os alunos se reuniram para organizar o segundo procedimento e a professora observou as anotações que a aluna "L" estava fazendo em uma folha de papel. Dessa observação, sugeriu a inclusão de outra hipótese e outro teste para a amostra. No quadro 26 temos a transcrição dessa intervenção da professora.

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Observações complementares***
01	*P*	*01.* ah: você quer fazer o teste da *02.* temperatura?/e como você se faz um *03.* teste de temperatura?/ ah: que é a *04.* sua/ a sua outra hipótese né?/ vocês *05.* se lembram da hipótese dela de *06* ontem/ o que ela falou?	*(a professora se dirige a aluna L)* *(a professora se dirige aos outros dois alunos)*
02	L/M	07 (silêncio)	(alunos agitam a cabeça positivamente)
03	P	08. qual que era a sua hipótese pra temperatura?	(a professora se dirige a aluna L)

[18] A hipótese de influência da temperatura na solubilização do medicamento foi levantada pela aluna "L", no dia anterior, quando os alunos analisaram os resultados do primeiro experimento e tentaram elaborar o segundo experimento. A hipótese da influência da temperatura era a terceira hipótese da dupla para o primeiro experimento, que não foi apresentada pela dupla e que não fez parte do procedimento realizado naquele dia.

04	M	09. a temperatura do corpo humano	---
05	L	10. que a temperatura pode ter quebrado 11. as ligações e feito com que o 12. material se solubilizasse e ficasse 13. (inaudível)	---
06	M	14. dentro do nosso organismo?	---
07	P	15. é/ aí você teria [M: porque isso vai 16. fazer] que fazer [M: quebrar as 17. ligações dos dois/ do sulfato e do 18. bário] é ela acha que a temperatura 19. pode ter alterado/ isso é uma outra 20. hipótese/ vamos guardar a sua 21. hipótese beleza?	---
08	M	22. pode fazer a hipótese também né?/ 23. só o sulfato de bário/ aumentou a 24. temperatura de 37 graus pra ver se 25. rompe a ligação	---
09	P	26. é isso aí!	---
10	M	27. zemm!	(o aluno comemora)
11	P	28. beleza/ vamos guardar a sua 29. hipótese/ e é o próximo teste tá 30. bom?	(a professora indica o papel em que aluna L está fazendo anotações)

Quadro 26: Hipótese da influência da temperatura na solubilização da amostra

No turno 01 a professora fez menção à hipótese. Como os alunos pareciam não se lembrar, ela foi mais enfática no turno 03. O aluno "M" lembrou-se da hipótese (turno 04) e aluna "L" justificou sua hipótese fazendo uso de conceitos, que embasam a proposição. No turno 07 temos os enunciados da professora e do aluno "M" intercalados, o que gerou dificuldade interpretação, por isso reestruturamos os enunciados do turno 7 no quadro 26.

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Observações complementares***
06	M	dentro do nosso organismo?	---
07a	P	é/ aí você teria que fazer/ é ela acha que a temperatura pode ter alterado/ isso é uma outra hipótese/ vamos guardar a sua hipótese beleza?	---

07b	M	porque isso vai fazer/ quebrar as ligações dos dois/ do sulfato e do bário	---
08	M	pode fazer a hipótese também né?/ só o sulfato de bário/ aumentou a temperatura de 37 graus pra ver se rompe a ligação	---
09	P	26. é isso aí!	---
10	M	27. zemm!	(o aluno comemora)

Quadro 27: Reorganização dos turnos 06, 07 e 08

No turno 07a, a professora respondeu à pergunta feita pelo aluno "M", no turno 06, retomou a hipótese da aluna "L" e sugeriu a inclusão da hipótese no procedimento. Enquanto isso, o aluno "M" enunciou sua interpretação do processo provocado pelo aumento da temperatura: "*quebrar as ligações dos dois/ do sulfato e do bário*" (turno 07b). No turno 08, aluno enunciou o procedimento para testar a hipótese: "*só o sulfato de bário/ aumentou a temperatura de 37 graus pra ver se rompe a ligação*". A professora deu uma resposta afirmativa, no turno 09, e o aluno considerou que sua resposta válida e comemorou, no turno 10. O ruído na comunicação pode ter culminado na resposta afirmativa da professora para a construção enunciativa equivocada do aluno, sem que ela tenha realmente entendido o que o aluno disse. O fato é que o aluno desconsiderou que o sulfato de bário é muito pouco solúvel em água, mesmo com variação de temperatura. Este fato não foi levado em consideração e os alunos finalizaram o segundo procedimento experimental, que foi dividido em duas partes.

A primeira parte consistiu em misturar a água e amostra, filtrar o sólido não solubilizado e caracterizar os íons presentes na solução. A caracterização do cloreto de sódio em solução seria feita pela adição de soluções aquosas de sulfato de sódio[19] e de nitrato de

[19] A solução de sulfato de sódio caracteriza a presença de cátions bário em solução, porque ocorre a reação entre os ânions de sulfato e cátions de bário e desta reação ocorre a formação do sulfato de bário, que precipita porque é um sal muito pouco solúvel em água.

prata[20]. Os alunos começaram a identificação do sal desconhecido pela caracterização da presença de cátions bário. Como o teste foi negativo para a presença de bário em solução, eles não realizaram os procedimentos de adição de soluções aquosas de nitrato de prata.

Na segunda parte, eles misturaram a amostra com água aquecida a 37ºC. Na sequência, fizeram os testes para caracterizar a presença de íons bário e cloreto em solução, utilizando as soluções aquosas de sulfato de sódio e nitrato de prata. Os testes foram mais uma vez negativos.

Os resultados dos dois experimentos refutaram a principal hipótese das duplas - o sal que contaminou a amostra era solúvel em água. Hipótese que emergiu do estudo do processo de solubilização dos sais em água, e que ocorreu em diferentes momentos da sequência do AVA. No entanto, eles também haviam estudado que a água, apesar de ser um ótimo solvente, não tem a propriedade de solubilizar todos os sais. Outro conceito estudado foram os fatores que alteram a solubilidade dos materiais, este utilizado pela aluna "L" para propor a segunda hipótese investigada experimentalmente. Sobre essa hipótese, podemos fazer duas inferências: que a aluna dominou o conceito e soube aplicá-lo com habilidade e que a aluna fez uma relação entre processo de solubilização de um sal em água, um fator que altera a solubilidade (a temperatura) e a condição fisiológica em que a contaminação ocorreu (temperatura do corpo humano). Essas inferências revelam a sofisticação das relações entre os conceitos e que o contexto criado pelo problema favoreceu a externalização destas relações.

A refutação da principal hipótese dos alunos gerou outro problema: qual o próximo passo a ser dado? A mediação da professora tem novamente um importante papel na organização dos significados e no encaminhamento das ações dos alunos. Na continuidade do texto, apresentaremos o episódio que aconteceu após a realização da atividade experimental.

[20] A solução de nitrato de prata caracteriza a presença de ânions cloreto em solução, porque ocorre a reação entre os cátions prata e ânions cloreto e desta reação, ocorre a formação do cloreto de prata, que precipita porque é um sal muito pouco solúvel em água.

Nos trechos deste episódio[21], analisaremos como foi feito o fechamento das atividades realizadas e como foi conduzida a continuidade das ações que levaram à resolução do problema.

No quadro 28, a professora busca as conclusões dos alunos, após o término da atividade experimental.

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Observações complementares***
01	P	04. e aí? o que é que vocês concluem?	---
02	M	05. que não tem bário	---
03	P	06. que não tem bário aonde?	---
04	M	07. aqui	(o aluno indica o tubo de ensaio)
05	P	08. não tem bário aí/ o que mais?	---
06	M	09. então/ ele não solubiliza na água	---
07	P	10. em que água?	---
08	M	11. em temperatu: hum: nessa temperatura e ambiente	(o aluno se refere a temperatura de 37ºC)

Quadro 28: 2ª atividade experimental – primeiro trecho

Neste trecho, os alunos resumem os resultados dos dois experimentos: não foi possível identificar os íons bário solubilizados (turno 01 a 04) e que o contaminante não é solúvel em água à temperatura ambiente e aquecida (turnos 07 e 08). Estes resultados conduzem a uma nova hipótese, que será apresentada no segundo trecho do episódio:

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Observações complementares***
26	P	34. não o que que vocês estavam 35. investigando/ a presença do que aí?/ 36. qual que era [M: o sal] a hipótese	---

[21] O episódio completo encontra-se na quadro 61 do Anexo1.

		37. que trouxe vocês aqui?	
27	M	38. outro sal	---
28	P	39. que sal? qual a característica do sal 40. que vocês estavam achando que 41. tinha aí?	---
29.	M	42. solúvel em água	---
30.	P	43. solúvel em água então o que é que 44. vocês não sabem/ o que é que vocês 45. sabem agora a partir de agora/ 46. destes testes?	---
31.	M	47 que se tiver o sal ele não é solúvel 48. em água	---
32.	P	49. se tiver sal não/ tem!	(a professora faz sinal positivo com a cabeça)

Quadro 29: 2ª atividade experimental – segundo trecho

Neste trecho vemos que primeiro a professora fez a retomada da hipótese que norteou a realização dos experimentos (turnos 26 ao 29). No turno 30, a pergunta "*o que é que vocês sabem agora a partir de agora/ destes testes?*" busca a hipótese resultante na refutação da hipótese anterior, que é apresentada pelo aluno "M", no turno 31: "*que se tiver o sal ele não é solúvel em água*". Desta resposta temos a nova hipótese e a indicação de que os alunos começaram a suspeitar de que não haveria um sal de bário diferente do sulfato de bário na amostra entregue pela professora. Esta dúvida poderia acarretar no desânimo e fragilizar o engajamento dos alunos, mas, em resposta à dúvida apresentada pelo aluno, no turno 32, a professora é incisiva ao confirmar a presença do sal de bário: "*se tiver sal não/ tem!*".

A motivação destes alunos foi essencial para a conclusão de toda a sequência e foi conquistada pela forma como o problema foi apresentado aos alunos e conduzido ao longo da sequência didática. Os alunos se envolveram em um contexto de investigação "científica" que os estimulou a buscar as respostas. Para mostrar que a refutação da hipótese não foi um retrocesso, mas uma informação importante, a professora mediou o fluxo dos enunciados, que

trouxe um novo rumo à investigação da amostra. No quadro 29 temos as trocas de enunciados entre professora e alunos.

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Observações complementares***
40.	P	60. bário/ oh! não são poucas as 61. informações que vocês têm/ é um sal 62. de bário mas não é um sal solúvel 63. em:	---
41.	M	64. água	---
42.	P	65. água nem a temperatura ambiente 66. nem aquecida/ então/ daí vocês já 67. descartam uma série de sais/ qual 68. que é a sugestão da L/ que ela tá 69. aqui falando no meu ouvido/ fala alto 70. para eles ouvirem	---
43.	M	71. carbonato de sódio	(o aluno erra o nome do sal)
44.	L	72. carbonato de sódio	(a aluno erra o nome do sal)

Quadro 30: 2ª atividade experimental – terceiro trecho

Nos turnos 40 e 42, os enunciados da professora indicam que a refutação das hipóteses ajudou a descartar todos os sais de bário solúveis em água. A professora organizou um enunciado em que os alunos completaram lacunas, como no turno 41, em que o aluno "M" completa frase iniciada pela professora. Este tipo de enunciado foi útil à professora, que tentava retomar os resultados que foram obtidos, e orientar as próximas ações dos alunos. Quando os alunos completavam as lacunas, ela tinha indícios de que eles estavam acompanhando sua linha de pensamento e que seus propósitos estavam sendo atingidos. As respostas corretas favoreceram o prosseguimento dos enunciados da professora e as respostas erradas conduziram a correções necessárias para o prosseguimento dos enunciados.

Apesar dos equívocos dos alunos e da professora, em torno do nome do sal (turnos 43 e 44), eles chegaram à conclusão de que o carbonato de bário foi o sal que sobrou da lista de sais, que vimos no quadro 25, e que foi consultada pelos alunos.

Ser muito pouco solúvel em água foi a propriedade deste sal considerada pelos alunos para elegê-lo como o sal contaminante da amostra, mas essa não era a única propriedade que deveria ser considerada e nos turnos 50 e 53, do quadro 31, a professora buscou a outra propriedade deste sal, mas os alunos indicaram apenas a solubilidade em água. Embora tenha sido importante para descartar os outros sais da lista, os alunos não conseguiram propor um procedimento, ou um teste, com amostra a partir dessa propriedade (linha 86 do turno55). O silêncio provocado pela falta de um procedimento fez com que a professora indicasse o método que eles já haviam utilizado nos outros dois procedimentos: buscar as propriedades do sal que seria analisado (linhas 91 e 92 do turno 57).

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Observações complementares***
50.	P	82. quais são as características dele L?	---
51.	M	83. do carbonato de bário?	---
52.	L	84. é muito pouco solúvel	---
53.	P	85. é muito pouco solúvel em quê?	---
54.	L	86. em água	---
55.	P	87. em água/ como vocês vão testar?// 88. o que que vocês precisam pra poder 89. testar ele?	(os alunos não respondem)
56	M	90. outro sal?	---
57.	P	91. não/ vocês precisam buscar o que 92. dele?/ informações/ as propriedades	---
58.	L	93. as características	---

Quadro 31: 2ª atividade experimental – quarto trecho

Deste o início da sequência virtual, foi afirmado que o problema da intoxicação seria resolvido a partir do conhecimento acerca das propriedades dos materiais envolvidos no problema. Até aqui, os alunos conseguiram isolar o sal, que atende às características do contaminante (o carbonato de bário), mas isto não era o suficiente para apontá-lo como o sal presente na amostra do medicamento. Eles precisam identificá-lo na amostra e, para isto, tiveram que encontrar outras propriedades desse sal, que os ajudariam a propor um

procedimento experimental que permitiria caracterizar o sal. No quadro 32, a professora orienta as próximas etapas que deverão ser realizadas pelos alunos: 1) "*procurar as informações dele (o carbonato de bário)*" e 2) "*fazer outro experimento*".

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Observações complementares***
66.	P	103. isso mesmo/ sobrou mais um/ vocês 104. tem mais um sal/ agora o que vocês 105. precisam fazer então?	---
67.	M	106. procurar as informações dele	---
68.	P	107. pra quê?	---
69.	M	108. pra fazer outro experimento	---

Quadro 32: 2ª atividade experimental – quinto trecho

Os alunos voltaram para a mesa e buscaram as informações sobre as propriedades do carbonato de bário no AVA e no handbook eletrônico[22]. Na consulta eles souberam que o carbonato de bário é muito pouco solúvel em água e solúvel em ácido. Com estas informações, eles passaram à segunda etapa da atividade: elaborar o procedimento experimental.

A elaboração do terceiro procedimento é o tema da próxima sessão, mas antes vamos apresentar a síntese da produção dos significados desta sessão:

Alunos	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
F, L, M	Solubilidade de sais em água	É possível identificar um sal solúvel em água testando os íons em solução.	Mediação da professora e atividade experimental.	Domínio
	Identificação de sais e reação de precipitação	É possível identificar um sal utilizando a técnica de precipitação de cátions e ânions.	Mediação da professora e atividade experimental.	Domínio

[22] CRC Handbook of Chemical and Physics. Disponível em: http://www.hbcpnetbase.com/.

	Temperatura como um fator que altera a solubilidade	A solubilidade de um sal pode ser alterada se a temperatura da água variar.	Mediação da professora e atividade experimental.	Domínio
	A temperatura do corpo humano	A temperatura corporal pode ter modificado a solubilidade do medicamento.	Mediação da professora e atividade experimental.	Domínio
	Propriedades dos materiais	Para identificar um sal é preciso conhecer as propriedades deste sal.	Mediação da professora e atividade experimental.	Domínio

Quadro 33: Síntese do episódio da 2ª atividade experimental

Neste episódio, os alunos conseguiram isolar o sal que provavelmente contaminou os pacientes. Para chegar a esse sal, eles tiveram que organizar dois procedimentos experimentais: o primeiro não chegou a um resultado conclusivo sobre a amostra e o segundo refutou a hipótese que sustentava todas as ações dos alunos: o sal que contaminou a amostra era solúvel em água. Como nos outros procedimentos, os alunos tiveram que organizar um novo procedimento com base nos significados construídos ao longo da sequência didática e nas atividades experimentais.

Mais uma vez os alunos demonstraram domínio dos significados em um contexto criado pela mediação da professora e pela atividade experimental. Entretanto, a hipótese de que a temperatura do corpo humano teria interferido na solubilização do medicamento indica que a aluna utilizou os significados produzidos no AVA em um contexto que não havia sido cogitado no ambiente virtual, o corpo humano. Quando a aluna usou o conceito com habilidade e reconheceu o valor desse conceito de forma descontextualizada, temos caracterizado o nível mais elevado de internalização: a apropriação. Esta é a primeira vez que conseguimos indiciar a internalização de um conceito fora do contexto em que ele foi significado.

Na próxima sessão analisaremos o contexto que em o problema foi solucionado.

5.9.3. A resolução do problema

Na preparação do terceiro procedimento experimental, os alunos precisaram consultar as propriedades do carbonato de bário ($BaCO_3$) e descobriram que esse sal é solúvel em ácido. De posse desta informação, eles começaram a elaborar o procedimento experimental.

O episódio que analisaremos nesta sessão apresenta os enunciados que o trio de alunos[23] produziu quando eles tentavam elaborar o terceiro procedimento experimental. Este episódio é caracterizado pela ausência da condução da professora e pelo surgimento de dúvidas reais, que surgiram quando os alunos compartilharam significados em busca da solução para o problema.

No turno 02, o aluno "M" descreveu o que acontece com amostra, quando se adiciona, hipoteticamente uma solução ácida: "*nós colocarmos um pouco da amostra dentro daquela solução ácida/ o que vai acontecer/ o nosso sulfato de bário precipi/ vai se precipitar/ precipitando o que vai acontecer/ precipitou/ e o nosso carbonato ele solubiliza*". Na sequência, ele começou a descrever o procedimento experimental e enquanto foi narrando o procedimento, a aluna "F" acompanhou a narrativa e sugeriu modificações (turno 05) e complementou a fala do colega (turnos 09).

Turnos	*Falantes*	*Enunciados*	*Descrição dos gestos*
02	**M**	02. olha nós sabemos que o sulfato de 03. bário tarara tarara/ 04. intonces se nós colocarmos um 05. pouco da amostra dentro daquela 06. solução ácida/ 07. o que vai acontecer/ o nosso 08. sulfato de bário precipi/ vai se 09. precipitar/ precipitando o que vai 10. acontecer/ precipitou/ e o nosso 11. carbonato ele solubiliza/	(o aluno faz anotações no papel enquanto fala) (o aluno faz sinal com as mãos para indicar a precipitação)

[23] Neste dia contamos com a presença dos alunos F, L e M. O encontro aconteceu no laboratório de Química.

03	**F**	12.	(inaudível)	
04	**M**	13. 14. 15. 16.	ele solubiliza na água/ o que que poderia depois pra retirar só o nosso carbonato de sódio pegaríamos/ né L	(o aluno se refere ao carbonato de bário)
05	**F**	17. 18. 19.	acho que não é melhor tirar só o sulfato de bário/ que ele não vai ser solubilizado em ácido	
06	**M**	20. 21.	então/ mas eu pensei em trabalhar outro sal	
07	**L**	22.	qual a pergunta?	
08	**M**	23. 24. 25. 26.	aqui/ colocar um pouco da nossa dentro de uma solução ácida/ o nosso sulfato de bário vai precipitar e o::/	(o aluno escreve em um papel)
09	**F**	27.	carbonato	
10	**M**	28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37.	carbonato de bário/ ele vai [L: solubilizar] solubilizar/ o que pode estar fazendo depois filtrar isso/ aí tira o sulfato de bário e a gente deixa no cantinho/ aí vamos/ vamos fazer uma solução onde vai ter ácido e carbonato de sódio/ de bário/ o que vai acontecer depois/ aquecer a água para evaporar e ficar o sal	(o aluno faz anotações no papel enquanto fala)
11	**F**	38.	mas e o ácido vai sair?	
12	**L**	39.	(inaudível)	
13	**M**	40. 41. 42. 43.	oi?/ o carbonato de bário/ aí já vai ter ido nós já vai saber/ já ter certeza que lá dentro tem o carbonato né?	(o aluno se dirige a F)
14	**F**	44.	é/ mas e o ácido?	
15	**M**	45.	o ácido vai evaporar	

Quadro 34: Preparação da 3ª atividade experimental – primeiro trecho

A narrativa do aluno foi acompanhada de anotações, esquemas que continham as etapas do procedimento, objetos que seriam utilizados no experimento (béquer, funil, chama, etc.), fórmulas de substâncias que fariam parte do procedimento ($BaSO_4$, H_2O, $BaCO_3$) e

outros desenhos que indicavam a solução (recipiente contendo líquido), o precipitado (pontinho no fundo de um recipiente contendo líquido), os rascunhos de reações químicas, etc. Enquanto o aluno ia escrevendo, ele também descrevia oralmente seu pensamento e fazia uso de pronomes na primeira pessoa do plural: "*nós sabe*", "*nós colocarmos*", "*nosso sulfato de bário*", "*nosso carbonato*". Desta forma, ele compartilhava significados e permitia que as colegas pudessem acompanhá-lo; um exemplo disto é o turno 10. No mesmo turno, o aluno disse: "*vamos fazer uma solução onde vai ter ácido e carbonato de sódio/ de bário/ o que vai acontecer depois/ aquecer a água para evaporar e ficar o sal*". Aqui surgiu uma dúvida que desencadeou uma série de outras questões que foram difíceis de responder, porque os alunos não estudaram os conceitos de ácido e base ou reações entre ácidos e bases.

No enunciado do turno 10, o aluno não sabia o que deveria acontecer quando ele solubilizasse o carbonato de bário na solução ácida, mas ele tinha razão ao dizer que restaria um sal após a evaporação. No entanto, este sal não é o carbonato de bário, pois o carbonato reage com ácido e teremos um sal que possui o cátion bário e o ânion do ácido usado para preparar a solução. Mesmo sem saber, ou sem considerar essa informação, o aluno prosseguiu seu procedimento e propôs que, por evaporação, a água sairia da solução e restaria apenas o sal. Neste momento, surgiu a primeira dúvida da aluna "F": "*mas e o ácido vai sair?*". Sem uma resposta convincente de seu colega (no turno 13), ela voltou a perguntar e ele respondeu que o ácido iria evaporar. Essas perguntas surgiram, provavelmente, porque a aluna estava acompanhando os enunciados produzidos pelo colega e criando seus próprios esquemas no plano interno. Quando surgiu uma incoerência ou uma dificuldade de reconstruir os significados que o aluno compartilhava com ela, surgiu uma pergunta que ficou sem resposta, pois o colega não sabia como explicar como o ácido reagiu com o sal.

O procedimento que está sendo elaborado neste episódio guarda semelhanças em relação ao episódio em que a aluna "D" descreveu o procedimento experimental da dupla

Helio (quadro 18, sessão 5.9.10). Naquele episódio, a aluna disse "*aí a gente solubiliza a amostra e como a gente sabe que o sulfato de bário não solubiliza, vai solubilizar só o outro/ então quando a gente pega tudo/ tudo que tá lá na água a gente pega e filtra o: pra tirar o bário que não vai ser o sulfato mas a gente vai ficar só com água e o outro sal/ aí a gente vai pegar esse sal e recristalizar*". Os procedimentos são bastante semelhantes, contudo as reações químicas envolvidas nos dois processos de solubilização (em água e em ácido) são diferentes e os resultados das reações produziriam dois sais distintos.

A falta de uma resposta fez surgir uma nova questão que foi dirigida à professora: "*ácido é volátil?*" (Quadro 35, turno 17). A professora que não estava próxima dos alunos e que não acompanhava as trocas enunciativas deu duas respostas que criaram um novo problema para os alunos. Quando a professora disse que o ácido não é muito volátil (turno 19) e que seria melhor neutralizá-lo do que evaporá-lo (turno 21), os alunos descartaram a evaporação da solução e passaram a considerar as reações químicas entre soluto e solvente (turnos 26, 28 e 30).

A falta de uma resposta fez surgir uma nova questão que foi dirigida a professora: "*ácido é volátil?*" (Quadro 35, turno 17). A professora que não estava próxima dos alunos e que não acompanhava as trocas enunciativas deu duas respostas que criaram um novo problema para os alunos. Quando a professora disse que o ácido não é muito volátil (turno 19) e que seria melhor neutralizá-lo do que evaporá-lo (turno 21), os alunos descartam a evaporação da solução e passar a considerar as reações químicas entre soluto e solvente (turnos 26, 28 e 30).

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Descrição dos gestos***
17	M	47. ácido é volátil?	(o aluno se dirige a professora)
18	L/F	48. (risos)	
19	P	49. ainda bem que não (riso)/ não tanto	

		50.	quanto você imagina	
20	M	51.	mas aquecendo ele ele evapora?	
21	P	52.	é melhor você neutralizar ele/	
		53.	porque não é bom respirar vapor	
		54.	de ácido	
22	M	55.	e como eu neutralizo ele?	
23	P	56.	ahã	
24	M	57.	como neutraliza?	
25	P	58.	com uma base	
26	M	59.	aí fica ácido base então vou jogar	
		60.	um sal de frutas lá dentro/ poff	
27	F	66.	(riso)	
28	M	67.	neutralizou	
29	F	68.	sonrisal (riso)	
30	M	69.	base libera OH né?/	(o aluno olha para os lados)
		70.	ai esse método é mais difícil	

Quadro 35: Preparação da 3ª atividade experimental – segundo trecho

Como o aluno "M" disse, na linha 70 do turno 30, "*ai esse método é mais difícil*". Esta dificuldade os obrigou a buscar os significados construídos em contextos não promovidos pelo AVA e esses significados passaram a ser utilizados como novas ferramentas que poderiam ajudá-los a resolver o problema. No turno 35 do quadro abaixo, o aluno disse que "*se neutralizar cria um sal e uma água*"; isto é verdade, mas esta informação não ajudou muito, pois eles não sabiam qual sal seria formado e também não sabiam que ácido e qual base iriam utilizar. Quando a aluna "L" ofereceu ajuda, no turno 38, "M" começou a narrar o procedimento novamente e incluiu em sua narrativa os novos detalhes, como substituir evaporação do ácido pela neutralização (turnos 39 ao 42).

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***		***Descrição dos gestos***
35	M	75.	o que vai acontecer se neutralizar?	(o aluno volta a fazer
		76.	vai criar um sal e água/	anotações)
		77.	se neutralizar cria um sal e uma	(o aluno olha para F)
		78.	água	
36	F	79.	tá então retira a água	

37	M	80.	(inaudível)	
38	L	81.	tá vocês querem tirar o quê?	
39	M	82. 83. 84. 85.	oh aqui já tá certo/ aqui já tá certo/ pegar/ aqui dentro/ solução ácida mais/ BaSO4 mais/ BaCO3 né?	(o aluno indica as anotações e faz novas anotações) (o aluno confere na tela do computador)
40	F	86.	isso	
41	L	87.	é CO3	
42	M	88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96..	BaCO3/ passa ele pra cá/ vamos mexer tudinho/ lá nós sabemos que o nosso sulfato de bário vai precipitar/ sulfato de bário/ precipita/ filtrar/ aí vai ficar/ ácido/ mais BaC/ BaCO3/ pronto chegamos no nosso BaCO3 agora como evaporar ácido é perigoso/ nós temos que neutralizar	(o aluno continua anotando no papel) (o aluno repete aquilo que está anotando no papel) (o aluno olha para a professora)
43	F	97.	vamos neutralizar!	
44	L	98.	a gente neutraliza	
45	M	99. 100. 101.	o P para neutralizar tem que colocar um/ uma base poderia ser sal de fruta?	
46	P	102.	(inaudível)	
47	M	103.	aí fica sal de frutas e água né?	
48	P	104.	(inaudível)	
49	L	105. 106.	mas sal de frutas/ não é melhor fazer com outra?	
50	M	107.	ou com uma base que solubiliza	
51	L	108.	(inaudível)	
52	M	109.	fica dois sal	
53	L	110.	é se colocar sal/ vai ser legal	
54	M	111.	é nós usa base	(os alunos olham para a professora, que está fazendo uma preparação na bancada)

Quadro 36: Preparação da 3ª atividade experimental – terceiro trecho

Ao tentar neutralizar a solução ácida, os alunos se deparam com novas dúvidas: qual base utilizar? o sal de frutas ou outra base solúvel? Todas estas perguntas surgiram de forma

genuína e foram demandadas pelos próprios alunos, quando estes buscavam respostas para um problema criado por eles mesmos. Esta é uma situação que normalmente ocorre entre os estudantes quando eles estão sozinhos estudando para uma prova, resolvendo um problema ou uma questão mais complexa, que os obriga a mobilizar seus conhecimentos para solucionar questões, que eles só descobriram que existiam no momento em que tentaram utilizar os conceitos estudados em sala de aula.

Mesmo sem saber qual base utilizar e que sal seria formado, os alunos voltaram a construir a reação e retomaram o procedimento, quadro 36: "*coloca* (...) *uma base*" "*na solução*", "*vai ficar 'ene' 'cas'*", "*cloreto de sódio e água*". Quando eles finalmente encontram um nome para uma das substâncias (cloreto de sódio) o problema original que os conduziu a tantos outros questionamentos foi solucionado.

Turnos	***Falantes***	***Enunciados***	***Descrição dos gestos***
58	M	116. coloca um sal/ uma base	(o aluno volta a fazer anotações no papel)
59	L	117. na solução	
60	M	118. mais/ pera / vai ficar "ene cas"/ 119. "cas" o quê? / 120. cloreto de sódio vai ficar e água/ 121. a gente trabalha com ácido 122. clorídrico/ o ácido do estômago// 123. meu deus ninguém respondeu	(o aluno para e olha para cima) (o aluno se dirige a F) (o aluno solta o lápis, pensa e olha para a professora) (o aluno olha para as colegas)
61	L	124. o ácido clorídrico/ o carbonato é 125. solúvel em ácido/ ele não 126. solubilizou na água mas solubilizou 127. no ácido do estômago e 128. contaminou	(a aluna sorri)
62	M	129. é verdade!	(o aluno comemora)

Quadro 37: Preparação da 3ª atividade experimental – quarto trecho

Desde o turno 11, os alunos vinham tentando propor as etapas da dissolução do carbonato de bário em solução ácida para organizar o procedimento experimental. Mesmo sem conhecer as reações químicas, os alunos tentaram utilizar os objetos moleculares como ferramentas capazes de materializar o pensamento e de executar ações, como descrever um processo da solubilização do carbonato em água, esquematizar uma reação de neutralização e descobrir qual o sal seria produzido na reação de neutralização. Enquanto eles buscavam respostas para as diversas questões que eles formularam e para o problema que os levou àquele contexto, o nome de um sal (cloreto de sódio) remeteu os alunos ao ácido clorídrico, o ácido presente no estômago e que foi responsável pela solubilização do medicamento contaminado por carbonato de bário (linhas 120 a 128 dos turnos 61 e 62). Apesar de não ser o sal produzido na reação entre o ácido clorídrico e o carbonato de bário, o sal que serviu de modelo para o estudo do processo de solubilização de sais em água acabou servindo como disparador de uma reação muito rápida de correlações entre significados, que levou à resolução do problema.

Os contextos criados a partir do problema e do AVA promoveram a produção de significados para os conceitos utilizados pelos alunos para resolver o problema, mas estes contextos não foram os únicos que conseguimos identificar. Em paralelo às atividades do AVA, nossos alunos também participaram da produção de dois vídeos que tratavam de conceitos químicos escolhidos por eles: a ação do detergente sobre as gorduras e o efeito do cafezinho na digestão. O segundo filme necessitou de uma pesquisa para entender o efeito que a cafeína provoca na digestão, e os alunos tiveram que estudar o processo digestivo, as reações químicas que ocorrem em diferentes etapas do processo, a função do ácido clorídrico no estômago etc.

Os conceitos significados na produção do filme sobre o cafezinho foram relacionados aos significados dos conceitos estudados no AVA e, juntos, forneceram as ferramentas

necessárias para resolver o problema do Celobar®. No quadro 38, temos a síntese da análise desse episódio.

Alunos	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
F, L, M	Solubilidade de sais em água e em água	O sulfato de bário é muito pouco solúvel em água e ácido. O carbonato de bário é muito pouco solúvel em água, mas solubiliza em ácido.	O problema	Domínio
	Reação ácido-base	Os ácidos reagem com bases e foram sal e água.	O problema	Domínio
	Reação de neutralização	A adição de uma base neutraliza o ácido.	O problema	Domínio
	Acidez estomacal e intoxicação por bário	O ácido clorídrico presente no estômago solubilizou o carbonato de bário do medicamento e liberou o bário que contaminou os pacientes.	O problema e o filme do cafezinho	Apropriação

Quadro 38: Síntese do episódio da resolução do problema

Depois desse episódio, os alunos comunicaram sua descoberta à professora. Depois organizaram o procedimento experimental, que consistia em identificar a presença de bário em solução – após a solubilização do carbonato de bário em solução aquosa de ácido clorídrico – com adição de gotas de sulfato de sódio. A identificação do carbonato só aconteceu no encontro do dia seguinte, quando os alunos realizaram os experimentos e a professora demonstrou o teste de identificação de carbonato, adicionando pequena quantidade de carbonato de bário em uma solução de ácido clorídrico concentrada. O desprendimento de gás caracterizou a reação entre esses materiais e a presença do íon carbonato. A professora

explicou as reações que ocorreram entre o ácido e o sal e alunos se dirigiram aos computadores para finalizar o módulo 9.

Após a etapa experimental, estava prevista a resolução de questões que retomavam as etapas de resolução do problema no laboratório, a análise dos resultados e as conclusões. Um exemplo de questão respondida pelo estudante encontra-se no quadro 39:

Alunos	***Pergunta***	***Resposta***	***Conceito***
D, F, L, M	*Proponha uma resposta para a pergunta: "O que aconteceu com a amostra do medicamento que causou a intoxicação dos pacientes?*"	*"As amostras do medicamento não passaram por testes suficientes para confirmar que nela só havia sulfato de bário assim, sobrou umam pequena quantidade de carbonato de bário contida nas amostras que ao ser ingerida pelos paciente que iao realizar exames do trato digestório entrou em contato com o ácido cloridrico presente no estômago liberando íons bários intoxicando as pessoas."*	Mistura de sais, teste de identificação de sais, solubilização em ácido, intoxicação.

Quadro 39: Resposta dos alunos para a questão 10 do módulo 9

Como era esperado, os alunos ressignificaram o problema e propuseram nova resposta, que se organizou no contexto criado pelo ambiente virtual. Quando analisamos o enunciado na ordem direta em que foi produzido, temos a seguinte interpretação:

O medicamento intoxicou os pacientes porque "*as amostras do medicamento não passaram por testes suficientes para confirmar que nela só havia sulfato de bário*". Consequentemente, "*sobrou uma pequena quantidade de carbonato de bário contida nas amostras*" que *"entrou em contato com o ácido cloridrico presente no estômago, liberando íons bários e intoxicando as pessoas*". Com esta análise, temos que os alunos concentraram suas atenções na necessidade de fazer os testes que garantiriam a qualidade do medicamento; assim, temos que o problema foi causado pela falta de testes das amostras do medicamento.

Outra interpretação do enunciado pode ser feita se mudarmos a ordem dos trechos do enunciado; assim teríamos: o medicamento intoxicou os pacientes porque "*sobrou uma pequena quantidade de carbonato de bário contida nas amostras*". Esse sal "*entrou em*

contato com o ácido cloridrico presente no estômago liberando íons bários, intoxicando as pessoas". Este problema ocorreu porque "*as amostras do medicamento não passaram por testes suficientes para confirmar que nela só havia sulfato de bário*". Esta interpretação apresenta outro significado para o problema e que retoma a hipótese de que haveria outro sal de bário solúvel presente na amostra do medicamento.

Independentemente de qual das interpretações é a mais plausível, temos que o enunciado traz a síntese dos significados produzidos pelo grupo de alunos e a análise dos trechos desse enunciado permite que encontremos alguns desses significados:

"A*s amostras do medicamento não passaram por testes suficientes para confirmar que nela só havia sulfato de bário*" – quando os alunos se referem aos "testes", eles devem se referir aos experimentos em que foi testada a presença de sais de bário solúveis na amostra, pois a segurança do medicamento está relacionada à baixíssima solubilidade do sulfato de bário em água e em ácido. Nossos alunos realizaram os experimentos que testaram a solubilidade de sais de bário solúveis em água à temperatura ambiente, em água aquecida e em solução ácida. Também propuseram procedimentos para separar o sal contaminante da amostra (recristalização) e para identificar a presença do cátion ligado ao bário (curva de solubilidade em água, caracterização do cristal do sal e precipitação do cátion em solução).

"*sobrou uma pequena quantidade de carbonato de bário contida nas amostras*" – neste enunciado, os alunos apresentaram a resposta para a hipótese de haver outro sal de bário na amostra.

"*(o carbonato de bário) entrou em contato com o ácido cloridrico presente no estômago liberando íons bários intoxicando as pessoas*" – este enunciado apresenta a explicação do processo que deu origem à contaminação dos pacientes: o sal reagiu com o ácido presente no estômago, e o resultado da reação foi a liberação de íons de bário, que intoxicaram os pacientes.

A significação desses conceitos aconteceu dentro do contexto criado pelas perguntas presentes no ambiente virtual, por isso caracterizamos o nível de internalização destes conceitos como domínio.

Alunos	**Quais conceitos foram apresentados?**	**Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?**	**Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?**	**Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?**
D, F, L, M	Mistura de sais	Uma pequena quantidade de carbonato de bário estava misturado ao sulfato de bário	Pergunta do AVA	Domínio
	Teste de identificação de sais	O medicamento não passou por testes confirmariam que só havia sulfato de bário.	Pergunta do AVA	Domínio
	Solubilização em ácido	Ao ser ingerido, o carbonato de bário entrou em contato com ácido clorídrico presente no estômago e liberou íons bário.	Pergunta do AVA	Domínio
	Intoxicação	Os íons bário causaram a intoxicação das pessoas.	Pergunta do AVA	Domínio

Quadro 40: Síntese do episódio da resolução do problema

Nas atividades seguintes, os alunos leram trechos de informes divulgados pela ANVISA[24] e compararam o resultado que eles alcançaram com os resultados divulgados pela ANVISA. Em seguida, os alunos propuseram uma hipótese para a falha ocorrida no laboratório farmacêutico e a compararam com as hipóteses levantadas no artigo de Mathieu Tubino e José Simoni (2007). Por fim, os estudantes indicaram uma forma de identificação do erro ocorrido na produção do medicamento e analisaram a descrição do teste proposto no artigo de Tubino e Simoni (2007).

[24] As notícias Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) versam sobre a suspensão dos lotes do medicamento, a investigação da matéria-prima utilizada na fabricação do medicamento, a divulgação do laudo das análises das amostras do medicamento e a cassação dos registros de produtos e da licença do laboratório farmacêutico.

Os alunos concluíram a sequência didática e demonstraram muito contentamento por terem resolvido o problema e terem chegado a conclusões muito semelhantes às apresentadas pela Anvisa. Mais do que a satisfação de vermos o projeto concluído, tivemos enorme prazer em observar que nossos alunos permaneceram mobilizados até o final da aplicação do AVA.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando desenvolvemos o projeto para caracterizar a significação de conceitos químicos relacionados à solubilidade dos materiais, sabíamos que seria necessário planejar uma sequência didática que atendesse aos nossos propósitos de investigação e que fosse compatível com nossa concepção de ensino e aprendizagem. Essa sequência de ensino foi planejada a partir de uma premissa básica, a aprendizagem é processo que depende da construção de significados que decorre da interação social, do compartilhamento de significados e do uso consciente de ferramentas culturais, e ocorre ao longo do processo histórico de cada pessoa.

Toda a sequência foi desenvolvida para caracterizarmos o processo de significação dos conceitos e para que os alunos pudessem resolver o problema que causou os óbitos das pessoas que ingeriram o contraste radiológico. Para resolver o problema, os alunos precisaram construir significados para os conceitos relacionados às reações químicas que decorreram da ingestão do contraste e aprender a utilizar esses conceitos como ferramentas capazes realizar ações no meio macroscópico – como elaborar e executar um roteiro experimental – e no meio submicroscópico – como explicar a interação entre partículas do soluto e do solvente.

A escolha de um problema real e relativamente próximo aos alunos criou um contexto de investigação empírica que motivou a participação dos alunos, que assumiram a posição de pesquisadores responsáveis por solucioná-lo. Aliás, o contexto de pesquisa foi motivado não apenas pela sequência didática, a participação no Projeto de Pré-Iniciação Científica colaborou para criar a atmosfera pesquisa, que contagiou os alunos e permitiu que o projeto se diluísse ao longo de um ano.

Ao organizarmos a sequência didática pretendíamos que os conceitos fossem significados à medida que o conhecimento se fizesse necessário à resolução do problema. Ou

seja, não queríamos que os alunos estudassem uma série de conceitos e depois resolvessem o problema. Em nossa abordagem era preciso criar sentido e necessidade para o estudo dos conceitos. Para promovermos a significação e a ressignificação adotamos a estratégia de retomarmos o problema depois que os conceitos eram estudados. Desta forma, acreditávamos que novas relações, entre o problema e os conceitos, seriam formadas e se estruturariam em uma rede de conceitos em torno do problema. .

O meio escolhido para apresentar nossa sequência didática foi o ambiente virtual, porque as formas de interação e de organização do ensino mediados pelo computador também estão entre os nossos interesses de pesquisa, ainda que não tenham sido alvo desse estudo. Os recursos tecnológicos e didáticos desenvolvidos para o AVA de solubilidade foram imprescindíveis para produção de significados e foram fundamentais para a construção de diversos modelos, como: a molécula de água, a interação entre íons, entre as moléculas de água e entre as partículas em solução. Mais do que um modelo de interpretação de fenômenos, criamos situações em que os alunos testassem seus modelos explicando e prevendo fenômenos observados empiricamente (em via úmida e virtualmente). Essa prática tornou-se um procedimento comum, tanto que os alunos fizeram uso do modelo de solubilização de sais em água para propor a solubilização do carbonato de bário em solução ácida.

A oportunidade de colocar em prática os significados construídos ao longo da aplicação da sequência didática aconteceu no último módulo do AVA. A resolução, no entanto, do problema já vinha sendo significada e ressignificada, mas foi nas três atividades experimentais preparadas pelos alunos que eles tiveram oportunidade de articular seus conhecimentos com o propósito de identificar o contaminante da amostra e propor uma explicação do problema. Da nossa parte, a atividade de resolução do problema forneceu os dados para analisarmos como os alunos se organizaram e quais conceitos foram utilizados para resolver o problema. Durante a análise do processo de significação como domínio e

apropriação de ferramentas culturais, observamos que os alunos dominaram mais do que os conceitos químicos, eles dominaram e se apropriaram da forma de organização dos enunciados (como foi o caso da aluna "D" na sessão 5.9.1) e do uso de modelos como ferramentas capazes de realizar ações concretas (caso do aluno "M" na sessão 5.9.3).

O resultado da análise dos dados permite-nos afirmar que conseguimos alcançar o objetivo principal desse estudo: conseguimos caracterizar o processo de significação como domínio e apropriação de conceitos químicos em um ambiente virtual de aprendizagem. Para atingirmos este objetivo tivemos que buscar outros objetivos mais específicos como:

- Desenvolver um ambiente virtual de aprendizagem que promovesse a aprendizagem dos conceitos relativos à rede conceitual da solubilidade dos materiais. Este objetivo foi sendo alcançado de forma gradual, porque o AVA de solubilidade foi planejado antes de começar em as atividades do Programa Pré-IC, mas os acabamento e finalizações do textos só aconteceram a medida em que os alunos utilizavam o AVA e que observávamos os resultados dessa utilização. Esta se mostrou uma boa estratégia porque foi possível aprofundar ou retomar os conceitos de acordo com o desenvolvimento dos alunos. Por outro lado, tivemos problemas porque não tínhamos estagiários para ajudar com problemas técnicos da edição do ambiente. Isto acarretou na demora para finalizarmos alguns módulos (dada a necessidade de um tempo para planejar as atividades e outro tempo para editar os hipertextos) e essa demora pode ter gerado ansiedade e um pouco de frustração entre os alunos.

- Desenvolver uma metodologia que permitisse caracterizar a produção de significados ocorrida ao longo da sequência didática. Este acabou sendo um desafio, porque não pretendíamos caracterizar o produto da significação, ou a resposta dada para o problema do Celobar® e sim o processo que levou a resposta. Para caracterizarmos a significação, tivemos que desenvolver uma metodologia para determinar as unidades analíticas no estágio mais desenvolvido do processo de aprendizagem e reconstruir o processo de significação utilizando

as unidades de análise (Duarte, 2000). Aplicando esta metodologia conseguimos reconstruir o processo histórico da construção de significados do seu estágio menos evoluído (das primeiras significações para um conceito) até o mais evoluído (onde se estabeleceram maior quantidade de relações entre os conceitos). Foi no contexto mais evoluído, que elencamos os conceitos utilizados para resolver o problema e as unidades de análise dos dados.

A reconstrução histórica da significação forneceu os dados para caracterizarmos os conceitos como domínio e apropriação da rede de conceitual da solubilidade de materiais. Esta metodologia está firmemente ancorado na proposição do método inverso e mostrou-se adequada às circunstâncias de investigação.

- Utilizar a teoria da ação mediada como aporte teórico que sustente a investigação do processo de aprendizagem numa perspectiva sociocultural. O método inverso permite refazer o percurso da significação dos conceitos, mas caracterização da organização das ações e dos significados produzidos pelos alunos só foi alcançado quando analisamos o uso dos conceitos como ferramentas culturais e utilizamos a analise dos enunciados para caracterizar os significados construídos em cada contexto de resolução do problema.

Como dissemos na apresentação do projeto de Mestrado, existe uma necessidade de fortalecer o programa de pesquisa que investiga a aprendizagem como um processo de significação de conceitos científicos e que utiliza a análise de interações discursivas como metodologia de pesquisa. Quando propusemos esta sentença, refletíamos sobre a grande quantidade de trabalhos publicados de estudos que investigam a aprendizagem de conceito de solubilidade e carência de referências que nos auxiliassem a desenvolver um estudo com viés sociocultural.

Conseguimos caracterizar o domínio dos conceitos e a apropriação das formas de organização do pensamento químico e do uso de modelos teóricos como ferramentas capazes de executar ações concretas. Estes resultados reforçam a necessidade de desenvolver

metodologias de organização do ensino que permitam avaliar o processo de desenvolvimento cognitivo, como um processo de construção de significados. A problematização pode ser uma metodologia muito poderosa para avaliar e propiciar a significação, porque um problema pode ser um nucleador de conceitos, que devem ser significados para que o aluno possa dimensionar, circunscrevendo o problema a uma esfera de produção específica, e resolvê-lo, criando sentido e motivo próprio para a utilização dos conceitos..

O computador foi o meio utilizado para mediar a produção de significados porque ele permite a convergência de diversos recursos didáticos, tecnológicos ou convencionais, como as animações e a escrita. Ao contrário do que parece, a organização do ensino no computador ajudou a integrar os alunos que não se conheciam em torno de um propósito comum. As atividades experimentais no computador favoreceram o domínio e a apropriação de conceitos que foram ressignificados na bancada do laboratório, e mais, os significados produzidos nas atividades de visualização, descrição e explicação dos fenômenos submicroscópicos e macroscópicos realizados no computador não simplesmente ajudaram "a representar e transferir imagens mentais" ou outras estruturas cognitivas. A articulação destas atividades em uma sequência didática permitiu aos alunos reconhecerem funções, valores e propósitos das formas de representação na resolução de um problema de cunho social e científico, cujas origens se manifestam no resultado da reação entre um ácido e o carbonato de bário. Desta maneira, adotar a modelização de reações químicas como formas específicas de representação da realidade concreta, sobretudo na tensão entre o mundo macroscópico e o submicroscópico, imprime um caráter mediacional às equações, objetos moleculares e à própria fala, característica determinante da perspectiva sociocultural retratada neste trabalho.

Quando começamos a análise dos dados, nos deparamos com situações que podem se tornar objeto de outros estudos que investigam a escrita (Qual a diferença entre os significados expressos no discurso oral e no escrito? Como avaliar a produção de significados

no registro escrito?), o uso de modelos químicos enquanto formas de representação específicas (Como se deu o domínio e a apropriação das formas de representação da água, dos sais e dos processos químicos? Como estas representações foram utilizadas para explicar a interação entre partículas ?) e as metodologias de ensino (Quais elementos da organização do AVA favoreceram a interação dos alunos e a produção dos significados?). As questões podem variar de acordo com o olhar do investigador, mas é certo que quantidade e qualidade dos registros permitem que outras perguntas venham se tornar objeto de pesquisa no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, M. R; WILLIAMSON, V. M.; WESTBROOK, S. L. A cross-age study of the understanding five concepts. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 31, n. 2, p. 147-165, 1994.

ANJOS, E. I. **Modelos Mentais e Visualização Molecular***:* Uma Estratégia Para Ensinar Química Orgânica. Universidade de São Paulo, 2004. [Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências - Modalidade Física e Química]

BAKHTIN, M. **A Estética da Criação Verbal**. Trad. Paulo Bezerra, 4ª edição, São Paulo: Martins Fontes, 2000.

_____. (VOLOSHINOV, V.). **Marxismo e filosofia da linguagem**. 8ª edição, São Paulo: Hucitec, 1997.

BROCHADO, S. M. D .; PINTO, M. V. R. **Leitura e dialogismo: múltiplas vozes discursivas**. In: 16o. COLE - Congresso de Literatura do Brasil, Unicamp, v. 1, 2007.

ÇALÝK, M.; AYAS, A. An analogy activity for incorporating student's conceptions of types of solutions. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, vol.6, issue 2, article 6, p. 1-3, 2005a.

_____. A cross-age study on the understanding of chemical solutions and their components. **International Education Journal**, vol. 6, n. 1, p. 30-41, 2005b.

ÇALÝK, M.; AYAS, A.; EBENEZER, J. V. A review of solution chemistry studies: Insights into students' conceptions. **Journal of Science Education and Technology**, vol. 14, n. 1, p. 29-50, 2005.

CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R.; MARTORANO, S. A. A. Uma interpretação da evolução conceitual dos estudantes sobre o conceito de solução e processo de dissolução. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, vol. 9, n. 1, p. 35-52, 2010.

CAVALCANTI, L. S. Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos: uma contribuição de Vygotsky ao ensino de Geografia. **Cadernos do CEDES**, v. 25, n. 66, p. 185-208, 2005.

COLL, C; MAJÓS, M. T. M; GOÑI, J. O. Análisis de los usos reales de las TIC en contextos educativos formales: una aproximación socio-cultural. **Revista Electrónica de Investigación Educativa**, vol. 10, n. 1, 2008.p

DUARTE, N. A anatomia do homem é a chave da anatomia do macaco: A dialética em Vigotski e em Marx e a questão do saber objetivo na educação escolar. **Educação & Sociedade**, ano XXI, n. 71, jul, 2000.

DRIVER, R.; EASLEY, J. Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. **Studies in Science Education**, 12: 7-15, 1978.

EBENEZER, J. V. A Hypermedia Environment to Explore and Negotiate Students' Conceptions: animation of the Solution Process of Table Salt, **Journal Science Education an Technology**, vol. 10, n. 1, p. 73-91, 2001.

EBENEZER, J. V.; ERICKSON, L. G. Chemistry students' conception of solubility: A phenomenograpy. **Science Education**, vol. 80, issue 2, p. 181–201, 1996.

ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 15-18, 1996.

EDWARDS, D.; MERCER, N. **Common Knowledge** - The development of understanding in the classroom. London: Routledge, 1987.

FASSNACHT, C.; WOODS, D. K. **Transana**. Winscosin Center for Education Research, USA, 2002.

FIORIN, J. L. Interdiscursividade e intertextualidade. **Bakhtin: outros conceitos-chave**. Beth Brait(org.). São Paulo: Contexto, 2006.

GABEL, D. L. Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. **Journal of Chemical Education**, vol. 70, n. 3, p. 193-194, 1993.

GABEL, D. L.; SAMUEL, K. V.; HUNN, D. Understanding the particulate nature of matter. **Journal of Chemical Education**, vol. 64, n. 8, p. 695-697, 1987.

GEHLEN, S. T. **Função do problema no processo ensino aprendizagem de Ciências: contribuições de Freire e Vygotsky**. 2009, 254f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2009.

GIORDAN, M.; ANJOS, E. I. **Tutorial de química orgânica para o ensino médio**. 2003.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**: Uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados. Ijuí: Editoria da UNIJUÍ, 2008, v. 1. 325 p.

GIORDAN, M. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, v. 10, p. 43-49, 1999.

HARRISON, A. Y; TREAGUST, D. 2000. A typology of school science models. **International Journal of Science Education**, vol. 22, n. 9, p. 1011-1026, 2000.

JONASSEN, D. H.; CARR, C; YUEH, H. P. Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking. **TechTrends**, vol. 43, n. 2, p. 24-32, 1998.

LEMKE, J. L. **Talking science**: language, learning, and values. Norwood: Ablex, 1990.

MARCUSCHI, L. A. **Análise da conversação**. 5ª edição. São Paulo: Ed. Ática, 2006.

MARQUES, M. C. S. Vozes bakhtinianas: breve diálogo. **Primeira Versão**, ano I, n. 36, 2002. Disponível em: <http://www.primeiraversao.unir.br/artigo36.html>. Acessado em: 20 jul. 2009.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. **Making meaning in secondary science classrooms**. Open Univ. Press. Maidenhead, UK, 2003.

p

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Múltiplos olhares sobre um episódio de ensino: "Por que o gelo flutua na água?". In: ENCONTRO SOBRE TEORIA E PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS: linguagem, cultura e cognição, reflexões para o ensino de ciências. Belo Horizonte, 1997.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? INVESTIGAÇÕES EM ENSINO DE CIÊNCIAS, vol. 1, n. 1, p.20-39, 1996.

Notícias da Anvisa. Anvisa suspende medicamento para contraste radiológico. Brasília, 28 mai. 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/DIVULGA/noticias/2003/ 280503.htm>. Acessado em: 08 jul. 2009.

Notícias da Anvisa. Anvisa registra 17 suspeitas de morte por Celobar. Brasília, 2 de jun. 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/DIVULGA/noticias/2003/ 020603_3.htm>. Acessado em: 17 jul. 2009.

Notícias da Anvisa. Vigilância Sanitária investiga matéria-prima do Celobar. Brasília, 03 jun. 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/divulga/ noticias/2003/030603_2.htm>. Acessado em: 08 ago. 2009.

Notícias da Anvisa. Enila não comprovou origem de parte da matéria-prima do Celobar. Brasília, 04 jun. 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/DIVULGA/noticias/2003/ 040603_4.htm>. Acessado em: 17 jul. 2009.

Notícias da Anvisa. Laudo preliminar indica presença de sais solúveis de bário no Celobar. Brasília, 06 jun. 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/ divulga/noticias/2003/ 060603.htm>. Acessado em: 08 ago. 2009.

Notícias da Anvisa. Cassados os registros de produtos e a licença do Laboratório Enila. Brasília, 11 jun. 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2003/ 110703_4.htm>. Acessado em: 08 ago. 2009.

OLIVEIRA, S. R.; GOUVEIA, V. P.; QUADROS, A. L. Uma reflexão sobre Aprendizagem Escolar e o uso do conceito solubilidade/miscibilidade em situações do cotidiano: concepções dos estudantes. **Química Nova na Escola**, v. 31, p. 23-30, 2009.

OLIVEIRA, R. B.; CUNHA, L. C.; VALADARES, M. C.; PERES FILHO, M. Jr.; ARAÚJO, D. M. Acidente Celobar: a toxicologia experimental como ferramenta no estabelecimento de nexo causal de intoxicação medicamentosa maciça. In: XIV SEMANA CIENTÍFICA FARMACÊUTICA, Goiânia, 2005.

POSSO, A.; BARBOZA, L.; GIORDAN, M. Produção de vídeos de divulgação Científica por alunos do Projeto Pré-IC da USP. In: VII SEMANA DA EDUCAÇÃO – 40 anos de Faculdade de Educação, São Paulo: USP, 2009.

POSSO, A.; GIORDAN, M. Uso de experimento animado em aulas de propriedades dos materiais. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, Curitiba: UFPR, Programa e Resumos, p. 101-101, 2008.

Programa de Pré-Iniciação Científica da USP. Pró-Reitoria de Pesquisa da USP. Disponível em: <http://www.usp.br/prp/arquivos_pdf_doc_xml/preic/folder. pdf>. Acessado: 17 jul 2009.

ROSSET-FERREIRA, M. C., AMORIM, K. S, SOARES-SILVA, A. P, OLIVEIRA, Z. M. R. Desafios metodológicos na perspectiva da rede de significações. **Cadernos de Pesquisa**, vol. 38, n. 133, p. 147-170, jan.-abr. 2008.

SANGER, M. J.; BADGER, S. M. Using computer-based visualization strategies to improve students' understanding of molecular polarity and miscibility. **Journal of Chemical Education**, vol. 78, n. 10, p. 1412-1415, 2001.

SANTOS, F. M. T. A criação e manutenção da intersubjetividade na sala de aula de Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol. 9, n. 3, p. 315-335, 2004.

SILVA, L. A.; MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. Por que todos os nitratos são solúveis? **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 1016-1020, 2004.

SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 27, p. 51-56, 2008.

TUBINO, M.; SIMONI, J. A. Refletindo sobre o caso Celobar®. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 505-506, 2007.

UZUNTIRYAKI, E.; GEBAN, O. Effect of conceptual change approach accompanied with concept mapping on understanding of solution concepts. **Instructional Science**, vol. 33, n. 4, p. 311-339, 2005.

VERMAAT, J. H., KRAMERS-PALS, H.; SCHANK, P. The use of animations in chemical education. **Proceedings of the International Convention of the Association for Educational Communications and Technology**. Bloomington: AECT, volume 2, p. 430-441, 2003.

VIGOTSKI, L. S. **Teoria e método em Psicologia**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

_____. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

_____.The genesis of higher mental functions. *In*: WERTSCH, J.V. (org.). **The concept of activity in soviet psychology**. Armonk, N.Y.: M.E. Sharpe, 1981.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky y la formación social de la mente**. Buenos Aires: Paidós, 1995.

_____. La mente en acción. Buenos Aires: Aique, 1999.

ANEXO 1 – Quadros de episódios

Pergunta: "O envenenamento foi confirmado. O que pode ter acontecido com as amostras utilizadas pelos pacientes que foram vítimas do envenenamento?"		
Tipo de interação	**Data**	**Texto**
Resposta da dupla	2008-11-17	"As amostras dos pacientes que foram vítimas do envenenamento podem ter apresentado diferenças daquelas dos pacientes que não foram envenenados. Essas diferenças podem ter sido notadas por cor, ou alguma outra transformação que dá para ser notada."
Comentário do tutor	2008-11-24	"A hipótese de alterações nas amostras que causaram a intoxicação é viável. Quais alterações poderiam ter ocorrido com as amostras? O que fazer se elas não foram visíveis?"
Resposta da dupla	2008-11-24	"As amostras podem ter sida alterada por um simples contato com o ar. Se elas não fossem visíveis teria que fazer novos exames em outros pacientes envenenados."
Comentário do tutor	2008-11-26	"A dupla deve repensar no primeiro comentário!"
Resposta da dupla	2008-11-26	"As mudanças que podem ter ocorrido com as amostras são de mudanças de cor, cheiro, etc. Mas se a amostra não for visivel a olho nu, é necessário comparar aquela amostra com outra que não tenha problemas. Para comparar as amostras, é preciso bolar um experimento."

Quadro 41: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 3 do módulo 1

Tipo de interação	**Data**	**Texto**
Resposta da dupla	2008-11-17	"O que pode ter acontecido foi que a saturação de bário no sulfato de bário fez com que essa substância, tendo mais bário que deveria, se tornasse tóxica, pois este elemento sozinho se dissolve facilmente na água, causando intoxicação."
Comentário do tutor	2008-11-24	"A proposta da dupla é muito boa, mas qual a origem do bário (Ba^{2+}) que tornou a amostra tóxica? De que maneira se apresentava este cátion Ba^{2+}, isolado ou associado a um ânion? As respostas para estas questões devem ajudar a organizar uma solução para o problema."

Resposta da dupla	2008-11-26	“O que aconteceu foi que o sulfato de bário se misturou com alguma outra substancia causando o envenenamento nos pacientes.”
Comentário do tutor	2008-12-7	“Boa hipótese!”
Resposta da dupla	2009-04-27	:)

Quadro 42: Trocas entre a dupla Hidrogenio e o Tutor - questão 3 do módulo 1

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2008-11-17	“Pode ter ocorrido a má diluição do bário em água fazendo com que o bário mantesse a carga positiva, iônico (tóxico), tornando o envenenamento confirmado.”
Comentário do tutor	2008-11-26	“Como o processo de diluição afetou a formação de carga no bário?”
Resposta da dupla	2008-11-26	“A quantidade de agua era insuficiente para separar os ions do soluto fazendo com que o bário ficasse ainda com a carga positiva, tornando o envenenamento confirmado.”

Quadro 43: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 3 do módulo 1

Pergunta: “Analisando os fatos apresentados até agora, você conseguiria levantar hipóteses com respeito ao que pode ter acontecido com as amostras de medicamento que contaminou os pacientes? Discuta com seu colega e responda.”

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2008-11-17	“Pode ter acontecido que a quantidade de sulfato de bário colocada para se diluir em água era maior do que a quantidade, da mesma substância, que é solúvel em água. Assim, a substância se tornou tóxica para paciente, pois uma parte do sulfato não foi diluida na água.”
Comentário do tutor	2008-11-26	“O que foi colocado a mais na diluição em água? O sulfato de bário ou o íon bário? O íon bário (espécie que causou a intoxicação) é uma substância? Expliquem a afirmação: "a substância se tornou tóxica para paciente, pois uma parte do sulfato não foi diluida na água".”
Resposta da dupla	2008-11-26	“O que foi colocado a mais na diluição em água é o sulfato de bário.

		O íon bário não é uma substancia, é um composto. A substancia se tornou tóxica para o paciente, pois havia uma grande parte de sulfato que não foi diluido na água. Como havia uma certa quantidade máxima que se dissolvia na água, quando colocado mais que essa quantia permitida, a substância se tornou tóxica.”

Quadro 44: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 4 do módulo 1

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2008-11-17	“Como dito anteriormente, pensamos que a amostra sulfato de bário estava saturada em bário, este se tornou assim, solúvel em água, causando a intoxicação nos pacientes que a tomaram.Poderia ter ocorrido um erro no cálculo da quantidade necessária de cada substância para ter não 'sobrado' (saturação) nenhum dos elementos.Esses cálculos teriam que ter sido feitos com base na solubilidade do Bário na solução S + O4.”
Comentário do tutor	2008-11-25	“Reescreva a hipótese lançada pela dupla considerando os comentários feitos para as duas questões anteriores.”
Resposta da dupla	2008-11-26	“O que aconteceu foi que, eles não poderiam ter fabricado este sulfato de bario aqui no Brasil, pois achamos, que eles ainda não tinham o conhecimento maior sobre como fabrica-lo, poderiam ter feito alguns teste antes de usalo nos pacientes.”
Comentário do tutor	2008-12-07	“Vamos voltar a sua resposta em breve, não deixe de comentá-la com os seus colegas no momento das discussões!”
Resposta da dupla	2009-04-27	blz

Quadro 45: Trocas entre a dupla Hidrogenio e o Tutor - questão 4 do módulo 1

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2008-11-17	“Uma hipotese do que pode ter ocorrido é que ao ser preparado o medicamento, quem o fez colocou uma quantidade muito elevada de $Ba+^{2}$ fazendo com que a solução ficasse muito tóxica.”
Comentário do tutor	2008-11-26	“Esta é uma boa hipótese, mas de que maneira o cátion Ba^{2+} estava presente na amostra do

		medicamento? Isolado ou associado a um ânion?"
Resposta da dupla	2008-11-26	"Associado a um anion pois o erro estava na quantidade de agua que não era suficiente para separar os anions e os cations do bário ."

Quadro 46: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 4 do módulo 1

Pergunta: "Discuta com seu colega e sugira hipóteses que permitam explicar o que pode ter acontecido com as amostras do medicamento que causaram o envenenamento dos pacientes que ingeriram a suspensão de sulfato de bário?"

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2008-12-08	"As amostras que causaram o envenenamento poderiam conter apenas bário (cátion) ligado a um anion que não sabemos qual é, não sulfato de bário."
Comentário do tutor	2009-02-15	"Boa hipótese!"
Resposta da dupla	2009-02-16	:D

Quadro 47: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 2 do módulo 5

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2008-12-15	"Pensamos que a solução estava saturada em bário, pois numa solução aquosa equilibrada não haveriam problemas."
Comentário do tutor	2008-12-16	"O que é uma solução aquosa equilibrada?"
Resposta da dupla	2009-04-27	"Seria uma substância onde sua estrutura seria aquosa onde estara tendo uma boa interação."

Quadro 48: Trocas entre a dupla Hidrogenio e o Tutor - questão 2 do módulo 5

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2008-12-15	"Pode ter ocorrido de ao ter sido preparadas as amostras, ao ser feito a pessoa que o preparou colocou,para a obtenção de sulfato de bário, cloreto de bário e ao invez de outro sal solúvel em água com sulfato colocou um sal muito pouco solúvel em água com sulfato, e assim o sulfato não atrairia o bário e logo não ha sulfato de bário."
Comentário do tutor	2008-12-16	Boa hipótese!!

Quadro 49: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 2 do módulo 5

Pergunta: "Por fim, elabore uma ou mais estratégias que permitam investigar as hipóteses levantas pela dupla."

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2008-12-08	Investigaríamos essa hipótese baseando-se qual é o anion que está ligado no cátion (bário). Assim, tirariamos apenas esse anion para estudo.
Comentário do tutor	2009-2-15	Como a dupla pretende identificar o ânion? Dica: as aulas contêm informações que podem ser muito úteis para confirmar a hipótese da dupla e identificar o ânion que vocês procuram!
Resposta da dupla	2009-02-16	Identificaríamos o anion, misturando outra substância, pois o anion pode ser identificado com transformações quimicas.

Quadro 50: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 3 do módulo 5

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2008-12-15	Pode-se analisar uma amostra no laboratório para verificar se a quantidade de bário está adequada e/ou fazer exames para detectar a quantidade de bário nas pessoas contaminadas.
Comentário do tutor	2008-12-16	Como vocês pretendem fazer estas análises?
Resposta da dupla	2009-04-22	Pode-se analisar uma amostra no laboratório para verificar se a quantidade de bário está adequada e/ou fazer exames para detectar a quantidade de bário nas pessoas contaminadas.Podemos fazendo o sulfato de bário no laboratório.

Quadro 51: Trocas entre a dupla Hidrogenio e o Tutor - questão 3 do módulo 5

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2008-12-15	A estratégia mais plausivel encontrada pela dupla para a hipótese seria saber se o sal com sulfato, colocado para a abtenção do sulfato de bário, é solúvel ou pouco solúvel em água, para ter certeza de que o sulfato será separado para reagir com o bário.
Comentário do tutor	2008-12-16	Verificar os reagentes é uma boa estratégia!! mas e o(s) produto(s), será que é possível testá-lo(s)?
Resposta da dupla	2008-12-21	Sim, é possível testa-los através de suas características físicas. L.

Comentário do tutor	2009-2-15	Quais características, ou melhor, propriedades dos materiais envolvidos podem ser testadas? Como vocês pretendem testá-las?
Resposta da dupla	2009-02-16	colocar um soluto pouco soluvel em agua em um bequer. e em outro bequer um soluto pouco soluvel em agua e assim veriamos em qual solução o soluto seria atraidopelo sulfato.

Quadro 52: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 3 do módulo 5

Pergunta: "Como estas informações podem auxiliar na resolução do problema da amostra de medicamento contaminada?"

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2009-02-11	Pode auxiliar que na hora de fazer a fusão do sal que é o sulfato de bário não ocorreu a fusão na temperatura certa, tendo no líquido partículas sólidas.
Comentário do tutor	2009-02-16	Se for feita a fusão de uma amostra de sal, que acredita-se que seja sulfato de bário, e a temperatura de fusão for diferente daquela que se espera para essa amostra. O que pode ser concluído sobre a amostra? Como este procedimento pode auxiliar na resolução do problema da contaminação pelo contraste radiológico?
Resposta da dupla	2009-02-16	O que pode ser concluido sobre a amostra é que não vai haver fusão total. Este procedimento pode auxiliar na resolução do problema da contaminação pelo contraste rediológico, de maneira que dependendo da fusão (se ela ocorreu), a substancia pode ser ou nao ser tóxica.
Comentário do tutor	2009-3-15	Como a temperatura de fusão pode dar indícios sobre a toxicidade da amostra?
Resposta da dupla	2009-03-16	A temperatura de fusão pode dar indicios sobre a toxicidade da amostra de maneira que determinados materiais tem suas propriedades (uma delas, a temperatura de fusão) diferentes de outros. Assim, determinando a temperatura, poderiamos saber se a amostra foi modificada e é tóxica ou não.
Comentário do tutor	2009-3-24	A resposta está mais clara e isto é muito bom! Então, vamos ver se eu entendi. A temperatura de fusão ajudaria a resolver o

		problema porque com o valor da temperatura de fusão vocês podem determinar se a amostra contém o material é tóxico ou não, certo? Sendo assim, quais valores de temperatura de fusão vocês esperariam encontrar no caso do material tóxico e do material atóxico? E no caso de uma mistura de material tóxico com atóxico? Pensem, discutam e depois justifiquem as respostas.
Resposta da dupla	2009-03-25	A temperatura de fusão seria variada. Com a determinação da temperatura de fusão, conseguiriamos identificar qual é a substância e assim, saberiamos se ela é soluvel ou nao em água, portanto tóxica ou não. Os valores que esperarimos encontrar são aqueles das substâncias tóxicas.
Comentário do tutor	2009-4-20	Como vocês deveriam proceder para identificar as substâncias presentes na amostra por temperatura de fusão? Antes de elaborar um procedimento considerem as seguintes informações: 1. antes de iniciarmos as análises temos que considerar nossas hipóteses e só depois elaborar um procedimento que nos ajude a testar nossas hipóteses e assim teremos a confirmação ou a refutação destas hipóteses. 2. para organizar uma análise experimental é preciso pensar em: - o que será analisado? - quais materiais necessários para realizar os experimentos? - quais equipamentos serão necessários? - quais as etapas do(s) experimento(s)? - como proceder à análise dos resultados? 3. para realizar a análise de uma amostra é preciso ter pelo menos uma *referência* para comparar os dados obtidos no procedimento experimental. A referência pode ser a substância de interesse que no nosso caso é o BaSO4. Também devemos ter os dados da substância que esperamos encontrar, o que vocês esperam encontrar? Considerem todas as informações que a dupla já

		possui, as hipóteses levantadas pela dupla anteriormente, discutam o procedimento e tentem descrevê-lo de forma clara. Peçam o auxílio da professora se for necessário.
Resposta da dupla	2009-04-22	Deveriamos proceder para identificar as substâncias presentes na amostra da seguinte maneira: O que será analisado? A amostra da substância e as temperaturas de fusão. Materiais necessários: - 2 béqueres - 1 lamparina - 1 tripé - 1 termometro - Amostra - Uma quantia da substancia de sulfato de bário em pó 1) Colocaremos uma quantia de sulfato de bário em pó no béquer 2) Posicionaremos o béquer em cima do tripé, e embaixo do tripé colocaremos a lamparina. 3) Acenderemos a lamparina e esperaremos a substância ficar no estado liquido 4) Quando a substância ficar liquida, colocaremos o termometro nela e mediremos a temperatura de fusão, que deve ser em torno de 1580ºC. 5) Depois de saber a temperatura de fusão do sulfato de bário, repetiremos o processo com a amostra: 6) Colocaremos a amostra em um béquer limpo e a aqueceremos até ela ficar liquida 7) Quando ela ficar liquida, mediremos a temperatura de fusão da amostra e a compararemos com a temperatura de fusão do sulfato de bário. Análise dos resultados: Analisaremos os resultados levando em conta as temperaturas da amostra e do sulfato de bário. Se a temperatura de fusão da amostra for a mesma que a do sulfato de bário, a amostra nõ será tóxica. Se a temperatura de fusão da amostra for diferente (maior ou menor) que a do sulfato de bário, a amostra será tóxica.

		Esperamos encontrar que a substância do sulfato de bário tenha a temperatura de fusão smelhante ou igual a 1580ºC.

Quadro 53: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 3 do módulo 6

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2009-02-16	O que pode ter acontecido, foi que fundiram muito os sais que compoem o sulfato de bário assim eles ficaram em seu estado liquido e conseguiram se solubilizar na água e com isso foi colocado mais sulfato de bário na composição.
Comentário do tutor	2009-4-20	Vamos esclarecer alguns pontos encontrados em sua resposta: 1. O que acontece ao fundirmos o sulfato de bário? 2. A que temperatura ocorre a fusão do sulfato de bário? (consulte a tabela 4 da página D do módulo 6) 3. O que aconteceria se adicionássemos uma amostra de sulfato de bário fundido em água? e se adicionássemos uma amostra de sulfato de bário no estado sólido? 4. Existem muitos sais de sulfato de bário? quais são eles? Depois de pensar e responder estas perguntas, pense no seguinte: Cada substância possui um conjunto de características que a diferencia das demais substâncias. Estas características recebem o nome de "propriedades dos materiais". A temperatura de fusão é uma destas propriedades, assim como, a temperatura de ebulição, a solublidade, a densidade, a condutividade elétrica, a ácidez, a basicidade e etc. Podemos utilizar as propriedades dos materiais para identificar e caracterizar uma substância ou cada substância presente em uma amostra. Considere os conhecimentos que você possui sobre o problema do contraste à base de sulfato de bário, as propriedades do sulfato de bário, a tabela 4 da página D do módulo 6 e responda: Como podemos utilizar a temperatura de fusão para

		investigar a amostra do medicamento que contaminou as pessoas com Ba2+?
Resposta da dupla	2009-04-22	O que pode ter acontecido, foi que fundiram muito os sais que compoem o sulfato de bário assim eles ficaram em seu estado liquido e conseguiram se solubilizar na água e com isso foi colocado mais sulfato de bário na composição.Como ele muito pouco soluvel em água, então vai ficar mais de ser pouco soluvel em água.A temperatura de fusão do sulfato de bário é de 1580ºC.Se for adicionada uma amostra de sulfato de bário fundido ela poderia ficar pouco soluvel em água e uma amostra no estado sólido seria MUITO pouco soluvel.Os sais de bário são; Carboneto de bário, Cloreto de bário, Nitrato de bário e Sulfeto de bário.A temperatura de fusão é importante para saber o que aconteceu com a intoxicação do sulfato de bário, pois poderia ter ocorrido uma diminuição na temperatura (o sulfato de bário precipita na água e se vê um pó branco no fundo da água) com o aumento da temperatura poderia ter mais bário e não se percebeu a quantidade de sulfato de bário.

Quadro 54: Trocas entre a dupla Hidrogenio e o Tutor - questão 3 do módulo 6

Tipo de interação	**Data**	**Texto**
Resposta da dupla	2009-02-11	essas informações podem auxiliar na resolução do problema pois com a ajuda das informações podemos deduzir que a solução com sulfato de bário não teve temperatura fornecida o suficiente para que o bário tenha mudado completamente de estado (estado sólido para o liquidoFUSÃO)
Comentário do tutor	2009-03-24	Releiam a resposta da dupla com atenção e respondam: O sulfato de bário dissolvido em água está no estado líquido? Durante o processo de solubilização do sulfato de bário também ocorre a fusão do sulfato de bário? Para que possamos resolver o problema com amostra do medicamento é preciso saber qual a

		composição da amostra. Como as informações a respeito das temperaturas de fusão e ebulição contidas na tabela 4 (página 6 do módulo 6) podem nos ajudar a identificar a amostra?
Resposta da dupla	2009-04-22	essas informações podem auxiliar na resolução do problema pois com a ajuda das informações podemos deduzir que a solução com sulfato de bário não teve temperatura fornecida o suficiente para que o bário (no estado sólido) tenha se diluido completamente na solução. ficou mais claro *acho :D
Comentário do tutor	2009-05-11	estas informaçoes podem auxiliar, pois com a temperatura de fusão do sulfato de bário podemos saber se a amostra que contaminou as pessoas é realmente de sulfato de bário ou não, e dependendo do valor em Cº podemos saber se a amostra é pura ou misturada. com o auxilio da literatura.

Quadro 55: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 3 do módulo 6

Pergunta: "Volte ao gráfico 2 e encontre a solubilidade do KNO3 (nitrato de potássio) a 40°C. Discuta com seu colega e responda:

a) Explique o que significa o valor encontrado.

b) O que acontece com a solubilidade deste sal quando a temperatura do sistema varia?

c) Como você utilizaria os dados encontrados na tabela para identificar uma amostra de um sal desconhecido?"

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2009-06-15	a) O valor encontrado (de 65g) significa que em 40ºC, o KNO3 vai ter o coeficiente de solubilidade de 65g/100g de H2O. b) Quando a temperatura do sistema varia, a solubilidade pode aumentar ou diminuir. c) Utilizariamos os dados encontrados na tabel apara identificar uma amostra de um sal desconhecido analisando a composição do material e comporando os valores com o da tabela.
Comentário do tutor	2009-6-17	item a) o que significa "coeficiente de solubilidade de 65g/100g de H2O"? item b) muito bom! item c) descreva melhor o procedimento para fazer tal

		identificação. Como vocês encontrariam os dados? que dados são estes? como vocês analisariam a composição do sal?
Resposta da dupla	2009-06-17	2009-06-17 - Resposta: a) Quizermos dizer que em 100g de água, o valor que será solubilizado de KNO3 em 40ºC será de 65g. c) Para identificar uma amostra de sal a partir da tebalela, estabeleceriamos exatamente 100g de água e a mesma quantidade de certa substancia, mas variariamos a temperatura. Depois, compararíamos na tabela os valores encontrados para identificar a substancia. Se ficassemos em duvida, deixariamos constante a quantidade de água e a temepratura, mudando apenas a quantidade da substancia. Desse modo, poderiamos saber, com a comparaçao dos resultados encontrados com aqueles da tabela, o coeficiente de solubilidade da substancia e que substancia é aquela.

Quadro 56: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 13 do módulo 7

Tipo de interação	**Data**	**Texto**
Resposta da dupla	2009-06-15	A)O valor encontrado indica que o sal é pouco soluvel a temperatura de 40 graus, nos achamos! B)Quando a temperatura aumenta a sua solubilização é mais rápida (no gráfico a temperatura para a solubilização é entre 20ºC e 50ºC)e quando diminui fica um pouco mais difícil sua solubilização, nós achamos! C)Experimentaria todas as temperaturas e analisaria qual temperatura ele se solubilizaria totalmente, e colocaria dierentes gramas de sais para ter certeza.
Comentário do tutor	2009-6-17	item a) Todos os sais presentes no gráfico são solúveis em água, uns mais e outros menos solúveis, mas todos são solúveis. Compare o valor de massa, em gramas, solubilizada de outros sais a 40^{o}C com a massa, em gramas, de KNO3 solubilizada em 100g de água e responda: É possível afirmar que o KNO3 é um sal pouco solúvel em água? Volte ao gráfico e faça o seguinte exercício: encontre o valor da massa, em gramas, de KNO3 que solubiliza a

		60°C. Descreva passo a passo as ações desenvolvidas para encontrar o valor da massa. Depois responda: o que este valor de massa significa? b) O gráfico fornece valores de tempo? A velocidade só pode ser obtida se um evento for descrito em função da variação do tempo! O que acontece com a solubilidade dos sais quando a temperatura varia? item c) Vamos ver se eu entendi! vocês tentariam solubilizar o sal em diferentes temperaturas até fosse possível solubilizá-lo completamente, certo? muito bom! Qual massa de sal vocês utilizariam? Quais informações (dados) vocês pretendem obter? Como estes dados auxiliariam na identificação do sal? Depois tentariam fazer o mesmo para amostras de outros sais para ter certeza. Qual certeza vocês teriam ao solubilizar outros sais?
Resposta da dupla	2009-06-17	A)O valor encontrado indica que o sal é pouco soluvel a temperatura de 40 graus, nos achamos! B)Quando a temperatura aumenta a sua solubilização é mais rápida (no gráfico a temperatura para a solubilização é entre 20ºC e 50ºC)e quando diminui fica um pouco mais difícil sua solubilização, nós achamos! C)Experimentaria todas as temperaturas e analisaria qual temperatura ele se solubilizaria totalmente, e colocaria dierentes gramas do sal para ter certeza.

Quadro 57: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 13 do módulo 7

Pergunta: "Como é possível identificar uma substância a partir do processo de recristalização? Por exemplo, como você identificaria uma amostra que pode ser cloreto de sódio a partir do processo de recristalização?"

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2009-09-02	A partir do processo de cristalização, podemos identificar uma amostra de cloreto de sódio a partir de suas propriedades que observamos durante o processso de recristalização. Essas propriedades podem ser a solubulização (analisando o coeficiente de solubilização), de temperatura de fusao entre outras.

Comentário do tutor	2009-09-09	Gostei da resposta! mas ficou uma dúvida: Como vocês observariam a tempertarura de fusão do sal durante o processo de recristalização?
Resposta da dupla	2009-09-09	Seria impossível medir a temperatura do sal no momento de recristalização. Um método encontrado é aquecermos o sal até percebermos que houve a fusão do sal ai saberiamos qual foi a temperatura de fusão.

Quadro 58: Trocas entre a dupla Helio e o Tutor - questão 7 do módulo 8

Tipo de interação	Data	Texto
Resposta da dupla	2009-09-02	Utilzariamos o processo de precipitação do sal.
Comentário do tutor	2009-09-09	Como vocês utilizariam a precipitação para identificar um sal?
Resposta da dupla	2009-09-09	Coletariamos dados do sal, e ao se precipitar na agua verificariamos no grafico de solubilização em qual dos sais aqueles dados se referem

Quadro 59: Trocas entre a dupla Litio e o Tutor - questão 7 do módulo 8

Turnos	Falantes	Enunciados	Descrição dos gestos
01	P	1. ... o: os dois procedimentos eles têm 2. algumas coisas parecidas tá/ os dois 3. procedimentos/ então quer ver uma 4. coisa/ como que você vai: qual que é 5. a ideia do seu o: do procedimento da 6. dupla de vocês/ Helio	(a professora pega os procedimentos das duplas e põe sobre a bancada) (a professora aponta para um das duplas)
02	M	7. que tem um sal	
03	D	8. a gente vai é:/ que a gente tem dois 9. sais misturados na amostra/ aí a 10. gente solubiliza a amostra e como a 11. gente sabe que o sulfato de bário 12. não solubiliza vai solubilizar só o 13. outro então a gente pega tudo/ tudo 14. que tá lá na água a gente pega e 15. filtra o: pra tirar o bário que não vai 16. ser o sulfato mas a gente vai ficar o 17. (inaudível) aí a gente vai pegar o sal 18. e recristalizar/ o que a gente 19. conseguiu recristalizar a gente vai 20. solubilizar ele e a partir da 21. solubilização?? pra ver como ele é a gente descobre que sal é esse	
04	F	22. certo a gente vai fazer a mesma coisa	
05	D	23. a mesma coisa? (riso)	
06	P/M/D	24. (risos)	
07	M	25. é a mesma coisa/ certo	(o aluno brinca com a colega)
08	D	26. a mesma coisa/ a gente não pôs tudo 27. isso	(a aluna verifica o procedimento da outra dupla)
09	F	28. não é que é mesma coisa/ aqui a 29. gente copiamos os materiais aqui 30. copiamos o que a gente vai fazer	(a aluna mostra o papel que contém o procedimento)
10	M	31. certo é mesma coisa 32.	(o aluno continua brincando com a colega)
11	F	33. (riso)	
12	P	34. então/ vocês vão trabalhar com 35. recristalização	(a professora olha para M)
13	M	36. ok	
14	D	37. sim elas também	
15	P	38. e vocês?/ qual que é a ideia qual que 39. é a ideia do grupo Litio?	
16	F	40. (inaudível) é temos nossa ideia/ a 41. principal é essa daí	
17	P	42. qual que é a hipótese do Litio?	
18	F	43. nossas hipóteses são assim/ temos 44. três hipóteses/ tem três L? (riso)	
19	P	45. ela tem três (inaudível)	
20	D	46. vocês não querem testar se tem o:	
21	F	47. a gente vai testar só	
22	D	48. então mas espera	
23	F	49. o:	
24	D	50. vai fazer a experiência	
25	F	51. não assim e a hipótese né gente 52. assim mas nosso principal a principal 53. que a gente vai fazer é essa	
26	P	55. que é essa qual?	

27	F	56.	é essa da recristalização	
28	P	57. 58.	então qual que é a hipótese de vocês?	
29	F	59.	bom a gente vai é tem essa	
30	P	60.	essa qual é?	
31	L/F	61.	(risos)	
32	F	62.	é essa da recristalização	
33	P	63.	sua hipótese é a recristalização?	
34	D	64.	hipótese não procedimento!	
35	P	65. 66. 67.	a recristalização [M: é um procedimento] é um procedimento para testar a hipótese	
36	F	68.	ah é	
37	D	69.	e:	
38	M	70.	não é sua hipótese	
39	D	71.	tá vendo ela tá meio (inaudível)	
40	L	72.	tem outro sal	
41	P	73.	não/ qual é	(a professora se dirige a L)
42	L	74. 75.	a amostra ser contaminada também por outro sal	
43	P	76.	ah agora seria a hipótese	
44	L	77.	e a água também ser contaminada	
45	D	78.	(inaudível)	
46	P	79. 80.	vocês ouviram? ouviram a segunda hipótese dela?	
47	M	81.	a água ser contaminada?	
48	D	82.	(inaudível)	
49	L	83.	a água pode estar contaminada	
50	P	84.	a água/ que:	
51	L/F	85.	(conversam)	
52	P	86.	quê? / ah: ouviram?	
53	D	87.	que água?	
54	P	88.	a água que? L?	
55	L	89. 90. 91. 92. 93. 94. 95.	a água que foi preparada (inaudível) o sulfato de bário foi dissolvido em água e a gente acha que tem um sal na água que ele seja solúvel/ [D: ah:] e que aí esse sal seja tóxico e ele pode ter contaminado a água/ pra isso a gente vai	
56	D	96.	ah: agora	
57	M	97.	eu queria saber pra que que ele	
58	D	98.	então tá	
59	P	99. 100.	então as duas hipóteses são semelhantes certo?	
60	L	101.	eu queria	
61	P	102. 103. 104. 105. 106. 107.	tem um outro sal certo? vamos ver se eu se eu captei (riso)/ existe um outro sal na amostra/ e este sal é que pode ter contaminado os pacientes a minha pergunta é/ o que é que vocês sabem desse sal?	
62	M	108. 109.	ele é pouco não que nós estamos estudando	
63	P	110. 111.	o que que vocês sabem desse outro sal	
64	D	112. 113.	a gente sabe que o cátion dele é bário	(a aluna lê uma folha de papel)
65	P	114.	vocês acham	(a professora se dirige a

			outra dupla)
66	F	115. que ele é solúvel em água	
67	P	116. então deste outro sal vocês já tem 117. algumas informações/ que o cátion 118. dele é	
68	D	119. bário	
69	P	120. certo?/ que vocês tem uma hipótese 121. que ele é?	(a professora se dirige a dupla Helio)
70	M	122. pouco solúvel é solúvel em água	
71	P	123. é solúvel em água tá e é isso que 124. vocês vão testar/ tô certa?	
72	D	125. sim	
73	P	126. e vocês vão testar por um método 127. muito semelhante que é?	
74	L/F	128. recristalização	
75	P	129. e depois que vocês recristalizaram?	
76	D	130. solubilizar	
77	M	131. propriedades dos materiais (inaudível)	
78	L	132. características	
79	D	133. (inaudível) de solubilização	
80	P	134. então vocês dois estão indo é: 135. organizaram os experimentos de 136. forma semelhante né/ e depois que 137. vocês caracterizarem esse sal? o 138. que que vocês vão querer	
81	D	139. aí a gente vai solubilizar primeiro pra 140. ver se ele é tóxico e se ele for tóxico 141. acabou nós terminamos porque a 142. gente viu o que que foi tóxico	
82	P	143. humm e vocês?	(a professora se dirige a dupla Litio)
83	F	144. é a mesma coisa	
84	P	145. aí vocês vão repetir o mesmo	
85	L	146. é a mesma coisa que agente fez	
86	P	147. olha que coisa! e eu e eu não falei 148. nada!	
87	Todos	149. (risos)	
88	P	150. muito bem então vocês vão fazer 151. apenas/ o que vocês hoje é essa 152. etapa de tentar descobrir o material 153. se caso ele seja solúvel em água/ 154. mas se ele não for ele não for solúvel 155. em água vocês já pensaram [L/F/D: 156. não] o que vão fazer?/ então esta é a 157. próxima atividade caso não dê certo 158. a daqui	

Quadro 60: Transcrição n. 1 - Preparação para a 1ª atividade experimental (alunos estão na bancada do laboratório de química)

Turnos	Falantes	Enunciados	Descrição dos gestos
01	P	04. e aí? o que é que vocês concluem?	
02	M	05. que não tem bário	
03	P	06. que não tem bário aonde?	
04	M	07. aqui	(o aluno indica o tubo de ensaio)
05	P	08. não tem bário ai/ o que mais?	
06	M	09. então ele não solubiliza na água	
07	P	10. em que água?	
08	M	11. em temperatu: hum: nessa temperatura e ambiente	(o aluno se refere a temperatura de 37ºC)
09	F	12. (inaudível)	
10	P	13. ele não solubiliza tá/ mas para 14 intoxicar ele/	
11	M	15. solubilizou	
12	P	16. ele solubilizou// então o que que tá 17. faltando?	
13	L	18. intoxicar	
14	P	19. (riso) não aqui não pode intoxicar 20. nada	
15	M	21. matar gente	
16	P	22. então o que que tá faltando?	
17	F	23. (inaudível)	
18	P	24. mais informações?/ tá/ tá faltando 25. mais informações e outra o que é 26. que vocês sabem que não tem aí?	
19	L	27. humm o bário	
20	P	28. não/ não tem na amostra desculpem	
21	M	29. que não tem na amostra?	
22	P	30. é!	
23	M	31. o íon	
24	P	32. o íon não	
25	M	33. o ânion?	
26	P	34. não o que que vocês estavam 35. investigando a presença do que aí? 36. qual que era [M: o sal] a hipótese 37. que trouxe vocês aqui?	
27	M	38. outro sal	
28	P	39. que sal? qual a característica do sal	

		40.	que vocês estavam achando que	
		41.	tinha aí?	
29.	M	42.	solúvel em água	
30.	P	43.	solúvel em água então o que é que	
		44.	vocês não sabem/ o que é que vocês	
		45.	sabem agora a partir de agora	
		46.	destes testes?	
31.	M	47	que se tiver o sal ele não é solúvel	
		48.	em água	
32.	P	49.	se tiver sal não/ tem!	(a professora faz sinal positivo com a cabeça)
33.	M	50.	tem?	
34	P	51.	tem/ você não sabe que a amostra	
		52.	está contaminada [M: é verdade]	
		53.	com sal de bário	
35.	M	54.	ele não é solúvel em água	
36.	P	55.	e ele não é solúvel em água tá mas	
		56.	que tipo de sal é?	
37.	F	57.	que não é solúvel	
38.	P	58.	não é um sal de:	
39.	M	59.	bário	
40.	P	60.	bário/ oh! não são poucas as	
		61.	informações que vocês têm/ é um sal	
		62.	de bário mas não é um sal solúvel	
		63.	em:	
41.	M	64.	água	
42.	P	65.	água nem a temperatura ambiente	
		66.	nem aquecida/ então/ daí vocês já	
		67.	descartam uma série de sais/ qual	
		68.	que é a sugestão da L/ que ela tá	
		69.	aqui falando no meu ouvido/ fala alto	
		70.	para eles ouvirem	
43.	M	71.	carbonato de sódio	(o aluno erra o nome do sal)
44.	L	72.	carbonato de sódio	(a aluno erra o nome do sal)
45.	P	73.	quais são as características do	(a professora fala o nome certo do sal)
		74.	carbonato de bário/ o carbonato de	
		75.	bário respeita as características que	
		76.	vocês identificaram?	
46.	M	77.	não/ por que que é o carbonato de	(o aluno corrige a aluna)
		78.	bário?	

47.	P	79.	hamm	
48.	M	80.	qual que é o carbonato de bário?	
49.	P	81.	B A S O 3 (professora indica as letras com a mão)	(professora indica as letras com a mão, mas erra o nome do sal)
50.	P	82.	quais são as características dele L?	
51.	M	83.	do carbonato de bário?	
52.	L	84.	é muito pouco solúvel	
53.	P	85.	é muito pouco solúvel em quê?	
54.	L	86.	em água	
55.	P	87. 88. 89.	em água/ como vocês vão testar? (alunos não respondem) o que que vocês precisam pra poder testar ele?	
56	M	90.	outro sal?	
57.	P	91. 92.	não/ vocês precisam buscar o que dele?/ informações as propriedades	
58.	L	93.	as características	
59.	P	94. 95. 96.	as características deles vocês precisam saber as propriedades dele para poder fazer o teste	
60.	M	97.	do carbonato de bário?	
61.	P	98.	do carbonato de bário sobrou um sal	
62.	M	99.	SO3 não é sulfeto?	
63.	P	100.	SO3 não é CO3	
64.	M	101.	ah CO3	
65.	L	102.	CO3 2 menos	
66.	P	103. 104. 105.	isso mesmo/ sobrou mais um/ vocês tem mais um sal/ agora o que vocês precisam fazer então?	
67.	M	106.	procurar as informações dele	
68.	P	107.	pra quê?	
69.	M	108.	pra fazer outro experimento	

Quadro 61: Transcrição n. 2 – O sal que contaminou a amostra não é solúvel em água

Turnos	Falantes	Enunciados	Descrição dos gestos
01	F	01. tem sulfite aí L	
02	M	02. olha nós sabemos que o sulfato de 03. bário tarara tarara/ 04. intonces se nós colocarmos um 05. pouco da amostra dentro daquela 06. solução ácida/ 07. o que vai acontecer/ o nosso 08. sulfato de bário precipi/ vai se 09. precipitar/ precipitando o que vai 10. acontecer/ precipitou/ e o nosso 11. carbonato ele solubiliza/	
03	F	12. (inaudível)	
04	M	13. ele solubiliza na água/ o que que 14. poderia depois pra retirar só o 15. nosso carbonato de sódio 16. pegaríamos/ né L	
05	F	17. acho que não é melhor tirar só o 18. sulfato de bário/ que ele não vai ser 19. solubilizado em ácido	
06	M	20. então/ mas eu pensei em trabalhar 21. outro sal	
07	L	22. qual a pergunta?	
08	M	23. aqui/ colocar um pouco da nossa 24. dentro de uma solução ácida/ o 25. nosso sulfato de bário vai precipitar 26. e o::/	
09	F	27. carbonato	
10	M	28. carbonato de bário/ ele vai [L: 29. solubilizar] solubilizar/ o que pode 30. estar fazendo depois filtrar isso/ aí 31. tira o sulfato de bário e a gente 32. deixa no cantinho/ aí vamos/ 33. vamos fazer uma solução onde vai 34. ter ácido e carbonato de sódio/ de 35. bário/ o que vai acontecer depois/ 36. aquecer a água para evaporar e 37. ficar o sal	
11	F	38. mas e o ácido vai sair?	
12	L	39. (inaudível)	

13	**M**	40. 41. 42. 43.	oi?/ o carbonato de bário/ aí já vai ter ido nós já vai saber/ já ter certeza que lá dentro tem o carbonato né?	
14	**F**	44.	é/ mas e o ácido?	
15	**M**	45.	o ácido vai evaporar	
16	F	46.	é?	
17	M	47.	ácido é volátil?	(o aluno se dirige a professora)
18	L/F	48.	(risos)	
19	P	49. 50.	ainda bem que não (riso)/ não tanto quanto você imagina	
20	M	51.	mas aquecendo ele ele evapora?	
21	P	52. 53. 54.	é melhor você neutralizar ele/ porque não é bom respirar vapor de ácido	
22	M	55.	e como eu neutralizo ele?	
23	P	56.	ahã	
24	M	57.	como neutraliza?	
25	P	58.	com uma base	
26	M	59. 60.	aí fica ácido base então vou jogar um sal de frutas lá dentro/ poff	
27	F	66.	(riso)	
28	M	67.	neutralizou	
29	F	68.	sonrisal (riso)	
30	M	69. 70.	base libera OH né?/ ai esse método é mais difícil	(o aluno olha para os lados)
31	F	71.	o que do::	
32	M	72.	neutralizar	
33	F	73.	um estantinho	(o aluna arruma o cabelo)
34	L	74.	vamos	
35	M	75. 76. 77. 78.	o que vai acontecer se neutralizar? vai criar um sal e água/ se neutralizar cria um sal e uma água	(o aluno volta a fazer anotações) (o aluno olha para F)
36	F	79.	tá então retira a água	
37	M	80.	(inaudível)	
38	L	81.	tá vocês querem tirar o quê?	
39	M	82.	oh aqui já tá certo/ aqui já tá certo/	(o aluno indica as anotações

		83. 84. 85.	pegar/ aqui dentro/ solução ácida mais/ BaSO4 mais/ BaCO3 né?	e faz novas anotações) (o aluno confere na tela do computador)
40	F	86.	isso	
41	L	87.	é CO3	
42	M	88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96..	BaCO3/ passa ele pra cá/ vamos mexer tudinho/ lá nós sabemos que o nosso sulfato de bário vai precipitar/ sulfato de bário/ precipita/ filtrar/ aí vai ficar/ ácido/ mais BaC/ BaCO3/ pronto chegamos no nosso BaCO3 agora como evaporar ácido é perigoso/ nós temos que neutralizar	(o aluno continua anotando no papel) (o aluno repete aquilo que está anotando no papel) (o aluno olha para a professora)
43	F	97.	vamos neutralizar!	
44	L	98.	a gente neutraliza	
45	M	99. 100. 101.	o P para neutralizar tem que colocar um/ uma base poderia ser sal de fruta?	
46	P	102.	(inaudível)	
47	M	103.	aí fica sal de frutas e água né?	
48	P	104.	(inaudível)	
49	L	105. 106.	mas sal de frutas/ não é melhor fazer com outra?	
50	M	107.	ou com uma base que solubiliza	
51	L	108.	(inaudível)	
52	M	109.	fica dois sal	
53	L	110.	é se colocar sal/ vai ser legal	
54	M	111.	é nós usa base	(os alunos olham para a professora, que está fazendo uma preparação na bancada)
55	F	112.	(riso)	
56	M	113. 114.	ai jesus me chicoteia// a P tá preparando lá	
57	L	115.0	(inaudível)	
58	M	116.	coloca um sal/ uma base	(o aluno volta a fazer anotações no papel)
59	L	117.	na solução	

60	M	118. 119. 120. 121. 122. 123.	mais/ pera / vai ficar "ene cas"/ "cas" o quê? / cloreto de sódio vai ficar e água/ a gente trabalha com ácido clorídrico/ o ácido do estômago// meu deus ninguém respondeu	(o aluno para e olha para cima) (o aluno se dirige a F) (o aluno solta o lápis, pensa e olha para a professora) (o aluno olha para as colegas)
61	L	124. 125. 126. 127. 128.	o ácido clorídrico/ o carbonato é solúvel em ácido/ ele não solubilizou na água mas solubilizou no ácido do estômago e contaminou	(a aluna sorri)
62	M	129.	é verdade!	(o aluno comemora)

Quadro 62: Transcrição n. 3 – Alunos resolvem o problema

ANEXO 2 – Instruções para preparação de roteiros e relatórios experimentais

Preparação do procedimento experimental

Dupla: _____ Data: ___/___/___

Atividade: Prepare um roteiro experimental para avaliar os fatores que influenciam na rapidez do processo de solubilização de um soluto sólido em água.

- Utilizaremos o antiácido efervescente (sal de frutas) como soluto sólido.
Antes de preparar o roteiro:

- Elenque os fatores que serão analisados;
- Proponha um pequeno texto explicando cada um dos fatores e como eles influenciam na rapidez da solubilização;
- Descreva o que a dupla faria para testar os fatores que influenciam na rapidez Da solubilização de 2 amostras de sal de frutas (1 comprimido e 1 comprimido triturado).

Preparação do roteiro experimental (para cada fator):

1. Objetivo do experimento (descrição dos objetivos que levaram a realização do experimento);

2. Hipótese (o que a dupla espera observar no experimento, não se esqueçam de justificar a hipótese!)

3. Materiais (quais materiais serão utilizados na realização do experimento, por exemplo, reagentes, vidrarias, espátula, pinça, balança, etc.);

4. Método (os passos que devem ser seguidos para a realização do procedimento experimental)

Preparação para o roteiro experimental

Aluno: _____ Data: ___/___/___

1. **Qual conceito científico é abordado neste experimento?**

Identifique o conceito (s) científico (princípio, teoria, lei) contido no experimento e escreva sobre o mesmo a partir de suas anotações, livros, etc.
Muitos experimentos de laboratório são organizados para ajudá-lo sobre o conceito científico que está sendo estudado.

2. **Quais são os objetivos para este experimento?**

Descreva as ações específicas que você está sendo questionado para concretizar este experimento, tais como medindo alguma coisa, analisando alguma coisa, testando alguma coisa, etc.

3. **Qual o propósito geral deste experimento?**

Descreva brevemente como você está sendo questionado para fazer o experimento (os objetivos) e como o auxiliarão no aprendizado sobre o(s) conceito(s) científico(s). Em outras palavras, mostre a conexão entre a resposta para a questão 2 (o que você fará no experimento) em relação à resposta a pergunta 1 (o que supostamente você aprenderia executando o experimento).

4. **Qual é sua hipótese para o experimento de laboratório?**

Inicialmente, identifique as variáveis do experimento. Então estabeleça sua hipótese – as relações ou interações entre as variáveis, os resultados do experimento que você antecipou. Sua hipótese deve ser estabelecida em 1 ou 2 sentenças ou esboçado em um gráfico.

5. **Qual o raciocínio usado para chegar a sua hipótese?**

Explique sua hipótese usando a estratégia e o conceito científico deste experimento para mostrar o raciocínio por trás de sua predição. Qual o caminho interno e externo percorrido para você obter a sua hipótese.

Fonte: http://www.ncsu.edu/labwrite/pl/pl-selfguide.htm

PROTOCOLO DE EXPERIMENTO

Aluno: _____ Data: ___/___/___

TÍTULO DO PROTOCOLO

INTRODUÇÃO:

Escreva um texto que contenha os fundamentos teóricos principais do experimento. Estes fundamentos devem ser obtidos em pesquisa nos livros didáticos disponíveis ou em sites especializados na WEB.

MATERIAIS:

Coloque quais os materiais, reagentes, concentrações e etc que serão utilizados, qual o local de realização, o período e as condições envolvidas.

PROCEDIMENTO:

É um conjunto de passos que experimentador segue para realizar as tarefas previstas

CÁLCULOS / QUESTÕES/TABELAS:

Quando for necessário

DESENHOS/ ESQUEMAS/ ILUSTRAÇÕES:

Mostrar esquemas, desenhos ou ilustrações (quando for necessário)

RISCOS / PRECAUÇÕES/ SEGURANÇA:

Principais riscos, precauções e procedimentos de segurança necessários (quando for necessário)

BIBLIOGRAFIA:

Seguir a normatização brasileira para referências bibliográficas

RELATÓRIO DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL

O objetivo do relatório é apresentar os caminhos percorridos, descrevendo as atividades realizadas, os resultados obtidos (parciais ou finais), análise destes resultados e as conclusões. Obviamente deve sintetizar suas conclusões e os resultados até então conseguidos, sem, no entanto, a necessidade de conter análises e reflexões mais desenvolvidas.
O relatório pode ser iniciado com a contextualização e objetivos da atividade investigação, passando, em seguida, à descrição das atividades realizadas e dos resultados obtidos. No caso dos "Relatórios de andamento", deve-se encerrá-los com a programação das próximas etapas da continuidade da pesquisa. E não basta dizer que a pesquisa terá prosseguimento, é preciso detalhar e discriminar as várias atividades distribuídas nas várias etapas desse prosseguimento.

ESQUEMA SIMPLIFICADO DE RELATÓRIO

Aluno: _____ Data: ___/___/___

TÍTULO DO RELATÓRIO

INTRODUÇÃO: Escreva um texto que contextualize a atividade experimental e justificam a realização do experimento. No texto é preciso indicar a relevância do estudo e da realização do experimento, os conceitos científicos relacionados, o que se espera observar no experimento, ou seja, quais as hipóteses do experimentador (autor do relatório).
Obs.: Uma boa introdução apresenta uma base teórica que sustentará a justificativa de realização do experimento. A base teórica é obtida a partir da consulta em livros, revistas, artigos científicos, televisão, internet, material de aula, etc. Esta consulta será importante para a elaboração de outras partes do relatório.

OBJETIVOS: Escreva um texto que responda a duas perguntas:

1. O QUE ESTÁ FAZENDO?
2. POR QUE ESTÁ FAZENDO? (ou seja, o que você quer saber ou verificar?)

Obs.: Não copie as perguntas ao descrever os objetivos.

MATERIAIS:
Descreva os materiais utilizados, qual o local de realização, o período e as condições envolvidos na realização do experimento.

RESULTADOS: Relate o que foi observado e quais dados foram coletados (o que aconteceu).
Obs.: Os dados devem ser apresentados de maneira clara e objetiva. A utilização de tabelas, gráficos e esquemas são muito úteis para organizar e apresentar dados. Estes recursos podem facilitar a análise dos resultados.

DISCUSSÃO: A DISCUSSÃO de uma atividade ou pesquisa é o lugar em que são justificados os resultados de acordo com aquilo que o experimentador esperava observar e de acordo as fontes de pesquisa. Nesse momento, deve-se dar continuidade ao relatório, respondendo a duas perguntas:

1. ESSE RESULTADO (seja ele qual for) ERA ESPERADO?
2. POR QUE VOCÊ ESPERAVA ESSE RESULTADO ESPERADO (OU NÃO ESPERAVA OUTROS RESULTADOS)?

Obs.: O posicionamento do autor/experimentador embasado na consulta a fontes de pesquisa (livros, revistas, artigos, televisão, internet, etc.) é importante no momento da discussão.

CONCLUSÃO: Para encerrar, deve-se criar a conclusão na forma de um texto curto e direto. que responda e se relacione à segunda pergunta dos objetivos (POR QUE ESTÁ FAZENDO?), respaldando a resposta no foi observado. Outra função da conclusão é analisar as hipóteses lançadas na introdução (foram confirmadas ou não, por quê?).

Exemplos de perguntas que podem respondidas na conclusão: OS RESULTADOS OBTIDOS ESTÃO DE ACORDO COM O QUE SE PENSAVA? OS RESULTADOS ATENDEM AO OBJETIVO PRINCIPAL? AS HIPÓTESES FORAM CONFIRMADAS? QUE TIPO DE APRENDIZADO FOI OBTIDO COM A ATIVIDADE?

BIBLIOGRAFIA: Seguir a normalização brasileira para referências bibliográficas citadas ou consultadas na elaboração do relatório.

EXEMPLOS:
1. Livro: (SOBRENOME DO AUTOR, Primeiro nome. Título do livro. Local: Editora, ano)
FARIA, José Eduardo (Org.). Direitos humanos, direitos sociais e justiça. São Paulo: Malheiros, 1994.

2 Artigo de revista (SOBRENOME DO AUTOR, Primeiro nome. Título do texto. Local, volume, número da edição, página, mês, ano)
GURGEL, C. Reforma do Estado e segurança pública. Política e Administração, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 15-21, set. 1997.

3 Artigo, revista, boletim etc. em meio eletrônico – é preciso indicar o endereço eletrônico e a data de acesso (Disponível em:<endereço eletrônico do site>. Acesso em: dia mês. ano.)
MARQUES, Renata Ribeiro. Aspectos do comércio eletrônico aplicados ao Direito Brasileiro. Jus Navigandi, Teresina, a. 6, n. 52, nov. 2001. Disponível em: <http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=2467>. Acesso em: 20 set. 2003.
Ambiente Virtual de Aprendizagem. Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química. Disponível em: <http://www.lapeq.fe.usp.br/ava>. Acessado em: 22 jun. 2009.

Observação Importante: Sempre que for feita uma citação (menção no texto de uma informação extraída de outro texto) é preciso fazer a referência a fonte de consultada dentro texto do relatório. Existem de tipos de citação: indireta e direta.

Citação indireta – as idéias de outro autor são incorporadas ao texto.
Exemplo 1:
Para viver em sociedade, necessitou o homem de uma entidade com força superior, bastante para fazer as regras de conduta, para construir o Direito. Dessa necessidade nasceu o Estado, cuja noção se pressupõe conhecida de quantos iniciam o estudo do Direito Tributário. (MACHADO, 2001).
Citação direta – as palavras de outro autor serão são incorporadas ao texto. Neste caso utilizam-se com aspas simples para marcar o trecho citado
Exemplo 2:
Bobbio (1995) com muita propriedade nos lembra, ao comentar esta situação, que os "juristas medievais justificaram formalmente a vaidade do direito romano ponderando que este era o direito do Império Romano que tinha sido reconstituído por Carlos Magno com o nome de Sacro Império Romano".
Obs.: A indicação da citação pode ser feita como no exemplo 1, o nome do autor citado em letras maiúsculas e o ano da publicação do texto (entre parênteses) ou no exemplo 2, em o nome do autor foi incluído ao texto e indica-se apenas o ano da obra (entre parênteses).